

MANUAL DE PROBLEMAS



**Grupo interuniversitario de
toxicología alimentaria y ambiental**

Universidad de La Laguna



EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS



**Grupo interuniversitario de
toxicología alimentaria y ambiental**

Universidad de La Laguna

© **AUTORES:**

Daniel Niebla Canelo

Soraya Paz Montelongo

Carmen Rubio Armendáriz

Ángel J. Gutiérrez Fernández

Consuelo Revert Gironés

Dailos González-Weller

José M. Caballero Mesa

Arturo Hardisson de la Torre

Depósito legal: TF 188-2022

Primera edición: 2022

Índice

PRESENTACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	1
Contexto histórico	1
Contexto actual	3
Análisis de riesgos	5
Valoración del riesgo toxicológico	6
Términos toxicológicos	7
Valores de referencia	8
LISTADO PROBLEMAS RESUELTOS	10
Problema resuelto 01	13
Problema resuelto 02	15
Problema resuelto 03	17
Problema resuelto 04	21
Problema resuelto 05	22
Problema resuelto 06	24
Problema resuelto 07	26
Problema resuelto 08	28
Problema resuelto 09	30
Problema resuelto 10	33
LISTADO PROBLEMAS PROPUESTOS	36
SOLUCIONES PROBLEMAS PROPUESTOS	41
Problema propuesto 01	47
Problema propuesto 02	49
Problema propuesto 03	50
Problema propuesto 04	52
Problema propuesto 05	55
Problema propuesto 06	57
Problema propuesto 07	59
Problema propuesto 08	61
Problema propuesto 09	65
Problema propuesto 10	67
Problema propuesto 11	69
Problema propuesto 12	72
Problema propuesto 13	74
Problema propuesto 14	76
Problema propuesto 15	79
Problema propuesto 16	81
Problema propuesto 17	83
Problema propuesto 18	85

ANEXOS	88
Anexo 1. Valores de ingesta diaria recomendada (IDR) para algunos elementos esenciales establecidos por la FESNAD (FESNAD, 2010).....	88
Anexo 2. Valores de ingesta diaria recomendada (IDR) e ingesta diaria admisible (IDA) para otros elementos.....	88
Anexo 3. Valores de ingesta diaria recomendada para algunos aditivos.....	88
Anexo 4. Valores de referencia para metales pesados tóxicos, macroelementos y microelementos o elementos trazas descritos por diferentes organismos.....	89
Anexo 5. Ingestas diarias recomendadas (IDR) descritas por el IOM para el fluoruro, IOM 2004	90
Anexo 6. Niveles superiores máximos (UL) descritos por el IOM para el fluoruro, IOM 2004	90
Anexo 7. Valores de Ingestas Adecuadas (AI) para bebés, niños, adolescentes y adultos para el fluoruro (EFSA, 2012)	91
Anexo 8. Datos de consumo medio de alimentos según AECOSAN, AECOSAN, 2006	91
Anexo 9. Requerimientos promedios para agua (EFSA, 2017).....	91
Anexo 10. Estadísticas de peso corporal (kg) de infantes, niños, adolescentes, adultos y ancianos en todas las encuestas de la EFSA (EFSA, 2012)	92
Anexo 11. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos I. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017).....	93
Anexo 12. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos II. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017).....	94
Anexo 13. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos III. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017).....	95
Anexo 14. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos IV. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017).....	96
Anexo 15. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos V. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017).....	97
Anexo 16. Tabla periódica de los elementos químicos.	98
Anexo 17. Resumen de abreviaturas y acrónimos.....	99
BIBLIOGRAFÍA	101
NOTAS	105

Agradecimientos

Queremos dar nuestro agradecimiento especial al Dr. Arturo Hardisson de la Torre, Catedrático de Toxicología, fundador del Área de Toxicología en la Universidad de La Laguna y líder del Grupo Interuniversitario de Toxicología Alimentaria y Ambiental, por las enseñanzas que nos ha brindado, por ofrecernos las herramientas necesarias para formarnos como investigadores y profesionales, por construir un grupo de docentes e investigadores sólido e íntegro y por su apoyo a lo largo de la carrera académica e investigadora de todos los que firmamos este manual.

Daniel Niebla Canelo, Soraya Paz Montelongo, Carmen Rubio Armendáriz, Ángel J. Gutiérrez Fernández, Consuelo Revert Gironés, Dailos González-Weller, José M. Caballero Mesa

PRESENTACIÓN

Este manual va dirigido a cualquier público general que tenga interés y ganas de iniciarse en el mundo de la toxicología alimentaria y ambiental, ya que le dará las herramientas necesarias para comenzar a comprender y realizar evaluaciones toxicológicas dentro de estos ámbitos, además se recomienda al alumnado de distintos grados y máster tanto de la Universidad de La Laguna como de otras universidades:



Grado en Farmacia



Grado en Nutrición Humana y Dietética



Grado en Ciencias Ambientales



Máster Universitario en Biología Marina: Biodiversidad y Conservación



Máster en Seguridad y Calidad de los Alimentos



Máster en Investigación y Diagnóstico de Enfermedades Tropicales

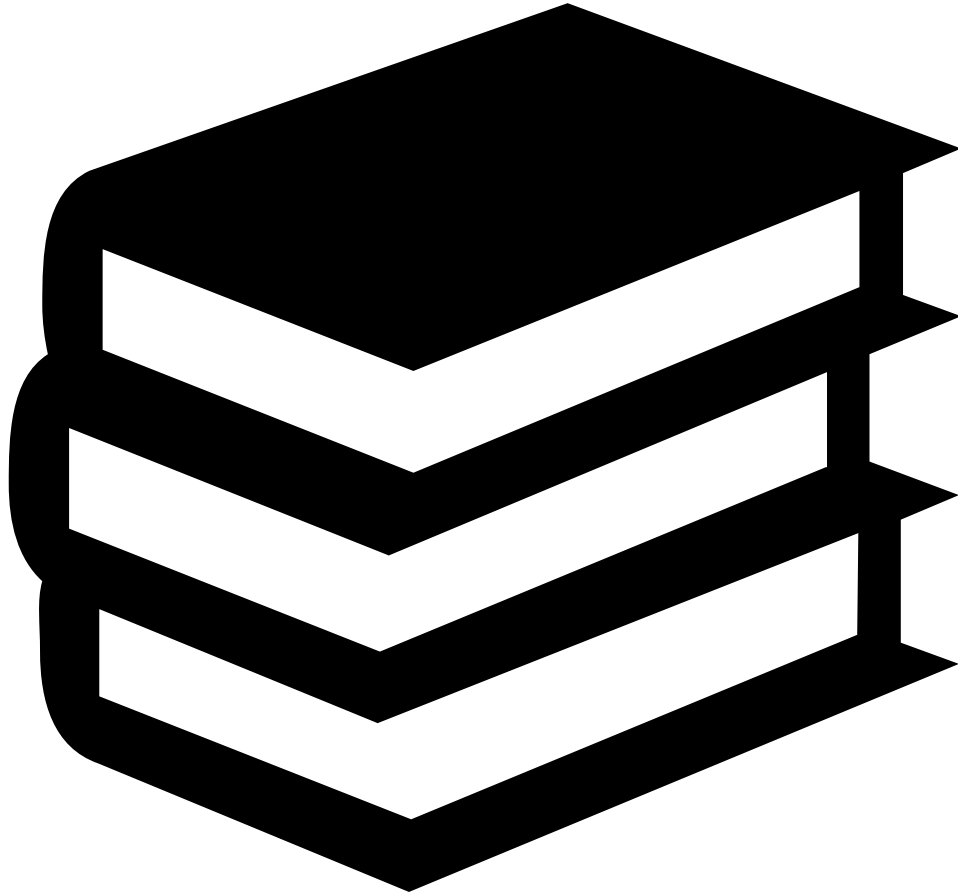
Se presenta un breve capítulo sobre conceptos previos necesarios para el alumnado entre los que se encuentran NOEL (nivel sin efecto observable), NOAEL (nivel sin efecto adverso observable), LOEL (nivel mínimo de efecto observable), LOAEL (nivel mínimo de efecto adverso observable), dosis de Benchmark, entre otros. A continuación, se recogen los valores de ingesta diaria recomendada (IDRs) e ingestas diarias admisibles (IDAs) fijados por diversas instituciones, con el objetivo de facilitar a los estudiantes la evaluación del riesgo tóxico.



Seguidamente, se presentan diversos problemas resueltos de evaluación del riesgo toxicológico de los alimentos, que permiten al alumnado evaluar el riesgo toxicológico derivado de la presencia de contaminantes o residuos en alimentos, además de una batería de ejercicios propuestos para afianzar estos conocimientos.

Con este manual se pretende ser capaz de manejar conceptos como la IDE (ingesta diaria estimada), la IDR (ingesta diaria recomendada), la IDA (ingesta diaria admisible), entre otros conceptos básicos de ambas asignaturas. Así como, evaluar correctamente el riesgo toxicológico de los alimentos.

Daniel Niebla Canelo, Soraya Paz Montelongo, Carmen Rubio Armendáriz, Ángel J. Gutiérrez Fernández, Consuelo Revert Gironés, Dailos González-Weller, José M. Caballero Mesa y Arturo Hardisson



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Contexto histórico

El punto de partida de la toxicología, entendiéndola en sus inicios con el uso de venenos, se puede datar con el nacimiento del hombre, ya que, en el paleolítico, las poblaciones sabían que algunos elementos de la naturaleza, como podían ser vegetales, eran capaces de producir la propia muerte de los individuos o de otros animales. A partir de este descubrimiento se comenzó a utilizar el uso de estas sustancias, que a posteriori serían conocidas como venenos, como armas de caza, colocando pequeñas cantidades de ellas en las armas, produciendo la muerte de sus presas, obteniendo luego el alimento de ellas.

Dejando atrás a las sociedades más primigenias de la especie humana, podemos hacer un viaje por las poblaciones de Egipto, Grecia y Roma, donde por ejemplo se han encontrado escritos donde, los primeros ellos, los Egipcios eran conocedores del efecto de venenos como la cicuta y otros venenos procedentes de animales, que podían ser utilizados de forma intencionada o por accidente, como es el caso de la muerte de Cleopatra por la mordedura de una serpiente, concretamente un áspid o también conocida como cobra egipcia o cobra de Cleopatra por este hecho. Esta sociedad también utilizaba sustancias como el Cannabis indicus y de Papaver Somniferum y se describen también intoxicaciones por plomo (descrito en papiros egipcios, datados en 1700 a.C).

Si seguimos estudiando otras sociedades, como los griegos encontramos que los venenos se utilizaban por el estado como arma de ejecución para los presos, uno de estos venenos más utilizados fue la cicuta, sustancia utilizada en la ejecución de Sócrates que fue descrita por Platón. Ya en este periodo de la historia, empiezan a aparecer los primeros libros sobre toxicología, como el que se considera el primer libro de esta rama de las ciencias, donde se recogían los fundamentos de la toxicología, escritos por Hipócrates, a partir de la aparición de estos primeros escritos, comenzaron a redactarse otros manuales, donde se describían las propiedades tóxicas de algunos venenos y cómo tratar a los intoxicados, como los publicados por Nicandro de Colofón, que llevan como título Theriaca y Alexipharmaca, a través del uso de antídotos.

En la tercera de estas poblaciones, los Romanos, los venenos estaban en manos de poderosos, uno de los venenos más utilizados era el arsénico, sumado a otros venenos de origen vegetal como el acónito y el beleño. Se puede decir que la gente que tenía el poder en estas poblaciones, es decir los emperadores tenían envenenadores contratados para sus propios fines, uno de los casos más reseñables, fue el caso de Locusta una esclava que había sido condenada a muerte, se le conmuta esta, para que trabajara como envenenadora para el estado, a posteriori fue la responsable de la muerte de Claudio, ya que fue contratada por su mujer, Agripina para acabar con la vida de su marido. En esta época se hizo un uso tan generalizado y habitual de los venenos que el dictador Lucio Cornelio, redactó y publicó una de sus leyes, dentro de las conocidas como "Lex Cornelia" donde el uso de venenos era castigado con la muerte. Para terminar con el aporte de los romanos al mundo de la toxicología en esta época, también se publicaron tratados como es el, "De Universa Medica", donde se hace una recopilación de venenos y plantas medicinales, escrito por Dioscórides.

Ya entrando en la edad media, las principales aportaciones de la edad media fueron producidas por los árabes, destacando el aporte de Avicena por la publicación del Libro V de su Canon de Medicina, tratando el tema de las drogas y sus preinscripciones. Otra aportación destacable se debe a un famoso médico, Maimónides que escribió y publicó su libro "Venenos y Antídotos", donde recomendaba succionar el veneno inyectado en las personas debido a las picaduras y mordeduras de insectos o serpientes y que tomaran sustancias de carácter oleoso, como son la leche y la mantequilla, ya que esto retrasaba la absorción de los tóxicos en el estómago de los individuos que habían sido afectados.

Dejando atrás la toxicología más básica y tradicional que ha sido descrita en las líneas anteriores, podemos hacer un viaje también por una toxicología más moderna, que podemos poner su punto de partida en el renacimiento, donde el uso de venenos toma su máximo apogeo, surgiendo figuras como el catavenenos, que se encargaba de probar los alimentos que eran ingeridos por los poderosos, por si podían estar envenenados, evitando así la muerte de la gente de poder. El uso de venenos para acabar con la vida de personas se hizo tan habitual que en 1420 el Consejo de los Diez de Venecia realizaron un baremo de precios para el envenenamiento de la gente, el valor dependía del rango social de la persona y lo difícil que fuera aproximarse al mismo, se han encontrado actas donde se reflejan las deliberaciones llevadas a cabo y los precios de estas ejecuciones por el uso del veneno, una vez la operación se realizaba con éxito se añadía al acta la palabra "Factum", que traducida significaría "hecho".

Todavía en el renacimiento, aparece uno de los primeros preparados a base de venenos, principalmente arsénico y cantáridas, conocido como "Acqua de Toffana" que se calcula que produjo la muerte de más de 600 personas, incluido varios papas, existen otras variantes de uso importante como el "Acqueta de Peruzzia", cuya composición principal era arsénico. A finales del renacimiento surge una de las expresiones más míticas e importantes del mundo de la toxicología, que fue descrita por Paracelso, **"Todo es veneno y nada es veneno, solo la dosis hace el veneno"**, que hoy en día se podría entender como que cualquier sustancia puede ser utilizada como medicamento o como veneno, solo depende de la dosis que se utilice.

Avanzando en la historia, hasta llegar a las primeras etapas de la edad moderna, los "medicis" (familia de comerciantes y banqueros de Florencia que llegaron a gobernar la Toscana) introdujeron en Francia el uso de venenos, uno de los casos más llamativos fue el de Catalina de Medicini que era conocida por sus envenenamientos tan refinados, se llegaba a decir que recibir un regalo de Catalina era como recibir una condena de muerte. En el siglo XVIII el veneno se democratiza y pasa a ser utilizado por toda la sociedad.

Es en esta época cuando la toxicología consigue su condición de ciencia, gracias a un científico español, Orfila, que tras estudiar Química y Medicina en España, marchó a París donde en el año 1814 publica su Tratado de Toxicología General, gracias a este tratado fue reconocido como el padre de la toxicología, uno de los descubrimientos más importantes de su carrera científica fue en 1828, donde demostró de forma experimental la penetración de los venenos en las vísceras, en contra de la opinión dominante de esa época que limitaba su actuación en el tubo digestivo. Otro científico, en este caso Marsh en 1836 descubre un procedimiento para estudiar el arsénico en material de autopsias, primer método que se descubre para tal fin, este método se utiliza por primera vez en 1842, en el proceso judicial de Madame Lafargue, que había asesinado a algunas personas con arsénico, por ello se le encarga a Orfila que demostrase la presencia de arsénico en las personas exhumadas, presuntas víctimas de ser asesinadas por envenenamiento de arsénico. Se demuestra la presencia de arsénico en las víctimas y en otros cadáveres del mismo cementerio, por lo que surge otra gran cuestión de la toxicología, no es solo importante encontrar la presencia de veneno, sino saber cuánta cantidad existe, para saber si es letal, debido a esto el uso del arsénico como veneno se vio reducido, ya que se podía detectar, por lo que se pasó al uso de otros venenos vegetales como son los alcaloides y glucósidos.

A partir de este momento existen diversos casos del uso de estas sustancias como venenos, como el caso del Conde de Bocarné, que enveneno a su cuñado usando nicotina, gracias a esto se desarrolló un método que permite determinar nicotina, que se sigue utilizando (técnica de Stas-Otto). Otro caso destacable fue la muerte de una joven en Alemania (Worms, 1954), tras ingerir unos bombones que le había regalado su novio, se logró aislar un compuesto organofosforado, un último caso fue el de Curry (enfermero inglés, 1957) que había asesinado a dos de sus esposas con insulina, se logró identificar esta hormona en las inyecciones utilizadas.

A lo largo del siglo XIX se aíslan numerosos alcaloides de las plantas (morfina, cocaína) que se utilizaron con fines medicamentosos pero que gracias a la invención de la jeringuilla hipodérmica dieron lugar a los primeros casos de drogadicción. A finales del siglo XIX el empuje de la industria química permite la síntesis de diversas sustancias químicas, entre ellas plaguicidas y fármacos.

Contexto actual

En la actualidad la toxicología se entiende como una ciencia multidisciplinar que se encarga del estudio de la seguridad de las sustancias químicas. El objetivo principal de esta ciencia es la evaluación del riesgo de cualquier agente químico, biológicos o físico, que interactúe con los seres vivos y que puede causar una intoxicación aguda o bien una intoxicación crónica o de largo plazo, dependiendo de la dosis, de la frecuencia y del tiempo de exposición.

La toxicología se puede clasificar en dos grandes grupos, según las áreas básicas de estudio:

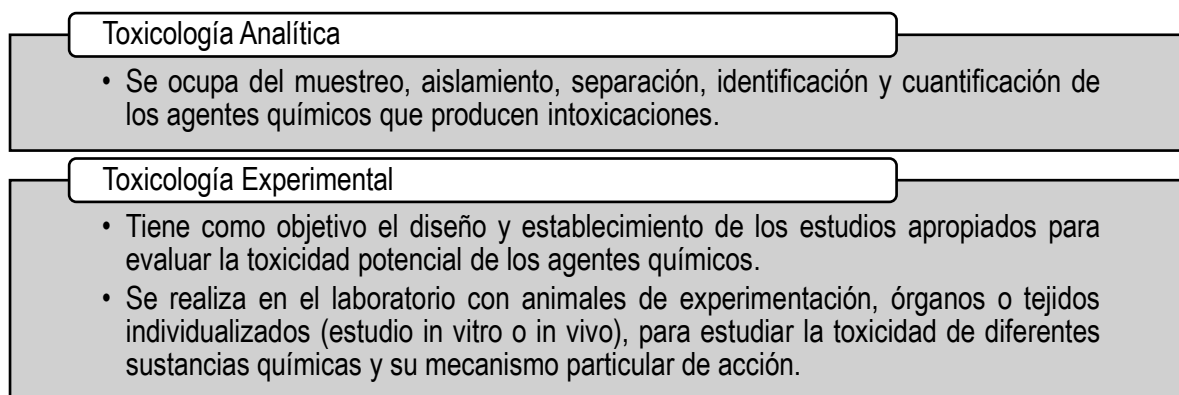


Ilustración 1. Clasificación de las diferentes áreas básicas de la toxicología

Poniendo un ejemplo para verlo de una forma más clara, supongamos el estudio de la presencia de una especie toxica como es el mercurio en un alimento, si utilizamos la toxicología analítica, para estudiar este supuesto, que también se puede entender como la aplicación de los instrumentos y metodologías de análisis de la química analítica a la estimación cualitativa y/o cuantitativa de sustancias químicas que pueden ejercer efectos adversos sobre los organismos vivos, seguiremos el siguiente procedimiento:



Ilustración 2. Procedimiento de la toxicología analítica

Mientras que la toxicología experimental tiene como objetivo evaluar el grado de toxicidad de sustancias en organismos vivos, por tanto, una vez confirmada la presencia de la sustancia en el medio que estemos analizando en este caso un alimento, se prosigue de la siguiente manera, aplicando la toxicología experimental:



Ilustración 3. Procedimiento de la toxicología experimental

La toxicología analítica y experimental se complementan para realizar un estudio toxicológico completo, que permite conocer y estimar los riesgos que existen para el ser humano al estar expuesto a sustancias de nuestro entorno, por ello es necesario realizar este tipo de estudios de forma frecuente para minimizar los posibles riesgos para la población.

Además, la toxicología se puede clasificar también dependiendo el área de aplicación de esta, en este caso existen 9 áreas de aplicación que se recogen a continuación, que van desde la toxicología forense, pasando por la toxicología ambiental, hasta llegar a la toxicología regulatoria:

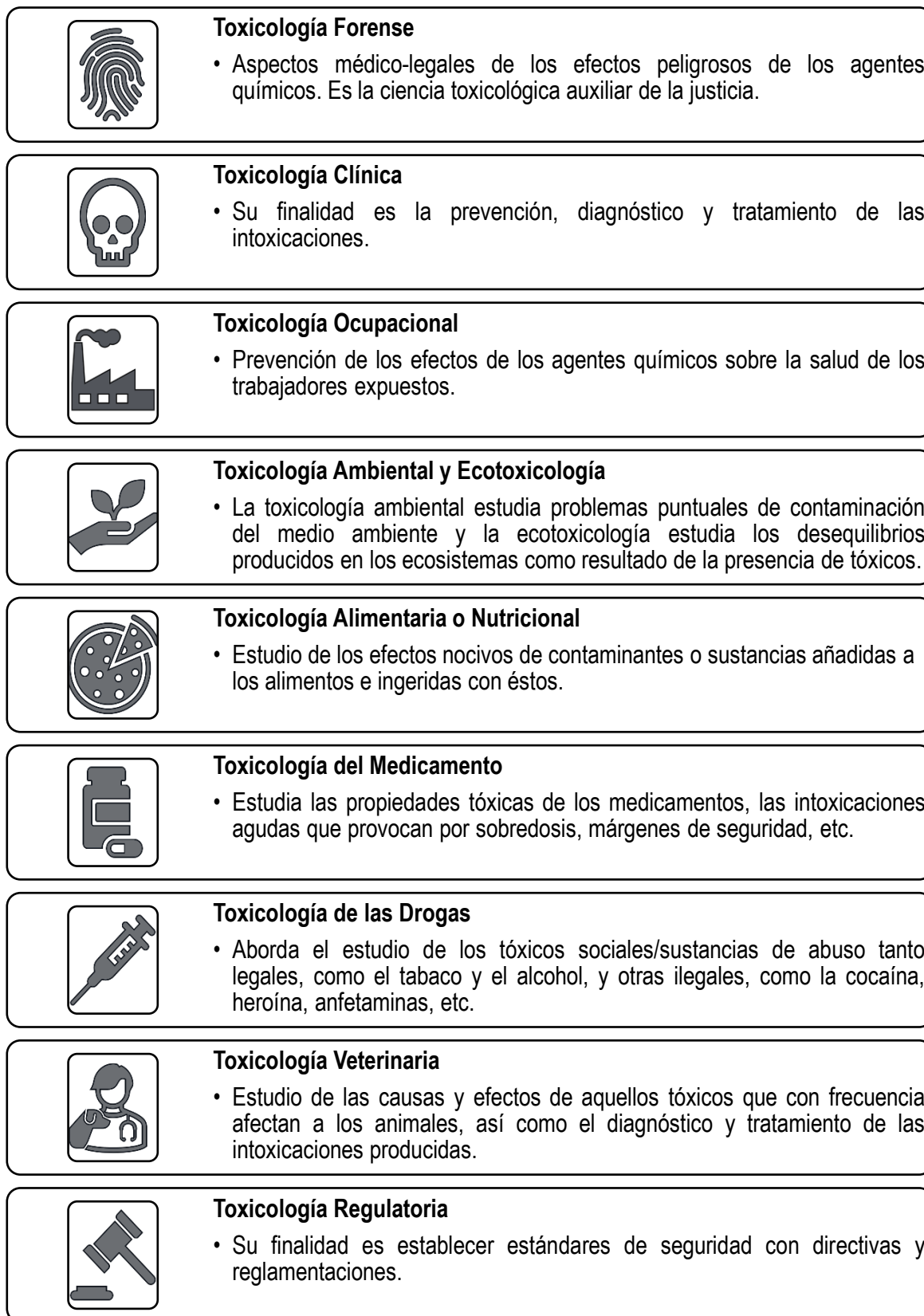


Ilustración 4. Clasificación de las diferentes áreas aplicadas de la Toxicología

Análisis de riesgos

Si se entiende el riesgo como la posibilidad de que ocurra algo con consecuencias negativas, el análisis de los riesgos se puede entender como una forma de examinar un peligro con el fin de evitarlo o reducirlo, desde el punto de vista toxicológico, el riesgo se identifica como la probabilidad de que un individuo o una población presente una mayor incidencia de efectos adversos por exposición a un peligro, por tanto el análisis de riesgo desde este punto de vista se puede enfocar como el análisis del riesgo potencial de los efectos tóxicos o adversos de una sustancia tóxica para la salud o el medio ambiente, este se divide en tres etapas principales que son, la evaluación del riesgo, la gestión del riesgo y la comunicación del riesgo.

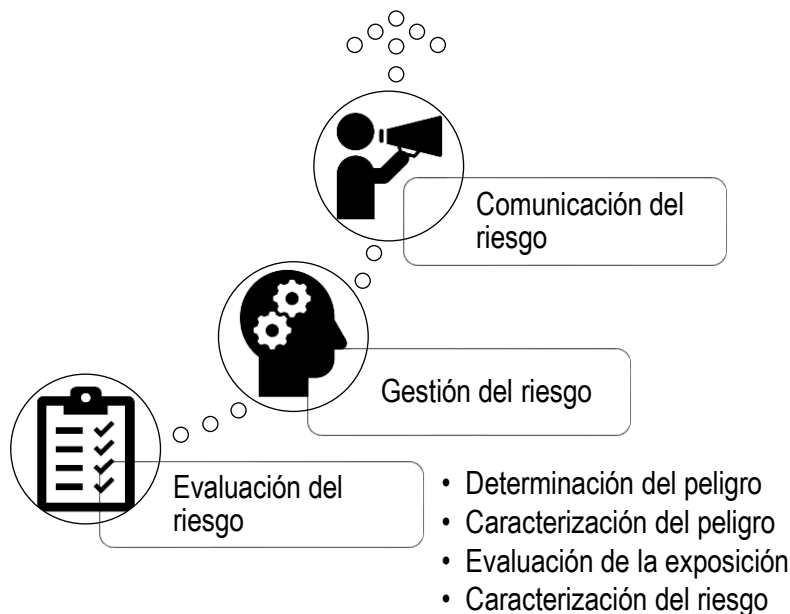


Ilustración 5. Etapas del análisis de los riesgos

A continuación, se detallarán cada una de ellas:



Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo consiste en la recolección de datos para relacionar una respuesta a una dosis y consta de cuatro fases:

- La primera de ellas es **determinar el peligro** que consiste en determinar los agentes (biológicos, químicos, físicos) que pueden causar efectos nocivos para la salud y que pueden estar presentes en el entorno y/o en los alimentos.
- Una vez determinado, se debe **caracterizar el peligro**, es decir, evaluar cuantitativa y/o cualitativamente la naturaleza de los efectos nocivos del agente. La caracterización del peligro es el establecimiento de la relación dosis – respuesta.
- Se continúa **evaluando la exposición**, se trata de la valoración cualitativa y/o cuantitativa de la ingestión probable del agente procedente del medio ambiente y los alimentos. Asimismo, se tienen en cuenta las exposiciones procedentes de otras fuentes.
- Por último, la **caracterización del riesgo**, que se basa en la determinación de la evaluación cualitativa y/o cuantitativa, así como las incertidumbres que conlleva, la probabilidad de aparición y la gravedad de los efectos nocivos conocidos y/o potenciales para la salud de una población determinada.



Gestión del riesgo

Éste es un proceso en el que se valoran las posibles medidas de control considerando los resultados de la evaluación del riesgo. En esta etapa ha de tenerse en cuenta factores económicos, legales y políticos, así como las posibilidades reales y la relación coste-beneficio.



Comunicación del riesgo

El último paso en el análisis de riesgos es la comunicación del riesgo, que se basa en el intercambio de información y opiniones entre expertos, consumidores y otras partes interesadas

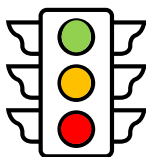
Valoración del riesgo toxicológico

Una vez se nos plantea un problema de evaluación del riesgo toxicológico, como se verá en siguientes capítulos del manual, utilizando valores de referencia para calcular el posible riesgo que existe, es necesario tener un sistema de referencia que nos permita obtener una serie de conclusiones sobre el posible riesgo toxicológico. Uno de los parámetros más importantes y que de más ayuda puede resultar, es el porcentaje de contribución a los valores de referencia descritos por diferentes organismos, este se calcula como:

$$\% \text{ Contribución} = \frac{\text{Ingesta diaria estimada (IDE)}}{\text{Valor de referencia}} \cdot 100$$

Conocido el porcentaje de contribución al valor de referencia escogido, ya sea una ingesta diaria recomendada (IDR) o una ingesta diaria tolerable (IDT) o cualquier de los otros valores existente en la bibliografía, descritas por diferentes organismos como puede ser la EFSA, es necesario obtener una escala de referencia que nos permita, de forma aproximada sacar conclusiones sobre el posible riesgo toxicológico que existe, de consumir alimentos con contaminantes, sustancias o elementos químicos en estudio. De esta forma se nos puede plantear dos situaciones importantes, hacer estudios de dieta completa, que son de los cuales se pueden obtener más información, o valorar únicamente la ingesta de un único alimento, los cuales son más fáciles y habituales de realizar, de esta forma podemos describir dos sistemas de referencia, según el tipo de estudio que estemos realizando:

- Si se realiza un estudio de un único alimento tendremos que:
 - Si el porcentaje de contribución esta entre el 0% y el 10%, se puede confirmar que **NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO**, ya que, evaluando el resto de los alimentos de la dieta, sería bastante complicado superar el valor de referencia.
 - Si el porcentaje de contribución esta entre el 10% y el 50%, se puede confirmar que **PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO**, ya que, evaluando el resto de los alimentos de la dieta, sería factible superar el valor de referencia.
 - Si el porcentaje de contribución esta entre el 50% y el 100% o supera este, se puede confirmar que **EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO**, ya que, evaluando el resto de los alimentos de la dieta, se supera el valor de referencia.



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo

- En el caso de un estudio de dieta completa, existe riesgo cuando se está próximo o se supera el 100 %.

