



ANÁLISIS DEL RIESGO POR INGESTIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO

1. EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SALUD

En la primera fase del análisis de riesgo para la salud se realiza la evaluación del riesgo en salud, que estima la probabilidad de que ocurra un determinado riesgo de forma cuantitativa. Esta fase se estructura en cuatro etapas:

a) IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

En el planeta Tierra existen **radionucleidos**, origen de **radiación natural**, que estaban presentes en la formación del planeta y todavía no se han extinguido por transmutación. Las rocas ígneas (granitos) y volcánicas, las arcillas y pizarras son las que presentan un mayor contenido de radionucleidos.

Estos elementos, que se encuentran dispersos por **rocas** y **suelos** normalmente en concentraciones bajas, pueden filtrarse al agua subterránea. La concentración de radionucleidos en el agua dependerá de la composición de las rocas por donde discurra, el tiempo y superficie de contacto, la profundidad, los minerales presentes en el acuífero y los aniones disueltos (cloruros, carbonatos, o sulfatos).

La radionucleidos presentes en el agua puede constituir un **peligro para la salud**. De particular importancia para la exposición humana a las radiaciones del agua de consumo son los radionucleidos naturales que proceden de la serie de desintegración del torio y el uranio, entre ellos, el uranio-238, uranio-234, radio-226, radio-228, polonio-210, plomo-210 y radón.

b) CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO O EVALUACIÓN DE LA DOSIS/RESPUESTA

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos dependen de la dosis recibida o dosis absorbida.

Las concentraciones típicas de radionucleidos en agua de consumo son muy pequeñas, por lo que los riesgos para la salud asociados a la presencia de radiactividad en el agua de consumo son generalmente muy bajos.

La **exposición a dosis bajas** de radiación ionizante puede aumentar el riesgo de efectos a largo plazo, como el desarrollo de cáncer y efectos hereditarios. Para dosis bajas de exposición los efectos son de **tipo ectocástico**, cuyas características son:

- No tienen **umbral**, es decir, el efecto se puede presentar a cualquier dosis. Lo que ocurre es que al disminuir la dosis disminuye la probabilidad de que el efecto aparezca, pero siempre existirá.



- La probabilidad de efectos es **lineal** (efecto proporcional a la dosis), respondiendo a la fórmula:
 $E = \alpha D$; donde E es la probabilidad de efectos, α es una constante (pendiente de la recta) y D es la dosis recibida (en sievert/año).
El valor de $\alpha = 0,05$, para el cáncer en el total de la población.
- Los efectos se presentan **a largo plazo**, tras periodos de tiempo de exposición a veces muy largos.
- Los efectos cuando se dan son siempre **graves**, independientemente de la intensidad; si hay más intensidad de exposición habrá mayor probabilidad de efecto, pero éste será grave (cáncer)

c) EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

El parámetro utilizado para medir la exposición a radionucleidos en el agua de consumo es la **Dosis Indicativa (DI)**, que se define como la **dosis efectiva comprometida por un año de ingesta** debida a todos los radionucleidos cuya presencia se haya detectado en agua de consumo, ya sean de origen natural o artificial, excluidos el tritio, el potasio-40, el radón y los productos de desintegración de vida corta.

Se ha establecido su valor paramétrico en **0,10 mSv/año**. Esto no significa que niveles inferiores estén exentos de potenciales efectos en salud, ya que no existe un umbral por debajo del cual no exista riesgo, si no que se ha fijado en ese valor el nivel de referencia del riesgo a asumir.

En los resultados analíticos del agua de consumo de Caudete se ha obtenido un valor de **DI de 0.14 mSv/año**, superior al valor paramétrico.

Hay que tener en cuenta, que una dosis de radiación de 0,14 mSv/año debida a la ingestión de los radionucleidos existentes en el agua de consumo es mucho menor que la recibida de otras fuentes de radiación. Las personas reciben una dosis media anual de radiación procedente de todas las fuentes naturales de radiación (rayos cósmicos, suelo, aire, dieta) de unos **2,4 mSv**, por lo que una dosis de 0,14 mSv/año supondría aproximadamente el 6% de la exposición a radiación natural.

d) CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Una dosis indicativa de 0,1 mSv/año representa un **nivel muy bajo de riesgo** para la salud. Para un valor de dosis indicativa de 0,1 mSv/año, se ha estimado que la **probabilidad de muerte por cáncer radioinducido**, que se exprese en algún momento posterior a la exposición, debida al consumo de agua durante un año (a razón de 2 litros al día) es de **5 casos por cada millón de habitantes** y por cada décima de mSv.

