

Vigilancia radiológica del agua (II)

M^o. ÁNGELES DE PABLO SANMARTÍN (*)

RESUMEN En este artículo se presentan de forma resumida las características de las Redes de Vigilancia Radiológica Ambiental (RVRA) actualmente en funcionamiento en el CEDEX. En la primera parte se presentó la RVRA de las Aguas Continentales Españolas. En esta segunda parte se presentan la RVRA de las Aguas Costeras Españolas y la Red de Alta Sensibilidad en aguas continentales y marinas. También se presenta la Vigilancia Radiológica de las Aguas de Consumo Humano que el CEDEX lleva a cabo en las aguas de consumo público gestionadas por el Canal de Isabel II (CYII) y por la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (M. C. T.). Así mismo se realiza una reseña breve de la legislación aplicable en cada caso.

Dada su extensión el artículo se dividió en dos partes. En la primera parte se presentó la RVRA de las Aguas Continentales Españolas y en esta segunda parte se presentan el resto de las RVRA.

WATER RADIOLOGICAL SURVEILLANCE (II)

ABSTRACT *This paper summarizes the characteristics of the Environmental Surveillance Radiological Networks (ESRN) currently operating in CEDEX. In the first part, the Spanish Continental Waters ESRN has been presented. This second one, describes Spanish Coastal Waters ESRN and the High Sensitivity Network in Continental and Marine Waters. It also presents the Radiological Surveillance of Drinking Waters that CEDEX carries out in waters of public consumption managed by the Canal de Isabel II (CYII) and by the Mancomunidad de los Canales del Taibilla (M.C.T.). The legislation applicable in each case is reviewed as well.*

Due to its extension the article has been divided into two parts. As Spanish Continental Waters ESRN had been reviewed in the first part, the others ESRN are discussed in this second one.

Palabras clave: Calidad del agua, Redes de vigilancia, Radiología del agua.

1. LA RED DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE LAS AGUAS COSTERAS ESPAÑOLAS

1.1. INTRODUCCIÓN

A instancias del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en 1993 el CEDEX puso en marcha la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (RVRA) en las Aguas Costeras Españolas, como consecuencia de la necesidad de conocer de forma sistemática los niveles de radioactividad de las aguas costeras españolas, estudiar la evolución y/o posibles oscilaciones de los parámetros radiológicos con el tiempo.

Por otra parte, debe recordarse que desde 1986, está vigente para España el Tratado del Euratom que en sus artículos 35 y 36 establecen que cada Estado miembro debe crear las instalaciones necesarias para controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo y comunicar regularmente la información relativa de estos controles a la Comisión.

Esta Red está formada por un conjunto de puntos de muestreo escogidos a lo largo de todo el litoral del estado español en los que se analiza trimestralmente su contenido en radioactividad.

Dadas las características del medio marino, es de especial importancia la logística del muestreo. Las muestras son tomadas por medio de embarcaciones dependientes de la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima y de

las autoridades portuarias y son enviadas a los laboratorios del Área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX donde son analizadas.

Hay que destacar también, dadas las características físico-químicas del agua marina, los problemas de preparación y medida de las muestras ya que los radionucleidos se encuentran en un orden de mBq/l y además están enmascarados por la alta salinidad del medio marino.

En todas las muestras se determinan el pH, la conductividad, los Índices de Actividad Alfa total, Beta total y Beta resto, la concentración de Tritio y de potasio y se realiza una espectrometría gamma.

Anualmente los resultados son estudiados y recopilados emitiéndose el correspondiente informe técnico.

1.2. LA RED DE TOMA DE MUESTRAS

Con el fin de conocer de forma sistemática los niveles de radiactividad de las aguas costeras españolas, la red está formada por 15 puntos de muestreo situados a lo largo de todo el litoral del estado español, con frecuencia de toma trimestral.

De ellos, seis puntos están ubicados en los principales puertos, con mayor densidad de tráfico marítimo:

- Puerto de Cádiz
- Puerto de Cartagena
- Puerto de Palma
- Puerto de Tarragona
- Puerto de Barcelona
- Puerto de Las Palmas

(*) Lic. en C. Químicas. Coordinadora de Programa. Área de Aplicaciones Isotópicas. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX.