Términos toxicológicos

Existen multitud de términos aplicados en la toxicología y valores de referencia que se utilizan para realizar las evaluaciones de riesgo y estudios nutricionales, algunas de ellos se comentan a continuación:

- **Nivel sin efecto observable (NOEL):** Se entiende como la mayor concentración o cantidad de una sustancia, hallada experimentalmente o por observación, que no causa alteraciones en la morfología, capacidad funcional, crecimiento, desarrollo o duración de la vida de los organismos diana que pueda distinguirse de los observados en los organismos normales o control de la misma especie y cepa, bajo condiciones idénticas a la de la exposición.
- **Nivel sin efecto adverso observable (NOAEL):** Se define como la máxima concentración o nivel de una sustancia que, hallada de forma experimental o por observación, no causa alteraciones adversas detectables en la morfología, capacidad funcional, crecimiento, desarrollo o duración de la vida de los organismos diana bajo condiciones definidas de exposición. Este valor suele expresarse en unidades de mg/kg/día. El valor de NOAEL se obtiene experimentalmente con animales que son sometidos a varias dosis de una sustancia, obteniéndose una curva dosis-respuesta. A partir del NOAEL se extrapola al ser humano dividiendo este valor por un factor de seguridad, así se obtiene una dosis de referencia.
- **Nivel mínimo de efecto observable (LOEL):** Se trata de la menor concentración o cantidad de una sustancia que mediante la observación o la experimentación, causa cualquier alteración un organismo distinguible de un organismo idéntico control.
- **Nivel mínimo de efecto adverso observable (LOAEL):** Se trata de la menor concentración o cantidad de una sustancia que, según la observación o la experimentación, causa cualquier modificación indeseable en un organismo distinguible de otro organismo idéntico control.
- **Benchmark dose (BMDL):** Se trata de un modelo estadístico que ajusta los datos a una curva dosis-respuesta con unos determinados intervalos de confianza, este es el parámetro recomendado para la EFSA en las evaluaciones toxicológicas y es una alternativa al LOEL y LOAEL.

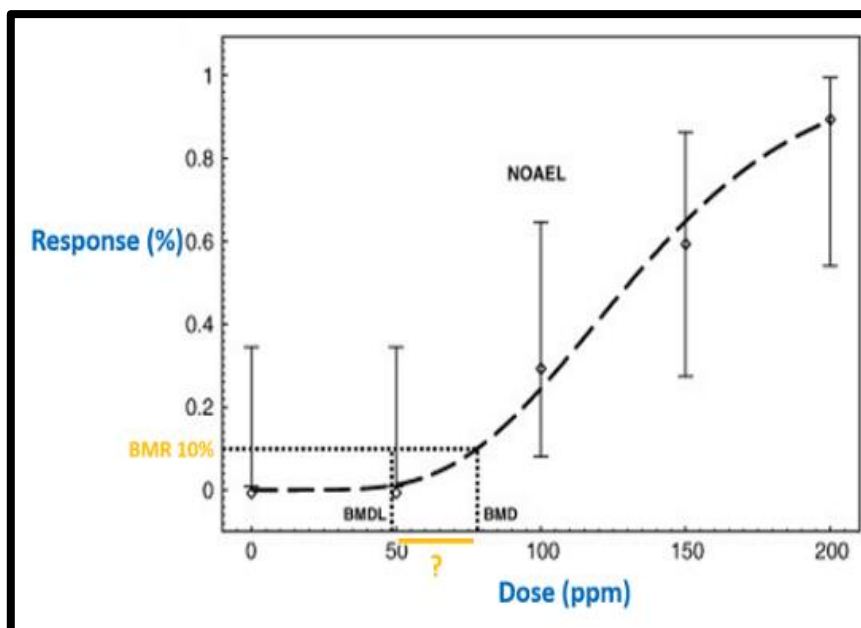


Ilustración 6. Curva dosis-respuesta (BMDL)

Valores de referencia

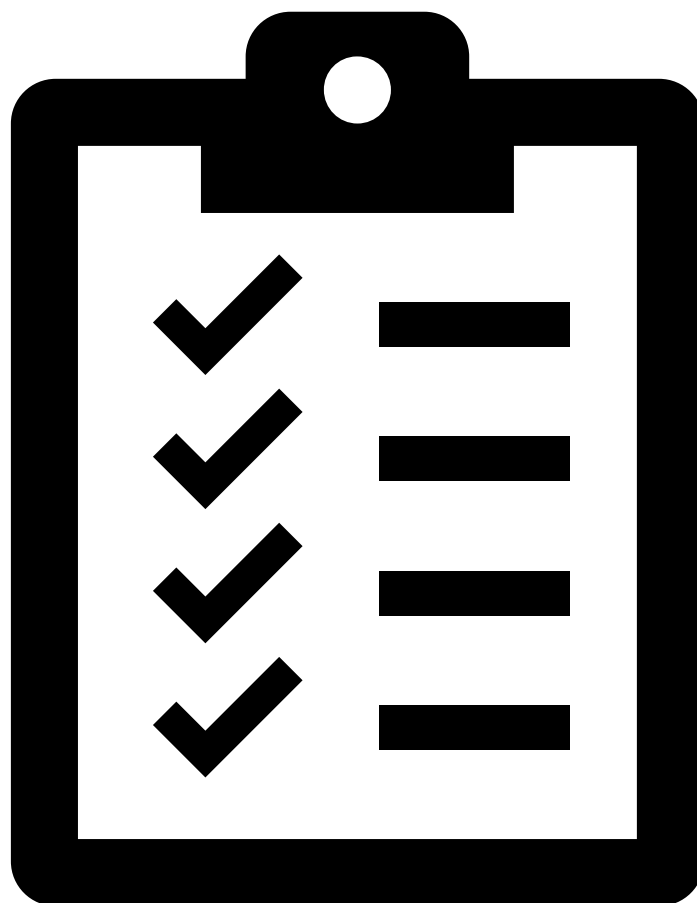
Para poder realizar los estudios de evaluación del riesgo toxicológico, es necesario acudir a valores de referencia dado por diferentes organismos como son:

- La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)
- La Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN)
- El Comité Mixto FAO-OMS de Experto sobre Aditivos Alimentarios (JECFA)
- La Academia Nacional de Medicina de los Estados Unidos (IOM)
- El Comité Científico de Salud y Riesgos Ambientales de la Unión Europea (SCHER)
- La Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD)
- La Organización Mundial de la Salud (WHO)
- La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).
- Otro/as...

Además de acudir a distintas fuentes de información que nos permita conocer el consumo medio de alimentos por parte de la población, como son las encuestas de alimentación, que pueden ser a nivel Europeo, a nivel Español o incluso a nivel Canario como es el caso de la encuesta ENALIA. También se puede acudir a informes de consumo alimentario dado por organismos como la EFSA, AESAN, FESNAD o incluso a la información descrita por los fabricantes de los alimentos en los envases donde se recomienda un consumo concreto para ciertos alimentos. Además, se puede acudir a informes donde se regule el consumo de ciertos alimentos para algunos grupos poblacionales.

Algunos de estos valores son los que se presentan a continuación

- **Concentraciones Máximas Admisibles:** Se trata del valor máximo de concentración para contaminantes y sustancias químicas que se encuentran recogidos en la legislación.
- **Ingesta diaria estimada (IDE o ISE):** Cantidad aproximada de una sustancia, residuo o contaminante que es ingerido por una persona debido al consumo de un alimento, este parámetro nos permite relacionar la cantidad de un contaminante que es ingerido en un alimento.
- **Ingesta diaria o semanal recomendada (IDR o ISR):** Se trata de la cantidad mínima requerida de un nutriente para el correcto funcionamiento del organismo.
- **Ingesta diaria o semanal admisible (IDA, ISA):** Estimación de la cantidad total de una sustancia o elemento químico contenido en los alimentos y/o agua que puede ser ingerida durante toda la vida de una persona sin riesgo apreciable para su salud. También se conoce como Ingesta Diaria o Semana Tolerable (IDT o IST).
- **Ingesta diaria o semanal tolerable provisional (IDTP o ISTP):** Se define como los valores toxicológicos de referencia para las sustancias que pueden acumularse en el organismo se establecen sobre una base de tiempo mayor.
- **Límite superior (LU):** Se entiende como el valor máximo de concentración de un contaminante o sustancia química de estudio que la legislación permite estar presente en los alimentos.
- **Dosis oral provisional de referencia (p-RfD):** Se describen como valores de referencia provisionales debido a que se está revisando la información científica y toxicológica sobre la sustancia química o contaminante en estudio, por lo que se fija valores provisionales según la bibliografía existente hasta ese momento.
- **Ingesta adecuada (IA):** Es el nivel promedio de nutrientes consumidos diariamente por una población sana típica que supone ser el adecuado para las necesidades de la población.



LISTADO PROBLEMAS RESUELTOS

LISTADO PROBLEMAS RESUELTOS

A continuación, se recoge una batería de ejercicios sobre la evaluación del riesgo toxicológico que se resuelven paso a paso en este capítulo:

Problema resuelto 01

Ha sido detectada una partida de atún rojo con un contenido de mercurio total (Hg_{total}) de $8 \mu\text{g}/\text{kg}$. Suponiendo que un adulto de 75 kg consume tres raciones semanales de 250 g /ración de este atún. ¿Existiría riesgo derivado del consumo de este atún rojo en cuanto a la ingesta de mercurio total?

Datos: TWI (tolerable weekly intake) de mercurio total de $1,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana establecida por la European Food Safety Authority (EFSA).

Problema resuelto 02

Una partida de bonito del norte contiene $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ de Pb. Un adulto de 75 kg de peso corporal consume tres raciones semanales de 250 gramos cada una. ¿Existiría riesgo derivado del consumo de este pescado en cuanto a la ingesta de plomo?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de mercurio total de $0,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

Problema resuelto 03

El fluoruro es un elemento que se encuentra en niveles variables en las aguas de abastecimiento y los alimentos. Una ingesta adecuada ofrece protección frente a las caries dentales. Sin embargo, la ingesta excesiva puede causar diversos problemas.

En la siguiente tabla se recogen las concentraciones de los diferentes municipios de la isla de Tenerife ¿En cuántos municipios la población que consume 2 L de agua al día superaría la IDR para hombres y mujeres? Calcula previamente la IDE (ingesta diaria estimada).

En los municipios que sobrepasan el 100 de la IDR, ¿cuántos de ellos superarían el valor de ingesta diaria admisible (IDA) fijado en $10 \text{ mg}/\text{día}$?

Cita las principales consecuencias de una ingesta prolongada de elevadas cantidades de fluoruro.

Datos: IDR (Ingesta diaria recomendada) de fluoruro para hombres de $4 \text{ mg}/\text{día}$ y para mujeres $3 \text{ mg}/\text{día}$ e IDA (Ingesta diaria admisible) de fluoruro de $10 \text{ mg}/\text{día}$ establecido por el instituto de las academias de medicina nacionales de Estados Unidos (IMO)

Municipio	F ⁻ (mg/L)	Municipio	F ⁻ (mg/L)
Adeje	3,59-4,89	La Laguna	1,82-2,14
Arafo	0,36-0,41	La Matanza	2,41-3,03
Arico	0,23-0,53	La Orotava	0,42-0,52
Arona	0,19-0,48	La Victoria	0,36-2,87
Buenavista del Norte	1,10-1,15	Los Realejos	0,54-0,88
Candelaria	0,19-0,23	Los Silos	1,05
El Sauzal	2,34-2,76	Puerto de la Cruz	0,66-1,41
El Tanque	0,35-4,38	San Juan de la Rambla	0,95-2,45
Fasnia	1,22-1,31	San Miguel	0,33-0,59
Garachico	0,47-2,50	Santa Cruz de Tenerife	0,07-0,32
Granadilla	0,57-1,33	Santa Úrsula	0,22-1,21
Guía de Isora	0,57-1,42	Santiago del Teide	0,36-0,39
Güímar	0,38-0,59	Tacoronte	0,56-3,02
Icod de los Vinos	2,22-3,94	Tegueste	0,26
La Esperanza	0,23-0,34	Vilafior	0,21-0,28
La Guancha	1,52-2,07		

Problema resuelto 04

La IDA para nitratos (NO_3^-) es de $3,7 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$. Calcula el NOAEL, considerando un factor de seguridad de 100 .

Problema resuelto 05

En la evaluación de la exposición de una población al consumo de aditivos, se ha obtenido una ingesta diaria estimada de 17,7 mg/día. Considerando la IDA fijada en 0,75 mg/kg peso/persona, evalúa el riesgo para un adulto de 60 kilos y para un niño de 25 kilos.

Problema resuelto 06

Un individuo consume 40 g/día de embutidos que tienen una concentración media de 125 mg/kg del conservante nitrito (NO₂). ¿Qué porcentaje de la IDA (ingesta diaria admisible) de nitritos consume este sujeto de 80 kg? ¿Existiría riesgo para la salud de dicho individuo?

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de nitritos de 0,07 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

Problema resuelto 07

Según los datos indicados en la tabla adjunta, valora si el aporte de aspartamo para un individuo de 60 kilos supondría un riesgo para su salud.

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de aspartamo de 40 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

Alimentos	Concentración aspartamo	Consumo diario	IDE (mg/día)
Cerveza sin alcohol	500 mg/L	200 mL/día	100
Mermelada	800 mg/kg	20 g/día	16
Conservas agrídulces de pescado	250 mg/kg	50 g/día	12,5
Natillas light	800 mg/kg	80 g/día	64

Problema resuelto 08

En un estudio se ha determinado el nivel de Pb en muestras de leches de continuación. El nivel medio ha sido de 0,07 mg/kg de peso seco de Pb. La dosis diaria de leche de continuación es de 150 gramos. Considerando que estos productos se destinan a niños de 6 a 12 meses con un peso corporal medio de 9 kilos. ¿Existiría riesgo por ingesta de plomo?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de plomo de 0,5 µg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

Problema resuelto 09

En la siguiente tabla se recoge el consumo medio y el nivel de plomo de diferentes grupos de alimentos. ¿Qué grupos de alimentos contribuyen más a la ingesta de Pb? ¿Existe riesgo tóxico?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de plomo de 0,5 µg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA), Peso medio de un adulto de 70 kg.

Alimentos	Concentración de Pb (µg/kg)	Consumo diario (g/día)
Leche	12	300,6
Queso	2,3	28,1
Yogurt	66	44,8
Cereales	1,66	146,9
Pescados	367	53
Carnes	37,3	57,9
Embutidos	345	33,1
Legumbres	0,1	30,4
Fruta	52	234,1
Verdura	0,14	105,1
Agua	7,3	2 L/día

Problema resuelto 10

En cereales de chocolate para el desayuno se ha detectado una concentración de acesulfamo de potasio de 15 mg/kg mientras que en zumos infantiles se ha detectado una concentración de 35 mg/L. Teniendo en cuenta que un niño de 13 años y 40 kilos de peso consumo 40 gramos de estos cereales y un vaso de 300 mL de zumo al día. ¿Existiría riesgo para la salud?

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de Acesulfamo de potasio de 9 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).



PROBLEMAS RESUELTOS PASO A PASO








Problema resuelto 01

Ha sido detectada una partida de atún rojo con un contenido de mercurio total (Hg_{total}) de $8 \mu\text{g}/\text{kg}$. Suponiendo que un adulto de 75 kg consume tres raciones semanales de 250 g /ración de este atún. ¿Existiría riesgo derivado del consumo de este atún rojo en cuanto a la ingesta de mercurio total?


Datos: TWI (tolerable weekly intake) de mercurio total de $1,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana establecida por la European Food Safety Authority (EFSA).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 Datos  $[Hg]_{total} = 8 \mu\text{g}/\text{kg}$ de atún  Peso Corporal (PC) = 75 kg  3 raciones semanales de 250 g  TWI = $1,3 \mu\text{g } Hg_{total} / \text{kg P.C.} \cdot \text{semana}$	 Objetivos ❶ Consumo estimado de atún ❷ Evaluación de la exposición, $IDE_{Hg_{total}}$ ❸ Adaptar el valor de referencia, $TWI_{Hg_{total}}$ ❹ Caracterización del riesgo, $\%Contr$ ❺ Evaluación del riesgo	 Relaciones $IE = \text{Ingesta Estimada}$, $AX = \text{Agente Xenobiótico}$ $CA = \text{Consumo de alimento}$ $VR = \text{Valor de referencia}$ $IE = [AX] \cdot CA$ $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

❶ Se necesita conocer el consumo diario de atún por la persona, por lo que se aplica el siguiente razonamiento:




$$\text{Consumo diario de atún} = 3 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 250 \frac{\text{g de atún}}{\text{ración}} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{107,14 \frac{\text{g de atún}}{\text{día}}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Hg_{total} , asociada a este alimento:

$$IDE_{Hg_{total}} = [Hg_{total}] \cdot \text{Consumo diario de atún}$$

$$IDE_{Hg_{total}} = 8 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{kg atún}} \cdot 107,14 \frac{\text{g de atún}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg atún}}{1000 \text{ g atún}} = \boxed{0,86 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{día}}}$$

❸ Una vez calculada la IDE de Hg_{total} , se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta semanal tolerable o *tolerable weekly intake* (TWI) para el mercurio. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 75 kg de peso corporal del adulto. Además, viene establecido para el consumo semanal y se está evaluando el consumo diario, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake* (TDI), adaptada al peso de la persona:



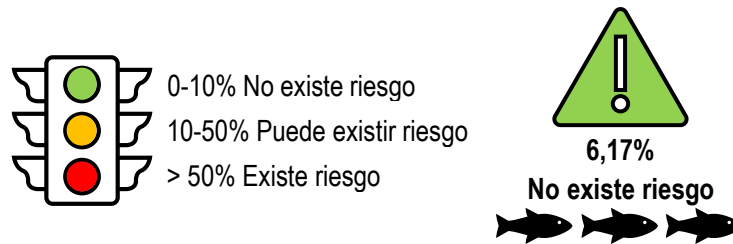
$$TDI_{75} = 1,3 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 75 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{13,93 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{día}}}$$

❹ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Hg_{total} por el consumo de atún rojo al valor de referencia adaptado al peso de la persona (TDI_{75}):

$$\%Contribución = \frac{IDE_{Hg_{total}}}{TDI_{(75 \text{ kg})}} \cdot 100$$

$$\%Contribución = \frac{0,86 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{día}}}{13,93 \frac{\mu\text{g } Hg_{total}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{6,17\%}$$

El consumo de **tres raciones semanales de 250 gramos de atún rojo**, con una **concentración de Hg_{total} de 8 µg/kg de atún**, por parte de un **adulto de 75 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 6,17%** a la ingesta semanal tolerable o *tolerable weekly intake (TWI)* para el mercurio para el Hg_{total}. A la vista de este resultado, **se puede concluir que no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje es bajo y aunque se está evaluando únicamente un alimento (atún rojo) y no la dieta completa donde existen más alimentos que pueden contener mercurio, es muy difícil que supera la ingesta semanal tolerable o *tolerable weekly intake (TWI)* establecida por la EFSA para el mercurio.










Problema resuelto 02

Una partida de bonito del norte contiene 100 µg/kg de Pb. Un adulto de 75 kg de peso corporal consume tres raciones semanales de 250 gramos cada una. ¿Existiría riesgo derivado del consumo de este pescado en cuanto a la ingesta de plomo?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de mercurio total de 0,5 µg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 Datos  [Pb] = 100 µg Pb/kg de bonito  Peso Corporal (PC) = 75 kg  3 raciones semanales de 250 g  TDI = 0,5 µg Pb / kg P.C · día	 Objetivos ❶ Consumo estimado de atún ❷ Evaluación de la exposición, IDE _{Pb} ❸ Adaptar el valor de referencia, TDI _{Pb} ❹ Caracterización del riesgo, %Contr ❺ Evaluación del riesgo	 Relaciones IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA $\% \text{Contribución} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

❶ Se necesita conocer el consumo diario de bonito del norte por la persona, por lo que se aplica el siguiente razonamiento:

$$\begin{array}{c} \text{Pescado} \\ \text{Pescado} \\ \text{Pescado} \end{array} \text{ Consumo diario de bonito} = 3 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 250 \frac{\text{g de bonito}}{\text{ración}} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{107,14 \frac{\text{g de bonito}}{\text{día}}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb, asociada a este alimento:

$$\text{IDE Pb} = [\text{Pb}] \cdot \text{Consumo diario de bonito}$$

$$\text{IDE Pb} = 100 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg bonito}} \cdot 107,14 \frac{\text{g de bonito}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg bonito}}{1000 \text{ g bonito}} = \boxed{10,71 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

❸ Una vez calculada la IDE de Pb, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* para el plomo. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 75 kg de peso corporal del adulto, para expresar este valor como ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)*, adaptada al peso de la persona:

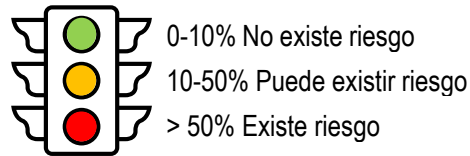
$$\begin{array}{c} \text{Persona} \\ \text{Persona} \end{array} \text{ TDI}_{75} = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 75 \text{ kg peso corporal} = \boxed{37,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

❹ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Pb por el consumo de bonito del norte al valor de referencia adaptado al peso de la persona (TDI₇₅):

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI}_{75}} \cdot 100$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{10,71 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{37,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{28,56\%}$$

Ⓔ El consumo de **tres raciones semanales de 250 gramos de bonito del norte**, con una **concentración de Pb de 100 µg/kg de bonito del norte**, por parte de un **adulto de 75 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 28,56%** a la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* establecida por la EFSA para el Pb. A la vista de este resultado, se puede concluir que **puede existir riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje es superior al 25% y se está evaluando únicamente un alimento (bonito del norte) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que pueden contener plomo, por lo tanto, el consumo de plomo debido a la alimentación será mayor, pudiendo alcanzar o superar la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* establecida por la EFSA para el plomo .



Problema resuelto 03

El fluoruro es un elemento que se encuentra en niveles variables en las aguas de abastecimiento y los alimentos. Una ingesta adecuada ofrece protección frente a las caries dentales. Sin embargo, la ingesta excesiva puede causar diversos problemas.

En la siguiente tabla se recogen las concentraciones de los diferentes municipios de la isla de Tenerife ¿En cuántos municipios la población que consume 2 L de agua al día superaría la IDR para hombres y mujeres? Calcula previamente la IDE (ingesta diaria estimada).

En los municipios que sobrepasan el 100 de la IDR, ¿cuántos de ellos superarían el valor de ingesta diaria admisible (IDA) fijado en 10 mg/día?

Cita las principales consecuencias de una ingesta prolongada de elevadas cantidades de fluoruro.

Datos: IDR (Ingesta diaria recomendada) de fluoruro para hombres de 4 mg/día y para mujeres 3 mg/día e IDA (Ingesta diaria admisible) de fluoruro de 10 mg/día establecido por el instituto de las academias de medicina nacionales de Estados Unidos (IOM)

Municipio	F ⁻ (mg/L)	Municipio	F ⁻ (mg/L)
Adeje	3,59-4,89	La Laguna	1,82-2,14
Arafo	0,36-0,41	La Matanza	2,41-3,03
Arico	0,23-0,53	La Orotava	0,42-0,52
Arona	0,19-0,48	La Victoria	0,36-2,87
Buenavista del Norte	1,10-1,15	Los Realejos	0,54-0,88
Candelaria	0,19-0,23	Los Silos	1,05
El Sauzal	2,34-2,76	Puerto de la Cruz	0,66-1,41
El Tanque	0,35-4,38	San Juan de la Rambla	0,95-2,45
Fasnia	1,22-1,31	San Miguel	0,33-0,59
Garachico	0,47-2,50	Santa Cruz de Tenerife	0,07-0,32
Granadilla	0,57-1,33	Santa Úrsula	0,22-1,21
Guía de Isora	0,57-1,42	Santiago del Teide	0,36-0,39
Güímar	0,38-0,59	Tacoronte	0,56-3,02
Icod de los Vinos	2,22-3,94	Tegueste	0,26
La Esperanza	0,23-0,34	Vilaflor	0,21-0,28
La Guancha	1,52-2,07		

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos

- [F⁻] = recogida en la tabla
- 2 litros de agua al día
- IDR Hombres = 4 mg/día
- IDR Mujeres = 3 mg/día
- IDA = 10 mg/día

Objetivos

- 1 Consumo estimado de agua
- 2 Evaluación de la exposición, IDE_{F⁻}
- 3 Caracterización del riesgo, %_{Contr}
- 4 ¿En qué municipio se supera la IDR?
- 5 ¿En qué municipio se supera la IDA?
- 6 ¿Consecuencias consumo elevado de F⁻?

Relaciones

IE = Ingesta Estimada,
 AX = Agente Xenobiótico
 CA = Consumo de alimento
 VR = Valor de referencia

IE = [AX] · CA
 %_{Contribución} = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de agua por la población, que ya se describe en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo diario de agua} = 2 \frac{\text{L de Agua}}{\text{día}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de F⁻, asociado a este alimento, a modo de ejemplo se utilizará la concentración de fluoruro para el municipio de Adeje (3,59-4,89 mg/L) para realizar el cálculo, tanto para el valor mínimo como para el valor máximo y se repetirá el mismo procedimiento para el resto de los municipios que se recogen en la tabla:

$$IDE_{F^-} = [F^-] \cdot \text{Consumo diario de agua}$$

$$IDE_{F^-} = 3,59 \frac{\text{mg } F^-}{\text{L de agua}} \cdot 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}} = \boxed{7,18 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}$$

$$IDE_{F^-} = 4,89 \frac{\text{mg } F^-}{\text{L de agua}} \cdot 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}} = \boxed{9,78 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}$$

Para el resto de los municipios las ingestas diarias estimadas (IDEs) de F^- se recogen en la tabla que aparece tras caracterizar el riesgo en el siguiente paso, en la tercera columna (Ⓔ).

Ⓔ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de F^- debido al consumo de agua al valor de referencia (IDR) tanto para hombre como para mujeres:

$$\% \text{Contribución} = \frac{IDE_{F^-}}{IDR} \cdot 100$$

$$\text{Hombre} \quad \% \text{Contribución H} = \frac{7,18 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{4 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}} \cdot 100 \approx \boxed{180\%} \quad \quad \% \text{Contribución H} = \frac{9,78 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{4 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{245\%}$$

$$\text{Mujer} \quad \% \text{Contribución M} = \frac{7,18 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{3 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}} \cdot 100 \approx \boxed{239\%} \quad \quad \% \text{Contribución M} = \frac{9,78 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{3 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}} \cdot 100 \approx \boxed{326\%}$$

Repetiendo el cálculo para el resto de los municipios se obtienen los siguientes resultados:

Municipio	F ⁻ (mg/L)	IDE (mg/día)	% Contribución a la IDR	
			Hombre	Mujer
Adeje	3,59-4,89	7,18-9,78	180-245	239-326
Arafo	0,36-0,41	0,72-0,82	19-20,5	24-27,3
Arico	0,23-0,53	0,46-1,06	11,5-26,5	15,3-35,3
Arona	0,19-0,48	0,38-0,96	9,5-24	12,7-32
Buenavista del Norte	1,10-1,15	2,20-2,30	55-57,5	73,3-76,7
Candelaria	0,19-0,23	0,38-0,46	9,5-11,5	12,7-15,3
El Sauzal	2,34-2,76	4,68-5,52	117-138	156-184
El Tanque	0,35-4,38	0,70-8,76	17,5-219	23,3-292
Fasnia	1,22-1,31	2,44-2,62	61-65,5	81,3-87,3
Garachico	0,47-2,50	0,94-5,00	23,5-125	31,3-167
Granadilla	0,57-1,33	1,14-2,66	28,5-66,5	38-88,7
Guía de Isora	0,57-1,42	1,14-2,84	28,5-71	38-94,7
Güímar	0,38-0,59	0,76-1,18	19-29,5	25,3-39,3
Icod de los Vinos	2,22-3,94	4,44-7,88	111-197	148-263
La Esperanza	0,23-0,34	0,46-0,68	11,5-17	15,3-22,7
La Guancha	1,52-2,07	3,04-4,14	76-104	101-138
La Laguna	1,82-2,14	3,64-4,28	91-107	121-143
La Matanza	2,41-3,03	4,82-6,06	121-152	161-202

Municipio	F ⁻ (mg/L)	IDE (mg/día)	% Contribución a la IDR	
			Hombre	Mujer
La Orotava	0,42-0,52	0,84-1,04	21-26	28-34,7
La Victoria	0,36-2,87	0,72-5,74	18-144	24-191
Los Realejos	0,54-0,88	1,08-1,74	27-43,5	36-58
Los Silos	1,05	2,1	52,5	70
Puerto de la Cruz	0,66-1,41	1,32-2,82	33-70,5	44-94
San Juan de la Rambla	0,95-2,45	1,90-4,90	47,5-123	63,3-163
San Miguel	0,33-0,59	0,66-1,18	16,5-29,5	22-39,3
Santa Cruz de Tenerife	0,07-0,32	0,14-0,64	3,5-16	4,67-21,3
Santa Úrsula	0,22-1,21	0,44-2,42	11-60,5	14,7-80,7
Santiago del Teide	0,36-0,39	0,72-0,78	18-19,5	24-26
Tacoronte	0,56-3,02	1,12-6,04	28-151	37,3-201
Tegueste	0,26	0,52	13	17,3
Vilaflor	0,21-0,28	0,42-0,56	10,5-14	14-18,7

4 A partir del cálculo de los porcentajes de contribución tanto para hombres como para mujeres, utilizando los valores de ingesta diaria estimada (IDE) de fluoruro y las ingestas diarias recomendadas (IDR Hombre = 4 mg/día y IDR Mujer = 3 mg/día) se confirma que se supera la ingesta diaria recomendada en 11 municipios de la isla de Tenerife tanto para hombres como para mujeres, estos se recogen a continuación:

					
Adeje	El Sauzal	El Tanque	Garachico	Icod de los Vinos	La Guancha
7,18-9,78 mg/día F ⁻	4,68-5,52 mg/día F ⁻	0,70-8,76 mg/día F ⁻	0,94-5,00 mg/día F ⁻	4,44-7,88 mg/día F ⁻	3,04-4,14 mg/día F ⁻

				
La Laguna	La Matanza	La Victoria	San Juan de la Rambla	Tacoronte
3,64-4,28 mg/día F ⁻	4,82-6,06 mg/día F ⁻	0,72-5,74 mg/día F ⁻	1,90-4,90 mg/día F ⁻	1,12-6,04 mg/día F ⁻

5 Para comprobar si alguno de los municipios de la isla de Tenerife que superan el 100% de los valores de ingestas diarias recomendadas por el IOM para hombres y mujeres (IDRs), también supera el valor de ingesta diaria admisible (IDA=10 mg/día), se procede a repetir el cálculo del porcentaje de contribución, pero en esta ocasión a la ingesta diaria admisible (IDA) para estos municipios, por tanto se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de F⁻ debido al consumo de agua al valor de referencia (IDA) tanto para hombre como para mujeres, que en este caso el cálculo coincide, ya que la ingesta diaria admisible (IDA) tiene un único valor independiente del sexo de la persona:

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE F}^-}{\text{IDA}} \cdot 100$$

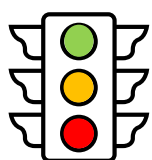
$$\% \text{Contribución} = \frac{7,18 \frac{\text{mg F}^-}{\text{día}}}{10 \frac{\text{mg F}^-}{\text{día}}} \cdot 100 \approx \boxed{71,8\%}$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{9,78 \frac{\text{mg F}^-}{\text{día}}}{10 \frac{\text{mg F}^-}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{97,8\%}$$

Repetiendo el cálculo de forma análoga para el resto de resto de municipios se obtienen los porcentajes de contribución que se recogen en la tabla:

Municipio	F- (mg/L)	IDE (mg/día)	% Contribución a la IDA
Adeje	3,59-4,89	7,18-9,78	71,8% - 97,8%
El Sauzal	2,34-2,76	4,68-5,52	46,8% - 55,2%
El Tanque	0,35-4,38	0,70-8,76	7,0% - 87,6%
Garachico	0,47-2,50	0,94-5,00	9,4% - 50,0%
Icod de los Vinos	2,22-3,94	4,44-7,88	44,4% - 78,8%
La Guancha	1,52-2,07	3,04-4,14	30,4% - 41,4%
La Laguna	1,82-2,14	3,64-4,28	36,4% - 42,8%
La Matanza	2,41-3,03	4,82-6,06	48,2% - 60,6%
La Victoria	0,36-2,87	0,72-5,74	7,20% - 57,4%
San Juan de la Rambla	0,95-2,45	1,90-4,90	19,0% - 49,0%
Tacoronte	0,56-3,02	1,12-6,04	11,2% - 60,4%

Aunque ninguno alcanza el 100% de la ingesta diaria estimada (IDA), algunos municipios se encuentran cercanos como es el caso de Adeje con un valor máximo de un 97,8% y el municipio del Tanque con un 87,6%. Esto podría conllevar un riesgo para la salud pues el agua no es la única fuente de fluoruro a la dieta, pudiendo superarse la ampliamente si se considera el aporte de fluoruro total de la dieta, por lo que se confirma que existe riesgo toxicológico en estos diez municipios.



