

# COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura



Organización  
Mundial de la Salud

# S

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Correo electrónico: [codex@fao.org](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)

CL 2023/17-CF  
Febrero de 2023

- A:** Puntos de contacto del Codex  
Puntos de contacto de organizaciones internacionales  
con condición de observadoras en el Codex
- DE:** Secretaría de la Comisión del Codex Alimentarius,  
Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias
- ASUNTO:** **Solicitud de observaciones sobre la radiactividad de origen natural en los piensos, los alimentos y el agua potable**
- PLAZO:** **30 de junio de 2023**

## ANTECEDENTES<sup>1</sup>

### DÉCIMA TERCERA REUNIÓN DEL COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS (CCCF) 2019)<sup>2</sup>

1. En relación al trabajo de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre la radiactividad en los alimentos, los representantes de la OIEA y la División Mixta FAO/OIEA (denominada ahora Centro Conjunto FAO/OIEA) presentaron los antecedentes y plazos previstos para su trabajo en curso sobre radionucleidos en los alimentos en situaciones que no sean de emergencia. Anteriormente, las normas relativas a la inocuidad de la OIEA se referían a radionucleidos en los alimentos solo en caso de tratarse de una respuesta a una emergencia nuclear o nacional. Sin embargo, esto se ha ampliado ahora para tratar la existencia de radionucleidos en los alimentos en situaciones que no sean de emergencia. La OIEA también debatió sobre la diferencia entre la presencia de radionucleidos en los alimentos por causas naturales o humanas, la variabilidad observada en las concentraciones de diferentes radionucleidos en alimentos diversos y el enfoque general sobre evaluaciones de dosis.
2. Los representantes explicaron que este trabajo había sido llevado a cabo en colaboración con la FAO y la OMS y además requería de atención cuidadosa en lo que respecta a cualquier repercusión sobre las normas alimentarias, la inocuidad de los alimentos y los aspectos comerciales, para lo cual las observaciones de los miembros del Codex resultaban sumamente importantes. Estas observaciones podían ser recogidas por el CCCF. Además, los representantes destacaron que este trabajo no implicaría el establecimiento de niveles máximos (NM) de radionucleidos en los alimentos en situaciones normales, pero serviría de orientación a las autoridades de inocuidad de los alimentos para alcanzar un mayor nivel de comprensión sobre la radiactividad en los alimentos y sus implicaciones en materia de inocuidad de los alimentos y comercio.
3. El CCCF acordó establecer un Grupo de trabajo por medios electrónicos (GTE) sobre radiactividad en el pienso y los alimentos con el fin de elaborar un documento de debate que sería examinado en su próxima reunión. Este grupo estaría presidido por la Unión Europea y copresidido por el Japón, para i) proporcionar información objetiva y fundamentada sobre la radiactividad de origen humano y natural que puede estar presente en el pienso y los alimentos (incluida el agua potable) en circunstancias normales (es decir, en circunstancias que no impliquen una situación de emergencia por exposición después de una emergencia nuclear o radiológica), y ii) definir los aspectos relacionados con la presencia de radiactividad en el pienso y los alimentos (incluida el agua potable) en circunstancias normales y por causas naturales o humanas, tales como inocuidad de los alimentos y del pienso, transferencia de radiactividad del pienso a los alimentos de origen animal, posibles riesgos de salud pública asociados a la ingestión de alimentos, implicaciones comerciales, etc.
4. El CCCF destacó que este documento de debate i) permitiría alcanzar un mayor nivel de comprensión sobre la presencia de radiactividad en el pienso y los alimentos (incluida el agua potable) en circunstancias normales y sobre los aspectos relacionados con ello, y ii) proporcionaría al Comité la información necesaria para que en su 14.<sup>a</sup> reunión pudiese tomar una decisión fundamentada sobre las posibles acciones de seguimiento.

<sup>1</sup> Para acceder a los documentos del CCCF pertinentes a este tema diríjase a la página web del Codex/CCCF:

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee-detail/related-meetings/es/?committee=CCCF>

<sup>2</sup> REP19/CF13, párrs. 21-27

---

DÉCIMA CUARTA REUNIÓN DEL CCCF (2021)<sup>3</sup>

---

5. El representante del Centro Conjunto FAO/OIEA destacó ante el CCCF el trabajo en curso en el OIEA sobre los radionucleidos en los alimentos, los piensos y el agua potable, así como la relación con la información presentada en el documento de debate que se someterá a la consideración del CCCF en esta reunión.
6. El representante mencionó que el trabajo internacional en esta área está desarrollando actualmente metodologías que pueden ser utilizadas para producir criterios para evaluar estos radionucleidos en los alimentos. En este trabajo participaron la FAO, el OIEA y la OMS. Además, señaló que los radionucleidos presentes de forma natural en los alimentos, los piensos y el agua no parecen ser un problema para la inocuidad alimentaria y el comercio. El OIEA también podría comprometerse a elaborar cualquier información o documento necesario que pudiera ser útil para las autoridades alimentarias en este sentido y agradeció al GTE, a las presidencias del GTE y a la Secretaría del Codex el excelente documento de debate.

*Radiactividad en los piensos, los alimentos y el agua potable en circunstancias normales*

7. La Unión Europea, en su calidad de Presidencia del GTE, recordó que, a raíz de la información facilitada por el representante del Centro Conjunto FAO/OIEA, el CCCF, en su 13.ª reunión, había acordado que se realizara un trabajo de exploración sobre las cuestiones de inocuidad alimentaria y de comercio asociadas a los radionucleidos en los alimentos (incluida el agua potable) y los piensos en situaciones que no fueran de emergencia. El GTE había elaborado un documento de debate a fin de comprender mejor la presencia de radiactividad en los alimentos y los piensos en situaciones que no sean de emergencia de manera que el CCCF pueda tomar una decisión informada sobre las posibles medidas de seguimiento.
8. La Presidencia del GTE señaló además que en el documento de debate se concluía que los radionucleidos de origen natural (a saber, principalmente <sup>40</sup>K, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>228</sup>Ra y <sup>226</sup>Ra) están presentes en muchos alimentos diferentes y tienden a dar dosis de radiación más altas que las proporcionadas por los radionucleidos producidos artificialmente (como <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>131</sup>I y <sup>90</sup>Sr) en situaciones que no se hayan visto afectadas por un incidente de emergencia nuclear en el pasado pero no se hubiera identificado ningún problema específico de inocuidad para los alimentos, los piensos o el agua potable debido a la presencia de radionucleidos naturales. Además, no se han detectado problemas en el comercio internacional a causa de la presencia de radionucleidos naturales en los alimentos, los piensos y el agua potable.
9. Tras las observaciones, el representante del Centro Conjunto FAO/OIEA aclaró que el documento informativo se presentaría al CCCF antes de su publicación. La Presidencia del GTE aclaró además que el documento informativo se centraría en los radionucleidos naturales, informaría sobre las variaciones regionales de la presencia de radionucleidos naturales en los alimentos (incluida el agua potable) y en los piensos, las variaciones en la absorción en función del tipo de alimento, y que la actualización periódica sobre cualquier novedad en el ámbito de la radiactividad se referiría a los radionucleidos naturales y a los producidos artificialmente.
10. El CCCF acordó que no era necesario que el CCCF siguiera trabajando en este momento dado que, aparentemente, los radionucleidos presentes de forma natural en los alimentos, los piensos y el agua no representaban un problema para la inocuidad alimentaria y el comercio y acogió con beneplácito la oferta del OIEA para elaborar, con la colaboración de la FAO y de la OMS, un documento informativo para la comunidad de reguladores de la inocuidad alimentaria que reflejara la situación actual de la radiactividad natural en los alimentos/piensos/agua, incluyendo así también las variaciones regionales.
11. El CCCF acordó además solicitar al OIEA que se mantuviera al CCCF informado de cualquier novedad en el ámbito de la radiactividad natural y la producida artificialmente, en particular sobre el trabajo de la FAO, el OIEA y la OMS para desarrollar metodologías que podrían utilizarse para elaborar criterios con los que evaluar los radionucleidos en los alimentos.

