

### III. Otras Resoluciones

#### Consejería de Sanidad

**4825** *Servicio Canario de la Salud. Dirección General de Salud Pública.- Resolución de 22 de junio de 2010, por la que se hace público el protocolo sanitario de actuación ante el incumplimiento de los valores paramétricos establecidos para la actividad alfa total y actividad beta resto en agua de consumo humano.*

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incorpora al derecho español la Directiva 98/83/CE, del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. La propia norma reconoce que dada la repercusión para la salud humana es necesario el establecimiento a escala nacional de criterios de calidad del agua de consumo humano.

Los valores paramétricos exigidos para todo el territorio nacional se basan en diferentes estudios de organismos internacionales y en motivos de salud pública, aplicándose en algunos casos el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población.

El artículo 27 del Real Decreto 140/2003 destinado a incumplimientos y medidas correctoras y preventivas, regula las actuaciones a realizar por gestores, municipios y autoridad sanitaria (administración sanitaria autonómica), ante cualquier incumplimiento detectado en el abastecimiento.

El artículo 19 de la misma norma impone a la autoridad sanitaria la elaboración y puesta a disposición de los gestores del programa de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano para su territorio.

En virtud de lo expuesto, el gestor responsable del abastecimiento o parte del mismo tiene que comunicar a la autoridad sanitaria los incumplimientos de los valores paramétricos que se produzcan, según el procedimiento previsto en el artículo 27 y siguiendo las directrices establecidas en el Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano de la Comunidad Autónoma de Canarias, aprobado por Resolución de la Dirección General de Salud Pública de 27 de junio de 2008 (BOC nº 224, de 4 de noviembre). La autoridad sanitaria valorará la apertura o no de una situación de alerta y estimará la importancia del incumplimiento y la repercusión sobre la salud de la población afectada.

En cada situación de incumplimiento o alerta, la autoridad sanitaria valorará la posibilidad de prohibir el suministro o el consumo de agua, restringir el uso, o aplicar técnicas de tratamiento apropiadas para modificar la naturaleza o las propiedades del agua

antes del suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo del incumplimiento y la presentación de riesgos potenciales para la salud de la población.

Para poder acometer con eficacia y rapidez la estimación de la importancia del incumplimiento y valorar los riesgos potenciales para la salud de la población expuesta y la adopción de medidas destinadas a la eliminación o minimización de esos riesgos, el Programa de Vigilancia del Agua de Consumo Humano de la Comunidad Autónoma de Canarias prevé la elaboración de protocolos sanitarios que sirvan como base para las estimaciones y valoraciones requeridas, reduciendo el tiempo de exposición de los ciudadanos a la situación de incumplimiento. Estos protocolos serán desarrollados por el Servicio de Sanidad Ambiental de la Dirección General de Salud Pública.

Los protocolos sanitarios incluyen información sobre los aspectos generales del parámetro, posibles orígenes del incumplimiento, antecedentes en la Comunidad Autónoma de Canarias, valoración del incumplimiento, posible repercusión en la salud de la población expuesta y las medidas de intervención de protección de la salud competencia de la administración sanitaria autonómica que inciden directamente sobre las actuaciones a desarrollar por el gestor del abastecimiento, motivo por el que se estima conveniente su publicación, dando a conocer las razones técnicas en las que se sustentan los criterios que van a regir la valoración del incumplimiento, la evaluación del riesgo para la salud de la población expuesta y la adopción de medidas en este sentido, así como los condicionantes a los que se ve sometida la actuación del gestor por la intervención de la administración sanitaria autonómica, a la que también vinculan.

La Disposición adicional segunda del Real Decreto 140/2003 relativa al muestreo de la radiactividad, prevé que la autoridad sanitaria podrá disponer dentro de su territorio que se determinen los parámetros descritos para la radiactividad en aquellos abastecimientos en los que se sospeche que los niveles en el agua puedan entrañar un riesgo para la salud de la población abastecida, por lo que es responsabilidad de la administración sanitaria autonómica establecer en qué zonas de abastecimiento tiene que procederse al estudio de dichos parámetros.

Con objeto de dar cumplimiento al texto de la Disposición así como de establecer las actuaciones a seguir para la valoración de la situación de los abastecimientos de la Comunidad Autónoma de Canarias previendo las actividades a realizar en caso de detección de incumplimientos, se ha elaborado el protocolo sanitario ante incumplimientos de parámetros de la parte D del anexo I: actividad alfa total y actividad beta resto, que incluye:

- La determinación de las zonas de abastecimiento en las que el gestor responsable del abastecimiento

to tiene que acometer el estudio de los parámetros actividad alfa total y actividad beta resto.

- La secuencia de actuaciones a seguir por el gestor responsable para la valoración de la dosis indicativa total (DIT).

- Las actuaciones a acometer por el gestor en caso de detección de incumplimiento de los valores paramétricos establecidos.

- La calificación sanitaria de las muestras de agua de consumo humano en función de los resultados obtenidos.

En consecuencia, vista la propuesta de resolución que me eleva la Jefa de Servicio de Sanidad Ambiental,

#### RESUELVO:

Publicar en el Boletín Oficial de Canarias el protocolo sanitario ante incumplimiento de los valores paramétricos establecidos para la actividad alfa total y actividad beta resto, para general conocimiento.

Santa Cruz de Tenerife, a 22 de junio de 2010.-  
El Director General de Salud Pública, Enrique Torres Lana.

Protocolo sanitario ante incumplimiento del valor paramétrico establecido:

#### **Parámetros parte D: actividad $\alpha$ y $\beta$ resto (2 de junio 2010).**

Los protocolos sanitarios de actuación ante incumplimientos se configuran como una herramienta para facilitar la valoración sanitaria de la situación, atendiendo al establecimiento de medidas y recomendaciones sanitarias para la protección de la salud de la población expuesta. En la normativa de aplicación encontramos distintas referencias a este tipo de documentos:

#### **Disposición Adicional cuarta del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero. Protocolos sanitarios.**

*La Ponencia de Sanidad Ambiental elaborará, antes de enero de 2005, recomendaciones sanitarias para las situaciones más frecuentes de incumplimientos e incidencias, que servirán de orientación a la autoridad sanitaria y al gestor para los estudios de evaluación del riesgo, recomendaciones sanitarias y medidas preventivas y correctoras, medidas de protección; así mismo publicará directrices para la transmisión de la información al consumidor sobre las aguas de consumo humano, sus instalaciones y demás información a que se refiere este Real Decreto.*

#### **Artículo 27 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero. Incumplimientos y medidas correctoras y preventivas.**

*3. Una vez notificado el incumplimiento a la autoridad sanitaria o el detectado por ella, ésta valorará la apertura o no de una "situación de alerta".*

*La autoridad sanitaria estimará la importancia del incumplimiento, la repercusión sobre la salud de la población afectada y la realización de un estudio de evaluación del riesgo debido al episodio de incumplimiento, si lo considera necesario.*

4. En cada situación de alerta o incumplimiento, la autoridad sanitaria valorará la posibilidad de prohibir el suministro o el consumo de agua, restringir el uso, aplicar técnicas de tratamiento apropiadas para modificar la naturaleza o propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo del incumplimiento y la presentación de riesgos potenciales para la salud de la población.

**Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano en la Comunidad Autónoma de Canarias (Programa Autonómico) (Resolución de la Dirección General de Salud Pública de 27 de junio de 2008) (BOC nº 224, de 7 de noviembre). Art. 19 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero. Vigilancia sanitaria.**

- *Actuación de la Administración sanitaria autonómica ante la notificación de incumplimientos.*  
*Valoración sanitaria de la situación.*

Una vez recibida la notificación, el área de salud estimará la importancia del incumplimiento, la repercusión en la salud de la población afectada y la realización de un estudio de evaluación del riesgo, si lo considera necesario. Con el objeto de facilitar estas actuaciones, se prevé la elaboración de protocolos sanitarios ante incumplimientos que servirán como base para las evaluaciones de riesgo que puedan requerirse.