Los nueve puntos de muestreo restantes están distribuidos de la forma siguiente:

- Uno situado en la cornisa cantábrica:
 - Cabo de Ajo
- Tres situados en la costa gallega:
 - Cabo Ortegal
 - Cabo Villano
 - Cabo Silleiro
- Dos situados en la costa atlántica Sur-Occidental:
 - Isla Cristina
 - Estrecho de Gibraltar
- Dos situados en la zona del Levante:
 - Garrucha
 - Cabo de San Antonio
- Uno situado en la costa mediterránea Nor-Oriental:
 - Cabo de Creus

En la figura 1 se sitúan los puntos de muestreo y en la tabla 1 se detallan los puntos de muestreo con indicación del código, lugar de toma y coordenadas geográficas.

1.3. CARACTERÍSTICAS Y LOGÍSTICA DE LA TOMA DE MUESTRAS

En los puertos la toma de muestras se realiza en la bocana. En el resto de los puntos, las muestras se toman a 10 millas de la costa y buscando el veril de 100 metros, de esta forma se elimina la influencia de la plataforma costera. La frecuencia de la toma en todos los puntos es trimestral.

En el momento de la toma de muestras, es importante que el operador anote además de las coordenadas y de la fecha, las condiciones meteorológicas ya que podrían alterarse algunos parámetros físico - químicos de la muestra.

La recogida de muestras, es un tema muy complejo en el que es muy difícil establecer reglas generales para su realización debido a la propia naturaleza del medio, a la dispersión geográfica acentuada, al creciente número de puntos de muestreo y a la frecuencia de la toma.



FIGURA 1. Situación de los puntos de muestreo en la R.V.R.A. de las Aguas Costeras Españolas.

CÓDIGO	DENOMINACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
MAS-01	C. AJO-SUPERFICIE	3°34'W 43°38'N
MAS-03	C. ORTEGAL-SUPERFICIE	7°48'W 43°52'N
MAS-04	C. VILLANO-SUPERFICIE	9°22'W 43°0'N
MAS-05	C. SILLEIRO-SUPERFICIE	8°54'W 42°15'N
MAS-06	ISLA CRISTINA-SUPERFICIE	7°20'W 37°3'N
MAS-08	E. GIBRALTAR-SUPERFICIE	5°23'W 36°6'N
MMS-20	GARRUCHA -SUPERFICIE	1°46'W 37°38'N
MMS-13	C. S. ANTONIO-SUPERFICIE	0°7'E 38°54'N
MMS-17	C. CREUS-SUPERFICIE	3°20'E 42°23'N
MAB-07	PUERTO DE CÁDIZ	6°19'W 36°35'N
MMB-11	PUERTO DE CARTAGENA	0°59'W 37°34'N
MMB-14	PUERTO DE PALMA	2°38'E 39°33'N
MMB-16	PUERTO DE BARCELONA	2°10'E 41°21'N
MMB-18	PUERTO DE TARRAGONA	1°14'E 41°5'N
MAB-19	PUERTO DE LAS PALMAS	15°24'W 28°7'N

TABLA 1. Puntos de muestreo de la RVRA de AGUAS COSTERAS - Año 2008.

La recogida sin embargo es posible debido a la colaboración con el CEDEX de diversos organismos públicos: Dirección General de Costas, autoridades portuarias, Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima etc.

En la actualidad las muestras se toman por medio de 15 embarcaciones fondeadas en puertos próximos a los puntos de muestreo.

Hay que señalar algunos aspectos que son un reflejo de dicha complejidad:

- Para facilitar el muestreo, se ha centralizado la compra de los bidones de 25 litros, lo que obliga a tener que enviarlos vacíos desde Madrid a los diferentes puntos.
- Se han contratado los servicios de una empresa de transporte para garantizar la entrega trimestral de bidones y muestras.
- Debe destacarse que la periodicidad en la recogida de muestras está supeditada a imponderables tales como el estado de la mar (temporales) y a la disponibilidad de las embarcaciones (tareas de salvamento, búsqueda, rescate, ayuda al tráfico marítimo, contaminación del medio marino, remolque, etc.). Hay que tener presente que la toma de muestras es una entre las muchas tareas que realizan habitualmente estas embarcaciones y que en la mayoría de los casos no es prioritaria.
- Toda la logística expuesta anteriormente debe ponerse en marcha trimestralmente, por lo que es necesario realizar por parte del CEDEX un seguimiento en cada uno de los puntos de muestreo de todo el proceso.

1.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

En todas las muestras de la RVRA de las Aguas Costeras se determinan la conductividad, el pH, los Índices de Actividad Alfa total, Beta total, Beta resto, la concentración de Tritio y de potasio y se realiza una espectrometría gamma.

Conductividad y pH

La conductividad indica la capacidad de una muestra de agua para conducir la corriente eléctrica y depende de la concentración de iones presentes a una temperatura dada. Su medida se realiza mediante un conductímetro.