---

DÉCIMA QUINTA REUNIÓN DEL CCCF (2022)<sup>4</sup>

---

12. El representante del Centro Conjunto FAO/OIEA presentó una actualización sobre el trabajo internacional en curso acerca de los radionucleidos en los alimentos, el pienso y el agua potable en situaciones de no emergencia. Este trabajo técnico se estaba finalizando. Se están preparando tres documentos, uno de ellos ya publicado en línea como anticipo a la versión impresa, el [Informe 114](#) de inocuidad de la FAO, la OIEA y la OMS '*Exposure due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency. Part 1: Technical Material*'. Incluye información sobre las distribuciones observadas de concentraciones de radionucleidos naturales clave en diversos alimentos y el uso de encuestas alimentarias para evaluar las dosis de ingesta que se derivan de la

---

<sup>3</sup> REP21/CF14, párrs. 15-17, 181-185

<sup>4</sup> REP22/CF15, párrs. 40-41

exposición a los radionucleidos y también ofrece información sobre las concentraciones de radionucleidos en aguas minerales naturales, en la acuicultura y en otros alimentos obtenidos del medio silvestre. También está *en la imprenta* un documento a modo de parte 2. En él se presentarán propuestas que podrían emplear las autoridades competentes para implementar normas de inocuidad frente a la radiación en relación con la radioactividad en los alimentos y las situaciones de exposición existentes. El tercer documento en preparación es el documento informativo que se presentará en la próxima reunión del CCCF tras haberse hecho circular entre los miembros del Codex para recabar observaciones.

#### **Información adicional**

---

13. El “Documento de la Parte 2” está patrocinado conjuntamente por la FAO, el OIEA y la OMS. Fue publicado después de la 15.ª reunión del CCCF en la serie de informes Documentos técnicos de la OIEA ([IAEA-TECDOC-2011](#)). Esta parte 2 de la publicación está destinada a apoyar a los organismos reguladores, los encargados de formular políticas y otros con responsabilidades relacionadas con la gestión de exposiciones donde los radionucleidos están o podrían estar presentes en los alimentos, pero excluye las emergencias nucleares o radiológicas. Sobre la base de la información proporcionada en el Informe de inocuidad 114, el enfoque del documento técnico (TECDOC) está en las consideraciones técnicas para la implementación del Requisito 51 de Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales relativas a la seguridad radiológica Colección de Normas de Seguridad del OIEA No. GSR (*General Safety Requirements*) Parte 3, en el área de inocuidad de alimentos. En particular, esta publicación proporciona una propuesta de enfoque para la gestión de radionucleidos en los alimentos para su consideración en la implementación del Requisito 51 en GSR Parte 3. La publicación será de valor práctico para todos aquéllos que tengan funciones relativas a la inocuidad de los alimentos o a la protección radiológica.
14. El “tercer documento” ya se ha producido en colaboración con la FAO, el OIEA y la OMS. El Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR por sus siglas en inglés) también proporcionó información. Este tercer documento es el documento informativo para la comunidad de reguladores de inocuidad de alimentos, que pretende proporcionar el estado actual del conocimiento sobre la radiactividad natural. Este tercer documento es el que se está distribuyendo para comentarios. El UNSCEAR participó porque este documento hace referencia en gran medida a sus informes anteriores sobre la exposición pública a los radionucleidos naturales. Téngase en cuenta que los nuevos datos de concentración de actividad en alimentos (Cuadros 3 a 7) se generan a partir del análisis estadístico de aproximadamente 8 000 mediciones individuales de radionucleidos naturales en alimentos en el período de 1998 a 2017. Aunque estos datos incluyen observaciones de radiactividad natural en alimentos de muchas regiones diferentes del mundo, el análisis en términos de las variables de “Región” o “País” donde se recolectaron las muestras no resultó ser útil. Se encontró que las variables de mayor uso fueron “Radionucleido” (p. ej., <sup>210</sup>Po), “Subcategoría de alimentos” (p. ej., partes comestibles de moluscos) y, en algunos casos, “Producto alimenticio” (p. ej., partes comestibles de moluscos bivalvos como como almejas, mejillones, ostras y vieiras/peines). El análisis en términos de estas últimas variables dio como resultado distribuciones asimétricas que podrían describirse como distribuciones logarítmicas normales de concentraciones de actividad para radionucleidos específicos en subcategorías de alimentos o productos alimenticios específicos. Los datos no proporcionan evidencia de variaciones regionales en las concentraciones de actividad. Por lo tanto, el documento proporcionado para comentarios del CCCF no puede reflejar las variaciones regionales en las concentraciones de actividad de radionucleidos naturales en los alimentos (como se solicitó originalmente en la 15.ª reunión del CCCF) porque no se observó ninguna en el análisis estadístico. Para obtener más detalles sobre el análisis estadístico, consulte la Sección 5, y también el Anexo II y el Anexo III del Informe de inocuidad 114 ([Informe 114](#)).

#### **SOLICITUD DE OBSERVACIONES**

15. Teniendo en cuenta los antecedentes proporcionados en los párrafos 1 a 14 anteriores, así como la finalidad y los usuarios del documento, se invita a los miembros y observadores del Codex a proporcionar:
  - i. Observaciones generales sobre el enfoque, la estructura y el contenido general del documento.
  - ii. Observaciones específicas sobre los párrafos 1–23 del documento presentado en el Apéndice.
16. El documento presentado en el Apéndice está cargado en el Sistema de comentarios en línea del Codex (OCS): <https://ocs.codexalimentarius.org/>. Las observaciones que se faciliten a través del OCS deberán seguir las instrucciones presentadas en los párrafos 18 a 22.

17. Las observaciones presentadas en respuesta a esta carta circular<sup>5</sup> serán examinadas por el Centro Conjunto FAO/OIEA con el fin de elaborar una versión revisada para su examen por el CCCF en su 17.ª reunión (2024).

#### **INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE OBSERVACIONES**

18. Los miembros del Codex y observadores deberán presentar las observaciones a través de sus respectivos puntos de contacto utilizando el OCS.
19. Los puntos de contacto de los miembros del Codex y observadores pueden acceder al OCS y al documento abierto a las observaciones seleccionando “Acceder” en la página “Mis revisiones”, disponible una vez que se ha accedido al sistema.
20. Los puntos de contacto de los miembros del Codex y las organizaciones observadoras deberán facilitar los cambios propuestos y observaciones/justificaciones pertinentes relativos a un párrafo específico (en las categorías: edición, cuestiones sustantivas, cuestiones técnicas y traducción) y/o con respecto al documento (observaciones generales o comentarios de resumen). Puede encontrar orientación adicional sobre las categorías y tipos de comentarios del OCS en las preguntas frecuentes del OCS<sup>6</sup>.
21. Se pueden consultar otros recursos adicionales del OCS, entre los que se incluyen el Manual del usuario y una breve guía, en el sitio web del Codex<sup>7</sup>.
22. Cualquier consulta sobre el OCS debe ser dirigida a [Codex-OCS@fao.org](mailto:Codex-OCS@fao.org).