- *Protocolos sanitarios.*

El Servicio de Sanidad Ambiental de la Dirección General de Salud Pública elaborará los protocolos sanitarios para los incumplimientos más frecuentes, protocolos que permitirán a la Administración Sanitaria Autonómica la rápida adopción de medidas de protección de la salud y establecimiento de recomendaciones sanitarias, de acuerdo con las directrices que deriven de los trabajos de la Ponencia de Sanidad Ambiental, y trasladando a ésta los trabajos desarrollados y la problemática encontrada en la Comunidad Autónoma de Canarias.

Además en el caso de la radiactividad, la **Disposición adicional segunda** del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero (Muestreo de la radiactividad), establece que *la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo publicará antes de cinco años desde la entrada en vigor de esta disposición* (febrero de 2008), *los muestreos, frecuencias, tipos de análisis y métodos de ensayo para la determinación de los parámetros correspondientes a la radiactividad,*

indicando que hasta la publicación del muestreo para la determinación de la radiactividad, *la autoridad sanitaria podrá disponer, dentro de su territorio, que se determinen los parámetros descritos para la radiactividad en aquel abastecimiento que se sospeche que los niveles en agua puedan entrañar un riesgo para la salud de la población abastecida.*

*Según la norma es responsabilidad de la Administración sanitaria Autonómica imponer en qué zonas de abastecimiento tiene que procederse al estudio de los parámetros de la parte D del anexo I del Real Decreto 140/2003.*

Con objeto de dar cumplimiento al contenido de la parte segunda de esta Disposición y de establecer la ejecución de las actuaciones en caso de incumplimiento del valor paramétrico establecido para la **actividad  $\alpha$  total o  $\beta$  resto** en base a los textos citados, se ha elaborado el presente documento.

Los datos existentes sobre radiactividad en el agua de consumo humano hasta 2008 (a penas una docena de determinaciones en el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo, SINAC) no nos proporcionaban base suficiente para establecer en qué abastecimientos debía acometerse la investigación de la radiactividad, aun siendo conscientes de que las características del subsuelo volcánico podrían suponer la presencia en las aguas subterráneas destinadas a la producción de agua de consumo humano de determinados radionucleidos.

La determinación de los parámetros incluidos en la parte D del anexo I abordado en el primer análisis de auditoría desarrollado por la Dirección General de Salud Pública del Servicio Canario de la Salud durante 2008, sí que nos ha permitido conocer la situación de partida para la investigación de la radiactividad en el agua suministrada a la población de la Comunidad Autónoma de Canarias, y por lo tanto, poder disponer en qué zonas de abastecimiento hay que proceder al seguimiento de estos parámetros o a la investigación de radionucleidos.

Con este documento la Administración Sanitaria de la Comunidad Autónoma de Canarias da cumplimiento a lo dispuesto en la Disposición Adicional segunda del Real Decreto 140/2003, determinando las zonas de abastecimiento en las que debe abordarse el estudio de los parámetros

involucrados hasta que no se disponga del desarrollo de la normativa europea o se establezcan otras directrices a nivel nacional.

### **Conceptos previos, definiciones y unidades:**

Los átomos poseen un núcleo muy denso formado por protones y neutrones rodeado de una nube de electrones mucho más ligeros. Las fuerzas nucleares mantienen unidos a los protones y neutrones dentro del núcleo; los electrones giran alrededor del núcleo a causa de la fuerza electromagnética. Algunos núcleos son inestables y acaban desintegrándose por sí solos emitiendo energía. La desintegración se repite hasta que el núcleo se vuelve estable.

**Radiación:** proceso de emisión de energía que se transmite en forma de ondas electromagnéticas que se caracterizan por tres parámetros relacionados entre sí: frecuencia (nº de oscilaciones/unidad de tiempo), longitud (cuanto más corta es la onda mayor su frecuencia) y energía (mayor cuanto mayor frecuencia). Se distingue entre dos tipos:

- **Radiaciones ionizantes:** ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia con la suficiente energía como para producir ionización, es decir, crear partes eléctricamente cargadas (positiva y negativa) rompiendo los enlaces atómicos que mantienen unidas las moléculas en la célula, como los rayos X o la radiación UVA lejana.
- **Radiaciones no ionizantes:** ondas electromagnéticas de menor frecuencia que no son capaces de romper los enlaces atómicos. Dentro de este grupo se encuentran la radiación UVA cercana, la visible, la infrarroja, las radiofrecuencias, microondas, los campos electromagnéticos, etc.

Tipos de radiaciones ionizantes:

- **Radiación alfa ( $\alpha$ ):** partículas que constan de dos protones y dos neutrones de muy bajo poder de penetración ya que una simple hoja de papel es capaz de detenerlas. Se frena por tanto en las capas exteriores de la piel y no es peligrosa, salvo que los elementos que la emiten se introduzcan directamente en el organismo por ingestión o inhalación.
- **Radiación beta ( $\beta$ ):** electrones libres con mayor poder de penetración. En este caso se requiere una hoja de aluminio para detener su avance. Es capaz de atravesar la epidermis y penetrar en los tejidos vivos en una profundidad de 1 a 2 cm.

- **Radiación gamma ( $\gamma$ ):** radiación electromagnética similar a los rayos X pero con un poder de penetración bastante mayor, capaz de penetrar profundamente en los tejidos pero que libera mucha menos energía en éstos que la radiación alfa o beta.

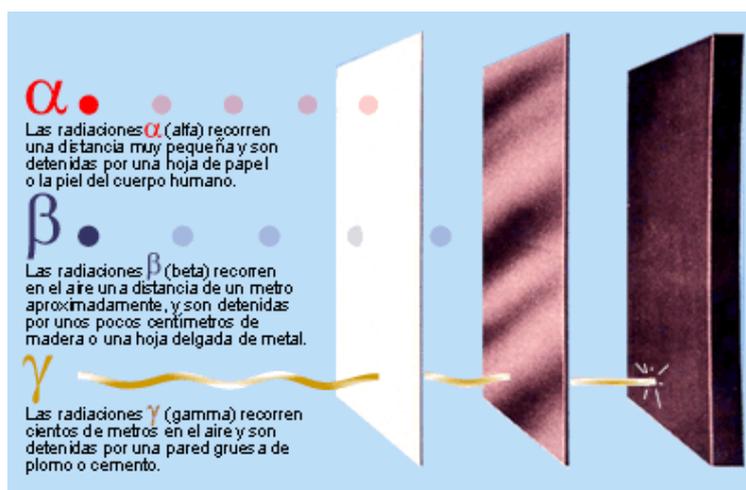


Ilustración 1: Tipos de radiaciones ionizantes.  
Consejo de Seguridad Nuclear.

Fuentes de radiación ionizante:

- **Naturales:** la radiación cósmica generada en las reacciones nucleares que tienen lugar en el interior del Sol y demás estrellas; la radiación telúrica, que depende de la concentración de radionucleidos en la corteza terrestre; el **gas radón** que procede de la desintegración de uranio que se encuentra de forma natural en la tierra o en los materiales de construcción y que se acumula en el interior de las viviendas, principalmente en lugares de escasa ventilación como los garajes, ya que en el exterior se dispersa rápidamente; y las radiaciones que proceden de los alimentos y el agua de bebida. Por ejemplo, todos los alimentos contienen potasio en mayor o menor cantidad; parte de este potasio es de naturaleza radiactiva debido a la presencia natural de K-40.
- **Artificiales:** como las utilizadas en procedimientos médicos tanto diagnósticos (radiografías o TAC) como con fines de tratamiento y las empleadas en la conservación de alimentos. Una radiografía de tórax equivale a una dosis de aproximadamente 0,05 mSv. La exposición profesional y del público en general como consecuencia del funcionamiento de instalaciones nucleares es otra fuente de radiación ionizante artificial.