0-10% No existe riesgo
 10-50% Puede existir riesgo
 > 50% Existe riesgo



No existe riesgo en ningún municipio



Podría existir riesgo en tres municipios



Existe riesgo en ocho municipios



Adeje

71,8% - 97,8%



El Sauzal

46,8% - 55,2%



El Tanque

7,0% - 87,6%



Garachico

9,4% - 50,0%



Icod de los Vinos

44,4% - 78,8%



La Guancha

30,4% - 41,4%



La Laguna

36,4% - 42,8%



La Matanza

48,2% - 60,6%



La Victoria

7,20% - 57,4%



San Juan de la Rambla

19,0% - 49,0%



Tacoronte

11,2% - 60,4%

Ⓢ Las consecuencias derivadas de una ingesta prolongada de elevadas concentraciones de fluoruro pueden producir fluorosis dental y/o fluorosis ósea. La fluorosis dental afecta únicamente a niños, como resultado de una elevada ingesta de fluoruro durante el periodo de formación de los dientes. Se caracteriza por la aparición de áreas blancas en el esmalte dental. En casos más graves, se reduce la mineralización del esmalte que da lugar a la formación de dientes moteados, con esmalte quebradizo y deformación de los dientes.







La fluorosis ósea se produce por la acumulación progresiva de fluoruro sobre los huesos. Esto da lugar al aumento de la densidad ósea por calcificaciones ligamentarias, en especial en la columna vertebral. Además, el fluoruro ejerce efectos perjudiciales sobre el sistema endocrino, causando alteraciones en las glándulas tiroideas y paratiroideas.

Problema resuelto 04

La IDA para nitratos (NO_3^-) es de $3,7 \text{ mg/kg/día}$. Calcula el NOAEL, considerando un factor de seguridad de 100.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

 Datos	 Objetivos	 Relaciones
<ul style="list-style-type: none">  Factor de seguridad = 100  IDA $\text{NO}_3^- = 3,7 \mu\text{g NO}_3^- / \text{kg P.C} \cdot \text{día}$ 	<ul style="list-style-type: none">  1 Calcular el NOAEL 	<p>$IE = \text{Ingesta Estimada}$, $F.Seg = \text{Factor de seguridad}$</p> $IDA = \frac{NOAEL}{F.Seg}$

1 Partiendo de la expresión que describe el cálculo de la ingesta diaria admisible (IDA), que se muestra a continuación:

$$IDA = \frac{NOAEL}{F.Seg}$$

Simplemente despejando el NOAEL de la expresión nos queda que:

$$NOAEL = IDA \cdot \text{Factor de seguridad}$$

Aplicando valores a la expresión, se obtiene el valor del NOAEL:

$$NOAEL = IDA \cdot \text{Factor de seguridad} \quad , \quad NOAEL = 3,7 \frac{\text{mg NO}_3^-}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 100 = \boxed{370 \frac{\text{mg NO}_3^-}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}}}$$









Con un factor de seguridad de 100 y una ingesta diaria admisible (IDA) de $3,7 \mu\text{g}$ de $\text{NO}_3^- / \text{kg P.C}$ al día, **se obtiene un NOAEL de $370 \mu\text{g}$ de $\text{NO}_3^- / \text{kg P.C} \cdot \text{día}$**

Problema resuelto 05

En la evaluación de la exposición de una población al consumo de aditivos, se ha obtenido una ingesta diaria estimada de 17,7 mg/día. Considerando la IDA fijada en 0,75 mg/kg peso/persona, evalúa el riesgo para un adulto de 60 kilos y para un niño de 25 kilos.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

 Datos	 Objetivos	 Relaciones
 IDE de aditivos = 17,7 mg/día  Peso Corporal (PC) = 60 kg  Peso Corporal (PC) = 25 kg  IDA = 0,75 mg / (kg PC/día)	 <ol style="list-style-type: none"> 1 Evaluación de la exposición, $IDE_{Aditivos}$ 2 Adaptar el valor de referencia, $IDA_{Aditivos}$ 3 Caracterización del riesgo, $\%_{Contr}$ 4 Evaluación del riesgo 	$IE = \text{Ingesta Estimada}$ $AX = \text{Agente Xenobiótico}$ $CA = \text{Consumo de alimento}$ $VR = \text{Valor de referencia}$ $IE = [AX] \cdot CA$ $\%_{Contribución} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

❶ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de aditivos, que en este caso ya viene descrita en el enunciado:

$$\img alt="Icon of a scale" data-bbox="332 375 370 395"/> \text{IDE}_{Aditivos} = \boxed{17,7 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}}$$

❷ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de aditivos, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria admisible (IDA). Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 60 kg de peso corporal para el adulto y los 25 kilos para el niño, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA), adaptada al peso tanto del adulto como del niño:

$$\img alt="Icon of two people" data-bbox="162 505 205 535"/> \text{IDA}_{60} = 0,75 \frac{\text{mg aditivos}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} = \boxed{45 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}}$$

$$\img alt="Icon of a person" data-bbox="154 580 190 610"/> \text{IDA}_{25} = 0,75 \frac{\text{mg aditivos}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 25 \text{ kg peso corporal} = \boxed{18,75 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}}$$

❸ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de aditivos debido a la dieta al valor de referencia adaptado para un adulto (IDA_{60}) y para un niño (IDA_{25}):

$$\%_{Contribución} = \frac{IDE \text{ Hg}_{total}}{IDA} \cdot 100$$

$$\img alt="Icon of two people" data-bbox="260 755 305 790"/> \%_{Cont. adulto} = \frac{17,7 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}}{45 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{39,3\%}$$

$$\img alt="Icon of a person" data-bbox="266 835 305 870"/> \%_{Cont. niño} = \frac{17,7 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}}{18,75 \frac{\text{mg Aditivos}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{94,4\%}$$

Si evaluamos el riesgo a partir de los resultados encontrados, en el caso de un **adulto de 60 kg de peso corporal**, una **ingesta diaria estimada de 17,7 mg/día de aditivos**, supone un **aporte del 39,3%** a la ingesta diaria admisible (IDA) descrita por la EFSA, por lo tanto, como se trata de una evaluación de aditivos a la dieta global, es decir al total de aditivos consumidos por el adulto, se confirma que **no existe riesgo** ya que no se supera la ingesta diaria admisible (IDA) y el porcentaje de contribución está por debajo del 40%.



Si repetimos la evaluación del riesgo en este caso para el **niño de 25 kg de peso corporal**, a partir de los resultados encontrados, una **ingesta diaria estimada de 17,7 mg/día de aditivos**, supone un **aporte del 94,4%** a la ingesta diaria admisible (IDA), por lo tanto como se trata de una evaluación de aditivos a la dieta global, es decir al total de aditivos consumidos por el niño, se observa que no se supera la ingesta diaria admisible (IDA), por lo que **en principio no existiría riesgo** toxico, pero este porcentaje está muy próximo al 100 % y por tanto de superar la ingesta diaria admisible (IDA), por lo que se puede alcanzar con facilidad con el riesgo que eso conlleva para la salud.










Problema resuelto 06

Un individuo consume 40 g/día de embutidos que tienen una concentración media de 125 mg/kg del conservante nitrito (NO_2^-). ¿Qué porcentaje de la IDA (ingesta diaria admisible) de nitritos consume este sujeto de 80 kg? ¿Existiría riesgo para la salud de dicho individuo?

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de nitritos de 0,07 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 Datos  $[\text{NO}_2^-] = 125 \text{ mg NO}_2^-/\text{kg de embutido}$  Peso Corporal (PC) = 80 kg  IDE = 40 g/día  IDA = 0,07 mg NO_3^- / kg P.C · día	 Objetivos ❶ Consumo estimado de embutido ❷ Evaluación de la exposición, $\text{IDE}_{\text{NO}_3^-}$ ❸ Adaptar el valor de referencia, $\text{IDA}_{\text{NO}_3^-}$ ❹ Caracterización del riesgo, $\%_{\text{Contr}}$ ❺ Evaluación del riesgo	 Relaciones $IE = \text{Ingesta Estimada,}$ $AX = \text{Agente Xenobiótico}$ $CA = \text{Consumo de alimento}$ $VR = \text{Valor de referencia}$ $IE = [AX] \cdot CA$ $\%_{\text{Contribución}} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

❶ Se necesita conocer el consumo diario de embutidos por la persona, que en este caso ya se describe en el enunciado:

$$\text{Consumo diario de embutido} = \frac{40 \text{ g de embutido}}{\text{día}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de NO_2^- , asociado a este alimento:

$$\text{IDE}_{\text{NO}_3^-} = [\text{NO}_3^-] \cdot \text{Consumo diario de embutido}$$

$$\text{IDE}_{\text{NO}_2^-} = 125 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{kg embutido}} \cdot 40 \frac{\text{g de embutido}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg de embutido}}{1000 \text{ g de embutido}} = \frac{5 \text{ mg NO}_2^-}{\text{día}}$$

❸ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de NO_2^- , se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria admisible (IDA). Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 80 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA) adaptada al peso de la persona (IDA_{80}):

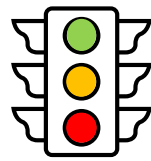
$$\text{IDA}_{80} = 0,07 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 80 \text{ kg peso corporal} = \frac{5,6 \text{ mg NO}_2^-}{\text{día}}$$

❹ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de embutidos al valor de referencia (IDA_{80}):

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE NO}_2^-}{\text{IDA}_{80}} \cdot 100$$

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{5 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{día}}}{5,6 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{89,3\%}$$

5 Un consumo de embutidos que aporte una **ingesta diaria estimada (IDE) de 5 mg de NO_2^- al día**, por parte de un **adulto de 80 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 89,3%** a la ingesta diaria admisible (IDA) establecida por la EFSA para el NO_2^- . A la vista de este resultado, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico**, ya que, aunque no se supere el 100% del valor de referencia, este porcentaje está muy cerca del 100%, y únicamente se está valorando el aporte de nitratos por un único grupo de alimentos (embutidos), pero existen otras fuentes de exposición a nitratos dentro de la alimentación, por lo que con toda seguridad si se estudiase la dieta completa, se superaría la ingesta diaria admisible (IDA) establecida por la EFSA para el NO_2^- .



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo



89,3%

Existe riesgo



Problema resuelto 07

Según los datos indicados en la tabla adjunta, valora si el aporte de aspartamo para un individuo de 60 kilos supondría un riesgo para su salud.

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de aspartamo de 40 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

Alimentos	Concentración aspartamo	Consumo diario	IDE (mg/día)
Cerveza sin alcohol	500 mg/L	200 mL/día	100
Mermelada	800 mg/kg	20 g/día	16
Conservas agridulces de pescado	250 mg/kg	50 g/día	12,5
Natillas light	800 mg/kg	80 g/día	64

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [Aspartamo] = En la tabla Peso Corporal (PC) = 60 kg Consumo en la tabla IDA = 40 mg Asp /kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de aspartamo Evaluación de la exposición, $IDE_{Asp\ total}$ Adaptar el valor de referencia, IDA_{Asp} Caracterización del riesgo, $\%Contr$ Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia $IE = [AX] \cdot CA$ $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de cada uno de los alimentos descritos en la tabla, pero estos datos ya aparecen descritos en la tabla, en la tercera columna, por lo que no hay que realizar el cálculo.



C.diario= 200 mL/día
IDE=100 mg Asp/día



C.diario= 20 g/día
IDE=16 mg Asp/día



C.diario= 50 g/día
IDE=12,5 mg Asp/día



C.diario= 80 g/día
IDE=64 mg Asp/día

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de aspartamo, asociado a cada uno de los alimentos, que aparecen recogidos en la tabla, en la cuarta columna y en los pictogramas anteriores, pero como se nos pide realizar un estudio global de los cuatro alimentos, se procede a calcular la ingesta diaria estimada (IDE) total de aspartamo que aportan:

$$IDE_{Aspartamo\ total} = IDE_{cerveza\ sin\ alcohol} + IDE_{mermelada} + IDE_{conservas\ agridulce\ de\ pescado} + IDE_{natillas\ light}$$

$$IDE_{Aspartamo\ total} = 100 \frac{mg\ Asp}{día} + 16 \frac{mg\ Asp}{día} + 12,5 \frac{mg\ Asp}{día} + 64 \frac{mg\ Asp}{día} = \boxed{192,5 \frac{mg\ Aspartamo}{día}}$$

3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada total de aspartamo ($IDE_{Aspartamo\ total}$), se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria admisible (IDA) para el aspartamo. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 60 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA), adaptada al peso de la persona (IDA_{60}):

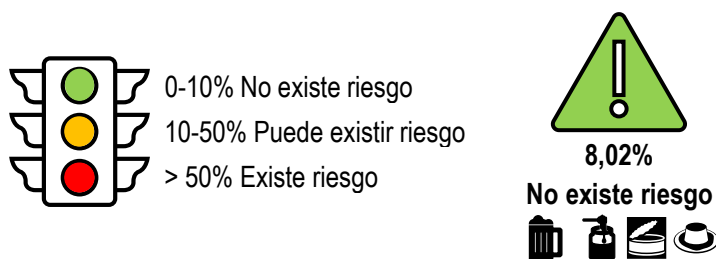
$$IDA_{60} = 40 \frac{mg\ Aspartamo}{kg\ peso\ corporal \cdot día} \cdot 60\ kg\ peso\ corporal = \boxed{2400 \frac{mg\ Aspartamo}{día}}$$

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de aspartamo debido al consumo de los cuatro alimentos, al valor de referencia (IDA_{60}):

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{IDE_{\text{Aspartamo total}}}{IDA_{60}} \cdot 100$$

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{192,5 \frac{\text{mg Aspartamo}}{\text{día}}}{2400 \frac{\text{mg Aspartamo}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{8,02\%}$$

5 El consumo diario que aporta cada uno de los cuatro alimentos que se mencionan en la tabla, suponen una **ingesta diaria estimada (IDE) total de 192,5 mg al día de aspartamo**, según la concentración de este aditivo, que también se describe en la tabla. Esta ingesta diaria estimada por **parte de un adulto de 60 kg de peso corporal** supone un **aporte del 8,02%** a la ingesta diaria admisible establecida por la EFSA para el aspartamo. A la vista de este resultado, se puede concluir que **no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje es bajo, estando por debajo del 10%, y aunque no se está evaluando la dieta completa, si se están estudiando cuatro alimentos (cerveza sin alcohol, mermelada, conservas agrídulces de pescado y natillas light), por lo que es bastante complicado que se alcance o supere el valor de referencia descrito por la EFSA para el aspartamo.









Problema resuelto 08

En un estudio se ha determinado el nivel de Pb en muestras de leches de continuación. El nivel medio ha sido de 0,07 mg/kg de peso seco de Pb. La dosis diaria de leche de continuación es de 150 gramos. Considerando que estos productos se destinan a niños de 6 a 12 meses con un peso corporal medio de 9 kilos. ¿Existiría riesgo por ingesta de plomo?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de plomo de 0,5 µg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 [Pb] = 0,07 mg/kg de leche  Peso Corporal (PC) = 9 kg  150 gramos al día  TDI = 0,5 µg Pb /kg P.C · día	 <ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de leche Evaluación de la exposición, IDE Pb Adaptar el valor de referencia, Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	 <p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> $IE = [AX] \cdot CA$ $\%_{\text{Contribución}} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

❶ Se necesita conocer el consumo diario de leche por el infante, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo diario de leche} = \boxed{150 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb, asociada a este alimento:

$$\text{IDE Pb} = [\text{Pb}] \cdot \text{Consumo diario de leche}$$

$$\text{IDE Pb} = 0,07 \frac{\text{mg Pb}}{\text{kg leche}} \cdot 150 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg leche}}{\text{g leche}} = \boxed{0,0105 \frac{\text{mg Pb}}{\text{día}} = 10,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

❸ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA para el Pb, la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)*. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 9 kg de peso corporal de los niños de 6 a 12 meses de edad, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)*, adaptada al peso de la persona (TDI_9):

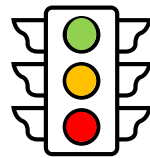
$$\text{TDI}_9 = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 9 \text{ kg peso corporal} = \boxed{4,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

❹ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de plomo debido al consumo de leche de continuación al valor de referencia (TDI_9), previamente se realizó el cambio de unidades de mg/día a µg/día de la Ingesta diaria estimada (IDE) en el paso ❷, para que concuerden las unidades:

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI}_9} \cdot 100$$

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{10,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{4,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{233,3\%}$$

Ⓔ El consumo de **150 gramos de leche de continuación**, con una **concentración media de Pb de 0,07 µg/kg de leche de continuación**, por parte de un **infante de 9 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 233,3%** a la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* establecida por la EFSA para el Pb. A la vista de este resultado, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico** claro, ya que este porcentaje es muy superior al 100% y se está evaluando únicamente un alimento (leche de continuación) y no la dieta completa, donde existen otros alimentos que pueden aportar plomo, cierto es que la dieta de un infante de entre los 6 y 12 meses de edad, está basada en leche, pero hay que tener en cuenta por ejemplo, el agua con la que se disuelve la leche ya que puede ser una fuente añadida de Pb .



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo



233,3%

Existe riesgo



Problema resuelto 09

En la siguiente tabla se recoge el consumo medio y el nivel de plomo de diferentes grupos de alimentos. ¿Qué grupos de alimentos contribuyen más a la ingesta de Pb? ¿Existe riesgo tóxico?

Datos: TDI (tolerable daily intake) de plomo de 0,5 µg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA), Peso medio de un adulto de 70 kg.

Alimentos	Concentración de Pb (µg/kg)	Consumo diario (g/día)
Leche	12	300,6
Queso	2,3	28,1
Yogurt	66	44,8
Cereales	1,66	146,9
Pescados	367	53
Carnes	37,3	57,9
Embutidos	345	33,1
Legumbres	0,1	30,4
Fruta	52	234,1
Verdura	0,14	105,1
Agua	7,3	2 L/día

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos

- [Pb] = Se recoge en la tabla
- Peso Corporal (PC) = 70 kg
- Se recogen en la tabla
- TDI = 0,5 µg Pb / kg P.C · día

Objetivos

- ➊ Consumo estimado de los alimentos
- ➋ Evaluación de la exposición, IDE_{Pb total}
- ➌ Adaptar el valor de referencia, TDI_{Pb}
- ➍ Caracterización del riesgo, %_{Contr}
- ➎ Evaluación del riesgo

Relaciones

IE = Ingesta Estimada,
 AX = Agente Xenobiótico
 CA = Consumo de alimento
 VR = Valor de referencia

$IE = [AX] \cdot CA$
 $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

➊ Se necesita conocer el consumo diario de cada uno de los alimentos, pero este dato ya se recoge en la tabla en la tercera columna y a continuación en los siguientes pictogramas:

 Leche C.diario= 300,6 g/día	 Queso C.diario= 28,1 g/día	 Yogurt C.diario= 44,8 g/día	 Cereales C.diario= 146,9 g/día	 Pescado C.diario= 53 g/día	 Carne C.diario= 57,9 g/día
 Embutido C.diario=33,1 g/día	 Legumbres C.diario= 30,4 g/día	 Fruta C.diario= 234,1 g/día	 Verdura C.diario= 105,1 g/día	 Agua C.diario= 2 L/día	

➋ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb, asociada a cada uno de los alimentos que se recoge en la tabla, a modo de ejemplo se realizara el cálculo para la leche este alimento:

$$IDE\ Pb = [Pb] \cdot \text{Consumo diario de cada alimento}$$

Por tanto, para cada uno de los alimentos tendremos que:

$$\text{IDE Pb}_{\text{Leche}} = 12 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg leche}} \cdot 300,6 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg leche}}{1000 \text{ g leche}} = \boxed{3,61 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Queso}} = 2,3 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg queso}} \cdot 28,1 \frac{\text{g de queso}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg queso}}{1000 \text{ g queso}} = \boxed{0,065 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Yogurt}} = 66 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg yogurt}} \cdot 44,8 \frac{\text{g de yogurt}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg yogurt}}{1000 \text{ g yogurt}} = \boxed{2,96 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Cereales}} = 1,66 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg cereales}} \cdot 146,9 \frac{\text{g de cereales}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg cereales}}{1000 \text{ g cereales}} = \boxed{0,24 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Pescados}} = 367 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg pescado}} \cdot 53 \frac{\text{g de pescados}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg pescados}}{1000 \text{ g pescados}} = \boxed{19,45 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Carne}} = 37,3 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg carne}} \cdot 57,9 \frac{\text{g de carne}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg carne}}{1000 \text{ g carne}} = \boxed{2,16 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Embutidos}} = 345 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg embutidos}} \cdot 33,1 \frac{\text{g de embutidos}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg embutidos}}{1000 \text{ g embutidos}} = \boxed{11,42 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Legumbres}} = 0,1 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg legumbres}} \cdot 30,4 \frac{\text{g de legumbres}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg legumbres}}{1000 \text{ g legumbres}} = \boxed{0,004 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Fruta}} = 52 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg fruta}} \cdot 234,1 \frac{\text{g de fruta}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg fruta}}{1000 \text{ g fruta}} = \boxed{12,17 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Verdura}} = 0,14 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg verdura}} \cdot 105,1 \frac{\text{g de verdura}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg verdura}}{1000 \text{ g verdura}} = \boxed{0,015 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Agua}} = 7,3 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{L agua}} \cdot 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}} = \boxed{14,6 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

Respondiendo a la primera de las preguntas que se plantean, decir que alimentos son los que más contribuyen a la ingesta de plomo, serían en orden decreciente de aporte a la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb los siguiente:



Pescado
19,5 $\mu\text{g}/\text{día}$



Agua
14,6 $\mu\text{g}/\text{día}$



Fruta
12,2 $\mu\text{g}/\text{día}$



Embutido
11,4 $\mu\text{g}/\text{día}$



Leche
3,61 $\mu\text{g}/\text{día}$

Una vez calculadas las ingestas diarias estimadas (IDEs) de Pb para cada uno de los alimentos recogidos en la tabla, para poder realizar la evaluación del riesgo por el consumo de plomo, se necesita calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Pb total, para ello simplemente se ha de sumar cada una de las ingestas diarias estimadas de Pb de cada uno de los alimentos:

$$\text{IDE}_{\text{Pb total}} = \text{IDE}_{\text{Leche}} + \text{IDE}_{\text{Queso}} + \text{IDE}_{\text{Yogurt}} + \text{IDE}_{\text{Cereales}} + \text{IDE}_{\text{Pescado}} + \text{IDE}_{\text{Carne}} + \text{IDE}_{\text{Embutidos}} \\ + \text{IDE}_{\text{Legumbres}} + \text{IDE}_{\text{Fruta}} + \text{IDE}_{\text{Verdura}} + \text{IDE}_{\text{Agua}} + \text{IDE}_{\text{Cereales}}$$

$$\text{IDE}_{\text{Pb total}} = 3,61 + 0,065 + 2,96 + 0,24 + 19,45 + 2,16 + 11,42 + 0,004 + 12,17 + 0,015 + 14,6$$

$$\text{IDE}_{\text{Pb total}} = \boxed{66,69 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

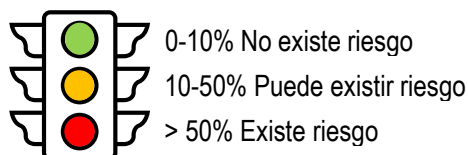
③ Una vez calculada la IDE de Pb, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* para el Pb. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 70 kg de peso corporal para el adulto, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)*, adaptada al peso de la persona (TDI_{70}):

$$\text{TDI}_{70} = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 70 \text{ kg peso corporal} = \boxed{35 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Pb debido al consumo de los alimentos descritos en el enunciado al valor de referencia adaptado al peso del adulto (TDI_{70}):

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI}_{70}} \cdot 100 \\ \% \text{Contribución} = \frac{66,69 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{35 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{190,55\%}$$

⑤ El consumo diario que aporta cada uno de los alimentos que se mencionan en la tabla, suponen una **ingesta diaria estimada (IDE) total de 66,5 μg al día de pb**, según la concentración de este metal pesado, que también se describe en la tabla. Esta ingesta diaria estimada por parte de un **adulto de 70 kg de peso corporal** supone un **aporte del 190,55%** a la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* establecida por la EFSA para el plomo. A la vista de este resultado, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje es muy alto y se supera claramente el 100% de la ingesta diaria tolerable o *tolerable daily intake (TDI)* establecida por la EFSA, y aunque se estén evaluando once alimentos, existen otros que pueden aportar plomo a la dieta por lo que este porcentaje puede aumentar.



Problema resuelto 10

En cereales de chocolate para el desayuno se ha detectado una concentración de acesulfamo de potasio de 15 mg/kg mientras que en zumos infantiles se ha detectado una concentración de 35 mg/L. Teniendo en cuenta que un niño de 13 años y 40 kilos de peso consumo 40 gramos de estos cereales y un vaso de 300 mL de zumo al día. ¿Existiría riesgo para la salud?

Datos: IDA (Ingesta diaria admisible) de Acesulfamo de potasio de 9 mg/kg peso corporal/día establecido por la European Food Safety Authority (EFSA).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [acesulfamo] = 15 mg/kg de cereales [acesulfamo] = 35 mg/L de zumo Peso Corporal (PC) = 14 kg 40 g cereales y 300 mL zumo IDA = 9 µg / kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de cereales y zumo Evaluación de la exposición, $IDE_{Acesulfamo}$ Adaptar el valor de referencia, $IDA_{Acesulfamo}$ Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

Se necesita conocer el consumo diario de cereales y zumo por el niño, pero estos datos ya se recogen en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo diario de cereales} = \frac{40 \text{ g de cereales}}{\text{día}} \quad \text{Consumo diario de zumo} = \frac{300 \text{ mL de zumo}}{\text{día}}$$

Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de acesulfato de potasio, asociada a estos alimentos:

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{cereales}}} = [Acesulfamo]_{\text{cereales}} \cdot \text{Consumo diario de cereales}$$

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{cereales}}} = 15 \frac{\text{mg Acesulfato}}{\text{kg cereales}} \cdot 40 \frac{\text{g de cereales}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg cereales}}{\text{g cereales}} = \frac{6 \text{ mg Acesulfato}}{\text{día}}$$

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{zumo}}} = [Acesulfamo]_{\text{zumo}} \cdot \text{Consumo diario de zumo}$$

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{zumo}}} = 35 \frac{\text{mg Acesulfato}}{\text{L zumo}} \cdot 300 \frac{\text{mL de zumo}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{L zumo}}{\text{mL zumo}} = \frac{10,5 \text{ mg Acesulfato}}{\text{día}}$$

Por tanto, la ingesta diaria estimada (IDE) total de acesulfamo de potasio será la suma de la ingesta diaria estimada de cada uno de los alimentos:

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{total}}} = IDE_{Acesulfamo_{\text{cereales}}} + IDE_{Acesulfamo_{\text{zumo}}}$$

$$IDE_{Acesulfamo_{\text{total}}} = 6 \frac{\text{mg Acesulfato}}{\text{día}} + 10,5 \frac{\text{mg Acesulfato}}{\text{día}} = \frac{16,5 \text{ mg Acesulfato}}{\text{día}}$$

$$= \frac{0,0165 \text{ µg Acesulfato}}{\text{día}}$$

③ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) total de acesulfamo de potasio, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria admisible (IDA) para el acesulfamo de potasio. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 14 kg de peso corporal, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA), adaptada al peso de la persona (IDA_{14}):

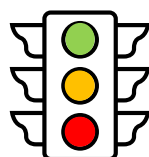
$$\text{IDA}_{14} = 9 \frac{\mu\text{g Acesulfamo}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 14 \text{ kg peso corporal} = \boxed{126 \frac{\mu\text{g Acesulfamo}}{\text{día}}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de acesulfamo de potasio debido al consumo de estos dos alimentos (cereales y zumos) al valor de referencia adaptado al peso del niño (TDI_9):

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Acesulfamo}}{\text{IDA}_{14}} \cdot 100$$

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{0,0165 \frac{\text{mg Acesulfamo}}{\text{día}}}{126 \frac{\mu\text{g Acesulfamo}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{0,013\%}$$

⑤ El consumo de **40 gramos de cereales y 350 mL de zumo infantil**, con una concentración Acesulfamo de potasio que se describe en el enunciado del ejercicio, por parte de un **niño de 14 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 0,013%** a la ingesta diaria admisible (IDA) establecida por la EFSA para el Acesulfamo de potasio. A la vista de este resultado, se puede concluir que **no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje es muy inferior al 100%, quedando por debajo del 10% y aunque se está evaluando únicamente dos alimentos (cereales y zumos infantiles) y no la dieta completa este porcentaje es muy bajo y difícilmente se podrá alcanzar el valor de referencia establecida por la EFSA si se estudiara la dieta completa.



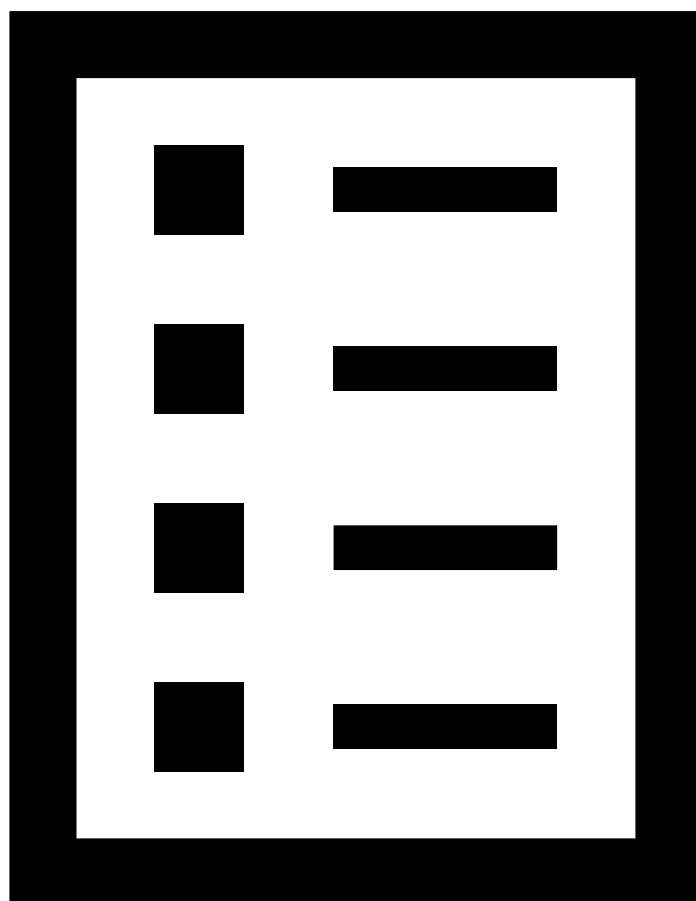
0-10% No existe riesgo
10-50% Puede existir riesgo
> 50% Existe riesgo



0,013%

No existe riesgo





LISTADO PROBLEMAS PROPUESTOS

LISTADO PROBLEMAS PROPUESTOS

A continuación, se recoge una batería de ejercicios sobre la evaluación del riesgo toxicológico propuestos para reforzar los conocimientos adquiridos tras la lectura de este manual, en el siguiente capítulo se recogen las soluciones para comprobar que los ejercicios están bien hechos, y en el último de los capítulos se resuelven paso a paso por si existen dudas en el proceso de resolución:

PROBLEMA PROPUESTO 01

En una población de la isla de Tenerife vive una familia de tres miembros: los progenitores con edades de 34 y 38 años y un bebé con una edad de 6 meses. Si tenemos en cuenta que los niveles de flúor encontrados en el agua son de 2,79 mg/L. ¿Existe riesgo por el consumo de esta agua para los progenitores? Si hay riesgo, ¿cuánto tendrían que consumir para no superar la Ingesta Máxima Tolerable? ¿Sería conveniente preparar los biberones del bebé con esta misma agua? ¿Por qué? Ten en cuenta la información que se recoge en la Tabla 1.