---

<sup>5</sup> Página web del Codex/Cartas circulares:

<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/resources/circular-letters/es/>

Página web del Codex /CCCF/Cartas circulares:

<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee/related-circular-letters/es/?committee=CCCF>

<sup>6</sup> [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/codexalimentarius/doc/OCS/Codex\\_OCS\\_FAQs\\_2017-11-06.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/codexalimentarius/doc/OCS/Codex_OCS_FAQs_2017-11-06.pdf)

<sup>7</sup> <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/resources/ocs/es/>

## APÉNDICE

### LA RADIATIVIDAD NATURAL EN LOS ALIMENTOS, LOS PIENSOS Y EL AGUA POTABLE

#### INTRODUCCIÓN

1. El objetivo de esta publicación es proporcionar a las autoridades de reglamentación sobre inocuidad de los alimentos información sobre la radiactividad presente en los alimentos, los piensos y el agua potable. Fue redactada con el objetivo de actualizar y resumir la información clave contenida en un documento de debate presentado en el 14º período de sesiones del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos. La finalidad es: a) ofrecer una visión general de las dosis de radiación interna típicas de la exposición por ingestión; b) especificar los radionucleidos claves que generalmente contribuyen en mayor medida a la dosis de ingestión y dar concentraciones típicas de los radionucleidos más prevalentes que se encuentran en los alimentos, y c) analizar y dar referencias a normas y orientaciones internacionales relacionadas con la radiactividad presente en los alimentos, los piensos y el agua potable. Por lo general, la ingestión de radionucleidos de origen natural genera casi toda la dosis de radiación interna por ingestión evaluada. Por ello, esta publicación se centra en la radiactividad natural. No obstante, se puede encontrar más información técnica sobre los niveles de radionucleidos de origen natural y de radionucleidos de producción humana presentes en los alimentos en una reciente publicación técnica [1] elaborada por la FAO, el OIEA y la OMS.

2. Es normal que el aire, el suelo, los alimentos, los piensos y el agua potable contengan bajos niveles de radiactividad debido a la presencia ubicua de radionucleidos en todas las sustancias. Los radionucleidos presentes en los alimentos, los piensos y el agua potable son en su mayoría de origen natural, pero también puede haber radionucleidos de producción humana. A excepción de un radioisótopo del potasio ( $^{40}\text{K}$ ), todos los radionucleidos de estos productos básicos son susceptibles de algún tipo de control. A este respecto, las normas de seguridad radiológica emplean el concepto de “situación de exposición existente”, que refiere a una situación en la que ya existe una exposición a fuentes de radiación ionizante en el momento en que se toma una decisión sobre el control (es decir, en circunstancias ordinarias que no son emergencias). Las situaciones de exposición existentes implican la exposición a fuentes de radiación ionizante naturales y de origen humano. La definición es amplia; por ejemplo, incluye la exposición a material radiactivo residual después de declarado el fin de una emergencia nuclear o radiológica, pero no se limita a ello.

#### DOSIS DE RADIACIÓN INTERNA POR INGESTIÓN

3. Los radionucleidos están presentes en la corteza terrestre y en los océanos. Las personas siempre han estado expuestas a la radiación, lo que incluye la emitida por los radionucleidos presentes en los alimentos que consumen. Aunque los alimentos y el agua potable pueden contener sustancias radiactivas, los niveles son en general relativamente bajos y se prevé que permanezcan en niveles bajos salvo en circunstancias extremas (por ejemplo, accidentes graves o actos dolosos que podrían provocar la contaminación de algún alimento con grandes cantidades de material radiactivo).

##### RECUADRO 1: [Dosis de radiación](#)

Los efectos biológicos de la radiación ionizante varían según el tipo (alfa, beta, gamma, etc.) y la energía de la radiación. El riesgo de daño biológico está relacionado con la dosis de radiación que reciben los tejidos. La unidad de dosis efectiva de radiación es el sievert (Sv). Dado que un sievert es una cantidad elevada, las dosis de radiación que se suelen dar se expresan en milisieverts (mSv) o microsieverts ( $\mu\text{Sv}$ ), que son una milésima o una millonésima parte de un sievert. Por ejemplo, una radiografía de tórax suele producir una dosis de radiación de 0,1 mSv.

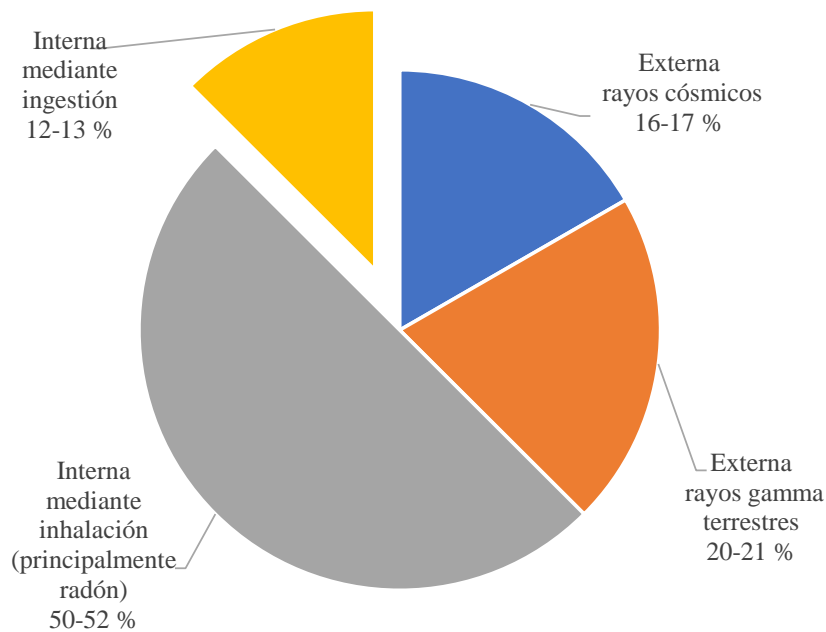
Aunque las concentraciones de radionucleidos en los alimentos, los piensos y el agua potable suelen ser bajas, la radiación ionizante emitida por los radionucleidos ingeridos puede contribuir en gran medida a la dosis total de radiación [Recuadro 1] que recibimos de las múltiples fuentes de radiación a las que estamos expuestos en nuestra vida cotidiana. El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) en su informe del año 2000 [2] calculó que la dosis anual mundial por ingestión a partir de fuentes naturales puede oscilar normalmente entre 0,2-0,8 mSv con una media de unos 0,31 mSv o alrededor del 12 % de la dosis anual mundial promedio total procedente de todas las fuentes naturales de 2,4 mSv (rango típico de 1-10 mSv) (figura 1). En su informe posterior de 2008, el UNSCEAR volvió a evaluar la dosis anual por ingestión proveniente de fuentes naturales en todo el mundo y estableció sus valores entre 0,2-1,0 mSv, con una dosis anual promedio por ingestión de 0,29 mSv [3].

#### ¿Cuáles son los principales radionucleidos responsables de esta dosis?

4. Hay cinco radionucleidos clave que contribuyen de forma importante a la dosis de radiación procedente de la ingestión de alimentos y agua potable, y todos ellos se dan de forma natural. Estos radionucleidos han estado presentes en el medio ambiente desde que se formó la Tierra e incluyen un radioisótopo del potasio, el  $^{40}\text{K}$ , además de radioisótopos del plomo, el polonio y dos isótopos del radio:  $^{210}\text{Pb}$ ;  $^{210}\text{Po}$ ;  $^{226}\text{Ra}$ , y  $^{228}\text{Ra}$ . Una pequeña proporción (0,012 %) de todo el potasio natural está presente como  $^{40}\text{K}$  radiactivo, mientras que los otros cuatro isótopos pesados se producen durante la desintegración radiactiva natural del uranio y el torio.

5. El cuerpo humano mantiene un estricto control homeostático de los niveles de potasio. Así, como resultado directo de la homeostasis, se mantiene en el cuerpo una cantidad bastante constante y uniformemente distribuida de  $^{40}\text{K}$  y la radiación que emite da lugar a una dosis anual de radiación de unos 0,17 mSv por persona, aproximadamente el 55 % de la dosis anual promedio por ingestión a escala mundial. La dosis procedente de la ingestión de  $^{40}\text{K}$  en los alimentos es un ejemplo de exposición a la radiación ionizante que es relativamente constante y uniforme para todas las personas en todas partes. Un cuerpo sano necesita potasio para su bienestar, y el contenido de potasio (incluido el  $^{40}\text{K}$ ) se mantiene constante a través de los procesos fisiológicos normales de regulación. Por eso, la dosis de ingestión de  $^{40}\text{K}$  no es susceptible de ser controlada.