- **Accidentales:** accidentes nucleares o experimentales.

Cuantificación de las radiaciones ionizantes: unidades de radiactividad y dosis de radiación.

- **Radiactividad:** en el Sistema Internacional de Unidades (SI) la unidad de radiactividad es el bequerel o bequerelio (Bq) equivalente a una desintegración por segundo. Los niveles de referencia correspondientes al agua de consumo humano se expresan en términos de radiactividad del radionucleido por litro, lo que se conoce como **concentración de radiactividad o de actividad** (Bq/L).

La dosis de radiación derivada de la ingestión de un radionucleido depende de varios factores químicos y biológicos como la proporción de la cantidad de radionucleido ingerida que es absorbida en el intestino, los órganos o tejidos a los que es transportado y el tiempo de permanencia en éstos hasta que es eliminado, así como del tipo de radiación emitida durante la desintegración y la sensibilidad a la radiación de cada órgano o tejido. Todos estos factores son tenidos en cuenta al elaborar **factores de conversión de dosis** expresados en Sv o mSv/Bq, que por tanto, ponen en relación una dosis expresada en sieverts con la cantidad en bequerelios de material radiactivo ingerido.

- **Dosis absorbida:** la cantidad de energía depositada por la radiación en la materia expuesta. En el SI la unidad de dosis de radiación absorbida es el gray (Gy) equivalente a un julio (J) por Kg de materia.

- **Dosis equivalente:** es el producto de la dosis absorbida por un factor relacionado con el tipo de radiación concreto, que es función del poder ionizante y la densidad de ésta.

- **Dosis efectiva de radiación** que recibe una persona es la suma de las dosis equivalentes que reciben todos los tejidos y órganos tras aplicar los correspondientes factores de ponderación de cada uno. Estos factores reflejan las distintas sensibilidades que avanzábamos anteriormente. En el SI la unidad de dosis equivalente y dosis efectiva es el sievert (Sv) que al igual que el Gy equivale a un J/Kg.

- **Dosis efectiva comprometida:** se determina teniendo en cuenta la persistencia de los radionucleidos en el organismo tras su ingestión, por lo tanto es la dosis efectiva total que se recibe durante toda la vida (70 años) tras la ingestión de un radionucleido.

En materia de control de la radiactividad en el agua de consumo humano, los conceptos más relevantes serían:

- **Concentración de actividad de un radionucleido:** concentración de un radionucleido en el agua de consumo humano expresada en Bq/L.
- **Nivel o concentración de referencia de un radionucleido:** valor de concentración de actividad de un radionucleido expresada en Bq/L que se corresponde con una dosis de 0,1 mSv/año, considerando que la concentración durante un año no supera ese valor. Se calcula teniendo en cuenta los coeficientes de dosis expresados en mSv/Bq publicados por organismos internacionales especializados como la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (CIPR) (CIPR: <http://www.icrp.org>) o la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA) (OIEA: <http://www.iaea.org>) y una ingesta media de 2 litros de agua diaria (730 litros anuales). La fórmula que se aplica es la siguiente:

$$\text{Nivel de referencia (Bq/L)} = \frac{0,1 \text{ mSv/año}}{730 \text{ L/año} \times \text{Coeficiente de dosis (mSv/Bq)}}$$

- **Dosis indicativa total (DIT)** es la dosis efectiva comprometida anual por ingestión debida a todos los radionucleidos cuya presencia en el abastecimiento de agua haya sido detectada, tanto de origen natural como artificial, excluidos el tritio (H-3), el potasio-40 (K-40), el radón (Rn) y los productos de desintegración del radón (nota 1, parte D, anexo I del RD 140/2003).

Si se cumple la condición siguiente, se puede considerar que la DIT es inferior a 0,1 mSv/año, que es el valor correspondiente a su valor paramétrico indicador.

$$\sum_{i=1}^n C_i (\text{obs})/C_i (\text{ref}) \leq 1$$

Donde  $C_i (\text{obs})$  es la concentración de actividad observada del radionucleido  $i$  en la muestra de agua analizada;  $C_i (\text{ref})$  es la concentración o nivel de referencia del radionucleido  $i$  y  $n$  el número de radio nucleidos detectados en esa muestra de agua.

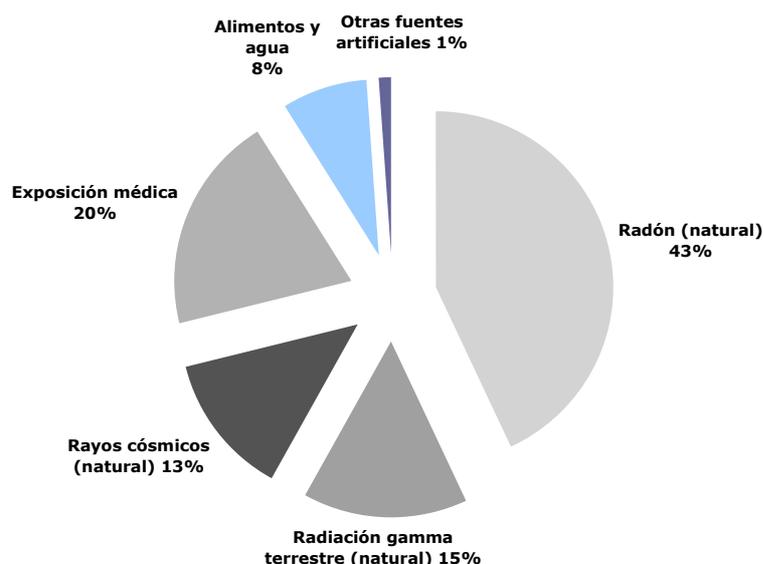
### Aspectos generales.

En general se acepta que la mayor parte de la radiación a la que estamos expuestos, aproximadamente un 98%, tiene origen natural.

El Comité Científico de la ONU para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) (<http://www.unscear.org>. United Nations Scientific Committee on the Effects of atomic Radiation) estima una exposición anual promedio de 2,4 mSv/año procedente de fuentes naturales que varía en función de numerosos factores.

Este Organismo realiza la evaluación de la exposición y contribución de las distintas fuentes naturales y artificiales o antropogénicas a la exposición media para la población mundial. La distribución de la exposición promedio para la población mundial en función de las fuentes de radiación se presenta en el gráfico 1.

**Gráfico 1: Fuentes de exposición a la radiación. Distribución de la exposición promedio para la población mundial. WHO, 2004.**



La exposición media puede sufrir variaciones locales considerables asociadas a la altura sobre el nivel del mar (radiación cósmica), la cantidad de radionucleidos presentes en el suelo y sus tipos y la cantidad que penetra en el organismo a través del aire, los alimentos y el agua. La contribución del agua a la exposición total es muy reducida y se debe en gran medida a radionucleidos de origen natural pertenecientes a la serie de degradación del uranio (U) y del torio (Th).

El mantenimiento de niveles de radionucleidos bajos en el agua de consumo pasa por garantizar la adecuada gestión de los residuos que contengan elementos radiactivos por ejemplo los empleados con fines médicos.

Los suelos de origen volcánico presentan contenidos variables de radionucleidos, fundamentalmente de las series del uranio y el torio y los derivados de su degradación [radio (Ra), radón (Rn), polonio (Po) y plomo (Pb)]. La concentración depende entre otras cuestiones, de la tipología de las rocas del subsuelo. Con excepción del Pb-210, son todos emisores alfa.

A partir del subsuelo estos elementos pasan a las aguas subterráneas en contacto, si bien la concentración de los radionucleidos en esta última puede variar considerablemente en función de la composición de las rocas, tiempos de transferencia y contacto y profundidad. Las aguas procedentes de acuíferos de rocas cristalinas (ígneas) son las de mayores concentraciones. Éste es el caso del acuífero canario.