Datos: Consumo medio de agua de 2 L/día, nivel paramétrico para las aguas de consumo humano 1,5 mg/L, IDA (Ingesta diaria admisible) de fluoruro de 10 mg/día

Relación entre concentración de fluoruro y el posible efecto sobre la salud	
Concentración (mg F-/L)	Efectos sobre la salud
< 0,5	Caries dental
0,5-1,0	Mejora la salud dental
1,5-4	Fluorosis dental
> 4	Fluorosis dental y ósea
>10	Fluorosis ósea degenerativa

PROBLEMA PROPUESTO 02

Considerando un factor de seguridad de 100 calcular la ingesta diaria admisible de nitritos (NO_2) sabiendo que el NOAEL obtenido es de 7 mg/kg peso corporal/día

PROBLEMA PROPUESTO 03

La concentración máxima de nitratos (NO_3^-) en aguas de consumo humano es de 50 mg/L (Real Decreto 140/2003). ¿Cuántos litros hemos de consumir de un agua que tiene 40 mg/L de NO_3^- , para superar la IDA.

Datos: IDA de 3,7 mg/kg de peso corporal/día, Peso corporal adulto de 68 kg.

Problema propuesto 04

La siguiente tabla recoge el contenido en nitratos (NO_3^-) de alimentos y bebidas consumidos por un individuo vegetariano. Teniendo en cuenta el consumo diario de cada uno de estos alimentos, responde a las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es la ingesta diaria estimada de nitratos?
- ¿Existe riesgo toxicológico para una mujer de 65 kg de peso y un hombre de 70 kg de peso?

Datos: IDA de nitratos de 3,7 mg/kg de peso corporal/día.

Alimentos	Concentración nitratos	Consumo diario
Legumbres	800 mg/kg	29,2 g/día
Frutas	750 mg/kg	218,4 g/día
Verduras	200 mg/kg	107,8 g/día
Papas	160 mg/kg	143,2 g/día
Agua de bebida	25 mg/L	2 L/día

Problema propuesto 05

Un individuo de 85 kg bebe 500 mL al día de bebidas refrescantes que tienen una concentración de 0,4 g/L de ácido benzoico o E-210. Calcula la IDE y el porcentaje de contribución a la IDA. ¿Existe riesgo para la salud de este individuo?

Problema propuesto 06

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) notifica a fecha del 2 de septiembre del año 2021 la presencia de cadmio en apio fresco, en productos cuyo origen es Polonia encontrados en la República Checa, cuya concentración es de 0,27 mg/kg. Suponiendo un consumo de 50 gramos de apio semanales por una persona de 68 kg de peso corporal ¿existiría riesgo para la salud del individuo?

Datos: TWI de Cd de 2.5 µg/kg pc/semana, enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500176>



Problema propuesto 07

El máximo permitido de SO₂ en gambas cocidas es de 50 mg/kg. La IDA de SO₂ es de 42 mg/kg de peso corporal/día. ¿Qué cantidad de gambas tendríamos que consumir al día para superar la IDA, suponiendo que contienen el máximo permitido de óxido de azufre (IV)? Realizar la estimación para un adulto de 70 kg de peso corporal, una mujer de 65 kg de peso corporal y un niño de 35 kg de peso corporal.

Problema propuesto 08

Se ha analizado el contenido en metales tóxicos de dos especies de algas comestibles. Teniendo en cuenta los datos que se exponen en la siguiente tabla, ¿el consumo de 5 gramos de alga deshidratada al día supondría un riesgo para la salud?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2,5 µg/kg pc/semana, TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día. Considera un adulto de 60 kilos.

Metal	Algas wakame	Algas kombu
	Concentración (mg/kg peso seco)	
Al	78	34,7
Cd	1,11	0,08
Pb	0,31	0,38
Hg	0,011	0,5

Problema propuesto 09

Se ha determinado el contenido de metales tóxicos en muestras de calamares congelados. Las concentraciones medias han sido: Al (3,09 mg/kg), Cd (0,29 mg/kg) y Pb (0,04 mg/kg). Suponiendo que en un comedor escolar se sirven raciones de 200 gramos dos veces a la semana, ¿existiría riesgo por ingesta de metales tóxicos en niños de 40 kilos?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2,5 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día.

Problema propuesto 10

En la siguiente tabla se recoge el consumo medio y el nivel de cobre de diferentes grupos de alimentos. ¿Qué grupos de alimentos contribuyen más a la ingesta dietética de Cu? ¿Se cumplen las recomendaciones?

Datos: IDR de Cu de 1,1 mg/día para adultos.

Alimentos	Concentración de Cu (mg/100g)	Consumo diario (g/día)
Leche	0,01	300,7
Queso	0,13	25,1
Yogurt	0,01	45,7
Pescados	0,3	45,8
Carne	0,15	45,9
Frutas	0,2	218,4
Papas	0,17	143,2
Legumbres	0,8	27,2

Problema propuesto 11

Ha sido determinado el contenido de metales tóxicos en tofu. Suponiendo un consumo de 200 gramos al día de tofu.

- ¿Existe riesgo para la salud de los consumidores adultos de 68 kilos medio?
- Suponiendo que un niño de 38 kilos consume 200 gramos de tofu al día, ¿estaría en riesgo por consumo excesivo de metales tóxicos?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2.5 µg/kg pc/semana, TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día.

Problema propuesto 12

Ha sido determinado el contenido de mercurio total en muestras de filetes de panga congelados encontrándose una concentración media de 0,22 mg/kg de peso fresco.

- Considerando un consumo de 50 gramos al día por un adulto de 60 kilos, ¿existiría riesgo para su salud?
- Considerando un consumo de 50 gramos al día por un niño de 30 kilos, ¿existiría riesgo para su salud?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana.

Problema propuesto 13

Se han encontrado concentraciones de 0,01 mg/kg de bisfenol A en platos preparados para microondas. Suponiendo un consumo de 250 gramos al día de estos alimentos. ¿Supondría un riesgo para la salud de adultos de 60 kilos?

Datos: t-TDI (ingesta diaria tolerable temporal) de 0,05 mg/kg peso corporal/día.

Problema propuesto 14

Analiza la siguiente noticia publicada en el periódico electrónico "20minutos.es". Suponiendo que los pescados llegan a la mitad del límite máximo de mercurio ¿Existiría riesgo para la salud de niños?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana. Peso medio de un niño de 30 kilos.

20 minutos.es

Piden reducir el consumo de perca y panga tras hallar restos de mercurio y pesticidas

- La OCU ha realizado análisis en filetes de ambos pescados.
- La organización aconseja limitar su consumo a una vez por semana, tras hallar restos contaminantes que entran en los límites legales.

Restos de pesticidas y de mercurio en los filetes de panga y perca. La [Organización de Consumidores y Usuarios \(OCU\)](#) ha recomendado este jueves **reducir el consumo** de ambos pescados después de que los análisis realizados sobre los mismos hayan detectado la presencia de estas **sustancias nocivas** para la salud.

La OCU asegura que estos **residuos contaminantes** están dentro de los límites legales y no suponen un **riesgo inmediato** para la salud, aconseja **no comerlos más** de una vez por semana. Para esta organización, el panga y la perca han entrado "con fuerza" en los **hábitos** de compra y consumo españoles, sobre todo, en **comedores colectivos** donde a veces se sirven como filetes de lenguado o mero pero, tras sospechar de la presencia de posibles contaminantes ambientales por su producción "intensiva" y zonas donde se localiza, la OCU analizó 23 muestras de panga (17 congeladas y seis frescas) y otras seis de perca con la citada conclusión.

La OCU destaca que estos pescados se sirven varias veces por semana en comedores escolares

Se trata de dos **pescados de agua dulce** y criados en **acuicultura** que proceden de países lejanos: el panga se cría en el río Mekong (Vietnam) y la perca habita en el lago Victoria en África. En concreto, en cuatro de las muestras de panga se encontró la **trifluoralina**, un herbicida prohibido en Europa mientras que en los filetes de perca no se encontraron plaguicidas.

También detectaron **mercurio** en nueve de las **29 muestras de panga y perca** analizadas. Las cantidades de mercurio no superan el límite legal de 0,5 mg/Kg pero, en algunos casos, sí alcanzaron la mitad de esa cifra. A juicio de la OCU, se debería "**reconsiderar**" la lista de los pescados que se suelen considerar como fuente de mercurio, como el atún o el emperador, tras estos resultados.

"Teniendo en cuenta que estos pescados se sirven en **comedores escolares** y los niños pueden llegar a comerlos varias veces por semana, al final la **ingesta** de mercurio puede llegar a ser significativa", subraya la OCU.

Problema propuesto 15

Se han registrado las siguientes concentraciones de acrilamida: patatas fritas de paquete (3700 µg/kg), café instantáneo (338 µg/kg), chocolate en polvo (90 µg/kg) y pan blanco (108 µg/kg). Suponiendo un consumo medio diario de un adulto de 70 kilos de: 100 g de patatas fritas de paquete, 35 g de café instantáneo, 10 g de chocolate en polvo y 60 g de pan blanco. ¿Estaría en riesgo la salud de este individuo?

Datos: BMDL₁₀ de 0,17 mg/kg de peso corporal/día (incidencia de tumores).

Problema propuesto 16

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 8 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de boro en agua mineral, en productos cuyo origen es Turquía notificados por Suiza, cuya concentración es de 4,33 mg/L. Suponiendo un consumo de 2 Litros de agua al día por la población y unos límites superiores de ingesta de boro descrito por el IOM para diferentes grupos poblacionales ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: UL de B en niños de 1-3 años de 3 mg/día niños, niños de 4-8 años de 6 mg/día, niños 9-13 años de 11 mg/día, adolescentes de 14-18 años de 17 mg/día y adultos mayores de 18 años de 20 mg/día, enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/501254>



Problema propuesto 17

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 8 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de histamina en sardinas, en productos cuyo origen es Francia notificados por Bélgica, cuya concentración es de 1130 mg/Kg. Suponiendo un consumo de 250 gramos de sardinas a la semana por la población ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: TDI de 25-50 mg/día enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500690>



Problema propuesto 18

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 7 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de mercurio en pez espada, en productos cuyo origen es España notificados por los Países Bajos, cuya concentración es de 2 mg/Kg. Suponiendo un consumo de dos raciones de 250 gramos de pez espada a la semana por la parte de un adulto de 68 kg de peso y un niño de 35 ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana., enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500753>





SOLUCIONES PROBLEMAS PROPUESTOS

SOLUCIONES PROBLEMAS PROPUESTOS

A continuación, se recoge las soluciones a los problemas propuestos sobre la evaluación del riesgo toxicológico para reforzar los conocimientos descritos con anterioridad, de esta forma se puede comprobar que los ejercicios anteriores están bien resueltos sin ver la resolución completa del ejercicio:

Problema propuesto 01

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE AGUA = 2 L/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE FLUORURO, IDE_{FLUORURO} = 5,58 MG/DÍA
- C) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN, %_{CONTRIBUCIÓN} = 55,8%
- D) PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO
- E) CONSUMO PARA QUE NO EXISTA RIESGO TOXICOLÓGICO (%CONT < 10%) = 0,36 LITROS DE AGUA /DÍA
- F) NO SERÍA ADECUADO PREPARAR LOS BIBERONES DEL BEBE CON ESTE AGUA.

Problema propuesto 02

SOLUCIÓN:

INGESTA DIARIA ADMISIBLE DE NITRITOS, IDA = 0,07 MG/KG PESO CORPORAL ·DÍA

Problema propuesto 03

SOLUCIÓN:

- A) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL, IDA₆₈ = 251,6 MG/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS PARA ALCANZAR LA INGESTA DIARIA ADMISIBLE, IDE = 251,6 MG/DÍA
- C) CONSUMO DIARIO DE AGUA = 6,29 L/DÍA
- D) NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO

Problema propuesto 04

SOLUCIÓN:

- A) LOS CONSUMOS DIARIOS SE RECOGEN EN LA TABLA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS DEBIDA A LAS LEGUMBRES, IDE DE NITRATOS_{LEGUMBRES} = 23,36 MG/DÍA
- C) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS DEBIDA A LAS FRUTA, IDE DE NITRATOS_{FRUTA} = 163,60 MG/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS DEBIDA A LAS VERDURA, IDE DE NITRATOS_{VERDURAS} = 21,56 MG/DÍA
- E) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS DEBIDA A LAS PAPAS, IDE DE NITRATOS_{PAPAS} = 22,91 MG/DÍA
- F) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS DEBIDA AL AGUA, IDE DE NITRATOS_{AGUA} = 50 MG/DÍA
- G) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE NITRATOS TOTAL, IDE DE NITRATOS_{TOTAL} = 281,33 MG/DÍA
- H) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 65 KG PESO CORPORAL DE LA MUJER, IDA₆₅ = 240,5 MG/DÍA
- I) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 70 KG PESO CORPORAL DEL HOMBRE, IDA₇₀ = 259 MG/DÍA
- J) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN, %_{MUJER 65} = 116,98%
- K) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN, %_{HOMBRE 70} = 108,62%
- L) EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO TANTO PARA LA MUJER COMO PARA EL HOMBRE

Problema propuesto 05

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE BEBIDAS REFRESCANTES = 500 ML/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE E-120 O ACIDO BENZOICO, IDE_{E-120} = 0,2 G/DÍA = 200 MG/DÍA
- C) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 85 KG PESO CORPORAL, IDA₈₅ = 425 MG/DÍA
- D) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN, %_{CONTRIBUCIÓN} = 47,06%
- E) PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO

Problema propuesto 06

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO SEMANAL DE APIO = 50 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE CADMIO, IDE_{CD} = 0,0135 MG/DÍA = 13,5 µG/DÍA
- C) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL, IDA₆₈ = 170 µG /DÍA
- D) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN, %_{CONTRIBUCIÓN} = 7,94%

E) NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO

Problema propuesto 07

SOLUCIÓN:

- A) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 70 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO, $IDA_{70} = 2940$ MG/DÍA
- B) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 65 KG PESO CORPORAL DE LA MUJER, $IDA_{65} = 2730$ MG/DÍA
- C) INGESTA ADMISIBLE ADAPTADA A LOS 42 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO, $IDA_{42} = 1470$ MG/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE SULFITOS PARA ALCANZAR LA INGESTA DIARIA ADMISIBLE EN HOMBRES, $IDE_{HOMBRES} = 2940$ MG/DÍA
- E) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE SULFITOS PARA ALCANZAR LA INGESTA DIARIA ADMISIBLE EN MUJERES, $IDE_{MUJERES} = 2730$ MG/DÍA
- F) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE SULFITOS PARA ALCANZAR LA INGESTA DIARIA ADMISIBLE EN NIÑOS, $IDE_{NIÑOS} = 1470$ MG/DÍA
- G) CONCENTRACIÓN DE SULFITOS PARA ALCANZAR EL MÁXIMO PERMITIDO, $[SULFITOS] = 50$ MG/KG
- H) CONSUMO DIARIO DE GAMBAS POR PARTE DE UN HOMBRE = 58,8 KG/DÍA
- I) CONSUMO DIARIO DE GAMBAS POR PARTE DE UNA MUJER = 54,6 KG/DÍA
- J) CONSUMO DIARIO DE GAMBAS POR PARTE DE UN NIÑO = 29,4 KG/DÍA
- K) NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO PARA NINGUNO DE LOS TRES INDIVIDUOS DE ESTUDIO

Problema propuesto 08

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE ALGAS = 5 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ALUMINIO DEBIDO AL ALGA WAKAME, $IDE_{AL} = 0,39$ MG/DÍA = 390 μ G/DÍA
- C) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE CADMIO DEBIDO AL ALGA WAKAME, $IDE_{CD} = 0,0055$ MG/DÍA = 5,55 μ G/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE PLOMO DEBIDO AL ALGA WAKAME, $IDE_{PB} = 0,00155$ MG/DÍA = 1,55 μ G/DÍA
- E) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO DEBIDO AL ALGA WAKAME, $IDE_{HG} = 0,000055$ MG/DÍA = 0,055 μ G/DÍA
- F) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ALUMINIO DEBIDO AL ALGA KOMBU, $IDE_{AL} = 0,1735$ MG/DÍA = 173,5 μ G/DÍA
- G) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE CADMIO DEBIDO AL ALGA KOMBU, $IDE_{CD} = 0,0004$ MG/DÍA = 0,4 μ G/DÍA
- H) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE PLOMO DEBIDO AL ALGA KOMBU, $IDE_{PB} = 0,0019$ MG/DÍA = 1,9 μ G/DÍA
- I) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO DEBIDO AL ALGA KOMBU, $IDE_{HG} = 0,0025$ MG/DÍA = 2,5 μ G/DÍA
- J) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL PARA EL ALUMINIO, $TDI_{AL60} = 8,57$ MG/DÍA
- K) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL PARA EL CADMIO, $TDI_{CD60} = 21,43$ μ G/DÍA
- L) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL PARA EL PLOMO, $TDI_{PB60} = 30$ μ G/DÍA
- M) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL PARA EL MERCURIO, $TDI_{HG60} = 34,29$ μ G/DÍA
- N) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA WAKAME CON EL ALUMINIO, $\% AL_{WAKAME} = 3,34\%$
- O) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA WAKAME CON EL CADMIO, $\% CD_{WAKAME} = 25,90\%$
- P) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA WAKAME CON EL PLOMO, $\% PB_{WAKAME} = 5,17\%$
- Q) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA WAKAME CON EL MERCURIO, $\% HG_{WAKAME} = 0,16\%$
- R) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA KOMBU CON EL ALUMINIO, $\% AL_{KOMBU} = 2,02\%$
- S) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA KOMBU CON EL CADMIO, $\% CD_{KOMBU} = 1,87\%$
- T) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA KOMBU CON EL PLOMO, $\% PB_{KOMBU} = 6,33\%$
- U) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALGA KOMBU CON EL MERCURIO, $\% HG_{KOMBU} = 7,29\%$
- V) PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO POR EL CONSUMO DE ALGA WAKAME DEBIDO AL CADMIO
- W) NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO POR EL CONSUMO DE ALGA KOMBU POR EL ALUMINIO, CADMIO, PLOMO Y MERCURIO

Problema propuesto 09

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE CALAMARES = 11,43 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ALUMINIO, $IDE_{AL} = 0,0352$ MG/DÍA = 35,32 μ G/DÍA
- C) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE CADMIO, $IDE_{CD} = 0,0033$ MG/DÍA = 3,31 μ G/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE PLOMO, $IDE_{PB} = 0,00046$ MG/DÍA = 0,46 μ G/DÍA
- E) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 40 KG PESO CORPORAL PARA EL ALUMINIO, $TDI_{AL40} = 5,71$ MG/DÍA
- F) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 40 KG PESO CORPORAL PARA EL CADMIO, $TDI_{CD40} = 14,29$ μ G/DÍA
- G) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 40 KG PESO CORPORAL PARA EL PLOMO, $TDI_{PB40} = 20$ μ G/DÍA

- H) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALUMINIO, % AL = 0,61%
- I) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL CADMIO, % CD = 23,16%
- J) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL PLOMO, % PB = 2,30%
- K) PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO POR LA PRESENCIA DE CADMIO Problema propuesto 09

Problema propuesto 10

SOLUCIÓN:

- A) EL CONSUMO DIARIO DE CADA ALIMENTO SE RECOGE EN LA TABLA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LA LECHE, IDE DE CU_{LECHE} = 0,030 MG/DÍA
- C) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LA QUESO, IDE DE CU_{QUESO} = 0,033 MG/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA AL YOGURT, IDE DE CU_{YOGURT} = 0,046 MG/DÍA
- E) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA AL PESCADO, IDE DE CU_{PESCADO} = 0,14 MG/DÍA
- F) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LA CARNE, IDE DE CU_{CARNE} = 0,069 MG/DÍA
- G) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LA FRUTA, IDE DE CU_{FRUTA} = 0,44 MG/DÍA
- H) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LAS PAPAS, IDE DE CU_{PAPAS} = 0,24 MG/DÍA
- I) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE DEBIDA A LAS LEGUMBRES, IDE DE CU_{LEGUMBRES} = 0,22 MG/DÍA
- J) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE TOTAL, IDE DE CU_{TOTAL} = 1,22 MG/DÍA
- K) LOS ALIMENTOS QUE MÁS CONTRIBUYEN A LA INGESTA DE COBRE SON: FRUTA, PAPAS, LEGUMBRES Y PESCADO
- L) LA INGESTA DIARIA ESTIMADA DE COBRE 1,22 MG/DÍA ES MAYOR A LA INGESTA RECOMENDADA DE COBRE 1,10, POR LO QUE SE CONCLUYE QUE EL APORTE DE COBRE CON LOS ALIMENTOS DESCRITOS EN LA TABLA ES EL ADECUADO.

Problema propuesto 11

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE TOFU = 200 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ALUMINIO, IDE_{AL} = 0,502 MG/DÍA = 502 µG/DÍA
- C) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE CADMIO, IDE_{CD} = 0,002 MG/DÍA = 2 µG/DÍA
- D) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE PLOMO, IDE_{PB} = 0,004 MG/DÍA = 4 µG/DÍA
- E) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO PARA EL ALUMINIO, TDI_{AL68} = 9,71 MG/DÍA
- F) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO PARA EL CADMIO, TDI_{CD68} = 24,29 µG/DÍA
- G) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO PARA EL PLOMO, TDI_{PB68} = 34 µG/DÍA
- H) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 38 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL ALUMINIO, TDI_{AL38} = 5,43 MG/DÍA
- I) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 38 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL CADMIO, TDI_{CD38} = 13,57 µG/DÍA
- J) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 38 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL PLOMO, TDI_{PB38} = 19 µG/DÍA
- K) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALUMINIO PARA EL ADULTO, % AL_{ADULTO} = 5,17%
- L) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL CADMIO PARA EL ADULTO, % CD_{ADULTO} = 8,23%
- M) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL PLOMO PARA EL ADULTO, % PB_{ADULTO} = 11,76%
- N) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL ALUMINIO PARA EL NIÑO, % AL_{NIÑO} = 9,24%
- O) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL CADMIO PARA EL NIÑO, % CD_{NIÑO} = 14,74%
- P) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL PLOMO PARA EL NIÑO, % PB_{NIÑO} = 21,05%
- Q) PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO PARA LOS ADULTOS DEBIDO AL PLOMO Y PARA LOS NIÑOS DEBIDO AL CADMIO Y AL PLOMO

Problema propuesto 12

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE PANGA = 50 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO, IDE_{HG} = 0,011 MG/DÍA = 11 µG/DÍA
- C) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO PARA EL MERCURIO, TDI_{HG60} = 34,29 µG/DÍA

- D) **INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 30 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL MERCURIO, TDI $Hg_{30} = 17,14 \mu\text{G/DÍA}$**
- E) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL MERCURIO PARA EL ADULTO, % $Hg_{ADULTO} = 32,08\%$**
- F) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL MERCURIO PARA EL NIÑO, % $Hg_{NIÑO} = 64,18\%$**
- G) **PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO PARA EL ADULTO Y EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO PARA EL NIÑO**

Problema propuesto 13

SOLUCIÓN:

- A) **CONSUMO DIARIO DE PLATOS PREPARADOS = 250 G/DÍA**
- B) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE BISFENOL-A, IDE $BISFENOL-A = 0,0025 \text{ MG/DÍA}$**
- C) **INGESTA TOLERABLE PROVISIONAL ADAPTADA A LOS 60 KG PESO CORPORAL PARA EL BISFENOL-A, TDI $BISFENOL-A_{60} = 3 \text{ MG/DÍA}$**
- D) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BISFENOL-A, % $BISFENOL-A = 0,83\%$**
- E) **NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO**

Problema propuesto 14

SOLUCIÓN:

- A) **CONSUMO SEMANAL 1 RACIÓN DE PANGA = 250 G/SEMANA**
- B) **CONSUMO SEMANAL 2 RACIÓN DE PANGA = 500 G/SEMANA**
- C) **CONSUMO SEMANAL 3 RACIÓN DE PANGA = 750 G/SEMANA**
- D) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO DE 1 RACIÓN, IDE $Hg_{1RACIÓN} = 0,0625 \text{ MG/SEMANA} = 62,5 \mu\text{G/SEMANA}$**
- E) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO DE 2 RACIONES, IDE $Hg_{2RACIÓN} = 0,125 \text{ MG/SEMANA} = 125 \mu\text{G/SEMANA}$**
- F) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO DE 3 RACIONES, IDE $Hg_{3RACIÓN} = 0,1875 \text{ MG/SEMANA} = 187,5 \mu\text{G/SEMANA}$**
- G) **INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 30 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL MERCURIO, TDI $Hg_{30} = 120 \mu\text{G/DÍA}$**
- H) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL MERCURIO DE 1 RACIÓN, % $Hg_{1RACIÓN} = 52,08\%$**
- I) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL MERCURIO DE 2 RACIONES, % $Hg_{2RACIONES} = 104,17\%$**
- J) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL MERCURIO DE 3 RACIONES, % $Hg_{3RACIONES} = 156,27\%$**
- K) **PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO PARA EL NIÑO EN EL CASO DEL CONSUMO DE UNA RACIÓN DE PANGA Y SE CONFIRMA EL RIESGO TOXICOLÓGICO PARA EL CONSUMO DE DOS Y TRES RACIONES DE PANGA.**

Problema propuesto 15

SOLUCIÓN:

- A) **EL CONSUMO DIARIO DE CADA ALIMENTO SE RECOGE EN LA TABLA**
- B) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ACRILAMIDA DEBIDA A LA PAPAS, IDE DE ACRILAMIDA $PAPAS = 370 \mu\text{G/DÍA}$**
- C) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ACRILAMIDA DEBIDA AL CAFÉ, IDE DE ACRILAMIDA $CAFÉ = 11,83 \mu\text{G/DÍA}$**
- D) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ACRILAMIDA DEBIDA AL CHOCOLATE, IDE DE ACRILAMIDA $CHOCOLATE = 0,90 \mu\text{G/DÍA}$**
- E) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ACRILAMIDA DEBIDA AL PAN, IDE DE ACRILAMIDA $PAN = 6,48 \mu\text{G/DÍA}$**
- F) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE ACRILAMIDA TOTAL, IDE DE ACRILAMIDA $TOTAL = 389,21 \mu\text{G/DÍA}$**
- G) **VALOR DE REFERENCIA, BMDL₁₀, ADAPTADO LOS 70 KG PESO CORPORAL, BMDL_{10 70} = 11900 \mu\text{G/DÍA}}**
- H) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE LA ACRILAMIDA, % $ACRILAMIDA = 3,27\%$**
- I) **NO EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO**

Problema propuesto 16

SOLUCIÓN:

- A) **CONSUMO DIARIO DE AGUA = 2 L/DÍA**
- B) **INGESTA DIARIA ESTIMADA DE BORO, IDE $BORO = 8,66 \text{ MG/DÍA}$**
- C) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BORO DE UN INFANTE DE 1-3 AÑOS, % $B_{1-3 AÑOS} = 288,67\%$**
- D) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BORO DE UN NIÑO DE 4-8 AÑOS, % $B_{4-8 AÑOS} = 144,33\%$**
- E) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BORO DE UN NIÑO DE 9-13 AÑOS, % $B_{9-13 AÑOS} = 78,72\%$**
- F) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BORO DE UN ADOLESCENTE DE 14-18 AÑOS, % $B_{14-18 AÑOS} = 50,94\%$**
- G) **PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DEL BORO DE UN ADULTO > 18 AÑOS, % $B_{> 18 AÑOS} = 43,3\%$**
- H) **EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO PARA TODOS LOS RANGOS DE EDAD ENTRE LOS 1 Y 18 AÑOS Y PODRÍA EXISTIR RIESGO TOXICOLÓGICO PARA LOS ADULTOS DE MAS DE 18 AÑOS**

Problema propuesto 17

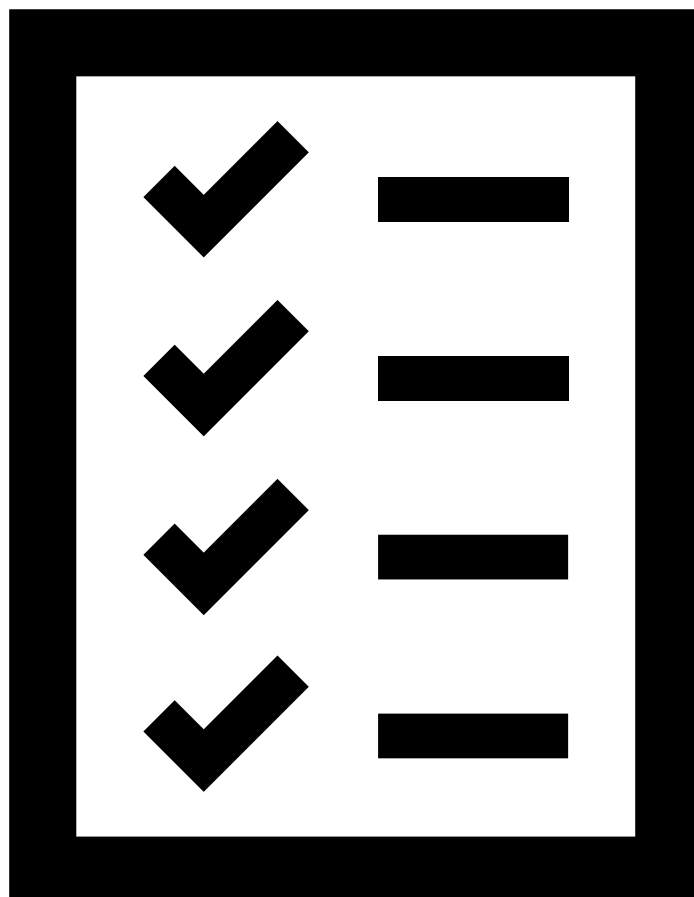
SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO DIARIO DE SARDINAS = 35,71 G/DÍA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE HISTAMINA, $IDE_{HISTAMINA} = 40,35$ MG/DÍA
- C) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE HISTAMINA DEL LÍMITE INFERIOR, % HISTAMINA₂₅ = 161,4%
- D) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE HISTAMINA DEL LÍMITE SUPERIOR, % HISTAMINA_{80,7} = 80,7%
- E) EXISTE RIESGO TOXICOLÓGICO EVALUANDO EL INTERVALO TANTO EN SU VALOR MÍNIMO COMO MÁXIMO

Problema propuesto 18

SOLUCIÓN:

- A) CONSUMO SEMANAL DE PEZ ESPADA = 500 G/SEMANA
- B) INGESTA DIARIA ESTIMADA DE MERCURIO, $IDE_{Hg} = 1$ MG/SEMANA = 1000 µG/SEMANA
- C) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 68 KG PESO CORPORAL DEL ADULTO PARA EL MERCURIO, $TDI_{Hg_{68}} = 272$ µG/SEMANA
- D) INGESTA TOLERABLE ADAPTADA A LOS 35 KG PESO CORPORAL DEL NIÑO PARA EL MERCURIO, $TDI_{Hg_{35}} = 140$ µG/SEMANA
- F) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE MERCURIO DEL ADULTO, % $Hg_{68} = 267,65\%$
- G) PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE MERCURIO DEL NIÑO, % $Hg_{35} = 714,29\%$



PROBLEMAS PROPUESTOS RESUELTOS PASO A PASO

Problema propuesto 01







En una población de la isla de Tenerife vive una familia de tres miembros: los progenitores con edades de 34 y 38 años y un bebé con una edad de 6 meses. Si tenemos en cuenta que los niveles de flúor encontrados en el agua son de 2,79 mg/L. ¿Existe riesgo por el consumo de esta agua para los progenitores? Si hay riesgo, ¿cuánto tendrían que consumir para no superar la Ingesta Máxima Tolerable? ¿Sería conveniente preparar los biberones del bebé con esta misma agua? ¿Por qué? Ten en cuenta la información que se recoge en la Tabla 1.