6. Los radionucleidos  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  y  $^{226}\text{Ra}$  se consideran, en conjunto, responsables de casi toda la dosis anual promedio por ingestión restante, mientras que la contribución de todos los demás radionucleidos es reducida (<1 %). Sin embargo, estos cuatro radionucleidos (y otros) no se mantienen bajo control homeostático. La cantidad de estos radionucleidos en el cuerpo humano y, por tanto, la dosis de radiación que imparten está relacionada con la cantidad de radionucleido que se ingiere. Por lo tanto, se pueden detectar  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  y  $^{228}\text{Ra}$  en diferentes cantidades en los seres humanos porque existen en cantidades distintas en los alimentos y el agua potable. Los niveles presentes en los seres humanos reflejan los niveles encontrados en la dieta y las variaciones se deben, en última instancia, a las distintas concentraciones de estos radionucleidos en los diferentes suelos y aguas de los entornos donde se producen los alimentos o se obtiene el agua potable.



*Fig. 1. Contribución de las diferentes exposiciones a la radiación al promedio mundial de la dosis efectiva anual de 2,4 mSv procedente de fuentes naturales [2, 7]*

7. Al momento de redactar este informe, el UNSCEAR ha formado un grupo de expertos para actualizar su evaluación de la exposición del público a la radiación procedente de todas las fuentes, incluidos los alimentos y el agua potable<sup>8</sup>. El informe UNSCEAR 2000 [2] es el más reciente del Comité y presenta valores representativos de nueve de los radionucleidos naturales más frecuentes que se encuentran generalmente en los alimentos y en el agua potable. Los datos técnicos publicados por el UNSCEAR en 2000 sobre las diferentes concentraciones de radionucleidos naturales en distintos alimentos y en las aguas potables de diferentes países y regiones fueron utilizados por el Comité para generar valores únicos representativos de las concentraciones de los nueve radionucleidos más frecuentes ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ) en varias categorías de alimentos y en el agua potable. El UNSCEAR utilizó estas concentraciones representativas a nivel mundial junto con la contribución a la dosis del  $^{40}\text{K}$  para calcular una dosis efectiva anual promedio a nivel mundial (ponderada por edad) por ingestión de radionucleidos naturales en alimentos y agua de 0,31 mSv (rango típico de 0,20-0,80 mSv) en su informe de 2000.

<sup>8</sup> El grupo de expertos del UNSCEAR está examinando los valores representativos que utiliza el UNSCEAR para evaluar las dosis de radiación procedentes de radionucleidos presentes en los alimentos y el agua potable. Para esta tarea, que se prevé finalizar en 2024, cuenta con la estrecha colaboración de la FAO, el OIEA y la OMS.

8. La mayor parte (>95 %) de la dosis anual por ingestión de 0,31 mSv presentada en UNSCEAR 2000 se refiere a la ingestión de alimentos, mientras que la ingestión de radionucleidos naturales presentes en el agua potable suele representar menos de aproximadamente 0,01 mSv (<5 %) de esta dosis anual promedio. La dosis anual promedio por ingestión a escala mundial de 0,31 mSv se debe casi en su totalidad al  $^{40}\text{K}$ , el  $^{210}\text{Po}$ , el  $^{210}\text{Pb}$ , el  $^{228}\text{Ra}$  y el  $^{226}\text{Ra}$ . La dosis anual procedente del  $^{40}\text{K}$  aporta aproximadamente 0,17 mSv y, como se comentó anteriormente, es relativamente constante y uniforme para todas las personas en todas partes. Sin embargo, la dosis derivada de la ingestión de otros radionucleidos variará en función de la cantidad ingerida. Se calculó que los radionucleidos  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  y  $^{226}\text{Ra}$  añaden, juntos, 0,14 mSv/año. Los radionucleidos distintos de estos representan menos de 0,02 mSv/año en promedio (<6 % de la dosis total anual por ingestión o <14 % de la dosis anual total por ingestión excluida la contribución a la dosis procedente del  $^{40}\text{K}$ ). Los radionucleidos de producción humana presentes en los alimentos contribuyen muy poco a la dosis anual promedio por ingestión a escala mundial en circunstancias normales (situaciones de exposición existentes). No obstante, se han creado algunos programas de control para garantizar que los niveles de radionucleidos específicos de producción humana presentes en los productos alimentarios y agrícolas sean bajos; por ejemplo, en el caso de los productos procedentes de zonas afectadas por accidentes nucleares o radiológicos en algún momento del pasado.

9. Los radionucleidos de producción humana (procedentes, por ejemplo, de establecimientos industriales, médicos, nucleares y de investigación, así como de otros usos de materiales radiactivos) pueden entrar en los alimentos, los piensos y el agua potable. Sin embargo, las contribuciones a la dosis de ingestión de estas fuentes de radionucleidos de producción humana en situaciones de exposición planificada están limitadas por el control reglamentario de la fuente o por la práctica en la autorización de descarga específica. En caso de considerarse que estas fuentes de radionucleidos de producción humana son importantes, generalmente se toman medidas a través de estos mecanismos reguladores para evitar o limitar que el o los radionucleidos entren en el medio ambiente y se transfieran a los alimentos, los piensos y el agua.

10. En los informes UNSCEAR 2000 y UNSCEAR 2008 se presentan estimaciones de la dosis efectiva anual promedio a nivel mundial (ponderada por edad) y habrá variaciones importantes en las dosis individuales. En muchos estudios dietéticos nacionales se realizan estimaciones de la dosis de ingestión para poblaciones específicas. En general, estas dosis de ingestión concuerdan razonablemente con las evaluaciones promedio realizadas por el UNSCEAR a nivel mundial. Esta cuestión se aborda con más detenimiento en los siguientes párrafos.

#### **¿Qué ocurre con los estudios dietéticos nacionales y las dosis de ingestión evaluadas?**

11. En 2021, la FAO, el OIEA y la OMS publicaron un informe [1] que contenía una revisión bibliográfica en la que se identificaban documentos e informes científicos sobre la dosis de ingestión a partir de radionucleidos presentes en la dieta a escala nacional. Muchas de las fuentes bibliográficas revisadas contenían información y datos suficientes para realizar evaluaciones adicionales que permitieran determinar a nivel nacional cuáles eran los radionucleidos naturales y de producción humana más importantes que contribuían a la dosis a partir de los radionucleidos presentes en la dieta y la variabilidad de la dosis de ingestión en función de la edad o del tipo de estudio dietético. En el cuadro 1 se presenta un resumen de estas estimaciones nacionales de la dosis anual total de todos los radionucleidos (excluida la dosis procedente del  $^{40}\text{K}$ ). La FAO, el OIEA y la OMS concluyeron que estos estudios indican que más del 90 % aproximadamente de la dosis de ingestión evaluada (excluida la dosis del  $^{40}\text{K}$ ) proviene del  $^{210}\text{Po}$ , el  $^{210}\text{Pb}$ , el  $^{228}\text{Ra}$  y el  $^{226}\text{Ra}$ . Esto coincide en general con las evaluaciones del UNSCEAR. Por ejemplo, en el UNSCEAR 2000 se considera que estos cuatro radionucleidos contribuyen más del 86 % de la dosis de ingestión promedio a nivel mundial, sin contar el  $^{40}\text{K}$ . La mayoría de las dosis de ingestión anuales evaluadas en estos estudios nacionales se ubican dentro del rango 0,03-0,63 mSv, y la mediana (y el promedio geométrico) de estos datos es de 0,19 mSv/año; este rango y esta mediana observados también concuerdan con las dosis promedio de ingestión a nivel mundial evaluadas en UNSCEAR 2000 y UNSCEAR 2008<sup>9</sup>.