Los peligros derivados de la presencia de radionucleidos en el agua de consumo raramente tienen significancia para la salud pública, por lo que la exposición a la radiación a través del agua de bebida debe ser valorada conjuntamente con la exposición a partir de otras fuentes.

La Organización Mundial de la Salud, el Consejo de Seguridad Nuclear y el Ministerio de Sanidad y Política Social, siguiendo las indicaciones de esa Organización y las directrices de la Comisión de la Unión Europea, proponen una actuación secuencial para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano. Según la secuencia propuesta el control constaría de dos fases:

- Una primera fase de valoración inicial de la actividad  $\alpha$  total y  $\beta$  total (resto en nuestro caso). Si en esta fase se obtienen valores por debajo de los niveles guía establecidos [0,1 (La OMS considera en base al estado de los conocimientos actuales, que un valor de referencia aceptable para la actividad  $\alpha$  total en el agua de consumo humano es de 0,5 Bq/L. WHO, 2008) y 1 Bq/l], se puede concluir que la

dosis indicativa total (DIT) está por debajo del valor paramétrico establecido y no sería necesaria la realización de análisis adicionales.

- Si los niveles de estas actividades exceden el valor guía se acometería la investigación de las concentraciones de los radionucleidos individuales, así como a su comparación con los niveles guía específicos (establecidos para cada uno).

Según los Organismos citados por lo que respecta al tritio (H-3) si bien tiene origen artificial, ante la carencia de datos anteriores, debe procederse a su determinación.

Sin embargo en el caso de la Comunidad Autónoma de Canarias, teniendo en cuenta los datos procedentes de los Programas de vigilancia radiológica ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear y la ausencia a priori de fuentes de H-3, no está indicada su determinación, por lo que no se incluyó en los parámetros del análisis de auditoría 2008, ni se considera necesario su análisis en los abastecimientos de esta Comunidad Autónoma.

La Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, incluye los parámetros tritio y dosis indicativa total para la radiactividad en la parte C del anexo I. Los valores paramétricos establecidos son 100 Bq/L y 0,10 mSv/año respectivamente. La periodicidad del muestreo y los métodos de ensayo quedaron pendientes de un desarrollo posterior de la norma. Este desarrollo aún no ha sido abordado.

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incluye un apartado D en el anexo I destinado a Radiactividad:

**Tabla 1: Valores de referencia para los parámetros de radiactividad, RD 140/2003.**

Parámetro	Valor paramétrico
Dosis indicativa total	0,10 mSv/año (excluidos el H-3, el K-40, el Rn y los productos de desintegración de éste).
Tritio	100 Bq/L
Actividad $\alpha$ total	0,1 Bq/L
Actividad $\beta$ resto	1 Bq/L (excluidos el H-3 y el K-40).

### **Posibles orígenes del incumplimiento. Antecedentes en Canarias.**

#### **Posible origen del incumplimiento.**

Desde el punto de vista geoquímico las rocas volcánicas del subsuelo de las Islas Canarias pertenecen a la serie ígnea alcalina (basaltos, traquibasaltos, traquitas y fonolitas). Este tipo de rocas se relaciona con radionucleidos emisores alfa, por lo que la detección de superaciones del valor paramétrico establecido para la actividad  $\alpha$  total estará originado por la cesión de radionucleidos al agua subterránea, fundamentalmente U y Th y los derivados de su desintegración progresiva.

La concentración de radionucleidos varía de acuerdo con el tipo de captación, la profundidad, los minerales presentes en el acuífero y los aniones disueltos tales como cloruros, carbonatos o sulfatos que incrementan la movilidad del radio presente, etc.

En función de lo expuesto los principales factores favorecedores de cara a la existencia de incumplimientos son:

- Características geológicas: subsuelos volcánicos, cristalinos.
- Captaciones de agua subterránea y pozos perforados.
- Concentraciones altas de cloruros, carbonatos y sulfatos en el agua subterránea.
- Tratamiento de potabilización aplicado. En Canarias el tratamiento de potabilización en gran parte de los abastecimientos está reducido a la cloración, por lo que se carece de instalaciones para la eliminación de radionucleidos en el agua de consumo humano.

Las técnicas de tratamiento a las que se hace referencia para la eliminación de los radionucleidos en el agua de consumo humano son la ósmosis inversa, en el caso de los derivados del radio y los tratamientos físico químicos convencionales característicos de las ETAP, para el resto del grupo. Los tratamientos convencionales incluyen aireación, precloración/ozonización, coagulación a pH 6 y 9,5-10, floculación, decantación, filtración por arena o zeolita y postcloración. La aireación parece suficiente en el caso del radón, aunque este elemento por sus características específicas no es objeto de este Protocolo.

#### **Antecedentes en Canarias.**

Los datos históricos de los que disponemos acerca de la presencia de radiactividad en el agua de consumo humano proceden de las publicaciones periódicas del Consejo de Seguridad Nuclear, concretamente de la

Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) no asociada a instalaciones nucleares. Esta Red está constituida por otras dos redes:

- La Red de Estaciones Automáticas (REA) que mide de forma continua y en tiempo real la radiación gamma y la concentración radiactiva en el aire (radioyodos, radón y emisores  $\alpha$  y  $\beta$ ); y
- La Red de Estaciones de Muestreo (REM) destinada a la determinación en laboratorio de la concentración de radionucleidos en muestras de partículas de polvo, suelo, agua de consumo, aguas continentales y marinas y alimentos.

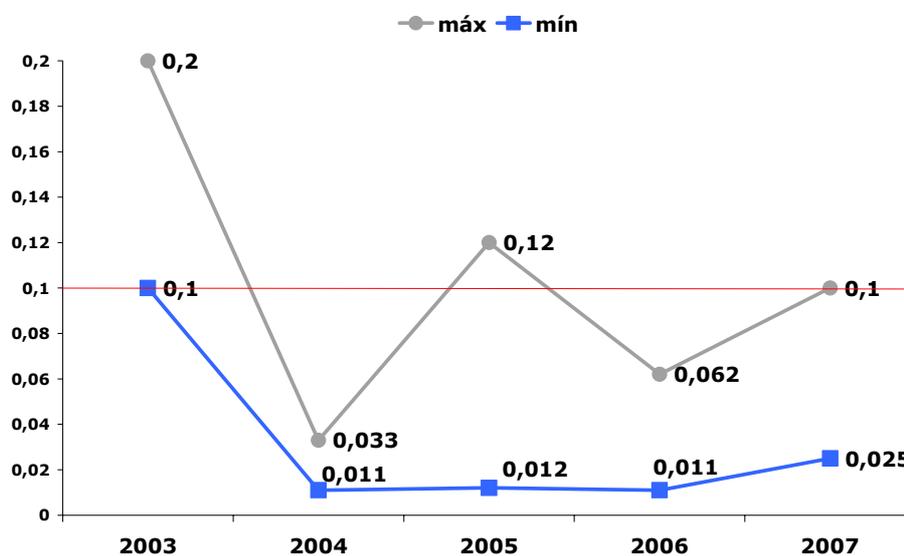
La REM cuenta con la participación del un laboratorio en Canarias (ULL. Departamento de Medicina Física y Farmacología. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina) ubicado en San Cristóbal de La Laguna.

Los resultados publicados para los años 2003 a 2007 se resumen a continuación.