Datos: Consumo medio de agua de 2 L/día, nivel paramétrico para las aguas de consumo humano 1,5 mg/L, IDA (Ingesta diaria admisible) de fluoruro de 10 mg/día

Relación entre concentración de fluoruro y el posible efecto sobre la salud	
Concentración (mg F-/L)	Efectos sobre la salud
< 0,5	Caries dental
0,5-1,0	Mejora la salud dental
1,5-4	Fluorosis dental
> 4	Fluorosis dental y ósea
>10	Fluorosis ósea degenerativa

SOLUCIÓN:

En primer lugar, se extraen los datos de interés del enunciado y las expresiones necesarias para su resolución:

Datos	Objetivos	Relaciones
<p> [F] = 2,79 mg/L agua</p> <p> 2 Litros de agua al día</p> <p> IDA = 10 mg F/día</p> <p> V.P = 1,5 mg F/día</p>	<p> Objetivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de agua Evaluación de la exposición, IDE_{F^-} Porcentaje de contribución, $\%_{Contr}$ Evaluación del riesgo 	<p> Relaciones</p> <p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> <p>$IE = [AX] \cdot CA$ $\%_{Contribución} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$</p>

❶ Se necesita conocer el consumo diario de agua por los progenitores del bebe, pero este dato ya se detalla en el enunciado:

$$\text{Consumo diario de agua} = 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}}$$

❷ Conocido el consumo diario de agua, se puede calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de F^- , asociado a este alimento:

$$IDE_{F^-} = [F^-] \cdot \text{Consumo diario de agua}$$

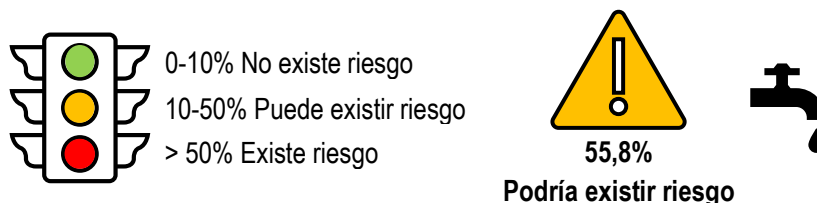
$$IDE_{F^-} = 2,79 \frac{\text{mg } F^-}{\text{L de agua}} \cdot 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}} = 5,58 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}$$

❸ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de F^- debido al consumo de agua por parte de los progenitores al valor de referencia (IDA):

$$\% \text{ Contribución} = \frac{IDE_{F^-}}{IDA} \cdot 100$$

$$\% \text{ Contribución} = \frac{5,58 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{10 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}} \cdot 100 = 55,8 \%$$

④ El consumo de **2 litros de agua al día**, con una **concentración de F⁻ de 2,79 mg/L**, por parte de los progenitores del bebe, supone **un aporte del 55,8%** a la ingesta diaria admisible descrita por el IOM (10 mg/día). A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no llega al 100% de la ingesta diaria admisible (IDA) establecida para el F⁻ por el IOM, pero está en torno al 50% y se está evaluando únicamente un alimento (agua de consumo humano) y no la dieta completa, donde existen más fuentes de fluoruro que lo aporta a la dieta.



Respondiendo a la segunda de las cuestiones, como se ha comprobado no se supera la ingesta diaria admisible (IDA) de F⁻, por el consumo de dos litros de agua al día:

$$IDE_{F^-} < IDA_{F^-}, \quad 5,58 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}} < 10 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}$$

Pero, aun así, se ha concluido que puede existir riesgo toxicológico, ya que el agua no es la única fuente de fluoruro de la dieta de una persona, por lo que se puede decir que para que no exista riesgo toxicológico el porcentaje de contribución a la ingesta diaria admisible (IDA) de F⁻ debe ser inferior al 10%, por lo que:

$$\% \text{ Contribución} = \frac{IDE_{F^-}}{IDA} \cdot 100, \quad IDE_{F^-} = \frac{\% \text{ Contribución} \cdot IDA_{F^-}}{100}, \quad IDE_{F^-} = \frac{10 \cdot 10 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{100}$$

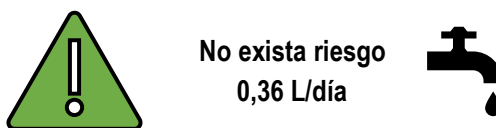
$$IDE_{F^-} = \frac{100 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{100}, \quad IDE_{F^-} = \boxed{1 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}$$

Conocido la ingesta diaria estimada de F⁻ para obtener un 10% de aporte al porcentaje de contribución a la ingesta diaria admisible (IDA) y la concentración de F⁻ se puede calcular, el consumo diario de agua que debería tomar los progenitores para que no exista riesgo:

$$IDE_{F^-} = [F^-] \cdot \text{Consumo diario de agua}, \quad \text{Consumo diario de agua} = \frac{IDE_{F^-}}{[F^-]}$$

$$\text{Consumo diario de agua} = \frac{1 \frac{\text{mg } F^-}{\text{día}}}{2,79 \frac{\text{mg } F^-}{\text{L de agua}}}, \quad \text{Consumo diario de agua} = \boxed{0,36 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}}}$$

Para asegurar que **no exista riesgo toxicológico**, se debe consumir **0,36 L de agua al día** por parte de los progenitores.



Respondiendo a la última de las preguntas que se proponen en el enunciado, no sería adecuado preparar los biberones del bebe utilizando este tipo de agua que tiene una concentración de fluoruro de 2,79 mg/L, ya que como se recoge en la tabla donde se muestra la relación entre la concentración de fluoruro y los posibles efectos en la salud, en concentraciones entre 1,5 y 4 mg/L de fluoruro se pueden dar casos de fluorosis dental, esta patología se da sobre todo en edades de maduración de los dientes, que en esta próxima a la edad del bebe, por lo que no es aconsejable preparar biberones con este tipo de agua.

Problema propuesto 02

Considerando un factor de seguridad de 100 calcular la ingesta diaria admisible de nitritos (NO_2^-) sabiendo que el NOAEL obtenido es de 7 mg/kg peso corporal/día

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

📄 Datos	🎯 Objetivos	📊 Relaciones
🛡️ Factor de seguridad = 100 ⚪ NOAEL NO_2^- = 7 mg /kg PC día	① Calcular la IDA	$IE = \text{Ingesta Estimada}$, $F.Seg = \text{Factor de seguridad}$ $IDA = \frac{NOAEL}{F.Seg}$

① Partiendo de la expresión que describe el cálculo de la ingesta diaria admisible (IDA) que se describe a continuación:

$$IDA = \frac{NOAEL}{F.Seg}$$

Aplicando valores a la expresión, se obtiene el valor del NOAEL:

$$IDA = \frac{NOAEL}{F.Seg}, \quad IDA = \frac{7 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{kg Peso corporal} \cdot \text{día}}}{100}, \quad IDA = \boxed{0,07 \frac{\text{mg NO}_2^-}{\text{kg Peso corporal} \cdot \text{día}}}$$

Un NOAEL de 7 mg/kg peso corporal día para nitritos y utilizando un factor de seguridad de 100, da lugar a una ingesta diaria admisible (IDA) de 0,07 mg/kg peso corporal día.









Problema propuesto 03

La concentración máxima de nitratos (NO_3^-) en aguas de consumo humano es de 50 mg/L (Real Decreto 140/2003). ¿Cuántos litros hemos de consumir de un agua que tiene 40 mg/L de NO_3^- , para superar la IDA.


Datos: IDA de NO_3^- de 3,7 mg/kg de peso corporal/día, Peso corporal adulto de 68 kg.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

 Datos	 Objetivos	 Relaciones
<p> $[\text{NO}_3^-] = 40 \text{ mg/L}$ de agua</p> <p> Peso Corporal (PC) = 68 kg</p> <p> IDA = 3,7 mg NO_3^- /kg P.C · día</p> <p> V.P = 50 mg NO_3^-/L de agua</p>	<p> Consumo estimado de agua</p>	<p>$IE = \text{Ingesta Estimada}$, $AX = \text{Agente Xenobiótico}$ $CA = \text{Consumo de alimento}$ $VR = \text{Valor de referencia}$</p> <p>$IE = [AX] \cdot CA$ $\% \text{Contribución} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$</p>

Se necesita conocer el consumo diario de agua por parte de la población para superar la ingesta diaria admisible (IDA), de NO_3^- pero este dato es justamente el objetivo principal del problema:

 Consumo diario agua para superar la IDA $\text{NO}_3^- = \boxed{???}$.

Para comenzar a resolver el ejercicio se adapta la ingesta diaria admisible (IDA) de NO_3^- al peso corporal de la persona, en este caso 68 kg, por tanto, se tiene que:

$$\text{IDA } \text{NO}_3^-_{68} = 3,7 \frac{\text{mg } \text{NO}_3^-}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} = \boxed{251,6 \frac{\text{mg } \text{NO}_3^-}{\text{día}}}$$

Para superar la ingesta diaria admisible (IDA) de NO_3^- , la ingesta diaria estimada (IDE) de NO_3^- debe igualar o superar el valor de la ingesta diaria admisible (IDA), por tanto:

$$\text{IDA } \text{NO}_3^- = \text{IDE } \text{NO}_3^- = \boxed{251,6 \frac{\text{mg } \text{NO}_3^-}{\text{día}}}$$

Por tanto, conocida la ingesta diaria estimada (IDE) de NO_3^- para alcanzar la ingesta diaria admisible (IDA) y la concentración de NO_3^- del agua, se puede obtener el consumo de agua por parte de la población:

$$\text{IDE } \text{NO}_3^- = [\text{NO}_3^-] \cdot \text{Consumo diario de agua}, \quad \text{Consumo diario de agua} = \frac{\text{IDE } \text{NO}_3^-}{[\text{NO}_3^-]}$$

$$\text{Consumo diario de agua} = \frac{251,6 \frac{\text{mg } \text{NO}_3^-}{\text{día}}}{40 \frac{\text{mg } \text{NO}_3^-}{\text{Litro de agua}}}, \quad \text{Consumo diario de agua} = \boxed{6,29 \frac{\text{L}}{\text{día}}}$$

El consumo de agua con una **concentración de NO_3^- de 40 mg/L** es de **6,29 litros de agua al día**, por tanto, **no existe riesgo toxicológico**, ya que el consumo recomendado y habitual de agua por parte de la población está en torno a los 2,5 litros, aunque hay que tener en cuenta, que el agua de consumo humano no es la única fuente de exposición directa de NO_3^- , ya que esta se utiliza para preparar otros alimentos por lo que se debería tener en cuenta.



6,29 L > 2,5 L

No existe riesgo



Problema propuesto 04

La siguiente tabla recoge el contenido en nitratos (NO₃) de alimentos y bebidas consumidos por un individuo vegetariano. Teniendo en cuenta el consumo diario de cada uno de estos alimentos, responde a las siguientes preguntas.

- ¿Cuál es la ingesta diaria estimada de nitratos?
- ¿Existe riesgo toxicológico para una mujer de 65 kg de peso y un hombre de 70 kg de peso?

Datos: IDA de nitratos de 3,7 mg/kg de peso corporal/día.

Alimentos	Concentración nitratos	Consumo diario
Legumbres	800 mg/kg	29,2 g/día
Frutas	750 mg/kg	218,4 g/día
Verduras	200 mg/kg	107,8 g/día
Papas	160 mg/kg	143,2 g/día
Agua de bebida	25 mg/L	2 L/día

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [NO₃] = 2ª columna tabla Peso Corporal (PC) = 65 kg Peso Corporal (PC) = 70 kg 3ª columna de la tabla IDA = 3,7 mg NO₃ / kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de cada alimento Evaluación de la exposición, IDE_{NO₃total} Adaptar el valor de referencia, IDA_{NO₃} Caracterización del riesgo Evaluación del riesgo, %_{Contr} 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %_{Contribución} = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de cada uno de los alimentos que se recogen en la tabla, pero este dato ya se describe en la tercera columna de la tabla en el enunciado del problema:

				
Legumbres 29,2 g/día	Frutas 218,4 g/día	Verdura 107,8 g/día	Papas 143,2 g/día	Agua 2 L/día

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de NO₃, asociada a cada uno de los alimentos:

$$IDE\ NO_3 = [NO_3] \cdot \text{Consumo diario de cada alimento}$$

$$\text{IDE } NO_3_{\text{Legumbres}} = 800 \frac{\text{mg } NO_3}{\text{kg Legumbres}} \cdot 29,2 \frac{\text{g de Legumbres}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Legumbres}}{1000 \text{ g Legumbres}} = \boxed{23,36 \frac{\text{mg } NO_3}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE } NO_3_{\text{Fruta}} = 750 \frac{\text{mg } NO_3}{\text{kg Fruta}} \cdot 218,4 \frac{\text{g de Fruta}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Fruta}}{1000 \text{ g Fruta}} = \boxed{163,60 \frac{\text{mg } NO_3}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{Verduras}} = 200 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{kg Verduras}} \cdot 107,8 \frac{\text{g de Verduras}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Verduras}}{1000 \text{ g Verduras}} = \boxed{21,56 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{Papas}} = 160 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{kg Papas}} \cdot 143,2 \frac{\text{g de Papas}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Papas}}{1000 \text{ g Papas}} = \boxed{22,91 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{Agua}} = 25 \frac{\text{mL NO}_3^{\ominus}}{\text{L Agua}} \cdot 2 \frac{\text{L Agua}}{\text{día}} = \boxed{50 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}$$

Una vez calculadas las ingestas diarias estimadas (IDEs) de NO_3^{\ominus} para cada uno de los alimentos recogidos en la tabla, para poder realizar la evaluación del riesgo por el consumo de NO_3^{\ominus} , se necesita calcular la ingesta diaria estimada (IDE) total de NO_3^{\ominus} asociada a estos alimentos, para ello simplemente se ha de sumar cada una de las ingestas diarias estimadas (IDEs) de NO_3^{\ominus} de cada uno de ellos:

$$\begin{aligned} \text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{total}} &= \text{IDE}_{\text{Legumbres}} + \text{IDE}_{\text{Fruta}} + \text{IDE}_{\text{Verdura}} + \text{IDE}_{\text{Papas}} + \text{IDE}_{\text{Agua}} \\ \text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{total}} &= 23,26 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}} + 163,60 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}} + 21,56 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}} + 22,91 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}} + 50 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}} \\ \text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{total}} &= \boxed{281,33 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}} \end{aligned}$$

Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de NO_3^{\ominus} , se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria admisible (IDA) para los NO_3^{\ominus} . Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 65 kg de peso corporal de la mujer y a los 70 kg de peso corporal del hombre, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA), adaptada al peso de la mujer (IDA_{65}) y el hombre (IDA_{70}):

$$\text{IDA}_{65} = 3,7 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 65 \text{ kg peso corporal} = \boxed{240,5 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDA}_{70} = 3,7 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 70 \text{ kg peso corporal} = \boxed{259 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}$$

Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de NO_3^{\ominus} debido al consumo de los alimentos recogidos en la tabla al valor de referencia para mujeres (IDA_{65}) y para hombres (IDA_{70}):

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE NO}_3^{\ominus}_{\text{total}}}{\text{IDA}} \cdot 100$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{281,33 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}{240,5 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{116,98\%}$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{281,33 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}}{259 \frac{\text{mg NO}_3^{\ominus}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{108,62\%}$$

5 El consumo diario de los distintos alimentos que se recogen en la tabla, con una concentración de NO_3^- que también se recoge en la tabla, por parte de una **mujer de 65 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 116,98%** a la ingesta diaria admisible establecida por la EFSA para el NO_3^- , mientras que para un **hombre de 70 kg de peso corporal** el aporte es del **108,62%**. A la vista de este resultado, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico** claro para ambos sexos, ya que estos porcentajes son muy superiores al 100% del valor de referencia, además, aunque se trate una mujer y un hombre que su dieta es vegetariana, lo más probable es que existan otros alimentos en esta dieta que puedan aportar NO_3^- a la misma, por lo que con mucha seguridad este porcentaje aumentaría y por tanto el riesgo también lo haría también.









Problema propuesto 05

Un individuo de 85 kg bebe 500 mL al día de bebidas refrescantes que tienen una concentración de 0,4 g/L de ácido benzoico o E-210. Calcula la IDE y el porcentaje de contribución a la IDA. ¿Existe riesgo para la salud de este individuo?

Datos: IDA de ácido benzoico de 5 mg/kg de peso corporal/día.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 [E-210] = 0,4 g/L de refresco  Peso Corporal (PC) = 85 kg  500 mL al día  IDA = 5 mg E-210 / kg P.C · día	 <ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de refresco Evaluación de la exposición, IDE_{E-120} Adaptar el valor de referencia, IDA_{E-120} Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	 <p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> $IE = [AX] \cdot CA$ $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de bebidas refrescantes por el individuo, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo diario de bebida refrescante} = 500 \frac{\text{mL de refresco}}{\text{día}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de E-210 o ácido benzoico, asociada a este alimento:

$$IDE_{E-210} = [E-210] \cdot \text{Consumo diario de refresco}$$

$$IDE_{E-210} = 0,4 \frac{\text{g E-210}}{\text{L refresco}} \cdot 500 \frac{\text{mL de refresco}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{L refresco}}{\text{mL refresco}} = 0,2 \frac{\text{g E-210}}{\text{día}} = 200 \frac{\text{mg E-210}}{\text{día}}$$

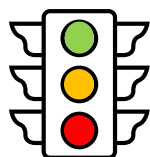
3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de E-210 o ácido benzoico, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA para el E-120, la ingesta diaria admisible (IDA). Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 85 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta diaria admisible (IDA), adaptada al peso de la persona (IDA₈₅):

$$\text{IDA}_{85} = 5 \frac{\text{mg E-210}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 85 \text{ kg peso corporal} = 425 \frac{\text{mg E-210}}{\text{día}}$$

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de E-120 o ácido benzoico debido al consumo de bebidas refrescantes al valor de referencia (IDA₈₅), previamente se realizó el cambio de unidades de g/día a mg/día de la Ingesta diaria estimada (IDE) en el paso 2, para que concuerden las unidades:

$$\%Contribución = \frac{IDE_{E-210}}{IDA_{85}} \cdot 100, \quad \%Contribución = \frac{200 \frac{\text{mg E-210}}{\text{día}}}{425 \frac{\text{mg E-210}}{\text{día}}} \cdot 100 = 47,06\%$$

⑤ El consumo de **500 mL de bebida refrescante**, con una **concentración de E-210 o ácido benzoico de 0,4 g/L de bebida refrescante**, por parte de un **individuo de 85 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 47,06%** a la ingesta diaria admisible establecida por la EFSA para el E-210 o ácido benzoico. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no supera el 100%, pero está próximo al 50% y se está evaluando únicamente un alimento (bebidas refrescantes) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen E-210 o ácido benzoico por lo que este porcentaje podría aumentar con toda seguridad dando lugar a que exista una mayor probabilidad de que exista riesgo toxicológico .



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo



47,06%

Podría existir riesgo



Problema propuesto 06

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) notifica a fecha del 2 de septiembre del año 2021 la presencia de cadmio en apio fresco, en productos cuyo origen es Polonia encontrados en la República Checa, cuya concentración es de 0,27 mg/kg. Suponiendo un consumo de 50 gramos de apio semanales por una persona de 68 kg de peso corporal ¿existiría riesgo para la salud del individuo?

Datos: TWI de Cd de 2,5 µg/kg pc/semana, enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500176>



SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<p> [Cd] = 0,27 mg/Kg de apio</p> <p> Peso Corporal (PC) = 68 kg</p> <p> 50 gramos a la semana</p> <p> TWI = 2,5 µg Cd / kg P.C · semana</p>	<p> Objetivos</p> <ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de refresco Evaluación de la exposición, ISE_{Cd} Adaptar el valor de referencia, TWI_{Cd} Caracterización del riesgo, %_{Contr} Evaluación del riesgo 	<p> Relaciones</p> <p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> <p>IE = [AX] · CA</p> <p>%_{Contribución} = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$</p>

❶ Se necesita conocer el consumo semanal de apio por parte del individuo, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo semanal de apio} = \frac{50 \text{ g de apio}}{\text{semana}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta semanal estimada (ISE) de Cd, asociada a este alimento:

$$\text{IDE Cd} = [\text{Cd}] \cdot \text{Consumo diario de apio}$$

$$\text{IDE Cd} = 0,27 \frac{\text{mg de Cd}}{\text{kg de apio}} \cdot 50 \frac{\text{g de apio}}{\text{semana}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg apio}}{\text{g de apio}} = \frac{0,0135 \text{ mg Cd}}{\text{semana}} = \frac{13,5 \text{ µg Cd}}{\text{semana}}$$

❸ Una vez calculada la ingesta semanal estimada (ISE) de Cadmio, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA para el Cd, la ingesta semanal tolerable (TWI). Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 68 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor como ingesta semanal tolerable (TWI), adaptada al peso de la persona (TWI₆₈):

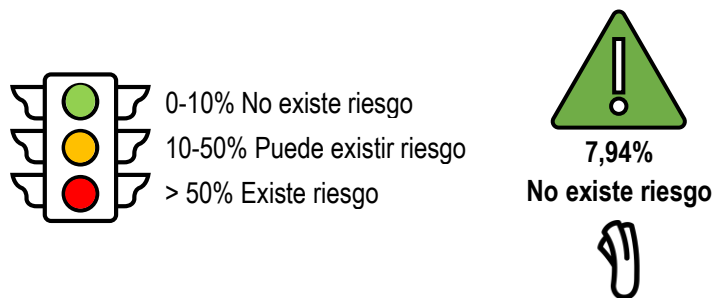
$$\text{TWI}_{68} = 2,5 \frac{\text{µg de cadmio}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} = \frac{170 \text{ µg de Cd}}{\text{día}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Cd debido al consumo de apio al valor de referencia (TWI_{68}), previamente se realizó el cambio de unidades de mg/semana a $\mu\text{g/semana}$ de la Ingesta semanal estimada (ISE) en el paso ②, para que concuerden las unidades:

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE Cd}}{TWI_{68}} \cdot 100$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{13,5 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{semana}}}{170 \frac{\mu\text{g de Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{7,94\%}$$

⑤ El consumo de **50 gramos semanales de apio**, con una **concentración de Cd de 0,27 mg/kg de apio**, por parte de un **individuo de 68 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 7,94%** a la ingesta semanal tolerable establecida por la EFSA para el cadmio. A la vista de este resultado, se puede concluir que **no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no supera el 10% y aunque se está evaluando únicamente un alimento (apio) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen Cd, sería muy difícil alcanzar este valor.











Problema propuesto 07

El máximo permitido de SO₂ en gambas cocidas es de 50 mg/kg. La IDA de SO₂ es de 42 mg/kg de peso corporal/día. ¿Qué cantidad de gambas tendríamos que consumir al día para superar la IDA, suponiendo que contienen el máximo permitido de óxido de azufre (IV)? Realizar la estimación para un adulto de 70 kg de peso corporal, una mujer de 65 kg de peso corporal y un niño de 35 kg de peso corporal.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

 Datos	 Objetivos	 Relaciones
<ul style="list-style-type: none">  V.P = 50 mg SO₂/Kg de gambas  Peso Corporal (PC) = 70 kg  Peso Corporal (PC) = 65 kg  Peso Corporal (PC) = 35 kg  IDA = 42 mg SO₂ / kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> ● Consumo estimado de gambas 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

Para comenzar a resolver se adapta la ingesta diaria admisible (IDA) de SO₂ al peso corporal del hombre (IDA SO₂ 70), de la mujer (IDA SO₂ 65) y del niño (IDA SO₂ 35):

$$\text{IDA SO}_{2\ 70} = 42 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 70 \text{ kg peso corporal} = \boxed{2940 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}$$

$$\text{IDA SO}_{2\ 65} = 42 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 65 \text{ kg peso corporal} = \boxed{2730 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}$$

$$\text{IDA SO}_{2\ 35} = 42 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 35 \text{ kg peso corporal} = \boxed{1470 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}$$

● Se necesita conocer el consumo diario de gambas para superar la ingesta diaria admisible (IDA) de SO₂ por los distintos individuos, esto ocurre, cuando la ingesta diaria estimada (IDE) de SO₂, coincide o supera el valor de la ingesta diaria admisible (IDA), por tanto:

$$\text{IDE SO}_2 = \text{IDA SO}_2 = \boxed{2940 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}} = \boxed{2730 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}} = \boxed{1470 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}$$

Además, se nos pide el consumo diario de gambas cuando estas contienen el máximo permitido de SO₂, esto ocurre cuando la concentración de SO₂, coincide con el valor paramétrico, por tanto, tenemos que:

$$[\text{SO}_2] = \text{V.P SO}_2 = \boxed{50 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg de gambas}}}$$

Por tanto, conocida la ingesta diaria estimada (IDE) y la concentración de SO₂, se puede obtener el consumo diario de gambas en estas condiciones, aplicando la definición matemática de ingesta diaria estimada (IDE):

$$\text{IDE SO}_2 = [\text{SO}_2] \cdot \text{Consumo diario de gambas}, \quad \text{Consumo diario de gambas} = \frac{\text{IDE SO}_2}{[\text{SO}_2]}$$

Por tanto, para cada individuo se tiene que:

$$\text{Consumo diario de gambas} = \frac{\text{IDE SO}_2}{[\text{SO}_2]} = \frac{2940 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}{50 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg de gambas}}} = \boxed{58,8 \frac{\text{kg de gambas}}{\text{día}}}$$

$$\text{Consumo diario de gambas} = \frac{\text{IDE SO}_2}{[\text{SO}_2]} = \frac{2730 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}{50 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg de gambas}}} = \boxed{54,6 \frac{\text{kg de gambas}}{\text{día}}}$$

$$\text{Consumo diario de gambas} = \frac{\text{IDE SO}_2}{[\text{SO}_2]} = \frac{1470 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{día}}}{50 \frac{\text{mg SO}_2}{\text{kg de gambas}}} = \boxed{29,4 \frac{\text{kg de gambas}}{\text{día}}}$$

El consumo de gambas con una **concentración de SO₂ igual al valor paramétrico de 50 mg/kg de gambas** es de **58,8 kilos de gambas al día para un adulto de 70 kg**, **54,6 kilos de gambas al día para una mujer de 65 kg de peso corporal** y de **29,4 kilos de gambas al día para un niño de 65 kg de peso corporal**, por lo que queda claro que **no existe riesgo toxicológico** por el consumo de gambas con contenido igual al máximo permitido de SO₂, ya que se obtienen unas cantidad a consumir muy superiores a las recomendadas y habituales a consumir de gambas en un día tanto para un adulto hombre y mujer como para un niño.



58,8 kg/día

Existe riesgo

 Hombre



54,6 kg/día

Existe riesgo

 Mujer



29,4 kg/día

Existe riesgo

 Niño

Problema propuesto 08

Se ha analizado el contenido en metales tóxicos de dos especies de algas comestibles. Teniendo en cuenta los datos que se exponen en la siguiente tabla, ¿el consumo de 5 gramos de alga deshidratada al día supondría un riesgo para la salud?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2,5 µg/kg pc/semana, TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día. Considera un adulto de 60 kilos.