#### **¿Y los piensos?**

12. Los piensos pueden contener radionucleidos que podrían plantear un riesgo para la salud humana a través de la ingestión de alimentos de origen animal. Por lo tanto, en circunstancias normales, los radionucleidos clave de interés no difieren de los presentes en los alimentos (es decir,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  y  $^{226}\text{Ra}$ ). No obstante, se han creado algunos programas de monitorización para comprobar los niveles de radionucleidos específicos de producción humana en los piensos (como  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{134}\text{Cs}$ ), por ejemplo, para controlar los piensos que proceden de zonas afectadas por accidentes nucleares o radiológicos en los que se emitieron accidentalmente cantidades importantes de radionucleidos al medio ambiente en algún momento del pasado.

---

<sup>9</sup> Al restar la contribución anual a la dosis de ingestión procedente del  $^{40}\text{K}$  (0,17 mSv) de la dosis anual promedio de ingestión efectiva a nivel mundial de 0,31 mSv (rango típico de 0,2-0,8 mSv) según el UNSCEAR 2000, se obtiene una dosis de ingestión anual de aproximadamente 0,14 mSv con un rango típico de 0,03-0,63 mSv (excluido el  $^{40}\text{K}$ ). Del mismo modo, si se resta la contribución a la dosis del  $^{40}\text{K}$  de la dosis anual promedio de ingestión en el mundo evaluada en el UNSCEAR 2008, se obtiene aproximadamente 0,12 mSv, con un rango típico de 0,03-0,83 mSv (excluido el  $^{40}\text{K}$ ).

13. Al igual que los seres humanos, los animales pueden acumular radionucleidos en su organismo por ingestión, inhalación y por absorción a través de la piel. Los radionucleidos pueden proceder de los piensos, el suelo, el agua de uso agrícola, etc. La ingestión de piensos y suelos contaminados es la vía más importante de captación de radionucleidos en el animal. Los radionucleidos asociados al suelo en general se absorben menos y son los niveles de radionucleidos en los piensos y los procesos que inciden en la absorción y retención de los radionucleidos asociados a los piensos los que determinan generalmente el contenido de radionucleidos en los animales.

### CONCENTRACIONES DE RADIONUCLEIDOS

14. No es posible medir la dosis de ingestión directamente pero sí es posible calcularla a partir de la actividad de los radionucleidos. La actividad puede medirse fácilmente y los factores de conversión de dosis internacionalmente aceptados y específicos para cada radionucleido pueden aplicarse para convertir la actividad (Bq) en dosis (Sv). Aunque la actividad es una tasa, puede utilizarse como indicador de la cantidad de radionucleido [Recuadro 2]. Por lo tanto, la vigilancia y las evaluaciones de las dosis se basan en las concentraciones de la actividad (Bq/kg o Bq/L). Como se ha mencionado en la sección anterior, los datos publicados por el UNSCEAR en 2000 [2] presentaban concentraciones de la actividad que se consideraban valores representativos de los radionucleidos más prevalentes en varias categorías diferentes de alimentos y en el agua potable (que se reproducen en el cuadro 2). Aunque estos datos fueron elaborados por el UNSCEAR para evaluar la exposición del público, los valores representativos de concentración de la actividad del cuadro 2 también son utilizados por los laboratorios para poner en contexto sus resultados analíticos. Un documento publicado por la FAO, el OIEA y la OMS en 2021 [1] también proporciona datos sobre las concentraciones de la actividad de radionucleidos naturales claves en diferentes alimentos y ofrece datos que pueden utilizarse para poner en contexto los resultados de la monitorización.

#### Recuadro 2: Actividad y concentración de la actividad

El becquerel (Bq) es la unidad de actividad de los radionucleidos (radiactividad) y corresponde a una desintegración por segundo. Aunque el becquerel es una tasa (por segundo), puede utilizarse como indicador de la cantidad de radionucleido presente cuando se realizó la medición (por ejemplo, Bq/kg o Bq/L). Esto se debe a que la desintegración radiactiva es un proceso de primer orden en el que la “sustancia A” se transforma directamente en “sustancia B” a un ritmo exponencial. La tasa de desintegración en un momento dado es directamente proporcional a la cantidad de “sustancia A” presente en ese momento.

15. La publicación de la FAO, el OIEA y la OMS [1] contiene datos de concentración de la actividad derivados de la información presentada en publicaciones científicas entre 1998 y 2017 y de las mediciones de vigilancia de los Estados miembros del OIEA durante el mismo período. Estos datos unidos se sometieron a un control de calidad y se utilizaron en análisis estadísticos para estimar diversos parámetros, a saber, la mediana de la concentración de la actividad (para las distribuciones log-normales, la mediana y la media geométrica son idénticas), la media aritmética y el percentil 95 de la distribución de radionucleidos claves en los alimentos. Estas estimaciones se utilizaron en el marco de un proyecto destinado a generar datos que puedan servir de base para las orientaciones relativas a los radionucleidos naturales presentes en los alimentos. La mediana, el intervalo de confianza para la media aritmética y el percentil 95 superior se indican en Bq/kg, peso fresco para el  $^{210}\text{Po}$ , el  $^{210}\text{Pb}$ , el  $^{226}\text{Ra}$  y el  $^{228}\text{Ra}$ , y se reproducen en los cuadros 3 a 6 respectivamente. Además, también se derivan concentraciones medianas de la actividad para el  $^{228}\text{Th}$ , el  $^{230}\text{Th}$ , el  $^{232}\text{Th}$ , el  $^{235}\text{U}$  y el  $^{238}\text{U}$ .

16. Asimismo, en el cuadro 7 se presenta un resumen de las concentraciones medianas de la actividad en peso fresco de estos nueve radionucleidos en diferentes categorías de alimentos. Los radionucleidos mencionados en los dos párrafos anteriores se producen de forma natural, pero se ha establecido que radionucleidos como el  $^{14}\text{C}$ , el  $^{90}\text{Sr}$ , el  $^{137}\text{Cs}$  y el  $^{134}\text{Cs}$  también contribuyen a la dosis de ingestión en algunos casos. Por ejemplo, aunque el  $^{14}\text{C}$  se encuentra de forma natural en el medio ambiente, también es producido por la industria nuclear y, por lo tanto, en ocasiones la monitorización por vigilancia permite detectar niveles elevados de  $^{14}\text{C}$  en algunos alimentos. Asimismo, a veces se pueden encontrar concentraciones de unos pocos Bq/kg o menos de radionucleidos de producción humana como el  $^{137}\text{Cs}$ , el  $^{134}\text{Cs}$  y el  $^{90}\text{Sr}$  en los alimentos debido, por ejemplo, a descargas autorizadas desde instalaciones nucleares o a la lluvia radiactiva debida a ensayos de armas nucleares realizados en el pasado. Sin embargo, en zonas afectadas por accidentes nucleares en el pasado, las concentraciones de  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  y  $^{90}\text{Sr}$  en algunos alimentos podrían ser superiores hasta en un orden de magnitud.



## NORMAS Y ORIENTACIONES INTERNACIONALES

Recuadro 3: Requisito 51 de la publicación GSR Part 3 [4];

**El órgano regulador u otra autoridad competente establecerá niveles de referencia para la exposición debida a los radionucleidos presentes en los productos básicos.**

5.22. "El órgano regulador u otra autoridad competente establecerá los niveles de referencia específicos relativos a la exposición debida a los radionucleidos en productos básicos, como materiales de construcción, alimentos y piensos, y en el agua potable, cada uno de los cuales normalmente se expresará como dosis efectiva anual para la persona representativa que en general no sea superior a un valor de aproximadamente 1 mSv, o sobre la base de esa dosis."