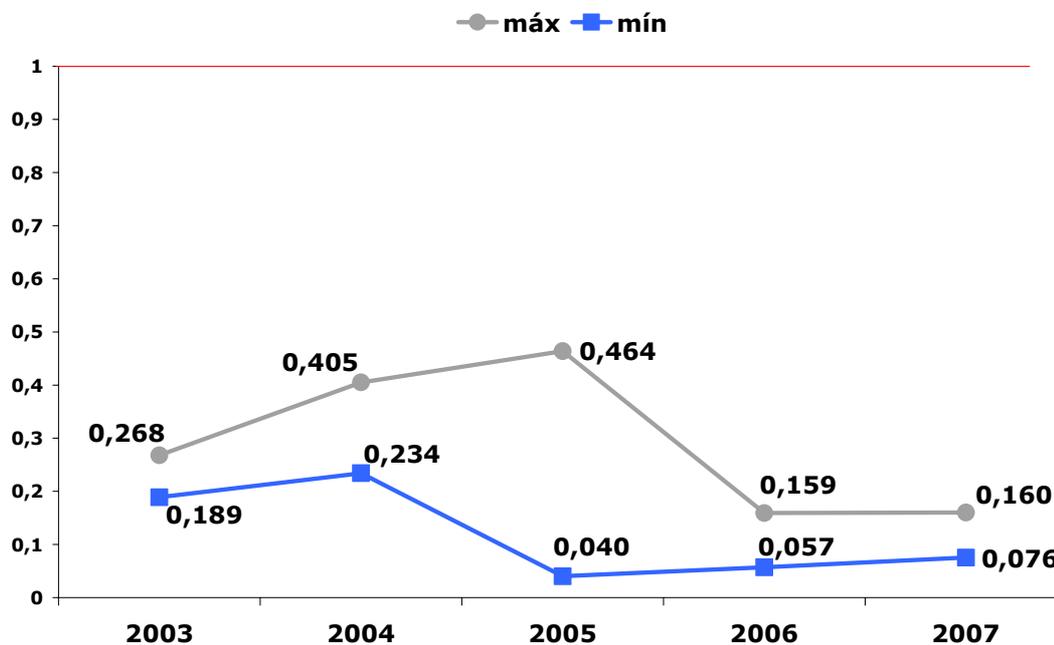
**Tabla 2: Valores máximo y mínimo de parámetros de radiactividad en agua de consumo. Programa de vigilancia radiológica ambiental. Consejo de Seguridad Nuclear.**

	$\alpha$ total		$\beta$ total		$\beta$ resto		Sr-90		H-3	
	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín
<b>2003</b>	0,2	0,1	0,43	0,14	0,268	0,189				
<b>2004</b>	0,033	0,011	0,53	0,4	0,405	0,234	0,014	0,0028		
<b>2005</b>	0,12	0,012	0,95	0,34	0,464	0,0402	0,034	0,0044	0,1	0,1
<b>2006</b>	0,062	0,011	0,57	0,3	0,159	0,0571	0,012	0,0059		
<b>2007</b>	0,1	0,025	0,64	0,26	0,16	0,0755	0,016	0,0025	0,08	0,008

**Gráfico 2: Valores mínimo y máximo de actividad  $\alpha$  total. REM Canarias, Consejo de Seguridad Nuclear.**



**Gráfico 3: Valores mínimo y máximo de actividad  $\beta$  resto. REM Canarias, Consejo de Seguridad Nuclear.**

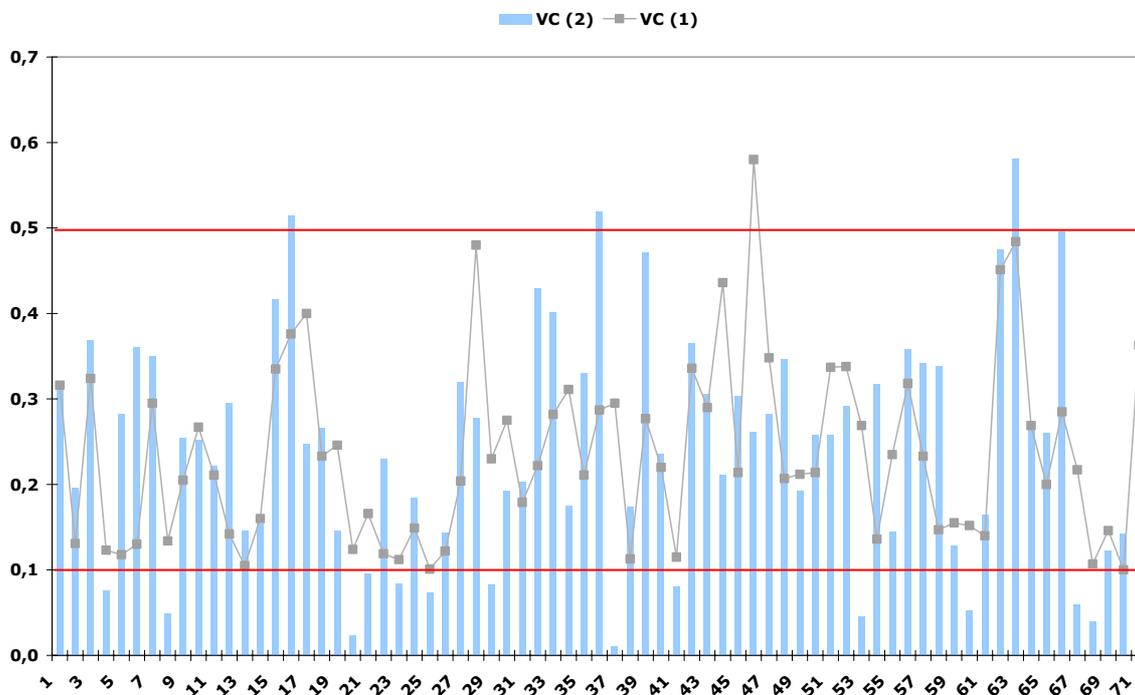


Como se puede observar no se han detectado superaciones del valor límite para la actividad  $\beta$  resto. El valor paramétrico para la actividad  $\alpha$  total se superó en 2003 y 2005.

En el análisis de auditoría 2008 se detectaron superaciones del VP establecido para la actividad  $\alpha$  total en 71 zonas de abastecimiento en las que el agua suministrada procede en su totalidad o en parte de captaciones subterráneas. El incumplimiento se mantuvo en la segunda muestra analizada en 58 zonas de abastecimiento, un 81,7%; no se confirmó en 13 muestras (18,3%). En ninguna muestra se alcanzó el VP establecido para la actividad  $\beta$  resto.

En el gráfico 4 se resume la información obtenida de los resultados de la actividad  $\alpha$  total en las muestras de agua procedentes de las 71 zonas de abastecimiento para el primer y segundo muestreo.

**Gráfico 4: Valor cuantificado en la primera muestra (VC 1) y en la segunda muestra (VC 2) en el análisis de auditoría 2008. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública.**