Metal	Algas wakame	Algas kombu
	Concentración (mg/kg peso seco)	
Al	78	34,7
Cd	1,11	0,08
Pb	0,31	0,38
Hg	0,011	0,5

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [Al, Cd, Pb, Hg]] = En la tabla Peso Corporal (PC) = 60 kg 5 g al día TWI = 1 mg Al / kg P.C · semana TWI = 2,5 µg Cd / kg P.C · semana TWI = 4 µg Hg / kg P.C · semana TDI = 0,5 µg Pb / kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de algas Adaptar los valores de referencia, TWI, TDI Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de ambos tipos de algas por el individuo, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:

 Consumo diario de algas = $5 \frac{\text{gramos de alga}}{\text{día}}$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb, Hg), asociada al consumo de los dos tipos de algas:

IDE Metal pesado toxico = [Metal pesado tóxico] · Consumo diario de cada tipo de alga

Para las algas del típico wakame tendremos las siguientes ingestas diarias estimadas (IDEs):

IDE Al_{Wakame} = $78 \frac{\text{mg Al}}{\text{Kg alga wakame}} \cdot 5 \frac{\text{g alga wakame}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg alga wakame}}{\text{Kg alga wakame}} = 0,39 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}$

IDE Al_{Wakame} = $390 \frac{\mu\text{g Al}}{\text{día}}$

IDE Cd_{Wakame} = $1,11 \frac{\text{mg Cd}}{\text{Kg alga wakame}} \cdot 5 \frac{\text{g alga wakame}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg alga wakame}}{\text{Kg alga wakame}} = 0,0055 \frac{\text{mg Cd}}{\text{día}}$

IDE Cd_{Wakame} = $5,55 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Wakame}} = 0,31 \frac{\text{mg Pb}}{\text{Kg alga wakame}} \cdot 5 \frac{\text{g alga wakame}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga wakame}}{1000 \text{ Kg alga wakame}} = \boxed{0,00155 \frac{\text{mg Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Wakame}} = \boxed{1,55 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{\text{Wakame}} = 0,011 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg alga wakame}} \cdot 5 \frac{\text{g alga wakame}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga wakame}}{1000 \text{ Kg alga wakame}} = \boxed{0,000055 \frac{\text{mg Hg}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{\text{Wakame}} = \boxed{0,055 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}$$

Para las algas del típico kombu tendremos las siguientes ingestas diarias estimadas (IDEs):

$$\text{IDE Al}_{\text{Kombu}} = 34,7 \frac{\text{mg Al}}{\text{Kg alga Kombu}} \cdot 5 \frac{\text{g alga Kombu}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga Kombu}}{1000 \text{ Kg alga Kombu}} = \boxed{0,1735 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Al}_{\text{Kombu}} = \boxed{173,5 \frac{\mu\text{g Al}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Cd}_{\text{Kombu}} = 0,08 \frac{\text{mg Cd}}{\text{Kg alga Kombu}} \cdot 5 \frac{\text{g alga Kombu}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga Kombu}}{1000 \text{ Kg alga Kombu}} = \boxed{0,0004 \frac{\text{mg Cd}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Cd}_{\text{Kombu}} = \boxed{0,4 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Kombu}} = 0,38 \frac{\text{mg Pb}}{\text{Kg alga Kombu}} \cdot 5 \frac{\text{g alga Kombu}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga Kombu}}{1000 \text{ Kg alga Kombu}} = \boxed{0,0019 \frac{\text{mg Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb}_{\text{Kombu}} = \boxed{1,9 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{\text{Kombu}} = 0,5 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg alga Kombu}} \cdot 5 \frac{\text{g alga Kombu}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg alga Kombu}}{1000 \text{ Kg alga Kombu}} = \boxed{0,0025 \frac{\text{mg Hg}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{\text{Kombu}} = \boxed{2,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}$$

☉ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb, Hg) para ambos tipos de algas, se procede a trabajar con los valores de referencia descrito por la EFSA, para cada uno de los metales pesados. Se tratan de valores ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 60 kg de peso corporal del individuo, además para el caso del aluminio, cadmio y mercurio se tratan de valores semanales, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar estos valores de referencia como ingestas diarias tolerables, adaptada al peso de la persona (TDI₆₀) para cada uno de los metales pesados:

$$\text{TDI Al}_{60} = 1 \frac{\text{mg Al}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{8,57 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}$$

$$\text{TDI Cd}_{60} = 2,5 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{21,43 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$\text{TDI Pb}_{60} = 0,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} = \boxed{30 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

$$\text{TDI Hg}_{60} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{34,29 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de los cuatro metales pesados (Al, Cd, Pb, Hg) debido al consumo de los dos tipos de algas al valor de referencia de cada uno de ellos, previamente se realizó el cambio de unidades de mg/día a $\mu\text{g}/\text{día}$ de la ingesta diaria estimada (IDE) en el paso ② para cada uno de los metales, para que concuerden las unidades:

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE Metal pesado toxico}}{\text{Valor de referencia metal pesado toxico}} \cdot 100$$

Para las algas del tipo wakame se tendrán los siguientes porcentajes de contribución:

$$\% \text{Contribución Al}_{\text{wakame}} = \frac{\text{IDE Al}_{\text{Wakame}}}{\text{TDI Al}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Al}_{\text{wakame}} = \frac{0,39 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}{8,57 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{3,34\%}$$

$$\% \text{Contribución Cd}_{\text{wakame}} = \frac{\text{IDE Cd}_{\text{Wakame}}}{\text{TDI Cd}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Cd}_{\text{wakame}} = \frac{5,55 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}{21,43 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{25,90\%}$$

$$\% \text{Contribución Pb}_{\text{wakame}} = \frac{\text{IDE Pb}_{\text{Wakame}}}{\text{TDI Pb}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Pb}_{\text{wakame}} = \frac{1,55 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{30 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{5,17\%}$$

$$\% \text{Contribución Hg}_{\text{wakame}} = \frac{\text{IDE Hg}_{\text{Wakame}}}{\text{TDI Hg}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Hg}_{\text{wakame}} = \frac{0,055 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}{34,29 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{0,16\%}$$

Para las algas del tipo kombu se tendrán los siguientes porcentajes de contribución:

$$\% \text{Contribución Al}_{\text{Kombu}} = \frac{\text{IDE Al}_{\text{Kombu}}}{\text{TDI Al}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Al}_{\text{Kombu}} = \frac{0,1735 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}{8,57 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{2,02\%}$$

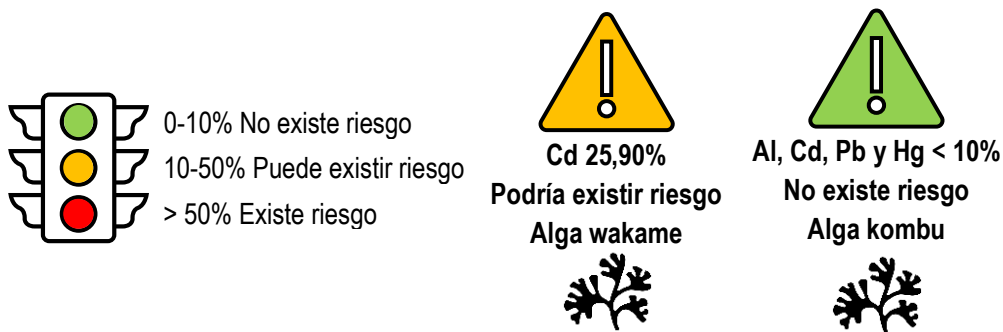
$$\% \text{Contribución Cd}_{\text{Kombu}} = \frac{\text{IDE Cd}_{\text{Kombu}}}{\text{TDI Cd}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Cd}_{\text{Kombu}} = \frac{0,4 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}{21,43 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{1,87\%}$$

$$\% \text{Contribución Pb}_{\text{Kombu}} = \frac{\text{IDE Pb}_{\text{Kombu}}}{\text{TDI Pb}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Pb}_{\text{Kombu}} = \frac{1,9 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{30 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{6,33\%}$$

$$\% \text{Contribución Hg}_{\text{Kombu}} = \frac{\text{IDE Hg}_{\text{Kombu}}}{\text{TDI Hg}_{60}} \cdot 100, \quad \% \text{Contribución Hg}_{\text{Kombu}} = \frac{2,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}{34,29 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{7,29\%}$$

El consumo de **5 gramos de algas del tipo wakame**, con una concentración de metales pesados tóxicos que se describe la tabla adjunta en el enunciado, por parte de un **individuo de 60 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 3,34%, 25,90%, 5,17% y 0,16% para el aluminio, cadmio, plomo y mercurio** a los valores de referencia establecidos para la EFSA, de forma respectiva. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico, para el cadmio** ya que este porcentaje no supera el 100% pero está próximo al 50% y se está evaluando únicamente un alimento (alga wakame) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen cadmio. **Para el resto de los metales pesados** se puede decir que **no existe riesgo toxicológico** ya que todos los porcentajes de contribución a los valores de referencia establecidos por la EFSA son inferiores al 6%.

En el caso del alga Kombu, el consumo de **5 gramos**, con una concentración de metales pesados tóxicos que se describe la tabla adjunta en el enunciado, por parte de un **individuo de 60 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 2,02%, 1,87%, 6,33% y 7,29% para el aluminio, cadmio, plomo y mercurio** a los valores de referencia establecidos para la EFSA, de forma respectiva. A la vista de este resultado para los metales pesado en estudio se puede decir que **no existe riesgo toxicológico** ya que todos los porcentajes son inferiores al 10% en todos los casos y aunque se esté valorando únicamente un alimento (alga kombu) y no la dieta completa, es difícil que se logre superar los valores de referencia si se estudiara la dieta completa.



Problema propuesto 09

Se ha determinado el contenido de metales tóxicos en muestras de calamares congelados. Las concentraciones medias han sido: Al (3,09 mg/kg), Cd (0,29 mg/kg) y Pb (0,04 mg/kg). Suponiendo que en un comedor escolar se sirven raciones de 200 gramos dos veces a la semana, ¿existiría riesgo por ingesta de metales tóxicos en niños de 40 kilos?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2.5 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<p>[Al] = 3,09 mg Al / kg calamar</p> <p>[Cd] = 0,29 mg Cd / kg calamar</p> <p>[Pb] = 0,04 mg Pb / kg calamar</p> <p>Peso Corporal (PC) = 40 kg</p> <p>2 raciones semanales de 40 g</p> <p>TWI = 1 mg Al / kg P.C · semana</p> <p>TWI = 2,5 µg Cd / kg P.C · semana</p> <p>TDI = 0,5 µg Pb / kg P.C · día</p>	<p>1 Consumo estimado de algas</p> <p>2 Evaluación de la exposición, IDE</p> <p>3 Adaptar los valores de referencia, TWI, TDI</p> <p>4 Caracterización del riesgo, %Contr</p> <p>5 Evaluación del riesgo</p>	<p>IE = Ingesta Estimada,</p> <p>AX = Agente Xenobiótico</p> <p>CA = Consumo de alimento</p> <p>VR = Valor de referencia</p> <p>IE = [AX] · CA</p> <p>%Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$</p>

1 Se necesita conocer el consumo diario de calamares por el alumno que almuerza en el comedor escolar, para ello realizamos el siguiente planteamiento:

$$\text{Consumo diario de calamares} = 2 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 40 \frac{\text{g de calamares}}{\text{ración}} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{11,43 \frac{\text{g de calamares}}{\text{día}}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb), asociada al consumo de este alimento:

$$\text{IDE Metal pesado toxico} = [\text{Metal pesado tóxico}] \cdot \text{Consumo diario de calamares}$$

$$\text{IDE Al} = 3,09 \frac{\text{mg Al}}{\text{Kg calamares}} \cdot 11,43 \frac{\text{g calamares}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg calamares}}{1000 \text{ g calamares}} = \boxed{0,035 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} = \boxed{35,32 \frac{\mu\text{g Al}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Cd} = 0,29 \frac{\text{mg Cd}}{\text{Kg calamares}} \cdot 11,43 \frac{\text{g calamares}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg calamares}}{1000 \text{ g calamares}} = \boxed{0,0033 \frac{\text{mg Cd}}{\text{día}}} = \boxed{3,31 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE Pb} = 0,04 \frac{\text{mg Pb}}{\text{Kg calamares}} \cdot 11,43 \frac{\text{g calamares}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg calamares}}{1000 \text{ g calamares}} = \boxed{0,00046 \frac{\text{mg Pb}}{\text{día}}} = \boxed{0,46 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb) para el consumo de calamares, se procede a trabajar con los valores de referencia descrito por la EFSA, para cada uno de los metales pesados. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 48 kg de peso corporal del joven, además para el caso del aluminio y el cadmio se tratan de valores semanales, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar estos valores de referencia como ingestas diarias tolerables, adaptada al peso de la persona (TDI₄₀) para cada uno de los metales pesados en estudio:

$$\text{TDI Al}_{40} = 1 \frac{\text{mg Al}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 40 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{5,71 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}$$

$$\text{TDI Cd}_{40} = 2,5 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 40 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{14,29 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$\text{TDI Pb}_{40} = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 40 \text{ kg peso corporal} = \boxed{20 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, cd, Pb) debido al consumo de calamares al valor de referencia de cada uno de ellos, previamente se realizó el cambio de unidades de mg/día a µg/día de la Ingesta diaria estimada (IDE) en el paso 2, para que concuerden las unidades:

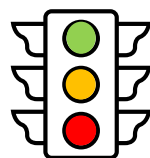
$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Metal pesado toxico}}{\text{Valor de referencia metal pesado toxico}} \cdot 100$$

$$\%_{\text{Contribución Al}} = \frac{\text{IDE Al}}{\text{TDI Al}_{40}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{0,035 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}{5,71 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{0,61\%}$$

$$\%_{\text{Contribución Cd}} = \frac{\text{IDE Cd}}{\text{TDI Cd}_{40}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Cd}} = \frac{3,31 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}{14,29 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{23,16\%}$$

$$\%_{\text{Contribución Pb}} = \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI Pb}_{40}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Pb}} = \frac{0,46 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{20 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{2,30\%}$$

5 El consumo de **40 gramos de calamares**, con una concentración de metales pesados tóxicos que se describe la tabla adjunta en el enunciado, por parte de un **joven de 40 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 0,61%, 23,16% y 2,30% para el aluminio, cadmio y plomo** a los valores de referencia establecidos para la EFSA, de forma respectiva. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existe riesgo toxicológico, para el cadmio** ya que este porcentaje no supera el 100% pero esta próximo al 25% y se está evaluando únicamente un alimento (calamares) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen cadmio. **Para el resto de los metales pesado** se puede decir que **no existe riesgo toxicológico** ya que todos los porcentajes son inferiores al 3% y aunque se esté valorando únicamente un alimento y no la dieta completa, es difícil que se logre superar los valores de referencia si se estudiara la dieta completa.



0-10% No existe riesgo
10-50% Puede existir riesgo
> 50% Existe riesgo



Cd 23,16%
Podría existir riesgo



Problema propuesto 10

En la siguiente tabla se recoge el consumo medio y el nivel de cobre de diferentes grupos de alimentos. ¿Qué grupos de alimentos contribuyen más a la ingesta dietética de Cu? ¿Se cumplen las recomendaciones?

Datos: IDR de Cu de 1,1 mg/día para adultos.

Alimentos	Concentración de Cu (mg/100g)	Consumo diario (g/día)
Leche	0,01	300,7
Queso	0,13	25,1
Yogurt	0,01	45,7
Pescados	0,3	45,8
Carne	0,15	45,9
Frutas	0,2	218,4
Papas	0,17	143,2
Legumbres	0,8	27,2

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos

- [Cu] = Recogidas en la tabla
- Recogidas en la tabla
- IDR = 1,1 mg Cu /día

Objetivos

- 1 Consumo estimado de alimentos
- 2 Evaluación de la exposición, IDE_{Cu}
- 3 Evaluación nutricional

Relaciones

IE = Ingesta Estimada,
 AX = Agente Xenobiótico
 CA = Consumo de alimento
 VR = Valor de referencia

$IE = [AX] \cdot CA$
 $\%_{\text{Contribución}} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de los distintos alimentos que se recogen en la tabla, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio, en la tercera columna de la tabla y a través de los siguientes pictogramas:

Leche 300,7 g/día	Queso 25,1 g/día	Yogurt 45,7 g/día	Pescado 45,8 g/día
Carne 45,9 g/día	Frutas 218,4 g/día	Papas 143,2 g/día	Legumbres 27,2 g/día





2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Cu, asociada a estos alimentos:

$$IDE_{Cu} = [Cu] \cdot \text{Consumo diario de cada alimento}$$

$$\begin{array}{c}
 \text{Leche} \\
 \text{IDE Cu}
 \end{array}
 = \frac{0,01 \text{ mg Cu}}{100 \text{ g de leche}} \cdot 300,7 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,030 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IDE Cu}_{\text{Queso}} &= \frac{0,13}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 25,1 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,033 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Yogurt}} &= \frac{0,01}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 45,7 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,046 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Pescado}} &= \frac{0,30}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 45,8 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,14 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Carne}} &= \frac{0,15}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 45,9 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,069 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Frutas}} &= \frac{0,20}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 218,4 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,44 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Papas}} &= \frac{0,17}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 143,2 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,24 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}} \\
 \text{IDE Cu}_{\text{Legumbres}} &= \frac{0,80}{100} \frac{\text{mg Cu}}{\text{g de leche}} \cdot 27,2 \frac{\text{g de leche}}{\text{día}} = \boxed{0,22 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}}
 \end{aligned}$$

Respondiendo a la primera de las preguntas que se plantean, decir que alimentos son los que más contribuyen a la ingesta de cobre, estos serían en orden decreciente de contribución los que se recogen a continuación:

			
Fruta	Papas	Legumbres	Pescado
0,44 mg/día	0,24 mg/día	0,22 mg/día	0,14 mg/día

Una vez calculadas las ingestas diarias estimadas para cada uno de los alimentos, para comprobar si se cumple la recomendación, simplemente se ha de sumar las ingestas diarias estimadas (IDEs) de Cu para cada uno de los alimentos, obteniendo una ingesta diaria estimada de Cu total ($\text{IDE}_{\text{Cu total}}$):

$$\text{IDE}_{\text{Cu total}} = \text{IDE}_{\text{Leche}} + \text{IDE}_{\text{Queso}} + \text{IDE}_{\text{Yogurt}} + \text{IDE}_{\text{Pescado}} + \text{IDE}_{\text{Carne}} + \text{IDE}_{\text{Fruta}} + \text{IDE}_{\text{Papas}} + \text{IDE}_{\text{Legumbres}}$$

$$\text{IDE}_{\text{Cu total}} = 0,030 + 0,033 + 0,046 + 0,14 + 0,069 + 0,44 + 0,24 + 0,22 = \boxed{1,22 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}}$$

Se puede comprobar por tanto que:

$$\text{IDE}_{\text{Cu}} > \text{IDR}_{\text{Cu}}, \quad \boxed{1,22 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}} > 1,10 \frac{\text{mg Cu}}{\text{día}}}$$

Se confirma que el consumo diario de los alimentos recogidos en la tabla, con sus respectivas concentraciones de Cu aportan el cobre suficiente para superar la ingesta diaria recomendada de este elemento, para el correcto funcionamiento del organismo, por lo que el aporte nutricional es el adecuado.

Problema propuesto 11

Ha sido determinado el contenido de metales tóxicos en tofu. Suponiendo un consumo de 200 gramos al día de tofu.

- c) ¿Existe riesgo para la salud de los consumidores adultos de 68 kilos medio?
- d) Suponiendo que un niño de 38 kilos consume 200 gramos de tofu al día, ¿estaría en riesgo por consumo excesivo de metales tóxicos?

Datos: TWI de Al de 1 mg/kg peso corporal/semana, TWI de Cd de 2.5 µg/kg pc/semana, TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana, TDI de Pb de 0.5 µg/kg pc/día.

Metal	C. media (mg/kg peso húmedo)
Al	2,51
Cd	0,01
Pb	0,02

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<p>[Al] = 3,52 mg Al / kg tofu</p> <p>[Cd] = 0,01 mg Cd / kg tofu</p> <p>[Pb] = 0,92 mg Pb / kg tofu</p> <p>Peso Corporal (PC) = 68 kg</p> <p>Peso Corporal (PC) = 38 kg</p> <p>200 gramos al día</p> <p>TWI = 1 mg Al / kg P.C · semana</p> <p>TWI = 2,5 µg Cd / kg P.C · semana</p> <p>TDI = 0,5 µg Pb / kg P.C · día</p>	<p>1 Consumo estimado de tofu</p> <p>2 Evaluación de la exposición, IDE_{Al, Cd, Pb}</p> <p>3 Adaptar los valores de referencia, TWI, TDI</p> <p>4 Caracterización del riesgo, %_{Contr}</p> <p>5 Evaluación del riesgo</p>	<p>IE = Ingesta Estimada,</p> <p>AX = Agente Xenobiótico</p> <p>CA = Consumo de alimento</p> <p>VR = Valor de referencia</p> <p>IE = [AX] · CA</p> <p>%_{Contribución} = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$</p>

1 Se necesita conocer el consumo diario de tofu por el adulto y el niño, pero este dato ya se recoge en el enunciado:

$$\text{Consumo diario de tofu} = 200 \frac{\text{g de tofu}}{\text{día}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb,), asociada al consumo de este alimento:

$$\text{IDE Metal pesado toxico} = [\text{Metal pesado tóxico}] \cdot \text{Consumo diario de tofu}$$

$$\text{IDE Al} = 2,51 \frac{\text{mg Al}}{\text{Kg tofu}} \cdot 200 \frac{\text{g tofu}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg tofu}}{\text{g tofu}} = 0,502 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}} = 502 \frac{\mu\text{g Al}}{\text{día}}$$

$$\text{IDE Cd} = 0,01 \frac{\text{mg Cd}}{\text{Kg tofu}} \cdot 200 \frac{\text{g tofu}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg tofu}}{\text{g tofu}} = 0,002 \frac{\text{mg Cd}}{\text{día}} = 2 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}$$

$$\text{IDE Pb} = 0,02 \frac{\text{mg Pb}}{\text{Kg calamares}} \cdot 200 \frac{\text{g tofu}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg tofu}}{\text{g tofu}} = 0,004 \frac{\text{mg Pb}}{\text{día}} = 4 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}$$

③ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de cada uno de los metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb) para el consumo de tofu, se procede a trabajar con los valores de referencia descrito por la EFSA, para cada uno de los metales. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 68 kg de peso corporal del adulto y a los 38 kilos de peso corporal del niño, además para el caso del aluminio y el cadmio se tratan de valores semanales, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar estos valores de referencia como ingestas diarias tolerables (TDI), adaptadas al peso del adulto (TDI_{68}) y del niño (TDI_{38}):

Para un adulto de 68 kilos de peso corporal se tiene que:

$$TDI_{Al_{68}} = 1 \frac{\text{mg Al}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{9,71 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}$$



$$TDI_{Cd_{68}} = 2,5 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{24,29 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$TDI_{Pb_{68}} = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} = \boxed{34 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

Para un niño de 38 kilos de peso corporal se tiene que:

$$TDI_{Al_{38}} = 1 \frac{\text{mg Al}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 38 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{5,43 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}$$



$$TDI_{Cd_{38}} = 2,5 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 38 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{13,57 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}$$

$$TDI_{Pb_{38}} = 0,5 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 38 \text{ kg peso corporal} = \boxed{19 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de metales pesados tóxicos (Al, Cd, Pb) debido al consumo de tofu tanto para el adulto como para el niño, al valor de referencia de cada uno de los metales pesados tóxicos, previamente se realizó el cambio de unidades de mg/día a $\mu\text{g}/\text{día}$ de la ingesta diaria estimada (IDE) en el paso ②, para que concuerden las unidades:

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Metal pesado toxico}}{\text{Valor de referencia metal pesado toxico}} \cdot 100$$

Para un adulto de 68 kilos de peso corporal se tiene que:

$$\%_{\text{Contribución Al}} = \frac{\text{IDE Al}}{\text{TDI}_{Al_{68}}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{0,502 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}{9,71 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{5,17\%}$$



$$\%_{\text{Contribución Cd}} = \frac{\text{IDE Cd}}{\text{TDI}_{Cd_{68}}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Cd}} = \frac{2 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}{24,29 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{8,23\%}$$

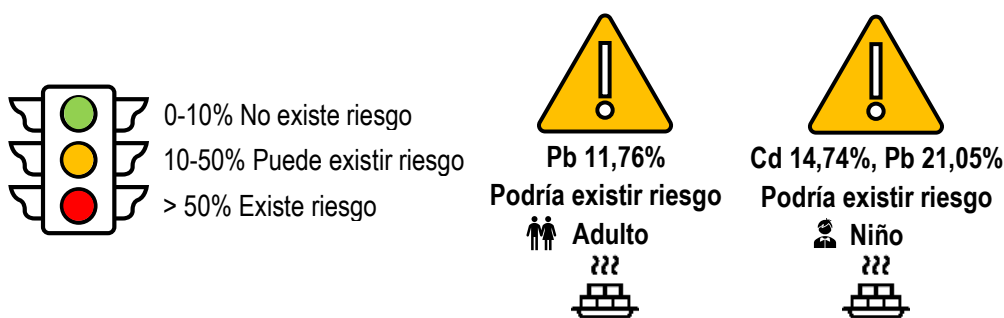
$$\%_{\text{Contribución Pb}} = \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI}_{Pb_{68}}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Pb}} = \frac{4 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{34 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{11,76\%}$$

Para un niño de 38 kilos de peso corporal se tiene que:

$$\begin{aligned} \% \text{Contribución Al} &= \frac{\text{IDE Al}}{\text{TDI Al}_{38}} \cdot 100, & \% \text{Contribución Al} &= \frac{0,502 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}}{5,43 \frac{\text{mg Al}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{9,24\%}. \\ \text{👤} \% \text{Contribución Cd} &= \frac{\text{IDE Cd}}{\text{TDI Cd}_{38}} \cdot 100, & \% \text{Contribución Cd} &= \frac{2 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}}{13,57 \frac{\mu\text{g Cd}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{14,74\%}. \\ \% \text{Contribución Pb} &= \frac{\text{IDE Pb}}{\text{TDI Pb}_{38}} \cdot 100, & \% \text{Contribución Pb} &= \frac{4 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}}{19 \frac{\mu\text{g Pb}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{21,05\%}. \end{aligned}$$

🔍 El consumo de **200 gramos de tofu**, con una concentración de metales pesados tóxicos que se describe la tabla adjunta en el enunciado, por parte de un **adulto de 68 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 9,24%, 8,23% y 11,76% para el aluminio, cadmio y plomo** a los valores de referencia establecidos para la EFSA, de forma respectiva. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico, para el plomo** ya que este porcentaje no supera el 100% pero está próximo al 12% y se está evaluando únicamente un alimento (tofu) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen plomo y por tanto este porcentaje aumentara y en consecuencia también aumenta el riesgo toxicológico. **Para el resto de los metales pesados (Al, Cd) se puede decir que no existe riesgo toxicológico** ya que todos los porcentajes son inferiores al 10% y aunque se esté valorando únicamente un alimento y no la dieta completa, es difícil que se logre superar los valores de referencia si se estudiara la dieta completa.

En el caso de un **niño de 38 kilos de peso corporal** el consumo de **200 gramos de tofu**, con una concentración de metales pesados tóxicos que se describe la tabla adjunta en el enunciado, supone un **aporte del 9,24%, 14,74% y 21,05% para el aluminio, cadmio y plomo** a los valores de referencia establecidos para la EFSA, de forma respectiva. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico, para el cadmio y el plomo** ya que estos porcentajes no superan el 100% pero están próximos al 12% y se está evaluando únicamente un alimento (tofu) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen cadmio y plomo. **Para el aluminio se podría decir que no existe riesgo toxicológico** ya que todos los porcentajes son inferiores al 10%, pero este valor está muy próximo, y aunque se esté valorando únicamente un alimento y no la dieta completa, no es muy difícil que se logre superar los valores de referencia si se estudiara la dieta completa.



Problema propuesto 12








Ha sido determinado el contenido de mercurio total en muestras de filetes de panga congelados encontrándose una concentración media de 0,22 mg/kg de peso fresco.

- a) Considerando un consumo de 50 gramos al día por un adulto de 60 kilos, ¿existiría riesgo para su salud?
 b) Considerando un consumo de 50 gramos al día por un niño de 30 kilos, ¿existiría riesgo para su salud?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
 [Hg] = 0,22 mg Hg / kg panga  Peso Corporal (PC) = 60 kg  Peso Corporal (PC) = 30 kg  50 gramos al día  TWI = 4 µg Hg / kg P.C · semana	 <ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de panga Evaluación de la exposición, IDE_{Hg} Adaptar el valor de referencia, TWI_{Hg} Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	 <p> $IE = \text{Ingesta Estimada,}$ $AX = \text{Agente Xenobiótico}$ $CA = \text{Consumo de alimento}$ $VR = \text{Valor de referencia}$ $IE = [AX] \cdot CA$ $\%_{\text{Contribución}} = \frac{IE}{VR} \cdot 100$ </p>

❶ Se necesita conocer el consumo diario de panga congelada por el adulto y por el niño, pero este dato ya se recoge en el enunciado:

$$\text{Consumo diario de panga} = \boxed{50 \frac{\text{g de panga}}{\text{día}}}$$

❷ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Hg asociada al consumo de este alimento:

$$IDE_{Hg} = [Hg] \cdot \text{Consumo diario de panga}$$

$$IDE_{Hg} = 0,22 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg panga}} \cdot 50 \frac{\text{g panga}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Kg panga}}{1000 \text{ g panga}} = \boxed{0,011 \frac{\text{mg Hg}}{\text{día}}} = \boxed{11 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}$$

❸ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de Hg para el consumo de tofu, se procede a trabajar con los valores de referencia descrito por la EFSA, para el Hg. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 60 kg de peso corporal del adulto y a los 30 kilos de peso corporal del niño, además se trata de un valor semanal, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor de referencia como ingesta diaria tolerable (TDI), adaptada al peso del adulto ($TDI_{Hg_{60}}$) y del joven ($TDI_{Hg_{30}}$):

Para un adulto de 60 kilos de peso corporal se tiene que:

$$\text{TDI}_{Hg_{60}} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{34,29 \frac{\text{mg Hg}}{\text{día}}}$$

Para un niño de 38 kilos de peso corporal se tiene que:

$$\text{TDI}_{Hg_{30}} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 30 \text{ kg peso corporal} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{17,14 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}$$

④ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Hg debido al consumo de panga tanto para el adulto como para el joven, al valor de referencia del Hg, previamente se realizó el cambio de unidades de mg/día a µg/día de la ingesta diaria estimada (IDE) en el paso ②, para que concuerden las unidades:

$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Metal pesado toxico}}{\text{Valor de referencia metal pesado toxico}} \cdot 100$$

Para un adulto de 68 kilos corporal se tiene que:

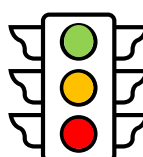




$$\text{Icono Adulto} \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{\text{IDE Hg}}{\text{TDI Hg}_{60}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{11 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}{34,29 \frac{\text{mg Hg}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{32,08\%}$$

Para un joven de 30 kilos de peso corporal se tiene que:

$$\text{Icono Niño} \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{\text{IDE Hg}}{\text{TDI Hg}_{30}} \cdot 100, \quad \%_{\text{Contribución Al}} = \frac{11 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}}{17,14 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{64,18\%}$$

⑤ El consumo de **50 gramos de panga**, con una **concentración de Hg de 0,22 mg Hg/kg de panga**, por parte de un **adulto de 60 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 32,08%** para el mercurio al valor de referencia establecido por la EFSA. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no supera el 100%, pero está próximo al 40% y se está evaluando únicamente un alimento (panga) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen Hg y por tanto este porcentaje aumentara con toda seguridad y en consecuencia también el riesgo toxicológico.

En el caso de un **joven de 30 kilos de peso corporal** el consumo de **50 gramos de tofu**, con una **concentración de Hg de 0,22 mg Hg/kg de panga**, supone un **aporte del 64,18%** para el mercurio al valor de referencia establecidos por la EFSA. A la vista de este resultado, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico**, para el Hg ya que este porcentaje supera el 50% y se está evaluando únicamente un alimento (panga) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen Hg y por tanto este porcentaje aumentara con toda seguridad, pudiendo superarse el 100%, y en consecuencia también el riesgo toxicológico.

	0-10% No existe riesgo		
	10-50% Puede existir riesgo		
	> 50% Existe riesgo	Hg 32,08% Podría existir riesgo Icono Adulto 	Hg 64,18% Podría existir riesgo Icono Niño 

Problema propuesto 13

Se han encontrado concentraciones de 0,01 mg/kg de bisfenol A en platos preparados para microondas. Suponiendo un consumo de 250 gramos al día de estos alimentos. ¿Supondría un riesgo para la salud de adultos de 60 kilos?


Datos: t-TDI (ingesta diaria tolerable temporal) de 0,05 mg/kg peso corporal/día.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [Bisfenol-A] = 0,01 mg/Kg de P.prep Peso Corporal (PC) = 60 kg 250 gramos al día t-TDI = 0,05 mg bisfenol-a / kg P.C · día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de P.prep Evaluación de la exposición, IDE BP-a Adaptar el valor de referencia, t-TDI Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de platos preparados para microondas por el individuo, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:


 Consumo diario de platos preparados = $250 \frac{\text{gramos de P. prep}}{\text{día}}$.

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de bisfenol-a, asociada a este tipo de alimentos:

$$\text{IDE bisfenol-a} = [\text{bisfenol-a}] \cdot \text{Consumo diario de P.prep}$$

$$\text{IDE bisfenol-a} = 0,01 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{Kg P.prep}} \cdot 250 \frac{\text{g P.prep}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg P.prep}}{\text{g P.prep}} = \boxed{0,0025 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{día}}}$$

3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de bisfenol-a, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, para el bisfenol-a, la ingesta diaria tolerable temporal (t-TDI). Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 60 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor de referencia como la ingesta diaria tolerable temporal (t-TDI), adaptada al peso de la persona (t - TDI₆₀):

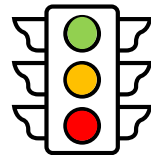
 $t - \text{TDI}_{60} = 0,05 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 60 \text{ kg peso corporal} = \boxed{3 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{día}}}$.

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de bisfenol-a debido al consumo de platos preparados para microondas, al valor de referencia adaptado al peso del individuo (t - TDI₆₀):

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE bisfenol-a}}{t - \text{TDI}_{60}} \cdot 100$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{0,0025 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{mg bisfenol-a}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{0,83\%}$$

El consumo de **250 g de platos preparados para microondas**, con una **concentración de bisfenol-a de 0,01 mg/kg de plato preparado para microondas**, por parte de un **individuo de 60 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 0,83%** a la ingesta diaria tolerable temporal (t-TDI) por la EFSA para el bisfenol-a. A la vista de este resultado, se puede concluir que **no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no supera el 1% y está por debajo del 10% y aunque se está evaluando únicamente un alimento (platos preparados para microondas) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen bisfenol-a es muy complicado que se supere el valor de referencia y por tanto que exista riesgo toxicológico.