5.23. "El órgano regulador u otra autoridad competente examinará los niveles de orientación para radionucleidos en alimentos objeto de comercio internacional que podrían contener sustancias radiactivas como resultado de una emergencia nuclear o radiológica, niveles que han sido publicados por la Comisión Mixta del Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura/Organización Mundial de la Salud [7]. El órgano regulador u otra autoridad competente examinará los niveles de orientación para radionucleidos en el agua potable, publicados por la Organización Mundial de la Salud [5]."

17. Hasta 2014, las normas internacionales de seguridad radiológica no abordaban de forma explícita los criterios para controlar la exposición del público a la radiación procedente de radionucleidos presentes en los alimentos y el agua potable en el contexto de las situaciones de exposición existentes. Esto cambió con la publicación de una nueva edición de las *Normas básicas internacionales de seguridad* y la inclusión del Requisito 51 en la publicación GSR Part 3 (Requisitos de Seguridad Generales Part 3) [4].

18. De acuerdo con el Requisito 51 [recuadro 3], el órgano regulador u otra autoridad competente establecerá los niveles de referencia<sup>10</sup> para la exposición debida a los radionucleidos presentes en los productos básicos, incluidos los alimentos y el agua potable. Por lo tanto, la exposición a la radiación procedente del consumo de alimentos y agua potable en situaciones que no sean de emergencia debe gestionarse como una situación de exposición existente mediante el establecimiento y el uso de niveles de referencia, teniendo en cuenta tanto los radionucleidos naturales como los de producción humana.

19. **Agua potable:** Las *Guías internacionales para la calidad del agua potable* [5] y las orientaciones sobre la gestión de la radiactividad en el agua potable [6] establecen criterios para determinar la calidad y la seguridad de los niveles de radionucleidos tanto naturales como de producción humana en circunstancias normales (es decir, situaciones de exposición planificadas y existentes). En el enfoque para la gestión de los radionucleidos en el agua potable también se tiene en cuenta un nivel de referencia anual de aproximadamente 1 mSv a partir de todos los radionucleidos presentes en el agua potable, en consonancia con las normas internacionales de seguridad radiológica (requisito 51 de la referencia [4]). Parte del enfoque propuesto en estas orientaciones comprende niveles de cribado y niveles orientativos de concentraciones de la actividad expresados en becquerels por litro para diferentes radionucleidos en el agua potable. Este enfoque aceptado a nivel mundial para los niveles de cribado y los niveles orientativos se basa en un "criterio de dosis individual" (CDI) por radionucleido de 0,1 mSv/año.

20. **Alimentos:** Las normas alimentarias internacionales del Codex Alimentarius proporcionan orientaciones para la seguridad radiológica de los alimentos en lo relativo al comercio internacional con zonas que no se hayan visto afectadas directamente por un accidente nuclear [7]. Se centran en los radionucleidos de producción humana (es decir, la presencia de radionucleidos como resultado de una emisión accidental o dolosa). Las normas proporcionan niveles de referencia para 20 radionucleidos, los más importantes para la absorción en los alimentos, en alimentos destinados al consumo humano y comercializados a nivel internacional, que han quedado contaminados como resultado de una emergencia nuclear o radiológica.

<sup>10</sup> Un nivel de referencia no es un límite. Para una situación de exposición existente, un nivel de referencia es el nivel de dosis, riesgo o concentración de la actividad por encima del cual no es adecuado planificar que se produzcan exposiciones y por debajo del cual se seguiría aplicando el proceso de determinar el nivel de protección y seguridad más bajo que sea razonablemente posible (teniendo en cuenta los factores económicos y sociales). El valor que se fije como nivel de referencia dependerá de las circunstancias imperantes en la exposición de que se trate.

21. Recientemente se han elaborado orientaciones internacionales más generales [1, 8] con el objetivo de ayudar a las autoridades de los países a establecer niveles de referencia para los radionucleidos presentes en los alimentos en situaciones que no sean de emergencia. Como primer paso, la FAO, el OIEA y la OMS han elaborado el Informe de Seguridad Nº 114 [1], con información técnica que se puede utilizar para evaluar y gestionar la presencia de radionucleidos en los alimentos en situaciones de exposición existentes. Asimismo, en otro documento conjunto de la FAO, el OIEA y la OMS [8] se propone un enfoque para la gestión de los radionucleidos en los alimentos a partir de un nivel de referencia anual de aproximadamente 1 mSv de todos los radionucleidos presentes en el suministro de alimentos, lo cual es coherente con las normas internacionales de seguridad radiológica (requisito 51 de la referencia [4]). Esto implica el uso de encuestas dietéticas para monitorizar la dosis de ingestión de alimentos debida a los radionucleidos presentes en el suministro de alimentos. Parte de las orientaciones también abordan la cuestión de la evaluación de productos alimenticios individuales a partir de los niveles orientativos de concentraciones de la actividad para diferentes radionucleidos en productos alimenticios (en lugar del suministro anual de alimentos en su conjunto). En el caso de algunos alimentos en los que se pueden ver aumentados los niveles naturales de  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  o  $^{228}\text{Ra}$ , el enfoque recomienda utilizar niveles orientativos basados en los valores de concentración de la actividad del percentil 95 superior indicados en la referencia [1] y que se presentan en los cuadros 3 a 6. Para aquellos alimentos en los que no se prevé que estos cuatro radionucleidos aumenten de forma natural, y para todos los demás radionucleidos (excepto el  $^{40}\text{K}$ ), estas concentraciones de la actividad de nivel orientativo se basan en un "criterio de dosis individual" (CDI) por radionucleido de 0,1 mSv/año. La información técnica es coherente con la utilizada para el agua potable [5] y también para los alimentos que se comercializan a nivel internacional y que han quedado afectados por una emergencia nuclear o radiológica [7].

22. El Informe de Seguridad Nº 114 [1] contiene información sobre las distribuciones observadas de las concentraciones de radionucleidos naturales en diversos productos alimenticios, el uso de los estudios de "dieta total" y de otros estudios para evaluar las dosis de ingestión de radionucleidos en general. En él también se examinan y analizan estudios sobre radionucleidos en acuicultura, en alimentos recogidos en la naturaleza y en las aguas minerales naturales que se venden como alimentos. El documento TECDOC-2011 [8] tiene por objeto proporcionar orientaciones relativas a la gestión de los alimentos en diversas circunstancias en las que hubiera o pudiese haber radionucleidos presentes, a excepción de los casos de emergencia nuclear o radiológica. Estos dos documentos juntos [1 y 8] constituyen una base científica y técnica para aplicar el requisito 51 de la referencia [4] en lo que respecta a los radionucleidos en los alimentos.

23. **Piensos:** No existen orientaciones internacionales para ayudar a las autoridades nacionales a establecer niveles de referencia de radionucleidos en los piensos para animales destinados a la producción de alimentos en situaciones que no sean de emergencia. Si bien existe un comercio internacional de piensos, pocos programas de monitorización miden los niveles de radionucleidos naturales y de producción humana en este producto básico. Como ya se ha mencionado, existen algunos programas de monitorización en zonas afectadas por accidentes nucleares o radiológicos en algún momento del pasado. Su labor se centra en la detección de radionucleidos de producción humana relativamente persistentes presentes en los piensos, con el fin de evitar su captación en el suministro de alimentos.

**REFERENCIAS**  
**(Para información)**

- [1] Exposure due to Radionuclides in Food Other than During a Nuclear or Radiological Emergency. Part 1: Technical Material [[IAEA Preprint](#)]. IAEA Safety Reports Series No.114, ISSN 1020-6450. International Atomic Energy Agency, Vienna; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome; World Health Organization, Geneva (2021).
- [2] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources., Annex B Exposures from Natural Radiation Sources. UNSCEAR 2000 Report, UN, New York (2000).
- [3] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation. Annex B, Volume I: Sources., UNSCEAR 2008 Report, UN, New York (2008).
- [4] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN EUROPEA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 3*, OIEA, Viena, (2014).
- [5] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Aspectos radiológicos - Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera y segunda adenda*. OMS, Ginebra (2017).
- [6] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Gestión de la radioactividad en el agua de consumo*, OMS, Ginebra, 2018.
- [7] PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS, COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS, *Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos, Lista 1 - Radionucleidos*, CXS 193-1995, Comisión del Codex Alimentarius, Roma (2006).
- [8] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 2: Considerations in Implementing Requirement 51 of IAEA General Safety Requirements Part 3 (International Basic Safety Standards), IAEA-TECDOC-2011, IAEA, Vienna (2022).