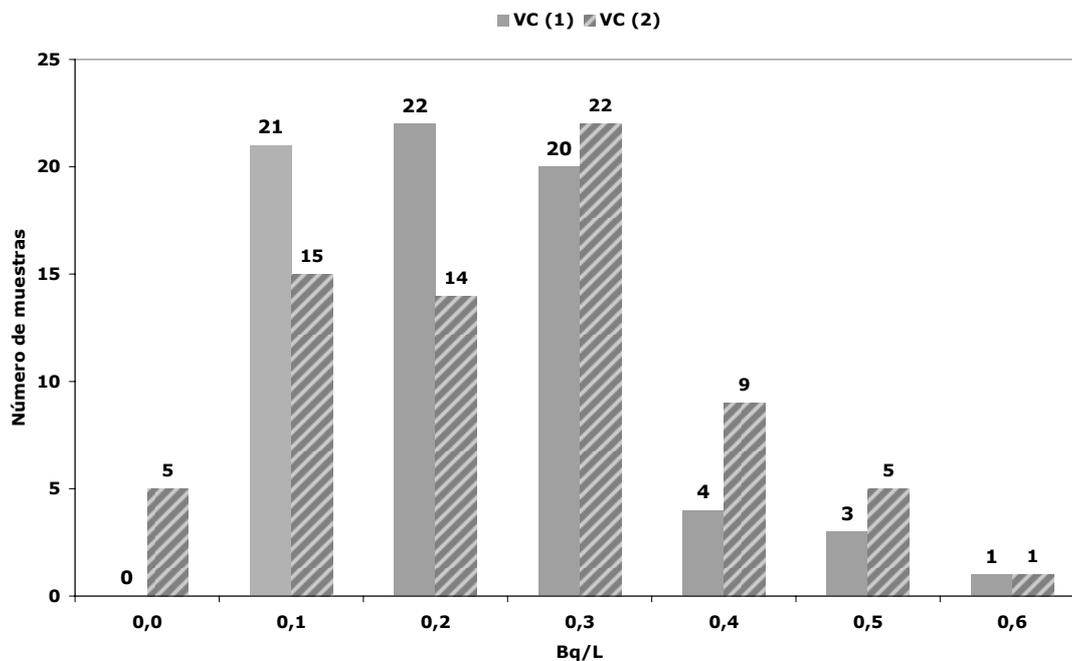
Los estadísticos descriptivos de la muestra de zonas de abastecimiento que superaron el VP establecido para la actividad  $\alpha$  total se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la muestra de zonas de abastecimiento que superaron el VP establecido para la actividad  $\alpha$  total. Primer y segundo muestreo. Análisis de auditoría 2008. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública.**

Estadístico	Primer muestreo	Segundo muestreo
Valor máximo	0,6	0,6
Valor mínimo	0,1	0,01
Rango	0,5	0,6
DS	0,1	0,1
Media	0,2	0,2
Moda	0,3	0,3
Mediana	0,2	0,3

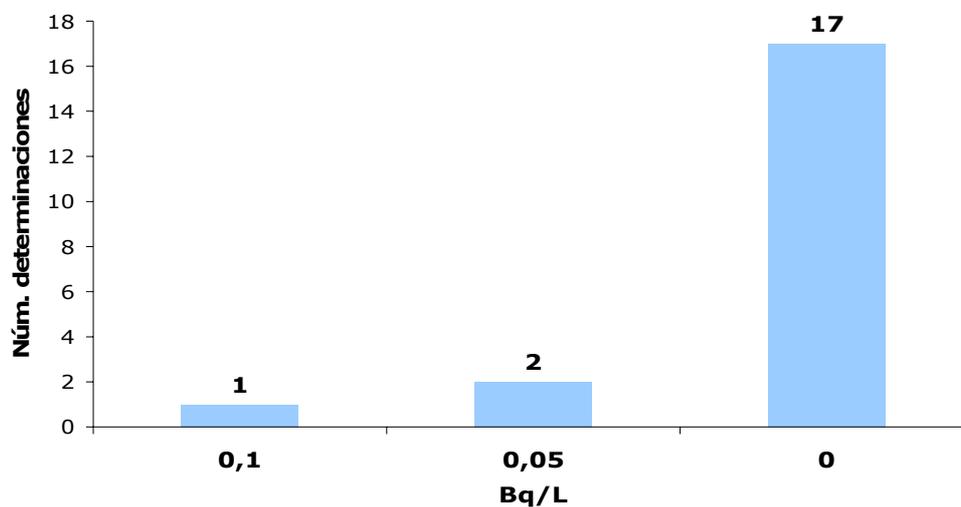
La distribución de frecuencias para estos resultados se presenta en el gráfico 5.

**Gráfico 5: Distribución de frecuencia del número de muestras por nivel de concentración de la actividad  $\alpha$  total para el primer muestreo (VC 1) y para el segundo muestreo (VC 2). Análisis de auditoría 2008. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública.**

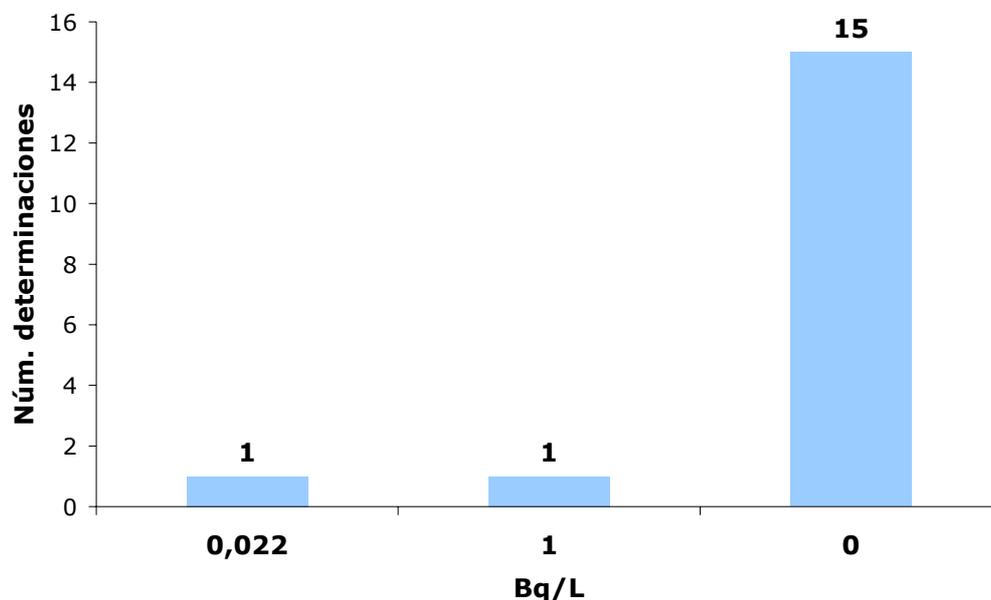


En el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC) se han incorporado 20 boletines de análisis en los que se ha incluido el control de la radiactividad en el agua de consumo humano entre los años 2007 y 2009. No se ha detectado ningún incumplimiento de los valores paramétricos establecidos.

**Gráfico 6: Distribución de frecuencia del número de muestras por nivel de concentración de la actividad  $\alpha$  total. SINAC, 2004-2010. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública.**



**Gráfico 7: Distribución de frecuencia del número de muestras por nivel de concentración de la actividad  $\beta$  resto. SINAC, 2004-2010. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública.**



**Estrategia para la valoración de la DIT en el agua de consumo en la Comunidad Autónoma de Canarias.**

Los resultados obtenidos en el primer análisis de auditoría 2008 confirmaron la posible presencia en el agua de consumo humano distribuida de actividad  $\alpha$ , relacionada con la existencia de radionucleidos emisores  $\alpha$  de origen natural, presumiblemente relacionados con las series de desintegración del U y del Th presentes en los suelos volcánicos.

Inicialmente se procedió a la diferenciación entre zonas de abastecimiento en las que se detectó superación del VP establecido para la actividad  $\alpha$  total y dentro de éstas las de valores superiores a 0,5 Bq/L, estableciendo dos secuencias de actuación distintas. Una vez analizados los datos en profundidad resulta más adecuado desde el punto de vista de la salud pública, proceder a determinar las zonas de abastecimiento en las que se ha de investigar la radiactividad y la secuencia de actuaciones a seguir en función de los resultados que se obtengan, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos y técnicos actuales, las recomendaciones establecidas por la OMS y la situación de los abastecimientos de agua de consumo humano de la Comunidad Autónoma de Canarias.

### **Zonas de abastecimiento en las que se determinarán los parámetros de la parte D del anexo I del Real Decreto 140/2003.**

Con carácter general los parámetros relativos a la radiactividad, con excepción del tritio, tendrán que determinarse en todas las zonas de abastecimiento que suministren agua procedente de captaciones de agua subterránea en su totalidad o en parte.

#### **Periodicidad.**

Los parámetros actividad  $\alpha$  total y  $\beta$  resto se determinarán anualmente en la red de distribución de mayor volumen medio suministrado, en la entidad de población de mayor número de habitantes.