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo



0,83%


No existe riesgo



Problema propuesto 14

Analiza la siguiente noticia publicada en el periódico electrónico "20minutos.es". Suponiendo que los pescados llegan a la mitad del límite máximo de mercurio y evaluar para 1, 2 y 3 raciones semanales de 250 gramos de pescado ¿Existiría riesgo para la salud de niños?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana. Peso medio de un niño de 30 kilos.



Piden reducir el consumo de perca y panga tras hallar restos de mercurio y pesticidas

- La OCU ha realizado análisis en filetes de ambos pescados.
- La organización aconseja limitar su consumo a una vez por semana, tras hallar restos contaminantes que entran en los límites legales.

Restos de pesticidas y de mercurio en los filetes de panga y perca. La [Organización de Consumidores y Usuarios \(OCU\)](#) ha recomendado este jueves **reducir el consumo** de ambos pescados después de que los análisis realizados sobre los mismos hayan detectado la presencia de estas **sustancias nocivas** para la salud.

La OCU asegura que estos **residuos contaminantes** están dentro de los límites legales y no suponen un **riesgo inmediato** para la salud, aconseja **no comerlos más** de una vez por semana. Para esta organización, el panga y la perca han entrado "con fuerza" en los **hábitos** de compra y consumo españoles, sobre todo, en **comedores colectivos** donde a veces se sirven como filetes de lenguado o mero pero, tras sospechar de la presencia de posibles contaminantes ambientales por su producción "intensiva" y zonas donde se localiza, la OCU analizó 23 muestras de panga (17 congeladas y seis frescas) y otras seis de perca con la citada conclusión.

La OCU destaca que estos pescados se sirven varias veces por semana en comedores escolares

Se trata de dos **pescados de agua dulce** y criados en **acuicultura** que proceden de países lejanos: el panga se cría en el río Mekong (Vietnam) y la perca habita en el lago Victoria en África. En concreto, en cuatro de las muestras de panga se encontró la **trifluoralina**, un herbicida prohibido en Europa mientras que en los filetes de perca no se encontraron plaguicidas.

También detectaron **mercurio** en nueve de las **29 muestras de panga y perca** analizadas. Las cantidades de mercurio no superan el límite legal de 0,5 mg/Kg pero, en algunos casos, sí alcanzaron la mitad de esa cifra. A juicio de la OCU, se debería "**reconsiderar**" la lista de los pescados que se suelen considerar como fuente de mercurio, como el atún o el emperador, tras estos resultados.

"Teniendo en cuenta que estos pescados se sirven en **comedores escolares** y los niños pueden llegar a comerlos varias veces por semana, al final la **ingesta** de mercurio puede llegar a ser significativa", subraya la OCU.

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
[Hg] = 0,25 mg/Kg de Pescado Peso Corporal (PC) = 30 kg 1, 2 y 3 raciones de 250 g TWI = 4 µg Al / kg P.C · semana	<ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de P.prep Evaluación de la exposición, IDE Hg Adaptar el valor de referencia, TWI Al Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> $IE = [AX] \cdot CA$ $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo semanal de pescado, para 1, 2 y 3 raciones de 250 gramos, por tanto, se plantea el siguiente razonamiento:

$$\text{Consumo semanal de pescado}_{1 \text{ ración}} = 1 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 250 \frac{\text{g de pescado}}{\text{ración}} = \boxed{250 \frac{\text{g de pescado}}{\text{semana}}}$$

$$\text{Consumo semanal de pescado}_{2 \text{ raciones}} = 2 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 250 \frac{\text{g de pescado}}{\text{ración}} = \boxed{500 \frac{\text{g de pescado}}{\text{semana}}}$$

$$\text{Consumo semanal de pescado}_{3 \text{ raciones}} = 3 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} \cdot 250 \frac{\text{g de pescado}}{\text{ración}} = \boxed{750 \frac{\text{g de pescado}}{\text{semana}}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de Hg, asociada a al consumo de 1, 2 y 3 raciones de pescado:

IDE Hg = [Hg] · Consumo semanal de pescado de cada tipo de ración

$$\text{IDE Hg}_{1 \text{ ración}} = 0,25 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg Pescado}} \cdot 250 \frac{\text{g Pescado}}{\text{semana}} \cdot \frac{1 \text{ kg Pescado}}{1000 \text{ g Pescado}} = \boxed{0,0625 \frac{\text{mg Hg}}{\text{semana}}} = \boxed{62,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{2 \text{ ración}} = 0,25 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg Pescado}} \cdot 500 \frac{\text{g Pescado}}{\text{semana}} \cdot \frac{1 \text{ kg Pescado}}{1000 \text{ g Pescado}} = \boxed{0,125 \frac{\text{mg Hg}}{\text{semana}}} = \boxed{125 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

$$\text{IDE Hg}_{3 \text{ ración}} = 0,25 \frac{\text{mg Hg}}{\text{Kg Pescado}} \cdot 750 \frac{\text{g Pescado}}{\text{semana}} \cdot \frac{1 \text{ kg Pescado}}{1000 \text{ g Pescado}} = \boxed{0,1875 \frac{\text{mg Hg}}{\text{semana}}} = \boxed{187,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de Hg para el consumo de pescado, se procede a trabajar con los valores de referencia descrito por la EFSA, para este metal pesado toxico, el Hg. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo los 30 kilos de peso corporal del niño, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor de referencia como ingesta semanal tolerable (TWI), adaptada al peso del niño (TWI Hg₃₀):

$$\text{TWI Hg}_{30} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 30 \text{ kg peso corporal} = \boxed{120 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Hg debido al consumo de pescado para las distintas raciones al valor de referencia (TWI Hg₃₀):

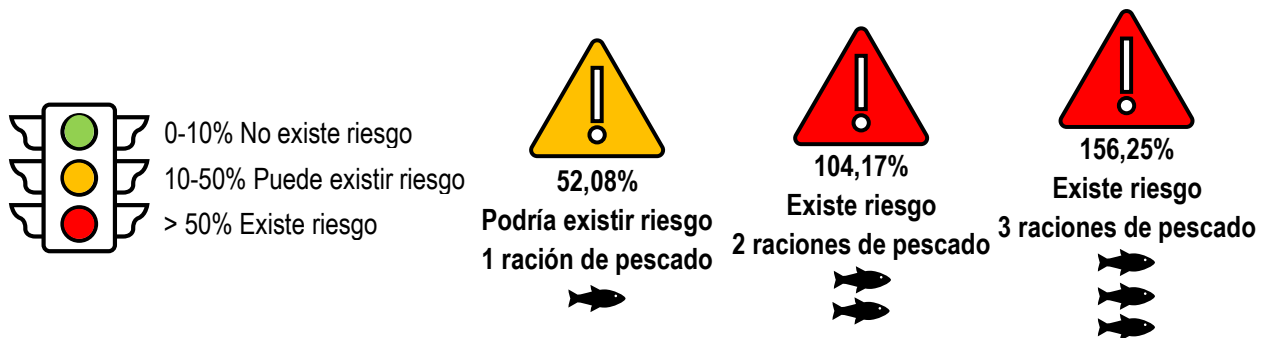
$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE Hg}}{\text{TWI Hg}_{30}} \cdot 100$$

$$\text{🐟 } \% \text{Contribución 1 ración} = \frac{62,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}{120 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}} \cdot 100 = \boxed{52,08\%}$$

$$\text{🐟🐟 } \% \text{Contribución 2 raciones} = \frac{125 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}{120 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}} \cdot 100 = \boxed{104,17\%}$$

$$\text{🐟🐟🐟 } \% \text{Contribución 3 raciones} = \frac{187,5 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}{120 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}} \cdot 100 = \boxed{156,25\%}$$

5 El consumo de **250 g de pescado**, con una **concentración de Hg de 0,25 mg/kg de pescado**, por parte de un **niño de 60 kg de peso corporal**, **una vez a la semana supone un aporte del 52,08%**, a la ingesta semanal tolerable temporal (TWI) descrita por la EFSA para el Hg, mientras que **dos raciones semanales suponen un 104,17% y tres raciones un 156,25%**. A la vista de este resultado, se puede concluir que **podría existir riesgo toxicológico** cuando hablamos de una **única ración**, ya que el porcentaje de contribución es superior al 50% y solo se está evaluando un único alimento (pescado) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen Hg. Ya cuando hablamos de **dos o tres raciones se asegura el riesgo toxicológico**, ya que, los porcentajes son superiores al 100%, valorando únicamente un alimento y no la dieta completa, en la cual existen más alimentos que aportan mercurio a la misma.



Problema propuesto 15

Se han registrado las siguientes concentraciones de acrilamida: patatas fritas de paquete (3700 µg/kg), café instantáneo (338 µg/kg), chocolate en polvo (90 µg/kg) y pan blanco (108 µg/kg). Suponiendo un consumo medio diario de un adulto de 70 kilos de: 100 g de patatas fritas de paquete, 35 g de café instantáneo, 10 g de chocolate en polvo y 60 g de pan blanco. ¿Estaría en riesgo la salud de este individuo?

Datos: BMDL₁₀ de 0,17 mg/kg de peso corporal/día (incidencia de tumores).

SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
[acrilamida] = Se recoge en la tabla Peso Corporal (PC) = 70 kg Se recoge en la tabla BMDL ₁₀ = 0,17 mg acrilamida // kg P.C · día	<ol style="list-style-type: none"> Consumo estimado de alimentos Evaluación de la exposición, IDE_{Acrilamida} Adaptar el valor de referencia, BMDL_{Acrilamida} Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<p>IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia</p> $IE = [AX] \cdot CA$ $\%Contribución = \frac{IE}{VR} \cdot 100$

Alimento	Concentración acrilamida (µg/kg)	Consumo medio diario (g/día)
Papas fritas de paquete	3700	100
Café instantáneo	338	35
Chocolate en polvo	90	10
Pan blanco	108	60

1 Se necesita conocer el consumo diario los alimentos por el individuo, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio, se muestra en la tabla anterior y se recoge en los siguientes pictogramas:

Papas fritas 100 g/día	Café Inst 35 g/día	Chocolate 10 g/día	Pan blanco 60 g/día

2 Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de acrilamida, asociada a estos alimentos:

$$IDE \text{ acrilamida} = [\text{acrilamida}] \cdot \text{Consumo diario de cada alimento}$$

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{Papas}} = 3700 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{kg Papas}} \cdot 100 \frac{\text{g de Papas}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Papas}}{1000 \text{ g Papas}} = \boxed{370 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{Café}} = 338 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{kg Café}} \cdot 35 \frac{\text{g de Café}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Café}}{1000 \text{ g Café}} = \boxed{11,83 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{Chocolate}} = 90 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{kg Chocolate}} \cdot 10 \frac{\text{g de Chocolate}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Chocolate}}{1000 \text{ g Chocolate}} = \boxed{0,90 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}}$$

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{Pan}} = 108 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{kg Pan}} \cdot 60 \frac{\text{g de Pan}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ kg Pan}}{1000 \text{ g Pan}} = \boxed{6,48 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}}$$

Una vez calculadas las ingestas diarias estimadas (IDEs) de acrilamida para cada uno de los alimentos recogidos en la tabla, para poder realizar la evaluación del riesgo por el consumo de acrilamida, se necesita calcular la ingesta diaria estimada (IDE) total, para ello simplemente se ha de sumar cada una de las ingestas diarias estimadas de acrilamida de cada uno de los alimentos:

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{total}} = \text{IDE acrilamida}_{\text{Papas}} + \text{IDE acrilamida}_{\text{Café}} + \text{IDE acrilamida}_{\text{Chocolate}} + \text{IDE acrilamida}_{\text{Chocolate}}$$

$$\text{IDE acrilamida}_{\text{total}} = 370 + 11,83 + 0,90 + 6,48 = \boxed{389,21 \frac{\mu\text{g Acrilamida}}{\text{día}}}$$

➊ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de acrilamida, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, para la acrilamida, la BMDL₁₀. Se trata de un valor ajustado al peso de cada persona, por lo que hay que adaptarlo para los 70 kg de peso corporal del individuo, por lo que hay que realizar el siguiente cambio de unidades, para expresar este valor de referencia, como BMDL₁₀, adaptada al peso de la persona (BMDL_{10 70}):

$$\text{BMDL}_{10 70} = 0,17 \frac{\text{mg acrilamida}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{día}} \cdot 70 \text{ kg peso corporal} = \boxed{11,9 \frac{\text{mg acrilamida}}{\text{día}}}$$

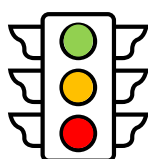
$$\text{BMDL}_{10 70} = \boxed{11900 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}}$$

➋ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de platos preparados al valor de referencia (BMDL_{10 70}) donde previamente se realizó el cambio de unidades de mg de acrilamida/día a µg de acrilamida/día, para que las unidades concuerden:

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE acrilamida}}{\text{BMDL}_{10 70}} \cdot 100$$

$$\% \text{Contribución} = \frac{389,21 \frac{\text{mg Acrilamida}}{\text{día}}}{11900 \frac{\mu\text{g acrilamida}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{3,27\%}$$

➌ El consumo de las cantidades descritas en el enunciado para cada uno de los alimentos, con unas concentraciones de acrilamida también descritas en el enunciado, por parte de un **individuo de 70 kg de peso corporal**, supone un **aporte del 3,27%** a la BMDL₁₀ por la EFSA para la acrilamida. A la vista de este resultado, se puede concluir que **no existe riesgo toxicológico**, ya que este porcentaje no supera el 5% y está por debajo del 10% y aunque se está evaluando únicamente cuatro alimentos (papas fritas de paquete, café instantáneo, chocolate en polvo y pan blanco) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen acrilamida, es muy complicado que se supere el valor de referencia y que por tanto pueda existir riesgo toxicológico.



0-10% No existe riesgo

10-50% Puede existir riesgo

> 50% Existe riesgo



3,27%

No existe riesgo



Problema propuesto 16

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 8 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de boro en agua mineral, en productos cuyo origen es Turquía notificados por Suiza, cuya concentración es de 4,33 mg/L. Suponiendo un consumo de 2 Litros de agua al día por la población y unos límites superiores de ingesta de boro descrito por el IOM para diferentes grupos poblacionales ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: UL de B en niños de 1-3 años de 3 mg/día niños, niños de 4-8 años de 6 mg/día, niños 9-13 años de 11 mg/día, adolescentes de 14-18 años de 17 mg/día y adultos mayores de 18 años de 20 mg/día, enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/501254>



SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [B] = 4,33 mg/L de agua 2 Litros de agua al día UL_{1-3 años} = 3 mg/día UL_{4-7 años} = 6 mg/día UL_{9-13 años} = 11 mg/día UL_{14-18 años} = 17 mg/día UL_{> 18 años} = 20 mg/día 	<ul style="list-style-type: none"> ➊ Consumo estimado de refresco ➋ Evaluación de la exposición, IDE_B ➌ Adaptar el valor de referencia, UL_B ➍ Caracterización del riesgo, %Contr ➎ Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

➊ Se necesita conocer el consumo diario de agua por parte de la población, pero este dato ya se recoge en el enunciado del ejercicio:

$$\text{Consumo diario de agua} = 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}}$$

➋ Para evaluar la exposición se debe calcular la ingesta diaria estimada (IDE) de B, asociada a este alimento:

$$\text{IDE B} = [\text{B}] \cdot \text{Consumo diario de agua}$$

$$\text{IDE B} = 4,33 \frac{\text{mg de B}}{\text{L de agua}} \cdot 2 \frac{\text{L de agua}}{\text{día}} = 8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}$$

➌ Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de Boro, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la IOM, el límite superior (UL) para el B, este parámetro no depende del peso corporal de la persona, por lo que no hay que realizar ningún tipo de operación simplemente operar con cada límite superior (UL) para cada rango de edad.

➍ Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de B debido al consumo de agua, al valor de referencia, en este caso el límite superior (UL) para cada rango de edad:

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{IDE B}}{\text{UL}} \cdot 100$$

Por tanto, para cada rango de edad tendremos que:

$$\text{Icono niño} \% \text{Contribución 1-3 años} = \frac{8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}}{3 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{288,67\%}$$

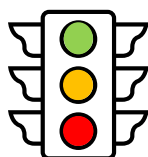
$$\text{Icono niño} \% \text{Contribución 4-8 años} = \frac{8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}}{6 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{144,33\%}$$

$$\text{Icono niño} \% \text{Contribución 9-13 años} = \frac{8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}}{11 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{78,72\%}$$

$$\text{Icono niño} \% \text{Contribución 14-18 años} = \frac{8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}}{17 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{50,94\%}$$

$$\text{Icono adulto} \% \text{Contribución >18 años} = \frac{8,66 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}}{20 \frac{\text{mg B}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{43,3\%}$$

El consumo de 2 Litros diarios de agua, con una concentración de B de 4,33 mg B/kg de agua, por parte la población estratificada por edades en cinco grupos poblacionales, que se corresponden con 1-3 años, 4-7 años, 9-13 años, 14-18 años y mayores de 18 años, supone un aporte del 288,67%, 144,33%, 78,72%, 50,94%, 43,33%, respectivamente al valor de referencia, en este caso el límite superior (UL) establecida por el IOM para el Boro. A la vista de estos resultados, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico claro para los grupos poblacionales de 1-3 años y 4-8 años**, ya que estos porcentajes superan el 100% y se está evaluando únicamente un alimento (agua mineral) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen B, por lo que el riesgo es claro. En el caso de los **grupos poblacionales de 9-13 años y 14-18 años sigue existiendo riesgo** ya que se supera el 50% del porcentaje de contribución, y por el mismo motivo como no se está evaluando la dieta completa, sino únicamente un alimento (agua mineral) existirán otros alimentos que aporten boro a la dieta, lo que con casi toda seguridad se superara el valor limite. Finalmente, en el caso de los **adultos mayores de 18 años podría existir riesgo toxicológico**, ya que el porcentaje es inferior al 50% pero aun así habría que evaluar la situación, ya que se está valorando únicamente un alimento (Agua mineral) y no la dieta completa.



0-10% No existe riesgo
10-50% Puede existir riesgo
> 50% Existe riesgo



288,67%

Existe riesgo
Icono niño 1-3 años



144,33%

Existe riesgo
Icono niño 4-8 años



78,72%

Existe riesgo
Icono niño 9-13 años



50,94%

Existe riesgo
Icono niño 14-18 años



43,3%

Existe riesgo
Icono adulto > 18 años



Problema propuesto 17

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 8 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de histamina en sardinas, en productos cuyo origen es Francia notificados por Bélgica, cuya concentración es de 1130 mg/Kg. Suponiendo un consumo de 250 gramos de sardinas a la semana por la población ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: TDI de 25-50 mg/día enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500690>



SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [Histamina] = 1130 mg/kg de sardina 250 gramos semanales TDI = 25 – 50 mg/día 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de pez espada Evaluación de la exposición, IDE_{Hg} Adaptar el valor de referencia, TWI_{Hg} Caracterización del riesgo, %_{Contr} Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %_{Contribución} = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo diario de sardinas por parte de la población, por lo que se plantea el siguiente razonamiento:

$$\text{Consumo diario de sardinas} = 250 \frac{\text{gramos}}{\text{semana}} \cdot \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ día}} = \boxed{35,71 \frac{\text{g de sardina}}{\text{día}}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular, la ingesta diaria estimada (IDE) de histamina, asociada al consumo de este alimento:

$$\text{IDE Histamina} = [\text{Hg}] \cdot \text{Consumo diario de sardinas}$$

$$\text{IDE Histamina} = 1130 \frac{\text{mg de Histamina}}{\text{Kg sardina}} \cdot 35,71 \frac{\text{g de sardina}}{\text{día}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg sardina}}{\text{g sardina}} = \boxed{40,35 \frac{\text{mg Histamina}}{\text{día}}}$$

3 Una vez calculada la ingesta diaria estimada (IDE) de Histamina, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta diaria estimada (TDI) para la histamina, este parámetro viene expresado como intervalo, por lo que se hará la evaluación del riesgo, para el límite inferior (TDI_{25 mg/día}) y superior (TDI_{50 mg/día}) del intervalo.

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de histamina debido al consumo de sardinas tanto para el límite inferior y superior del valor de referencia, a ingesta diaria tolerable (TDI), descrita para la histamina, por la EFSA:

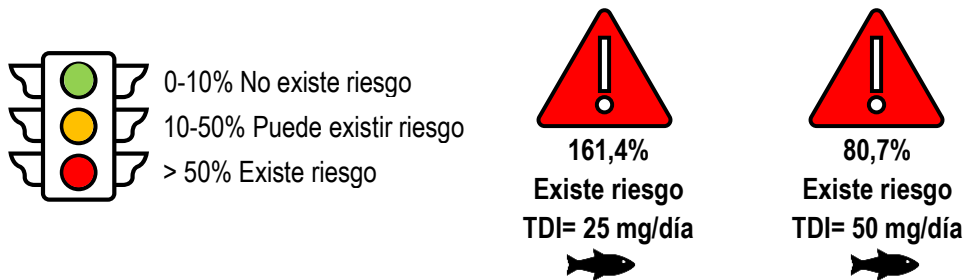
$$\%_{\text{Contribución}} = \frac{\text{IDE Histamina}}{\text{TDI}} \cdot 100$$

Por tanto, se tendrá que:

$$\downarrow \% \text{Contribución } 25 \text{ mg/día} = \frac{40,35 \frac{\text{mg Histamina}}{\text{día}}}{25 \frac{\text{mg Histamina}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{161,4\%}$$

$$\uparrow \% \text{Contribución } 50 \text{ mg/día} = \frac{40,35 \frac{\text{mg Histamina}}{\text{día}}}{50 \frac{\text{mg Histamina}}{\text{día}}} \cdot 100 = \boxed{80,7\%}$$

⊕ El consumo de **250 gramos de sardinas a la semana**, con una **concentración de Histamina de 1130 mg/kg de sardinas**, supone de un aporte del **161,4% y 80,7%** respectivamente al límite superior e inferior del valor de referencia, la ingesta diaria tolerable (TDI) establecida por la EFSA para la histamina. A la vista de estos resultados, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico** tanto 25 mg/día como para 50 mg/día como valor de referencia, ya que en el primero de los casos se supera por creces el 100% del porcentaje de contribución al valor de referencia y en el segundo casi se alcanza, y se está evaluando únicamente un alimento (sardinas) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen histamina, por lo que con toda seguridad, este porcentaje de contribución al valor de referencia aumentara con toda seguridad y en consecuencia también lo hará el riesgo toxicológico.



Problema propuesto 18

En el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF, de sus siglas en inglés) se notifica a fecha del 7 de septiembre del año 2021 la presencia de altos contenidos de mercurio en pez espada, en productos cuyo origen es España notificados por los Países Bajos, cuya concentración es de 2 mg/Kg. Suponiendo un consumo de dos raciones de 250 gramos de pez espada a la semana por la parte de un adulto de 68 kg de peso y un niño de 35 ¿existiría riesgo para la salud?

Datos: TWI de Hg de 4 µg/kg pc/semana., enlace a la alerta: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500753>



SOLUCIÓN:

Para comenzar, se recogen los datos del enunciado, se plantean los objetivos y se detallan las relaciones a aplicar:

Datos	Objetivos	Relaciones
<ul style="list-style-type: none"> [Hg] = 2 mg/kg de pez espada Peso Corporal (PC) = 68 kg Peso Corporal (PC) = 35 kg 2 raciones semanales de 250 g TWI = 4 µg Hg / Kg P.C · semana 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo estimado de pez espada Evaluación de la exposición, IDE_{Hg} Adaptar el valor de referencia, TWI_{Hg} Caracterización del riesgo, %Contr Evaluación del riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> IE = Ingesta Estimada, AX = Agente Xenobiótico CA = Consumo de alimento VR = Valor de referencia IE = [AX] · CA %Contribución = $\frac{IE}{VR} \cdot 100$

1 Se necesita conocer el consumo semanal de pez espada por parte de la población, por lo que se plantea el siguiente razonamiento:

$$\text{Consumo semanal de pez espada} = 250 \frac{\text{gramos}}{\text{ración}} \cdot 2 \frac{\text{ración}}{\text{semana}} = \boxed{500 \frac{\text{g de pez espada}}{\text{semana}}}$$

2 Para evaluar la exposición se debe calcular, en este caso la ingesta semanal estimada (ISE) de Hg, asociada a este alimento, ya que el valor de referencia se expresa como ingesta semanal tolerable (TWI):

$$\text{ISE Hg} = [\text{Hg}] \cdot \text{Consumo semanal de pez espada}$$

$$\text{ISE Hg} = 2 \frac{\text{mg de Hg}}{\text{Kg pez espada}} \cdot 500 \frac{\text{g de pez espada}}{\text{semana}} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{kg pez espada}}{\text{g pez espada}} = \boxed{1 \frac{\text{mg Hg}}{\text{semana}}} = \boxed{1000 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

3 Una vez calculada la ingesta semanal estimada (ISE) de Hg, se procede a trabajar con el valor de referencia descrito por la EFSA, la ingesta semanal tolerable (TWI), este parámetro depende del peso corporal de la persona, por lo que hay que adaptarla al peso corporal de 68 kg del adulto (TWI₆₈) y a los 35 kg de peso corporal del niño (TWI₃₅):

$$\text{TWI}_{68} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 68 \text{ kg peso corporal} = \boxed{272 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

$$\text{TWI}_{35} = 4 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{kg peso corporal} \cdot \text{semana}} \cdot 35 \text{ kg peso corporal} = \boxed{140 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}$$

4 Se caracteriza el riesgo a través del porcentaje de contribución de la ingesta de Hg debido al consumo de pez espada tanto para el adulto como para el joven, al valor de referencia del Hg adaptado al peso corporal de adulto (TWI₆₈) y del niño (TWI₃₅):

$$\% \text{Contribución} = \frac{\text{ISE Hg}}{\text{TWI}} \cdot 100$$

Por tanto, para el adulto y el niño se tendrá:

$$\begin{matrix} \text{Icono Adulto} \\ \% \text{Contribución Adulto} \end{matrix} = \frac{1000 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}{272 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}} \cdot 100 = \boxed{267,65\%}$$

$$\begin{matrix} \text{Icono Niño} \\ \% \text{Contribución niño} \end{matrix} = \frac{1000 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}}{140 \frac{\mu\text{g Hg}}{\text{semana}}} \cdot 100 = \boxed{714,29\%}$$

5 El consumo de **250 gramos de pez espada dos veces a la semana**, con una **concentración de Hg de 2 mg/kg de pez espada**, por parte de **un adulto de 68 kg de peso y un niño de 35 kg de peso supone de un aporte del 267,65% y 714,29%** respectivamente a la ingesta semanal tolerable (TWI) establecida por la EFSA para el Hg. A la vista de estos resultados, se puede concluir que **existe riesgo toxicológico** tanto para el adulto como el para el niño, ya que en ambos casos se supera por creces el 100% del porcentaje de contribución al valor de referencia y se está evaluando únicamente un alimento (pez espada) y no la dieta completa, donde existen más alimentos que contienen Hg, por lo que con toda seguridad, este porcentaje de contribución al valor de referencia aumentara con toda seguridad y en consecuencia también lo hará el riesgo toxicológico.

	0-10% No existe riesgo		
	10-50% Puede existir riesgo		
	> 50% Existe riesgo	267,65% Existe riesgo  Adulto 	714,29% Existe riesgo  Niño 

 **Grupo interuniversitario de
toxicología alimentaria y ambiental**
Universidad de La Laguna



ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Valores de ingesta diaria recomendada (IDR) para algunos elementos esenciales establecidos por la FESNAD (FESNAD, 2010)

Elemento esencial	Valor de referencia (IDR)	Elemento esencial	Valor de referencia (IDR)
Calcio, Ca	900-1000 mg/día	Magnesio, Mg	350 mg/día (hombre) 200 mg/día (mujer)
Cromo, Cr	35 mg/día (hombre) 25 mg/día (mujer)	Manganeso, Mn	2,3 mg/día (hombre) 1,8 mg/día (mujer)
Cobre, Cu	1,1 mg/día	Molibdeno, Mo	45 mg/día
Hierro, Fe	9 mg/día (hombre) 18 mg/día (mujer)	Sodio, Na	1500 mg/día
Potasio, K	31000 mg/día	Zinc, Zn	9,5 mg/día (hombre) 7mg/día (mujer)

Anexo 2. Valores de ingesta diaria recomendada (IDR) e ingesta diaria admisible (IDA) para otros elementos

Elemento	Ingesta diaria recomendada (IDR)	Ingesta diaria admisible (IDA)	Organismo
Fluoruro, F ⁻	Niños (4 a 8 años): 1 mg/día Hombres: 4 mg/día Mujeres: 3 mg/día	Niños (4 a 8 años): 2,2 mg/día Hombres: 10 mg/día Mujeres: 10 mg/día	IOM, 2004
Cloruro, Cl ⁻	Niños: 1900 mg/día Hombres: 2300 mg/día Mujeres: 2300 mg/día	-----	FESNAD, 2010
Fosfato, PO ₄ ³⁻	Niños: 250 – 640 mg/día Adultos: 550 mg/día	-----	EFSA, 2015
Nitrato, NO ₃ ⁻	-----	3,7 mg/kg peso corporal/día	EFSA, 2008
Nitrito, NO ₂ ⁻	-----	0,6 mg/kg peso corporal/día	EFSA, 2017

Anexo 3. Valores de ingesta diaria recomendada para algunos aditivos

Aditivo	Ingesta diaria recomendada (IDR)	Organismo
Aspartamo	40 mg/kg peso corporal/día	EFSA, 2014
Acesulfamo de potasio	9 mg/kg de peso corporal/día	EFSA, 2016
Ácido benzoico	5 mg/kg peso corporal/día	EFSA, 2016
Glucósidos de esteviol	4 mg/kg peso corporal/día	EFSA, 2011

Anexo 4. Valores de referencia para metales pesados tóxicos, macroelementos y microelementos o elementos trazas descritos por diferentes organismos

	Metal	Limite	Sexo o edad	Valor	Organismo
Metales pesados tóxicos	Al	TWI	Indiferente	1 mg/Kg P.C/Semana	EFSA, 2011
	Cd	TWI	Indiferente	2,5 µg/Kg P.C/Semana	EFSA, 2011
	Pb	BMDL ₀₁	Indiferente	Efectos cardiovasculares 1,50 µg/Kg P.C/Día Efectos nefrotóxicos 0,63 µg/Kg P.C/Día Población infantil efectos en el desarrollo neuronal 0,50 µg/Kg P.C/Día	EFSA, 2012
	Hg	PTWI	Indiferente	4 µg/Kg P.C/Semana	JECFA, 2011
Macroelementos	Ca	RDI	Indiferente	750 mg/día	EFSA, 2019
	K	RDI	Indiferente	3500 mg/día	EFSA, 2019
	Mg	RDI	Hombres	350 mg/día	EFSA, 2019
			Mujeres	300 mg/día	
Na	RDI	Indiferente	2000 mg/día	EFSA, 2019	
Microelementos y/o elementos traza	V	UL	Indiferente	1,8 mg/día	IOM 2001
	B	RDI	Indiferente	17-20 mg/día	IOM 2001
	Ba	TDI	Indiferente	0,2 mg/kg P.C/día	SCHER, 2012
	Fe	RDI	Hombres	6 mg/día	EFSA, 2019
			Mujeres	7 mg/día	
	Co	TDI	Indiferente	1,4 µg/kg P.C/día	AESAN, 2012
	Ni	TDI	Indiferente	2,8 µg/Kg P.C/Día	EFSA, 2015
	Cr	RDI	Niños 0-9 años	0,2-15 µg/día	FESNAD, 2010
			Hombres > 10 años	25-35 µg/día	
			Mujeres > 10 años	20-25 µg/día	
	Zn	RDI	Hombres	7,5 mg/día	EFSA, 2019
			Mujeres	6,2 mg/día	
	Cu	RDI	Hombres	1,6 mg/día	EFSA, 2019
			Mujeres	1,3mg/día	
	Mo	RDI	Indiferente	65 µg/Día	EFSA, 2019
Mn	RDI	Indiferente	3 mg/día	EFSA, 2019	
Sr	UL	Indiferente	0,13 µg/Kg P.C/Día	WHO,2010	
Li	p-RfD	Indiferente	2 µg/Kg P.C/Día	EPA, 2008	
I	UL	Indiferente	1100 µg/Día	EFSA, 2012	

TWI=Ingesta semanal tolerable, BMDL= Dosis de Benchmark (a efectos prácticos TDI), TDI=Ingesta diaria tolerable, PTWI=Ingesta semanal tolerable provisional, RDI= Ingesta diaria recomendadas, UL= Limite superior, p-RfD= Dosis oral provisional de referencia.