En el Mar Cantábrico el valor medio de la conductividad es de 53.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el Mediterráneo de 56.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sin embargo se pueden dar variaciones significativas en estos valores.

Es posible obtener conductividades inferiores a las esperables en el caso de que la muestra haya sido tomada durante un temporal o en la proximidad de la desembocadura de un río.

También es posible obtener conductividades más altas de las esperables en el mar Cantábrico, debido a la presencia de una corriente de máxima evaporación procedente del Golfo de Méjico y en los puertos si la muestra no ha sido tomada en la bocana.

Estas oscilaciones de la conductividad llevan consigo fundamentalmente variaciones de la concentración de potasio y en consecuencia alteraciones del Índice de Actividad Beta Total.

El pH indica la concentración de iones Hidrógeno presentes en una muestra de agua a una temperatura dada. Su medida se realiza mediante un pHmetro

Los valores habituales son de 7 unidades de pH.

Índice de Actividad Alfa Total

La preparación se realiza por el método de coprecipitación (Figura 2). Este método consiste en una precipitación selectiva del Radio-226 y sus isótopos seguida de una coprecipitación de los actínidos; ambos precipitados se separan conjuntamente por filtración, siendo sus emisiones alfa medidas en un contador de centelleo sólido de ZnS (Ag).

Con este método la Actividad Mínima Detectable es de: 4 mBq/l y el valor medio de los resultados de 0,08 Bq/l.



FIGURA 2. Método de coprecipitación de emisores alfa.

Índice de Actividad Beta Total

La concentración de la muestra se realiza por evaporación y la medida mediante un contador proporcional.

Con este método la Actividad Mínima Detectable es de: 0,8 Bq/l.

Los valores medios obtenidos con este método, oscilan entre 12 Bq/l y 15 Bq/l.

Índice de Actividad Beta Resto

Dado que en el agua de mar, el valor del de actividad beta total es debido a la actividad beta originada por el K-40, el valor del Índice de Actividad Beta Resto es próximo a cero.

La Actividad Mínima Detectable es la misma que la obtenida en la medida del Índice de Actividad Beta Total.

Concentración de Potasio

El potasio es uno de los componentes mayoritarios del agua de mar.

Para la medida del potasio las muestras deben ser previamente preparadas utilizando el método del supresor de ionización. A continuación el potasio se determina por espectrofotometría de emisión atómica.

Los valores obtenidos oscilan entre 380 ppm y 430 ppm, siendo la incertidumbre asociada de 11 ppm.

Concentración de Tritio

La medida de la concentración de Tritio se realiza en la RVRA de Aguas Costeras por Concentración electrolítica (Figura 3).

En este método, la muestra una vez destilada se descompone electrolíticamente y se concentra, obteniéndose un residuo enriquecido en Tritio. Posteriormente se realiza una segunda destilación y se acondiciona la muestra para su medida en el espectrofotómetro de centelleo líquido.

Con esta técnica, la Actividad Mínima Detectable es de: 0,05Bq/l.

Los valores obtenidos oscilan entre 0,10 Bq/l y 0,30 Bq/l.

Espectrometría gamma

La preparación y medida se realizan de la misma forma que en la RVRA de Aguas Continentales.

En las muestras de la RVRA de Aguas Costeras, medidas hasta la fecha no se han obtenido valores de concentraciones de emisores gamma superiores a los correspondientes A.M.D.

Los resultados una vez validados se incorporan a las Bases de Datos donde son tratados con las correspondientes aplicaciones que darán lugar a los gráficos, resúmenes, hojas de resultados, etc. que se incluyen en los informes que se envían habitualmente a los organismos correspondientes.



FIGURA 3. Concentración electrolítica de Tritio.

1.5. LEGISLACIÓN APLICABLE

Consideramos que la única Normativa sobre Vigilancia Radiológica en Agua Marina aplicable en la Unión Europea y en España es el Tratado del Euratom, en concreto los artículos 35 y 36.

Artículo 35:

Cada estado miembro creará las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo así como la observancia de las normas básicas.

La Comisión tendrá derecho de acceso a estas instalaciones de control; podrá verificar su funcionamiento y eficacia.

Artículo 36:

La información relativa a los controles mencionados en el Artículo 35 será comunicada regularmente por las autoridades competentes a la Comisión, a fin de tenerla al corriente del índice de radiactividad que pudiera afectar a la población.

2. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

El CEDEX lleva a cabo la Vigilancia Radiológica de las aguas de consumo público gestionadas por el Canal de Isabel II (CYII) y por la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (M.C.T). Ambas entidades son de carácter público y entre las dos abastecen a más de 9 millones de habitantes.

2.1. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE CONSUMO PÚBLICO GESTIONADAS POR EL CANAL DE ISABEL II (CYII)

2.1.1. Introducción

Desde 1984 el CEDEX lleva a cabo la Vigilancia Radiológica de las aguas de consumo público gestionadas por el CYII.

El CYII es una empresa pública, dependiente de la Comunidad de Madrid, a la que fue adscrita por el Real Decreto 1873/1984 de 26 de Septiembre.

Este organismo tiene entre sus funciones la de gestionar la red primaria del abastecimiento de agua de la práctica totalidad de la población de la Comunidad de Madrid.

En el año 2006, la población abastecida por el Canal de Isabel II ascendió a unos seis millones de habitantes. Ello supone alrededor del 99,83% de la población de la Comunidad de Madrid repartida en 173 municipios. El consumo anual alcanzó en el año 2006 la cantidad de 553,2 hm³.

2.1.2. Características de la toma de muestras

Cada año, el CYII establece los puntos de muestreo para medida de radiactividad y habitualmente corresponden a la salida de las estaciones de tratamiento. También se realizan medidas en depósitos y en pozos. Hay que señalar que en el CYII se han llevado a cabo análisis radiológicos en muestras procedentes de más de cien puntos de muestreo diferentes, ya que en su día el CYII hizo varias campañas de muestreo en pozos.

La frecuencia de toma es trimestral y la modalidad del muestreo puntual.

Las muestras se toman por personal del CYII y se envían a los laboratorios del Área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX para su análisis.

Los análisis que se efectúan en cada una de las muestras son:

2.1.3. Análisis radiológicos

- Índice de actividad alfa total, mediante la técnica de centelleo sólido, con una actividad mínima detectable (A.M.D.) de 0,05 Bq/l.
- Índice de actividad beta total, medido con contador proporcional con una actividad mínima detectable (A.M.D.) de 0,05 Bq/l (Figura 4).



FIGURA 4. Contador Proporcional.



FIGURA 5. Contador de centelleo líquido.

- Índice de actividad resto beta, calculado por diferencia entre el índice de actividad beta total y el índice de actividad beta correspondiente al K-40. La concentración de K-40 se deduce de la concentración de K-total, que se mide por espectrofotometría de absorción atómica.
- Actividad de tritio, medida con la técnica de centelleo líquido (Figura 5) con una actividad mínima detectable (A.M.D.) de 3 Bq/l.
- Espectrometría gamma utilizando detectores de germanio-HP. Como se sabe el límite inferior de detección en este caso, es diferente para cada radionucleido debido a que las emisiones tienen distinta energía.

2.2. VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE CONSUMO PÚBLICO EN LA MANCOMUNIDAD DE LOS CANALES DEL TAIBILLA (M. C. T.)

2.2.1. Introducción

Desde 1992 el CEDEX lleva a cabo la Vigilancia Radiológica de las aguas de consumo público en la M. C. T.

La M. C. T. es un organismo autónomo que está adscrito al (antiguo) Ministerio de Medio Ambiente y tiene entre sus funciones gestionar la red primaria del abastecimiento de agua en una gran parte del Sudeste español.

Actualmente abastece a 79 municipios, de los que 34 pertenecen a la comunidad autónoma valenciana, 43 a la comunidad autónoma de la Región de Murcia y 2 a la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha (Férez y Socovos).

Según censos oficiales, la población estable abastecida es superior a dos millones trescientos mil habitantes, Hay que destacar que en época estival dicha cifra supera los tres millones cien mil habitantes.

La demanda global anual supone un consumo de unos 235 hm³, de los que 103 hm³ son transvasados del río Tajo y 42 hm³ proceden de desalación.

2.2.2. Características de la toma de muestras

Los puntos de muestreo para medida de radiactividad establecidos en la M. C. T. son los correspondientes a las estaciones de tratamiento y a varios pozos

La frecuencia de toma es trimestral y la modalidad del muestreo puntual.

Las muestras se toman por personal de la M. C. T. y se envían a los laboratorios del Área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX para su análisis.

2.2.3. Análisis radiológicos

Los análisis que se efectúan en cada una de las muestras, son los mismos que los que se han descrito para el CYII.