En función de los resultados obtenidos se procederá de acuerdo con las indicaciones previstas en este protocolo que sean de aplicación.

#### **Puntos de muestreo.**

Los puntos de muestreo se corresponderán con el establecido o uno de los establecidos en la entidad singular de población de mayor número de habitantes de la red de distribución de mayor volumen medio suministrado ( $\text{m}^3/\text{día}$ ) de cada zona de abastecimiento.

#### **Toma de muestras.**

Se realizará siguiendo las indicaciones del laboratorio que se vaya a responsabilizar de la ejecución de las determinaciones analíticas.

#### **Laboratorio.**

La complejidad y la tecnología requerida para la determinación de los parámetros indicados (actividades  $\alpha$  total y  $\beta$  resto y radionucleidos) es de tal calibre que se recomienda la contratación de un laboratorio que cuente con la acreditación de las técnicas correspondientes y que ofrezca resultados definitivos, incluyendo el cálculo de la DIT. En cualquier caso el laboratorio cumplirá los requisitos establecidos en el artículo 16 del Real Decreto 140/2003, disponiendo de la certificación o acreditación para estos parámetros, que tendrá que demostrar documentalmente en ambos casos.

#### **Determinación en captaciones.**

Los parámetros actividad  $\alpha$  total y  $\beta$  resto se determinarán cada vez que se incorpore alguna captación de agua subterránea al abastecimiento. Si se trata de una captación de nueva construcción el control de

radiactividad se presentará junto con la documentación establecida en el Programa de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano de la Comunidad Autónoma de Canarias para la emisión de informe sanitario previo a la puesta en funcionamiento.

#### **Incorporación de los resultados al SINAC y comunicación de incumplimientos.**

Los resultados se incorporarán al SINAC, tipo de análisis control de radiactividad y los incumplimientos serán notificados al área de salud mediante la remisión vía fax del anexo VII del Real Decreto 140/2003 cumplimentado en su totalidad.

#### **Secuencia de actuaciones para la valoración de los parámetros actividad $\alpha$ total y $\beta$ resto y DIT.**

La valoración de la situación de cada zona de abastecimiento, toma de decisiones y establecimiento de medidas adicionales, se realizarán siguiendo la actuación secuencial que se propone, procediendo en primer lugar a la determinación de las actividades  $\alpha$  total y  $\beta$  resto.

En función de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la información disponible sobre las fuentes probables de radiactividad en el agua de consumo humano de la Comunidad Autónoma de Canarias (origen natural), se procederá de la siguiente manera:

- Si los resultados obtenidos en la determinación de la actividad  $\alpha$  total y  $\beta$  resto se sitúan por debajo de los VP establecidos (0,1 y 1 Bq/L) no será necesario realizar actuaciones adicionales.
- Si el valor de la actividad  $\alpha$  total está por encima de los 0,1 Bq/L, se procederá al seguimiento cuatrimestral de este parámetro, con el objeto de disponer al menos de tres (3) resultados anuales.
- Si se supera el valor guía establecido por la OMS (Organización Mundial de la Salud) (0,5 Bq/L) para la actividad  $\alpha$  total se investigará qué radionucleidos específicos son responsables de esa radiactividad y cuáles son las concentraciones de actividad individuales. Con estos datos se calcularán los valores estimados de las dosis efectivas comprometidas correspondientes a cada radionucleido para conocer la DIT.

Los resultados del primer análisis de auditoría ponen de manifiesto, como ya hemos expuesto, que la radiactividad en el agua de consumo humano de la Comunidad Autónoma de Canarias tiene un origen natural, por lo que se procederá, en una primera instancia, a la determinación de la concentración de actividad de los radionucleidos incluidos en la tabla 4, en la columna de emisores alfa en el bloque de

radiactividad natural (parte sombreada) correspondientes a la series del U y del Th. Una vez conocidas las concentraciones de actividad se procederá al cálculo de la DIT correspondiente. De tal manera que:

$$\sum_i^n Ci (obs)/Ci (ref) \leq 1$$

Donde *Ci (obs)* es la concentración de actividad obtenida para cada radionucleido determinados y *Ci (ref)* es la concentración de actividad de referencia del radionucleido o nivel de referencia del radionucleido que con una ingesta de 2 litros de agua al día durante 1 año, ocasionaría una dosis efectiva comprometida de 0,1 mSv/año. Los niveles de referencia para los radionucleidos que se han indicado se han incluido en la tabla 5 junto con el coeficiente de dosis de cada uno.

Si se cumple la condición y la suma de los cocientes indicados para los radionucleidos determinados es  $\leq 1$ , no será necesario continuar con determinaciones o medidas adicionales. Únicamente se procederá a la determinación de los parámetros actividad  $\alpha$  total y  $\beta$  resto con la periodicidad general establecida y en los puntos de muestreo indicados en este protocolo.

Si no se cumple la condición dada, se excederá la DIT de 0,1 mSv/año si se mantiene durante un año entero la exposición a las mismas concentraciones determinadas en el análisis, por lo que se realizará un seguimiento estacional de la actividad  $\alpha$  total, radionucleidos emisores alfa y cálculo de la DIT y se procederá a la investigación de la radiactividad en muestras de agua procedentes de las captaciones en origen, con el objeto de retirar las mismas del abastecimiento o aplicar los tratamientos de potabilización que se requieran en cada caso.

Si la actividad  $\alpha$  total media es superior a 0,5 Bq/L o la DIT es superior a 0,1 mSv/año las muestras de agua se calificarán como no aptas para el consumo y se establecerán restricciones de uso para la población general (no se han determinado grupos de mayor riesgo) y en la industria alimentaria.

**Tabla 4: Radionucleidos según origen y tipo de radiación. WHO, 2008.**

	<b>Emisores alfa</b>	<b>Emisores beta</b>
<b>Radiactividad natural</b>		
Serie de desintegración natural del uranio	U-238 U-234 Th-230 Ra-226 Po-210	Pb-210
Serie de desintegración natural del torio	Th-232 Ra-228 Th-228	
Otros radionucleidos		C-14
<b>Radiactividad artificial</b>	Am-241 Pu-239 Pu-240	Co-58 Co-60 Cs-134 Cs-137 H-3 I-129 I-131 Sr-89 Sr-90

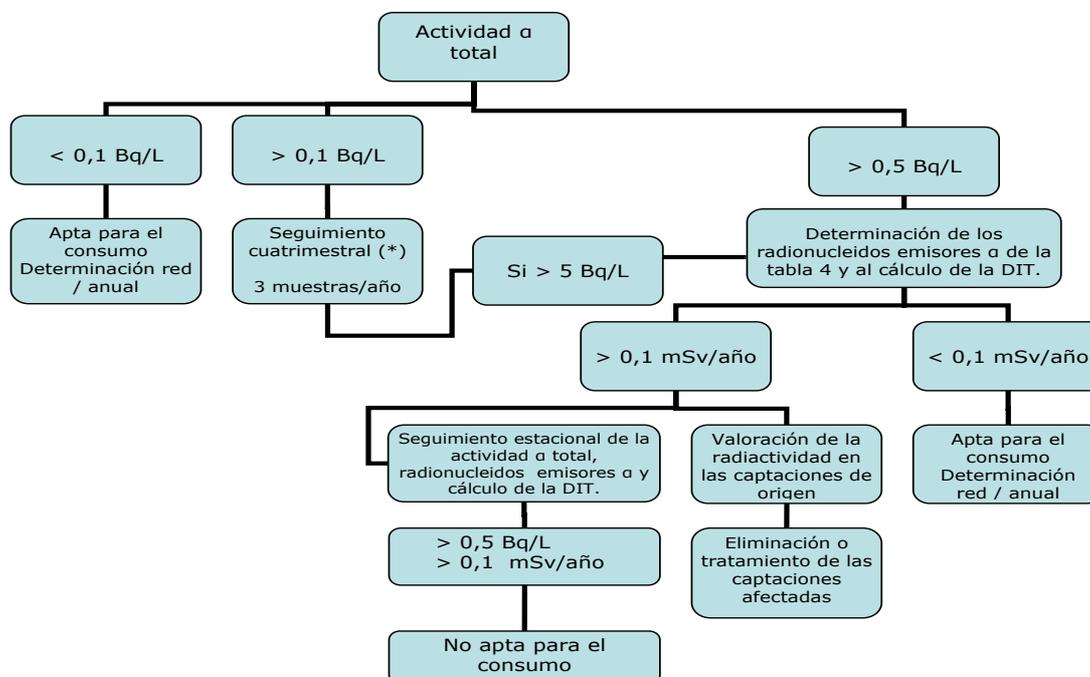
**Tabla 5: Coeficiente de dosis (mSv/Bq) y niveles de referencia (Bq/L) para radionucleidos presentes en el agua de consumo humano de origen natural emisores  $\alpha$  derivados de las series de desintegración del U y Th. WHO, 2008.**