**CUADROS**  
**(Para información)**

**CUADRO 1. DOSIS EFECTIVA ANUAL TOTAL POR INGESTIÓN DE RADIONUCLEIDOS IMPORTANTES EN LA DIETA (EXCLUIDO EL <sup>40</sup>K)**

País	Grupo de edad	Dosis total (mSv/año)*	Observaciones
Australia	Lactante (< 1 año)	0,26	Alimentado con leche de fórmula
	Lactante (< 1 año)	0,02	Alimentado con leche materna
	Niño (1 a 2 años)	0,30	-
	Niño (2 a 7 años)	0,18	-
	Niño (7 a 12 años)	0,19	-
	Niño (12 a 17 años)	0,22	-
	Adulto (> 17 años)	0,06	-
Austria	Adulto (> 17 años)	0,33	99,6 % a partir de la radiactividad natural
Brasil	Adulto (> 17 años)	0,44	Región de São Paulo
	Adulto (> 17 años)	0,43	Zonas rurales
	Adulto (> 17 años)	0,29	Zonas urbanas
Francia	Adulto (> 17 años)	0,32	Consumidor típico de alimentos de origen marino a nivel nacional
	Adulto (> 17 años)	0,19	Consumidor nacional de alimentos de origen marino en poca cantidad
	Adulto (> 17 años)	0,73	Consumidor típico de alimentos de origen marino en una localidad costera
	Adulto (> 17 años)	≤ 2,6	Gran consumidor de alimentos de origen marino en una localidad costera
Alemania	Lactante (< 1 año)	0,27	-
	Niño (1 a 2 años)	0,18	-
	Niño (2 a 7 años)	0,14	-
	Niño (7 a 12 años)	0,14	-
	Niño (12 a 17 años)	0,16	-
	Adulto (> 17 años)	0,04	-
Irlanda	Adulto (> 17 años)	0,10	95 % procedente de la radiactividad natural
Japón	Adulto (> 17 años)	0,43	96 % procedente de la radiactividad natural
Nueva Zelandia	Niño (1 a 2 años)	< 0,12	86 % procedente de la radiactividad natural
	Niño (2 a 7 años)	< 0,09	85 % procedente de la radiactividad natural
	Niño (12 a 17 años)	< 0,07	Mujer, 82 % procedente de la radiactividad natural
	Niño (12 a 17 años)	< 0,05	Varón, 81 % procedente de la radiactividad natural
	Adulto (> 17 años)	< 0,09	Mujer, 85 % procedente de la radiactividad natural
	Adulto (> 17 años)	< 0,15	Varón, 90 % procedente de la radiactividad natural
Noruega	Lactante (< 1 año)	0,34	98 % procedente de la radiactividad natural
	Niño (12 a 17 años)	0,25	98 % procedente de la radiactividad natural
	Adulto (> 17 años)	0,19	98 % procedente de la radiactividad natural
	Lactante (< 1 año)	0,39	99 % procedente de la radiactividad natural
	Adulto (> 17 años)	0,29	95 % procedente de la radiactividad natural
Reino Unido	Adulto (> 17 años)	0,19	92 % procedente de la radiactividad natural
Viet Nam	Adulto (> 17 años)	0,20	Región del delta del río Rojo

\* Adaptado del Cuadro 10 de la Sección 4 de [1]

\*\* A título comparativo, la dosis anual efectiva promedio por ingestión evaluada a nivel mundial del UNSCEAR 2000 se calcula en 0,14 mSv, con un rango típico de 0,03-0,63 mSv (excluida la dosis del <sup>40</sup>K de 0,17 mSv). Del mismo modo, la ingestión anual promedio evaluada a nivel mundial del UNSCEAR 2008 se calcula en 0,12 mSv, con un rango típico de 0,03-0,83 mSv (excluido del <sup>40</sup>K).

CUADRO 2. CONCENTRACIONES REPRESENTATIVAS DE LA ACTIVIDAD DE LOS RADIONUCLEIDOS MÁS PREVALENTES EN LOS ALIMENTOS CALCULADAS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS Y PRESENTADAS EN SU INFORME DE 2000\*

Categoría de alimentos	Concentraciones de la actividad de los radionucleidos (Bq/kg)								
	<sup>210</sup> Po	<sup>210</sup> Pb	<sup>228</sup> Ra	<sup>226</sup> Ra	<sup>230</sup> Th	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U	<sup>228</sup> Th	<sup>235</sup> U
Productos lácteos	0,015	0,015	0,005	0,005	0,0005	0,0003	0,001	0,0003	0,00005
Productos cárnicos	0,06	0,08	0,01	0,015	0,002	0,001	0,002	0,001	0,00005
Productos de granos	0,06	0,05	0,06	0,08	0,01	0,003	0,02	0,003	0,001
Hortalizas de hoja	0,1	0,08	0,04	0,05	0,02	0,015	0,02	0,015	0,001
Tubérculos comestibles y frutas	0,04	0,03	0,02	0,03	0,0005	0,0005	0,003	0,0005	0,0001
Productos pesqueros	3,3*	0,2	-	0,1	0,01	0,01	0,03	0,1	-
Agua potable	0,005	0,01	0,0005	0,0005	0,0001	0,00005	0,001	0,00005	0,00004

\* Adaptado del Cuadro 15 del Anexo B de [2]

\*\* El valor de 3,3 Bq/kg de <sup>210</sup>Po corresponde a los productos pesqueros frescos como categoría alimentaria global. Se puede utilizar un valor alternativo de 2,0 Bq/kg como valor corregido en función de la desintegración para dar cuenta de la proporción de productos pesqueros que se almacenan enlatados, congelados, etc. antes de ser consumidos. Esto se basa en un factor de reducción de 0,6 para la desintegración radiactiva del <sup>210</sup>Po (vida media de 138 días). Las concentraciones representativas de la actividad del <sup>210</sup>Po para cada una de las tres categorías de alimentos, es decir, pescado fresco, crustáceos frescos y moluscos frescos, son de 2,4 Bq/kg, 6,0 Bq/kg y 15,0 Bq/kg respectivamente (frescos y, por tanto, sin corrección en función de la descomposición).

CUADRO 3. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES DE LA ACTIVIDAD DEL  $^{210}\text{Po}$  EN LOS ALIMENTOS\* (PESO FRESCO).

Alimento	Número de puntos de datos (N) por encima del umbral de detección	Mediana y media geométrica (Bq/kg)	Media aritmética (Bq/kg)		Percentil 95 (Bq/kg)
			Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior	
<i><math>^{210}\text{Po}</math> Alimentos acuáticos</i>					
Moluscos bivalvos	663	40,37	49,47	55,97	134,0
Moluscos gasterópodos	292	17,48	17,89	19,49	32,0
Cangrejos	191	16,40	17,10	19,80	37,0
Langosta	143	12,74	12,95	14,91	25,0
Gambas y langostinos	59	6,40	6,89	12,60	32,0
Peces de agua salada	386	5,79	6,38	9,70	36,0
Moluscos Cefalópodos	25	2,35	2,27	5,76	11,6
Cigala (Langosta noruega)	38	2,00	1,94	2,90	5,3
Algas marinas	43	1,70	1,68	2,42	4,3
Peces de agua dulce	222	0,99	1,63	2,42	6,7
<i><math>^{210}\text{Po}</math> Alimentos terrestres</i>					
Granos	119	0,14	0,20	0,41	1,50
Hortalizas no de raíz	216	0,12	0,28	0,55	2,00
Frutas	161	0,12	0,20	0,33	0,87
Carne	203	0,10	0,12	0,15	0,37
Leche líquida	57	0,07	0,15	0,75	1,50
Tubérculos comestibles	46	0,04	0,05	0,10	0,25

\* Adaptado de los cuadros 24 y 25 de la Sección 5 de [1]

CUADRO 4. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES DE LA ACTIVIDAD DEL  $^{210}\text{Pb}$  EN LOS ALIMENTOS\* (PESO FRESCO).