Para un valor de **DI 0,14 mSv/año**, aplicando la fórmula dosis-respuesta anteriormente expuesta, obtendríamos el siguiente resultado:

$$E = \alpha D$$

$$E = 0,05 \times 0,14 \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^{-3}, \text{ es decir, } \mathbf{7 \text{ casos por cada millón de habitantes.}}$$

2. GESTIÓN DEL RIESGO

Evaluado el riesgo en la salud, la siguiente fase es la gestión del riesgo que hace referencia al proceso de toma de decisiones.

Hay que recordar que la Dosis indicativa, es la dosis efectiva comprometida por un año de ingesta, por lo que la superación del valor paramétrico de la DI no genera un incumplimiento y por lo tanto no implica la calificación del agua no apta para el consumo, pero sí marca el **inicio de un proceso de evaluación y gestión del riesgo**, cuya fecha de inicio será la del boletín analítico en el que se refleja la superación del valor.

El agua podrá calificarse **no apta** para el consumo en los siguientes casos:

- Cuando no se pueda establecer un plan corrector
- Cuando el plan de autocontrol así lo establece
- Si no se puede conseguir una dosis comprometida efectiva de, a lo sumo, 0,10 mSv, en un año de consumo.

La declaración de no aptitud del agua conllevará la restricción de su uso para bebida y preparado de alimentos, pudiéndose utilizar para cualquier otro uso.

El proceso de gestión exigirá que el operador implemente un **plan de medidas correctoras**, que garantice que en el **período anual** que sigue a la fecha de inicio se consiga una DI de, a lo sumo, 0,10 mSv.

Las **medidas correctoras** podrán consistir en:

- Técnicas de tratamiento que permiten una reducción de los radionucleidos en el agua de consumo:
 - Ósmosis inversa, para los derivados del Radio
 - Tratamientos físico-químicos convencionales: aireación, precloración / ozonización, coagulación a pH 6 y 9,5-10, floculación, decantación, filtración por arena o zeolita y postcloración, para el resto de radionucleidos naturales.
- Utilizar recursos de agua alternativos
- Mezclar aguas de distinto origen

El plan de corrección deberá tener un **seguimiento** adecuado para comprobar que el objetivo a conseguir es en todo momento factible, o en caso contrario suspender el plan y declarar agua no-apta de inmediato.

Al **finalizar el plan**, antes de que se cumpla un año, los agentes intervinientes comprobarán los resultados. A la vista de los cuales caben tres opciones:

- El Plan **ha funcionado**, consiguiendo rebajar (o compensar) los valores de DI. El gestor implementará en su Programa de autocontrol para prolongar y controlar el citado Plan, si bien ahora solo necesita que los valores de decisión estén por debajo de sus límites.
- El Plan **no ha funcionado**. Se declarará inmediatamente agua no apta para consumo.



- El Plan **está funcionando**, pero al cabo de los primeros doce meses los niveles no han logrado compensar los valores de DI iniciales. Se podrá extender el plan durante **6 meses más**, de modo que se logre que en los últimos doce meses sí se pueda alcanzar el objetivo.

3. COMUNICACIÓN DEL RIESGO

Según señala el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, el operador, teniendo en cuenta la valoración de la autoridad sanitaria, comunicará a la población afectada el riesgo, las medidas correctoras y preventivas adoptadas y, si es el caso, las recomendaciones para la población que puedan resultar necesarias para la protección de la salud humana con respecto a las sustancias radiactivas, antes de veinticuatro horas tras tener conocimiento de las mismas.

Una vez tomadas las medidas correctoras y preventivas, el operador realizará una nueva toma de muestras para verificar la situación de normalidad y, una vez verificada la misma, informará de ello a la autoridad sanitaria y a la población afectada en un plazo de veinticuatro horas desde la obtención de los resultados.

Podrá entenderse que el operador u operadores y la autoridad sanitaria cumplen con las obligaciones de comunicación o información establecidas en este apartado, con excepción de la dirigida a la población, cuando se realicen a través del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC).

Si bien las comunicaciones a otros gestores y a la autoridad sanitaria pueden realizarse a través del SINAC, la información a la población será proporcionada de manera proactiva más allá de su mera inclusión en SINAC, mediante comunicaciones, carteles, anuncios, etc.

Es conveniente que los gestores tengan establecido, dentro de su protocolo de autocontrol y gestión, un plan de comunicación a los consumidores, en el caso de superación de los valores paramétricos establecidos.

El plan de comunicación deberá cumplir con los principios básicos de la comunicación de riesgos: información veraz, útil, claro y fácilmente entendible, creíble y disponible (Internet, teléfonos de atención ciudadana específicos, etc.).