<b>Radionucleido</b>	<b>Coeficiente de dosis (mSv/Bq)</b>	<b>Nivel de referencia (Bq/L)</b>
Po-210	$1,2 \times 10^{-3}$	0,1
Ra-226	$2,8 \times 10^{-4}$	1
Ra-228	$6,9 \times 10^{-4}$	0,1
Th-228	$7,2 \times 10^{-5}$	1
Th-230	$2,1 \times 10^{-4}$	1
Th-232	$2,3 \times 10^{-4}$	1
U-234	$4,9 \times 10^{-5}$	1
U-238	$4,5 \times 10^{-5}$	10

Si se supera el VP establecido para la actividad  $\beta$  resto se procederá a la determinación de los radionucleidos incluidos en la tabla 4 como emisores beta, en el bloque de radiactividad natural, con periodicidad estacional y al cálculo de la DIT correspondiente. No obstante, no es esperable que se detecte superación del VP establecido para este parámetro.

En la figura 1 se esquematizan las actuaciones para el control de la radiactividad.

Figura 1: Esquema para la valoración de la actividad  $\alpha$  total y cálculo de la DIT [DIT: Dosis indicativa total (mSv/año)] en zonas de abastecimiento que suministren agua procedente de captaciones subterráneas. Comunidad Autónoma de Canarias.



(\*) En las redes de distribución en las que se realice el seguimiento cuatrimestral una de las muestras se tomará en verano y otra en invierno.

### **Repercusiones en los criterios sanitarios de la calidad. Relación con otros parámetros.**

La presencia de actividad  $\alpha$  en el agua de consumo humano está relacionada con las características del subsuelo volcánico de las Islas, por lo tanto, estará asociada a la presencia de otros parámetros como el fluoruro. Asimismo se pueden ver acompañados por concentraciones variables de aniones disueltos entre los que se encuentran cloruros y sulfatos, parámetros de la parte C del anexo I del Real Decreto 140/2003.

### **Importancia del incumplimiento (estimación).**

La estimación de la importancia del incumplimiento se realizará siguiendo las pautas establecidas en la figura 1.

#### **1) Valores de referencia.**

- Los valores de referencia para la actividad  $\alpha$  total y los radionucleidos asociados se encuentran en las tablas 1 y 5.
- Apertura de situación de alerta.

La apertura o no de una situación de alerta se generará en concordancia con el SINAC.

## **2) Calificación de la muestra.**

La calificación de las muestras de agua se realizará siguiendo las indicaciones de la figura 1.

### **Medidas de intervención de protección de la salud. Actuaciones de la Administración sanitaria autonómica.**

#### **1) Prohibición de suministro.**

No indicada.

#### **2) Restricción de uso.**

Indicada. El agua calificada como no apta para el consumo no podrá ser usada para beber, cocinar y preparar alimentos ni en la industria alimentaria.

#### **3) Aplicación de técnicas de tratamiento del agua antes de su suministro.**

Las indicadas en el apartado de posibles medidas correctoras a aplicar por el gestor dentro de las que pueden encontrarse la aplicación de tratamientos de desalinización por ósmosis inversa o la construcción de ETAP convencionales, incluyendo floculación y sedimentación.

#### **4) Recomendaciones sanitarias a la población.**

No proceden, en principio, dada la restricción del uso del agua.

#### **5) Estudio de evaluación del riesgo.**

Actualmente, la información disponible no justifica la realización de un estudio de evaluación del riesgo.

#### **6) Otras medidas.**

Las señaladas a realizar por el gestor en la figura 1.

### **Directrices para la comunicación a la población y a otros gestores afectados.**

En función de la secuencia representada en la figura 1, el gestor comunicará dentro de las 24 horas siguientes a la valoración sanitaria realizada por el área de salud, a cada gestor afectado, en su caso, y a los consumidores, un comunicado en el que se incluirá como mínimo la siguiente información adaptada a cada caso particular:

**Comunicación de situación incumplimiento a realizar por el gestor:**

- Situación de incumplimiento: Superación del VP establecido para actividad a total o  $\beta$  resto, según corresponda.
- Área geográfica o abastecimiento afectado.
- Población afectada (con indicación de las entidades de población (INE) que estarán incluidas en el formulario de la red correspondiente en el SINAC).
- Medidas correctoras a aplicar.
- Medidas ordenadas por la Administración Sanitaria Autonómica, en su caso.
- Duración prevista en meses (o días).
- Recomendaciones sanitarias efectuadas por la Administración sanitaria autonómica, en su caso.

**Excepción temporal al VP.**

Al no estar incluidos en la parte B del anexo I del Real Decreto 140/2003 los parámetros considerados en este protocolo no pueden ser objeto de solicitud de la situación de excepción temporal al valor paramétrico establecido.

**Elaboración y modificación de protocolos sanitarios.**

El Servicio de Sanidad Ambiental de la Dirección General de Salud Pública elaborará protocolos sanitarios para la valoración de la situación del agua de consumo humano respecto a incumplimientos de otros parámetros indicativos de radiactividad en el agua de consumo humano, si se considera necesario. De la misma forma, en función de los resultados que se obtengan, modificaciones normativas o avances en los conocimientos científicos o técnicos, podrá determinar la modificación de este Protocolo.

**Bibliografía**

- *Australian Drinking Water Quality. Fact Sheets. Physical and Chemical Characteristics. Radium-226 and radium-228, Radon-222, Radionuclides.* 2001.
- Consejo de Seguridad Nuclear: [www.csn.org](http://www.csn.org).
- Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano
- *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality*, 2008.
- *Guidelines for Drinking-Water Quality. Radiological Aspects.* WHO, 2004; 197-209.
- *Guidelines for Drinking-Water Quality. Radiological Aspects.* WHO, 2004; 197-209. *First and Second Addendum*, 2006 y 2008.

- Juan Palomares López y Milagros Pozuelo Cuervo. CIEMAT. Análisis de la radiactividad en aguas de los Balnearios de Jaraba. *An. R. Acad. Nac. Farm.* 2004; 70: 513-20.
- Potabilización radiológica del agua de consumo humano. Consejo de Seguridad Nuclear, 2007.
- Procedimientos para la determinación del índice de actividad alfa total en muestras de agua. Métodos de coprecipitación y evaporación. Consejo de Seguridad Nuclear, 2006.
- Programas de vigilancia radiológica ambiental. Resultados 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008. Colección de informes técnicos del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Protocolo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano. Versión 6. Octubre 2004. Subdirección General de Sanidad Ambiental y Laboral. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Proyecto de Decisión de la Comisión por la que se modifican los anexos II y III de la Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Recomendación de la Comisión de 20 de diciembre de 2001 relativa a la protección de la población contra la exposición al radón en el agua potable.