Alimento	Número de puntos de datos (N) por encima del umbral de detección	Mediana y media geométrica (Bq/kg)	Media aritmética (Bq/kg)		Percentil 95 (Bq/kg)
			Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior	
<i><math>^{210}\text{Pb}</math> Alimento acuático</i>					
Moluscos no bivalvos	18	2,00	1,71	5,78	11,24
Moluscos bivalvos	351	1,99	2,52	3,05	7,40
Algas marinas	27	0,62	0,57	0,78	1,19
Peces de agua dulce	59	0,23	0,30	0,69	1,50
Peces de agua salada	330	0,20	0,30	0,40	1,40
Crustáceos	129	0,14	0,16	0,22	0,53
<i><math>^{210}\text{Pb}</math> Alimentos terrestres</i>					
Setas	132	0,32	0,42	0,66	1,73
Granos	153	0,15	0,24	0,43	1,50
Carne	60	0,15	0,18	0,34	0,79
Frutas	160	0,14	0,23	0,38	1,10
Hortalizas no de raíz	235	0,13	0,26	0,45	1,50
Tubérculos comestibles	90	0,07	0,14	0,36	0,88
Leche líquida	71	0,06	0,06	0,09	0,18

\* Adaptado de la Sección 5, cuadros 26 y 27 de [1]

CUADRO 5. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES DE LA ACTIVIDAD DE  $^{226}\text{Ra}$  EN LOS ALIMENTOS\* (PESO FRESCO)

Alimento	Número de puntos de datos (N) por encima del umbral de detección	Mediana y media geométrica (Bq/kg)	Media aritmética (Bq/kg)		Percentil 95 (Bq/kg)
			Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior	
Peces de agua dulce	59	0,48	0,48	0,63	1,10
Peces de agua salada	95	0,27	0,35	0,67	2,00
Moluscos bivalvos	37	0,16	0,18	0,50	1,10
Granos	292	0,12	0,25	0,39	1,50
Hortalizas de hoja	324	0,11	0,39	0,77	2,40
Tubérculos comestibles	239	0,11	0,33	0,68	2,10
Frutas	193	0,08	0,19	0,37	1,10
Crustáceos	20	0,06	0,18	0,50	0,58
Leche líquida	147	0,05	0,16	0,35	0,77
Carne	90	0,04	0,05	0,09	0,22

\* Adaptado de la Sección 5, Cuadro 28 de [1]



CUADRO 6. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES DE LA ACTIVIDAD DEL  $^{228}\text{Ra}$  EN LOS ALIMENTOS\* (PESO FRESCO)

Alimento	Número de puntos de datos (N) por encima del umbral de detección	Mediana y media geométrica (Bq/kg)	Media aritmética (Bq/kg)		Percentil 95 (Bq/kg)
			Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior	
Peces de agua salada	43	1,75	1,76	2,80	5,5
Peces de agua dulce	32	0,84	0,80	0,93	1,2
Tubérculos comestibles	82	0,31	0,70	2,54	6,1
Moluscos bivalvos	19	0,17	0,15	0,35	0,68
Hortalizas no de raíz	188	0,12	0,35	0,80	2,1
Granos	90	0,12	0,15	0,27	0,67
Frutas	94	0,11	0,21	0,54	1,4
Carne	46	0,09	0,10	0,22	0,50
Leche líquida	101	0,04	0,04	0,05	0,10

\* Adaptado de la Sección 5, Cuadro 29 de [1]

CUADRO 7. RESUMEN DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS DE LA ACTIVIDAD (PESO FRESCO) PARA VARIAS SUBCATEGORÍAS DE ALIMENTOS, ADAPTADO DEL CUADRO II.1, ANEXO II DE [1]

Alimento	Mediana de las concentraciones de la actividad (Bq/kg)								
	<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	<sup>226</sup> Ra	<sup>228</sup> Ra	<sup>228</sup> Th	<sup>230</sup> Th	<sup>232</sup> Th	<sup>235</sup> U	<sup>238</sup> U
Algas marinas	0,62 <sup>a</sup>	1,70 <sup>b</sup>	0,360	0,140	0,389	0,044	0,031	ID	0,375
Bebidas	0,115	0,042	0,211	0,415	4,650	ID	0,025	ID	0,004
Carne	0,15 <sup>a</sup>	0,10 <sup>b</sup>	0,04 <sup>c</sup>	0,09 <sup>d</sup>	0,040	0,004	0,008	0,021	0,019
Crustáceos	0,14 <sup>a</sup>	2,00-16,40 <sup>**</sup>	0,06 <sup>c</sup>	0,398	0,043	0,016	0,017	ID	0,034
Despojos	0,520	0,719	ID	ID	ID	ID	0,026	ID	0,023
Frutas	0,14 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,08 <sup>c</sup>	0,11 <sup>d</sup>	0,026	0,040	0,007	0,000	0,011
Frutos secos	0,126	0,101	0,231	0,530	12,600	0,011	9,408	ID	0,006
Granos	0,15 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,12 <sup>c</sup>	0,12 <sup>d</sup>	0,090	0,002	0,400	0,025	0,124
Hierbas	0,569	0,882	0,326	0,180	2,900	0,557	0,058	0,003	0,091
Hortalizas no de raíz	0,13 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,11 <sup>c</sup>	0,12 <sup>d</sup>	0,042	0,060	0,027	0,014	0,029
Huevos	0,090	0,069	0,109	0,090	0,043	0,249	0,005	ID	0,081
Leche líquida	0,06 <sup>a</sup>	0,07 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,033	0,230	0,038	0,011	0,130
Miel y azúcar	0,107	0,230	0,049	0,188	0,142	0,014	0,002	ID	0,008
Moluscos bivalvos	1,99 <sup>a</sup>	40,37 <sup>b</sup>	0,16 <sup>c</sup>	0,17 <sup>d</sup>	0,471	0,545	0,326	0,031	0,824
Moluscos no bivalvos	2,00 <sup>a</sup>	2,35-17,48 <sup>**</sup>	0,230	0,210	ID	ID	0,060	ID	0,549
Peces de agua dulce	0,23 <sup>a</sup>	0,99 <sup>b</sup>	0,48 <sup>c</sup>	0,84 <sup>d</sup>	0,655	0,310	2,810	2,505	0,012
Peces de agua salada	0,20 <sup>a</sup>	35,79 <sup>b</sup>	0,27 <sup>c</sup>	1,75 <sup>d</sup>	0,028	0,010	0,090	0,001	0,013
Productos lácteos	0,388	0,150	0,078	0,139	0,113	0,020	0,150	0,002	0,013
Setas	0,32 <sup>a</sup>	0,580	0,300	0,260	ID	0,073	0,048	0,007	0,037
Tubérculos comestibles	0,07 <sup>a</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,11 <sup>c</sup>	0,31 <sup>d</sup>	0,042	0,008	0,179	0,010	0,089

ID, datos insuficientes.

<sup>a-d</sup> Medianas de los cuadros 4, 3, 5 y 6 respectivamente.

<sup>\*\*</sup> Los valores medianos de <sup>210</sup>Po en diferentes subgrupos de crustáceos y subgrupos de moluscos no bivalvos se presentan en el Cuadro 3 y esto representa la dispersión de los valores medianos para estos subgrupo.