Anexo 5. Ingestas diarias recomendadas (IDR) descritas por el IOM para el fluoruro, IOM 2004

Ingestas Diarias Recomendadas (IDRs) por el IMO			
Etapa de la vida	Rango de edad	Sexo	IDRs (mg·día)
Infantes	0 a 6 meses	Indiferente	0,01
	7 a 12 meses		0,05
Niños	1 a 3 años	Indiferente	0,70
	4 a 8 años		1,00
Adolescentes	9 a 13 años	Indiferente	2,00
	14 a 18 años		3,00
Adultos	19 a 70 años	Hombre	4,00
		Mujer	3,00
Ancianos	> 70 años	Hombre	4,00
		Mujer	3,00
Periodo de embarazo	14 a 50 años	Mujer	3,00
Periodo de lactancia	14 a 50 años	Mujer	3,00

Anexo 6. Niveles superiores máximos (UL) descritos por el IOM para el fluoruro, IOM 2004

Ingestas Diarias Admisibles o Tolerables (UL) por el IMO			
Etapa de la vida	Rango de edad	Sexo	UL (mg/día)
Infantes	0 a 6 meses	Indiferente	0,70
	7 a 12 meses		0,90
Niños	1 a 3 años	Indiferente	1,30
	4 a 8 años		2,20
Adolescentes	9 a 13 años	Indiferente	10,00
	14 a 18 años		10,00
Adultos	19 a 70 años	Indiferente	10,00
			10,00
Ancianos	> 70 años	Indiferente	10,00
			10,00
Periodo de embarazo	14 a 50 años	Mujer	10,00
Periodo de lactancia	14 a 50 años	Mujer	10,00

Anexo 7. Valores de Ingestas Adecuadas (AI) para bebés, niños, adolescentes y adultos para el fluoruro (EFSA, 2012)

IA Predeterminada (mg/kg·día)	Etapa de la vida	Sexo	Edad	Ingesta adecuada (mg/día)
0,05	Infantes	Indiferente	7-11 meses	0,4
	Niños	Mujer	1-3 años	0,6
			4-6 años	0,9
			7-10 años	1,4
		Hombre	1-3 años	0,6
			4-6 años	1,0
			7-10 años	1,5
	Adolescentes	Mujer	11-14 años	2,3
			15-17 años	2,8
		Hombre	11-14 años	2,2
			15-17 años	3,2
	Adultos	Mujer	> 18 años	2,9
		Hombre		3,4

Anexo 8. Datos de consumo medio de alimentos según AECOSAN, AECOSAN, 2006

Alimento	Consumo medio (g/día)	
	Adultos	Niños
Cereales	179,08	174,57
Raíces y tubérculos	71,71	67,62
Legumbres	14,61	15,58
Azúcar y miel	9,98	6,54
Frutos secos y semillas oleaginosas	6,76	3,89
Aceites y grasas vegetales	33,55	27,46
Estimulantes	8,10	17,6
Hortícolas	189,12	95,35
Pescados y mariscos	94,41	63,3
Huevos	31,21	24,34
Frutas	259,56	211,45
Leche y productos lácteos	350,52	428,37

Anexo 9. Requerimientos promedios para agua (EFSA, 2017)

Edad	Agua (L/día)	
	Hombre	Mujer
6-12 meses	0,8-1,0	
1 año	1,1-1,2	
2-3 años	1,3	
4-8 años	1,6	
9-13 años	2,1	1,9
14-17 años	2,5	2
> 18 años	2,5	2
Embarazo	2,3	
Lactancia	2,7	

Anexo 10. Estadísticas de peso corporal (kg) de infantes, niños, adolescentes, adultos y ancianos en todas las encuestas de la EFSA (EFSA, 2012)

Etapa de la Vida	Sexo	Edad	Peso medio (Kg)	Peso recomendado por la EFSA (Kg)
Infantes	Indiferente	0-3 meses	4,8	5
		3-6 meses	6,7	
		6-12 meses	8,8	
Niños	Indiferente	1-3 años	11,9	12
		3-10 años	23,1	
Adolescentes	Indiferente	10-14 años	43,4	Las indicadas en la tabla (peso medio, kg)
		14-18 años	61,3	
Adultos	Mujer	18-64 años	67,2	70
	Hombres		82,0	
	Hombres y mujeres		73,9	
Ancianos	Mujer	65-75 años	70,6	
	Hombres		82,2	
	Hombres y mujeres		76,0	
	Mujer	> 75 años	66,4	
	Hombres		77,1	
	Hombres y mujeres		71,2	

El peso recomendado por la EFSA (última columna) se obtiene del documento citado, ya que concluye que:

- Se debe utilizar un peso corporal de 70 kg por defecto para la población adulta europea (mayores de 18 años). El Comité Científico considera que usar 70 kg en lugar de 60 kg es una opción más realista de la estimación del peso corporal medio de la población adulta europea. Cuando una subpoblación en particular se identifica para la evaluación de riesgos, se deben usar datos reales para este grupo específico en lugar del valor predeterminado.
- Para la evaluación de la exposición dietética de niños pequeños (de 1 a 3 años), se debe usar un peso corporal de 12 kg como valor predeterminado para la población europea.
- Para la evaluación de la exposición dietética de los bebés europeos (0-12 meses de edad), se debe usar un peso corporal de 5 kg como valor predeterminado para la población europea.

Anexo 11. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos I. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017)

Edad o condición	Sexo	Calcio			Cloro			Cromo		
		AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)
Valor de referencia		INR	IDR	PRI/AI	INR	IDR	AI	INR	IDR	AI
Unidades		mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	µg/día	µg/día	-----
0-6 meses	Indiferente	300	400	-----	180	180	-----	0,2	0,2	-----
7-12 meses	Indiferente	400	525	280	450	570	300	5,5	5,5	-----
1-3 años	Indiferente	600	600	450	1000	1500	1700	11	11	-----
4-5 años	Indiferente	750	700	800	1400	1900	2000	15	15	-----
6-9 años	Indiferente	800	800	800	1900	1900	2600	15	15	-----
10-13 años	Hombre	1150	1100	1150	2300	2300	3100	25	17	-----
	Mujer	1100	1100	1150	2300	2300	3100	21	13	
14-19 años	Hombre	1150	1000	1150	2300	2300	3100	35	35	-----
	Mujer	1150	1000	1150	2300	2300	3100	24	24	
20-29 años	Hombre	950	900	950	2300	2300	3100	35	35	-----
	Mujer	950	900	950	2300	2300	3100	25	25	
30-39 años	Hombre	950	900	950	2300	2300	3100	35	35	-----
	Mujer	950	900	950	2300	2300	3100	25	25	
40-49 años	Hombre	950	900	950	2300	2300	3100	35	35	-----
	Mujer	950	900	950	2300	2300	3100	25	25	
50-59 años	Hombre	950	900	950	2300	2000	3100	30	30	-----
	Mujer	950	900	950	2300	2000	3100	25	20	
60-69 años	Hombre	1000	1000	950	2300	2000	3100	30	30	-----
	Mujer	1000	1000	950	2300	2000	3100	20	20	
> 70 años	Hombre	1000	1000	950	2300	1800	3100	30	30	-----
	Mujer	1000	1000	950	2300	1800	3100	20	20	
Embarazo	Mujer	1000	1000	975	2300	2300	3100	30	30	-----
Lactancia	Mujer	1000	1200	975	2300	2300	3100	45	45	-----

Anexo 12. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos II. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017)

Edad o condición	Sexo	Cobre			Flúor			Fosforo		
		AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)
Valor de referencia		INR	IDR	AI	INR	IDR	AI	INR	IDR	AI
Unidades		mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día
0-6 meses	Indiferente	0,3	0,3	-----	0,25	0,01	-----	120	300	-----
7-12 meses	Indiferente	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	275	400	160
1-3 años	Indiferente	0,4	0,4	1,0	0,7	0,7	0,6	460	460	250
4-5 años	Indiferente	0,7	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	500	500	440
6-9 años	Indiferente	0,7	0,7	1,0	1,5	1,0	1,5	600	600	440
10-13 años	Hombre	1,0	1,0	1,3	2,0	2,0	2,2	900	900	640
	Mujer	1,0	1,0	1,1	2,0	2,0	2,3	900	900	640
14-19 años	Hombre	1,3	1,0	1,3	3,2	3,0	3,2	800	800	640
	Mujer	1,0	1,0	1,3	3,0	3,0	2,8	800	800	640
20-29 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,1	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
30-39 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,1	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
40-49 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,1	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
50-59 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,1	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
60-69 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,2	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
> 70 años	Hombre	1,3	1,1	1,6	3,8	4,0	3,4	700	700	550
	Mujer	1,2	1,1	1,3	3,0	3,0	2,9	700	700	550
Embarazo	Mujer	1,2	1,1	1,5	3,0	3,0	2,9	800	800	550
Lactancia	Mujer	1,5	1,4	1,5	3,0	3,0	2,9	800	990	550

Anexo 13. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos III. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017)

Edad o condición	Sexo	Hierro			Iodo			Magnesio		
		AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)
Valor de referencia		AI	IDR	PRI	INR	IDR	AI	INR	IDR	AI
Unidades		mg/día	mg/día	mg/día	µg/día	µg/día	µg/día	mg/día	mg/día	mg/día
0-6 meses	Indiferente	4,3	4,3	-----	70	60	-----	40	40	-----
7-12 meses	Indiferente	8,0	8,0	11	80	80	70	75	75	80
1-3 años	Indiferente	8,0	8,0	7,0	90	80	90	85	85	170
4-5 años	Indiferente	8,0	8,0	11	90	90	90	120	120	230
6-9 años	Indiferente	10	9,0	11	110	120	90	170	170	230
10-13 años	Hombre	11	12	11	120	135	120	280	280	300
	Mujer	15	15	13	120	130	120	250	250	250
14-19 años	Hombre	11	11	11	150	150	130	350	350	300
	Mujer	15	15	13	150	150	130	300	300	250
20-29 años	Hombre	9,1	9,0	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	18	18	16	150	150	150	300	300	300
30-39 años	Hombre	9,1	9,0	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	18	18	16	150	150	150	300	300	300
40-49 años	Hombre	9,1	9,0	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	18	18	16	150	150	150	300	300	300
50-59 años	Hombre	9,1	9	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	15	15	16	150	150	150	300	300	300
60-69 años	Hombre	9,1	10	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	9,0	10	11	150	150	150	280	320	300
> 70 años	Hombre	9,1	10	11	150	150	150	350	350	350
	Mujer	9,0	10	11	150	150	150	280	320	300
Embarazo	Mujer	27	25	16	200	175	200	300	360	300
Lactancia	Mujer	15	15	16	200	200	200	300	360	300

Anexo 14. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos IV. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017)

Edad o condición	Sexo	Manganeso			Molibdeno			Potasio		
		AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)
Valor de referencia		INR	IDR	AI	INR	IDR	AI	INR	IDR	AI
Unidades		mg/día	mg/día	mg/día	µg/día	µg/día	µg/día	mg/día	mg/día	mg/día
0-6 meses	Indiferente	0,003	0,003	-----	2,0	2,0	-----	400	650	-----
7-12 meses	Indiferente	0,6	0,6	0,3	10	3,0	10	700	700	750
1-3 años	Indiferente	1,2	1,2	0,5	17	17	15	1100	800	800
4-5 años	Indiferente	1,5	1,5	1,0	22	22	20	1800	1100	1100
6-9 años	Indiferente	1,5	1,5	1,5	30	22	30	2000	2000	1800
10-13 años	Hombre	2,0	1,9	2,0	45	34	45	3100	3100	2700
	Mujer	2,0	1,6	2,0	45	34	45	2900	2900	2700
14-19 años	Hombre	3,0	2,2	3,0	60	43	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,6	3,0	60	43	65	3500	3100	3500
20-29 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
30-39 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
40-49 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
50-59 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
60-69 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
> 70 años	Hombre	3,0	2,3	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
	Mujer	3,0	1,8	3,0	65	45	65	3500	3100	3500
Embarazo	Mujer	3,0	2,0	3,0	65	50	65	3500	3100	3500
Lactancia	Mujer	3,0	2,6	3,0	65	50	65	3900	3100	4000

Anexo 15. Ingestas nutricionales de referencias descritas por diferentes organismos V. (AESAN, 2019 – FESNAD, 2010 – EFSA, 2017)

Edad o condición	Sexo	Selenio			Sodio			Zinc		
		AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)	AESAN (2019)	FESNAD (2010)	EFSA (2017)
Valor de referencia		INR	IDR	AI	INR	IDR	AI	INR	IDR	PRI
Unidades		µg/día	µg/día	µg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día	mg/día
0-6 meses	Indiferente	12	10	-----	120	120	-----	2,8	3	-----
7-12 meses	Indiferente	15	15	15	200	370	200	3,0	4	2,9
1-3 años	Indiferente	19	20	15	700	1000	1100	4,1	4	4,3
4-5 años	Indiferente	22	20	20	900	1200	1300	5,5	6	5,5
6-9 años	Indiferente	30	25	35	1200	1200	1700	6,5	6,5	7,4
10-13 años	Hombre	45	35	55	1500	1500	2000	9,0	8	7,4
	Mujer	45	35	55	1500	1500	2000	8,0	8	7,4
14-19 años	Hombre	60	50	70	1500	1500	2000	11	11	10,7
	Mujer	60	45	70	1500	1500	2000	9,0	8	10,7
20-29 años	Hombre	70	55	70	1500	1500	2000	11	9,5	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1500	2000	8,0	7	9,3
30-39 años	Hombre	70	55	70	1500	1500	2000	11	9,5	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1500	2000	8,0	7	9,3
40-49 años	Hombre	70	55	70	1500	1500	2000	11	9,5	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1500	2000	8,0	7	9,3
50-59 años	Hombre	70	55	70	1500	1300	2000	11	9,5	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1300	2000	8,0	7	9,3
60-69 años	Hombre	70	55	70	1500	1300	2000	11	10	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1300	2000	8,0	7	9,3
> 70 años	Hombre	60	55	70	1500	1200	2000	11	10	11,7
	Mujer	55	55	70	1500	1200	2000	7,0	7	9,3
Embarazo	Mujer	60	55	70	1500	1500	2000	10	10	10,9
Lactancia	Mujer	70	70	85	1500	1500	2000	12	12	12,2

Anexo 16. Tabla periódica de los elementos químicos.

TABLA PERIODICA DE ELEMENTOS

1 2 3 4 5 6 7	1 1.00797 2.1 H HIDROGENO 1,-1 -259.2 -252.7 0.0709																	2 4.0026 He HELIO -268.7 -268.9 0.126						
	3 6.939 1.0 Li LITIO 1 180.5 1330 0.535	4 9.0122 1.5 Be BERILIO 2 1277 2770 1.85																	5 10.811 2.0 B BORO 3 2250 2550 2.31	6 12.0111 2.5 C CARBONO 2±4 3727 4030 2.26	7 14.0069 3.0 N NITROGENO 2±3,4,5 -209.9 -195.8 0.800	8 15.9994 3.5 O OXIGENO -2 -218.8 -183 1.14	9 18.9984 4.0 F FLUOR -1 -219.6 -188.2 1.11	10 20.183 Ne NEON -248.6 -246 1.204
	11 22.989 0.9 Na SODIO 1 97.8 882.9 0.971	12 24.312 1.2 Mg MAGNESIO 2 650 1107 1.74																	13 26.9815 1.5 Al ALUMINIO 3 660 2450 2.70	14 28.086 1.8 Si SILICIO 4 1410 2680 2.33	15 30.9738 2.1 P FOSFORO ±3,4,5 44.2 -195.8 1.82	16 32.064 2.5 S AZUFRE ±2,4,6 112.8 444.5 2.07	17 35.453 3.0 Cl CLORO ±1,3,5,7 -101 -34.7 1.56	18 39.948 Ar ARGON -189.4 -185.8 1.40
	19 39.102 0.8 K POTASIO 1 63.7 780 0.862	20 40.08 1.0 Ca CALCIO 2 838 1440 1.55	21 44.956 1.3 Sc ESCANDIO 3 1539 2730 2.99	22 47.90 1.5 Ti TITANIO 3,4 1668 3260 4.51	23 50.942 1.6 V VANADIO 2,3,4,5 1920 3450 6.07	24 51.996 1.6 Cr CROMO 2,3,6 1875 2665 7.19	25 54.938 1.5 Mn MANGANESO 2,3,4,6,7 1245 2150 7.43	26 55.847 1.8 Fe HIERRO 2,3 1536 2740 7.87	27 58.933 1.8 Co COBALTO 2,3 1495 2900 8.9	28 58.71 1.8 Ni NIQUEL 2,3 1453 2730 8.9	29 63.54 1.9 Cu COBRE 1,2 1083 2595 8.96	30 65.37 1.6 Zn CINCO 2 419.5 506 7.14	31 69.72 1.8 Ga GALIO 1,3 29.8 2237 5.91	32 72.59 1.8 Ge GERMANIO 4 937.4 2830 5.36	33 74.922 2.0 As ARSENICO ±3,5 613 817 5.72	34 78.96 2.4 Se SELENIUM -2,4,6 217 685 4.78	35 79.909 2.8 Br BROMO ±1,3,5 -7.2 58.8 3.12	36 83.80 Kr KRIPTON -157.3 -152 2.6						
	37 85.47 0.8 Rb RUBIDIO 1 38.9 688 1.532	38 87.62 1.0 Sr ESTRONCIO 2 768 1380 2.6	39 88.905 1.3 Y ITRIO 3 1509 2927 4.48	40 91.22 1.4 Zr CIRCONIO 2,3,4 1852 3580 6.49	41 92.906 1.5 Nb NIQUIO 3,5 2420 3300 8.57	42 95.94 1.8 Mo MOLIBDENO 2,3,4,5,6 2620 5560 10.22	43 97 1.9 Tc TECNICIO 2,4,6,7 2140 247 11.5	44 101.07 2.2 Ru RUTENIO 2,3,4,6,8 2500 4900 12.2	45 102.905 2.2 Rh RODIO 1,2,3,4 1966 4500 12.42	46 106.4 1.9 Pd PALADIO 2,4 1552 3980 12.03	47 107.87 1.9 Ag PLATA 1,2 960.8 2210 10.5	48 112.4 1.7 Cd CADMIO 2 320.9 765 8.64	49 114.82 1.8 In INDIO 3 156.2 2070 7.31	50 118.69 1.8 Sn ESTAÑO 2,4 231.9 2270 7.31	51 121.75 1.9 Sb ANTIMONIO ±3,5 630.5 1390 6.62	52 127.60 2.1 Te TELURIO -2,4,6 450 1390 6.24	53 126.904 2.5 I YODO ±1,5,7 113.5 184.3 4.94	54 131.30 Xe XENON -111.5 -108.0 3.06						
	55 132.905 0.7 Cs CESIO 1 28.7 890 1.90	56 137.34 0.9 Ba BARIO 2 714 1640 3.61	57 138.91 1.1 La LANTANO 3 920 3470 6.17	72 178.49 1.3 Hf HAFNIO 4 2220 5400 13.1	73 180.948 1.5 Ta TANTALIO 5 2996 5400 16.8	74 183.85 1.7 W WOLFRAMIO 2,3,4,5,6 3170 5900 19.26	75 186.2 1.9 Re RENIUM 2,4,6,7,1 3170 5900 21	76 186.2 1.9 Os OSMIO 4,6,8 2700 5600 22.7	77 192.2 2.2 Ir IRIDIO 2,3,4,6 2454 5300 22.64	78 195.09 2.2 Pt PLATINO 2,4 1769 4530 21.45	79 196.967 2.4 Au ORO 1,3 1063 2970 19.3	80 200.59 1.9 Hg MERCURIO 1,2 384 357 13.59	81 204.37 1.8 Tl TALIO 1,3 303 1457 11.85	82 207.19 1.8 Pb PLOMO 2,4 327.4 1725 11.34	83 208.98 1.9 Bi BISMUTO 3,5 271.3 1580 9.80	84 210 2.0 Po POLONIO 2,4 254 9.2	85 210 2.2 At ASTATO ±1,5 302	86 222 Rn RADON -71 -61.8						
	87 223 0.7 Fr FRANCIO 1	88 226 0.9 Ra RADIO 2	89 227 1.1 Ac ACTINIO 3	104 261 Ku KURCIATOVIO 4	105 262 Ha HANIO 0																			
LANTANIDOS			58 140.12 1.1 Ce CERIO 3,4 795 3468 6.77	59 140.907 1.1 Pr PRASEODIMIO 3,4 935 3127 6.78	60 144.24 1.2 Nd NEODIMIO 3 1024 3027 7.00	61 147 Pm PROMETIO 3 1027	62 150.35 1.2 Sm SAMARIO 2,3 1072 1900 7.54	63 151.96 Eu EUROPIO 2,3 826 1439 5.26	64 157.25 1.1 Gd GADOLINIO 3 1312 3000 7.89	65 158.924 1.2 Tb TERBIO 3,4 1356 2800 8.27	66 162.50 Dy DISPROSIO 3,4 1407 2600 8.54	67 164.93 1.2 Ho HOLMIO 3 1461 2600 8.8	68 167.26 1.2 Er ERBIO 3 1497 2900 9.05	69 168.934 1.2 Tm TULIO 2,3 1545 1727 9.33	70 173.04 1.1 Yb YTERBIO 2,3 824 1427 6.98	71 174.97 1.2 Lu LUTENCIO 3 1652 3327 9.84								
ACTINIDOS			90 232.038 1.3 Th TORIO 4 1790 3850 11.7	91 231 1.5 Pa PROTACTINIO 4,5 1230 15.4	92 238.03 1.7 U URANIO 3,4,5,6 1132 3818 19.05	93 237 1.3 Np NEPTUNIO 3,4,5,6 637 19.5	94 242 1.3 Pu PLUTONIO 3,4,5,6 640 3235 19.5	95 243 1.3 Am AMERICIO 3,4,5,6 640 11.7	96 247 Cm CURIO 3	97 247 Bk BERKELIO 3,4	98 249 Cf CALIFORNIO 3	99 254 Es EINSTEINIO	100 253 Fm FERMIO	101 256 Md MENDELEVIO	102 256 No NOBELIO	103 257 Lr LAWRENCIO								

Anexo 17. Resumen de abreviaturas y acrónimos

- AECOSAN: Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición
- BMDL: bechmark dose lover confidence limit
- EFSA: Environmental Food Safety Authority
- EPA: Environmental Protection Agency
- FESNAD: Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética
- IDA: ingesta diaria admisible
- IDE: ingesta diaria estimada
- IDR: ingesta diaria recomendada
- IOM: Institute of Medicine
- LOAEL: lowest observed adverse effect level o nivel mínimo de efecto adverso observable
- LOEL: lowest observed effect level o nivel minimo de efecto observable
- NOAEL: no observed adverse effect level o nivel sin efecto adverso observable
- NOEL: no observed effect level o nivel sin efecto observable
- SCHER: Scientific Committee on Health and Environmental Risks
- TDI: tolerable daily intake o ingesta diaria tolerable
- TWI: tolerable weekly intake o ingesta semanal tolerable
- UL: upper level intake o ingesta máxima
- WHO: World Health Organization

 **Grupo interuniversitario de toxicología alimentaria y ambiental**
Universidad de La Laguna



BIBLIOGRAFÍA

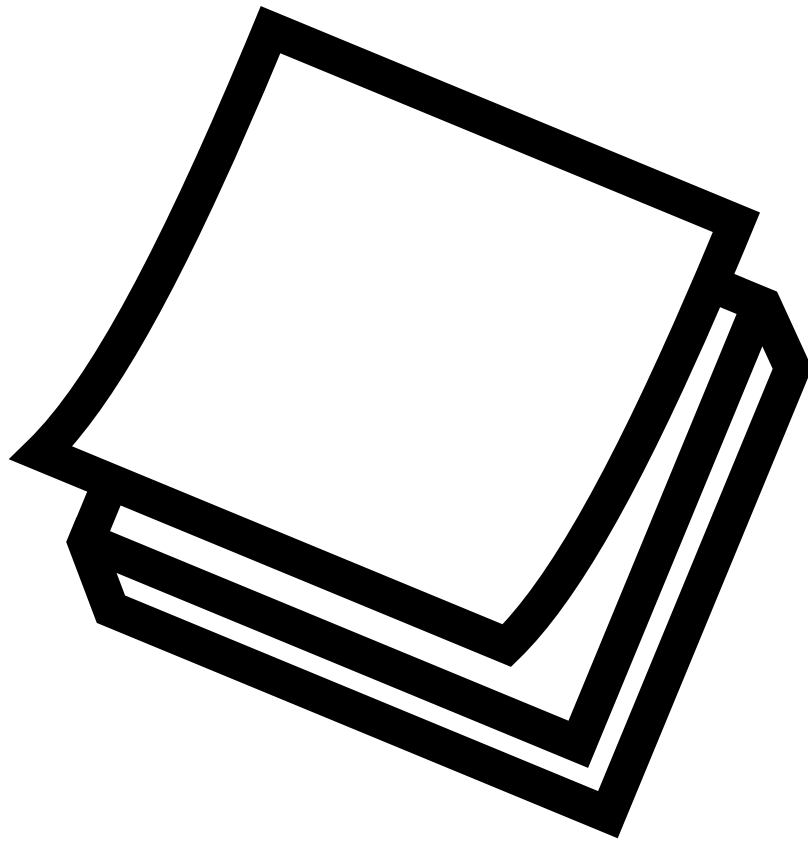
BIBLIOGRAFÍA

- EPA (Environmental Protection Agency) (1991) Risk Assessment for Toxic Air Pollutants: A Citizen's Guide. Disponible online: https://www3.epa.gov/ttn/atw/3_90_024.html
- Safe Work Australia (2012) Managing Risks to Health and Safety at the Workplace. Fact Sheet. Pp. 1-5.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety) (2001) Glossary of Exposure Assessment-Related Terms: A Compilation. Disponible online: http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/en/compilation_nov2001.pdf
- Kodell RL (2008) Replace the NOAEL and LOAEL with the BMDL01 and BMDL10. Environmental and Ecological Statistics 16(1): 3-12.
- EPA (Environmental Protection Agency). Disponible online: <https://www.epa.gov/>
- AECOSAN (2006) Modelo de la dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas. Madrid, España.
- FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética). (2010). Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la población española. Acta Dietética 14(4): 196-197.
- Castro GD (2013) Dependencia de la dosis en los mecanismos de toxicidad y la evaluación de riesgo en toxicología. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana 47(3): 561-85.
- EFSA (2011) Statement on the evaluation of a new study related to the bioavailability of aluminium. The EFSA Journal. 9: 2157.
- EFSA (2011) Statement on tolerable weekly intake for cadmium. EFSA Journal. 9: 1975.
- EFSA (2012). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Journal 10(12):2985
- AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2012) Informe del Comité Científico de la AESAN en relación a criterios de estimación de concentraciones para la discusión de propuestas de límites de migración de determinados metales pesados y otros elementos de objetos de cerámica destinados a entrar en cont. Revista del Comité Científico 16: 11-20.
- EFSA. (2014). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. EFSA Journal. 12(10):3845.
- EFSA (2015) Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. The EFSA Journal. 13(2): 4002-4204.
- WHO (World Health Organization) (2010) Strontium and strontium compounds. Concise International Chemical Assessment Document 77. World Health Organization, Geneva.
- SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks) (2012) Assessment of the Tolerable Daily Intake of Barium. Disponible en: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_161.pdf.
- IOM (Institute of Medicine) (2001) Food and Nutrition Board, Panel on Micronutrients. Arsenic, Boron, Nickel, Silicon, and Vanadium. In Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington (DC): National Academy Press (US).

- IOM (2004) Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes (DRIs): recommended intakes for individuals, elements. National Academy Press, Washington, DC
- FESNAD (2010) Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) para la Población Española, 2010. *Actividad Dietética* 14(4): 196-197
- EFSA (2015) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for phosphorus. *EFSA Journal* 13(7): 4185
- EFSA (2008) Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. *EFSA Journal* 689: 1-79
- EFSA (2017) Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal*. 15(6): 4786
- EFSA (2014) Scientific Opinion on Aspartame.
Disponible en: www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/factsheetaspartame.pdf
- EFSA (2016) Safety of the proposed extension of use of acesulfame K (E 950) in foods for special medical purposes in young children. *EFSA Journal*. 14(4): 4437
- EFSA (2016) Scientific Opinion on the re-evaluation of benzoic acid (E 210), sodium benzoate (E 211), potassium benzoate (E 212) and calcium benzoate (E 213) as food additives. *EFSA Journal*. 14(3): 4433.
- EFSA (2010) Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA Journal*. 8(4): 1537.
- Hardisson A, González-Weller DM, Revert Gironés C (2006) Capítulo 33: Dieta y Cáncer. En: *Toxicología alimentaria*. Cameán Fernández AM, Repetto Jiménez M (eds). Ediciones Díaz de Santos, España.
- 20minutos.es (2010) Piden reducir el consumo de perca y panga tras hallar restos de mercurio y pesticidas. Disponible online: <https://www.20minutos.es/noticia/643544/0/reduccion/perca/panga/>
- AECOSAN (2006) Modelo de la dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas. Madrid, España.
- Portal RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed).
Disponible en: https://ec.europa.eu/food/safety/rasff-food-and-feed-safety-alerts_es
- Alerta alimentaria declarada en el portal RASFF: NOTIFICATION 2021.4704, Cadmium in fresh celery from Poland, notified 2 SEP 2021 by Czech Republic
Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500176>
- Alerta alimentaria declarada en el portal RASFF: NOTIFICATION 2021.4812, Too high content of boron in mineral water notified 8 SEP 2021 by Switzerland
Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/501254>
- Alerta alimentaria declarada en el portal RASFF: NOTIFICATION 2021.4795, Histamine in sardines from France, notified 8 SEP 2021 by Belgium
Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500690>
- Alerta alimentaria declarada en el portal RASFF: NOTIFICATION 2021.4780, Mercury in swordfish from Spain, notified 7 SEP 2021 by Netherlands
Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/notification/500753>

- EFSA Scientific Committee; Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. EFSA Journal 2012; 10(3):2579. [32 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2579.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2013. Scientific opinion on Dietary Reference Values for fluoride. EFSA Journal 2013; 11 (8):3332, 46 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3332

 **Grupo interuniversitario de
toxicología alimentaria y ambiental**
Universidad de La Laguna



NOTAS

NOTAS

MANUAL DE PROBLEMAS

EVALUACIÓN DEL RIESGO

TOXICOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS



**Grupo interuniversitario de
toxicología alimentaria y ambiental**
Universidad de La Laguna