3. NORMATIVA Y LEGISLACION EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

3.1. DIRECTIVA

En el año 1998, el Diario Oficial de las Comunidades Europeas publicó la Directiva 98/83/CE del Consejo de la Unión Europea de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

En relación a la Radiactividad, en la Parte C, Parámetros Indicadores establece:

RADIOACTIVIDAD			
Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Tritio	100	Bq/l	Notas 8 y 10
Dosis Indicativa Total	0,10	mSv/año	Notas 9 y 10

Nota 8: La periodicidad del control se indicará posteriormente, en el anexo II

Nota 9: Excluido el tritio, el potasio -40, el radón y los productos de desintegración del radón. La periodicidad del control, los métodos de control y los lugares más adecuados para la toma de muestras se indicarán posteriormente en el anexo II

Nota 10:

- Las propuestas requeridas por las notas 8 y 9 sobre la periodicidad del control, los métodos del control y los lugares más adecuados para los puntos de control que se indican en el anexo II se adoptarán con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 12. Al elaborar dichas propuestas, la Comisión tomará en consideración *inter alia* las disposiciones pertinentes con arreglo a la legislación existente o a los programas de control adecuados incluidos los resultados del control que se deriven de los mismos. La Comisión presentará dichas propuestas, a más tardar, transcurridos 18 meses desde la fecha a que se refiere el artículo 18 de la presente Directiva
- No será necesario que los Estados miembros controlen el agua potable respecto del tritio ni la radiactividad para establecer la Dosis Indicativa Total cuando consideren que sobre la base de otros controles llevados a cabo, los niveles de tritio o de la dosis indicativa total del agua se encuentran muy por debajo del valor paramétrico. En ese caso comunicará las razones de su decisión a la Comisión, incluyendo los resultados de esos otros controles llevados a cabo.

3.2. REAL DECRETO

En el año 2003, el Boletín Oficial del Estado publicó 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. Este RD incorpora al derecho interno español la Directiva 98/83/CE.

En relación al Real Decreto y a la Radiactividad hay que señalar:

Primero: Definición de agua apta o no apta para el consumo

En el artículo 17 del RD se define el agua apta o no apta para el consumo en virtud del cumplimiento o no de unos determinados valores paramétricos, siempre a discreción de la consideración de la autoridad sanitaria.

Artículo 17 Control de la calidad del agua de consumo humano.

- En términos generales, en cada abastecimiento se controlarán los parámetros fijados en el anexo I. Cuando la autoridad sanitaria lo disponga se controlarán aquellos parámetros o contaminantes que estén presentes en el agua de consumo humano y suponer un riesgo para la salud de los consumidores.
- El control de la calidad del agua de consumo humano engloba los siguientes apartados:
 - Autocontrol del agua de consumo humano.
 - Vigilancia sanitaria.
 - Control del agua del grifo del consumidor.
- Todos los resultados derivados del control de la calidad del agua de consumo deberán estar recogidos en un sistema de registro para cada caso, preferiblemente en soporte informático y en concordancia con el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

4. En toda muestra de agua de consumo humano para el autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, el agua se podrá calificar como :

- “Apta para el consumo” : cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración, que pueda suponer un peligro para la salud humana; y cumpla con los valores paramétricos especificados en las partes A, B y D del anexo I o con los valores paramétricos excepcionados por la autoridad sanitaria y sin perjuicio de lo establecido en el artículo 27.7, determinados en los análisis.
- “No apta para el consumo”: cuando no cumpla con los requisitos del párrafo a). Si un agua “no apta para el consumo” alcanza niveles de uno o varios parámetros cuantificados que la autoridad sanitaria considere que han producido o puedan producir efectos adversos sobre la salud de la población, se calificará como agua “no apta para el consumo y con riesgos para la salud”

Segundo: Relación de Parámetros y de Valores Paramétricos

En el Anexo I, Parámetros y valores paramétricos, en el Apartado D Radiactividad, se relacionan los siguientes parámetros:

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
Dosis Indicativa Total	0,10 mSv/año	1
Tritio	100Bq/l	
Actividad alfa total	0,1 Bq/l	
Actividad beta total	1Bq/l	2

Notas

- Excluidos el tritio, el potasio 40, el radón y los productos de desintegración del radón.
- Excluidos el potasio 40 y el tritio.

Posteriormente la Corrección de erratas del Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, de 7 de febrero, rectificó que donde decía Actividad beta total, debía decir Actividad beta resto.

Tercero: Muestreo de la Radiactividad

La Disposición adicional segunda. Muestreo de la Radiactividad, indica:

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, los muestreos, frecuencias, tipos de análisis y métodos de ensayo para la determinación de los parámetros correspondientes a la radiactividad.

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.

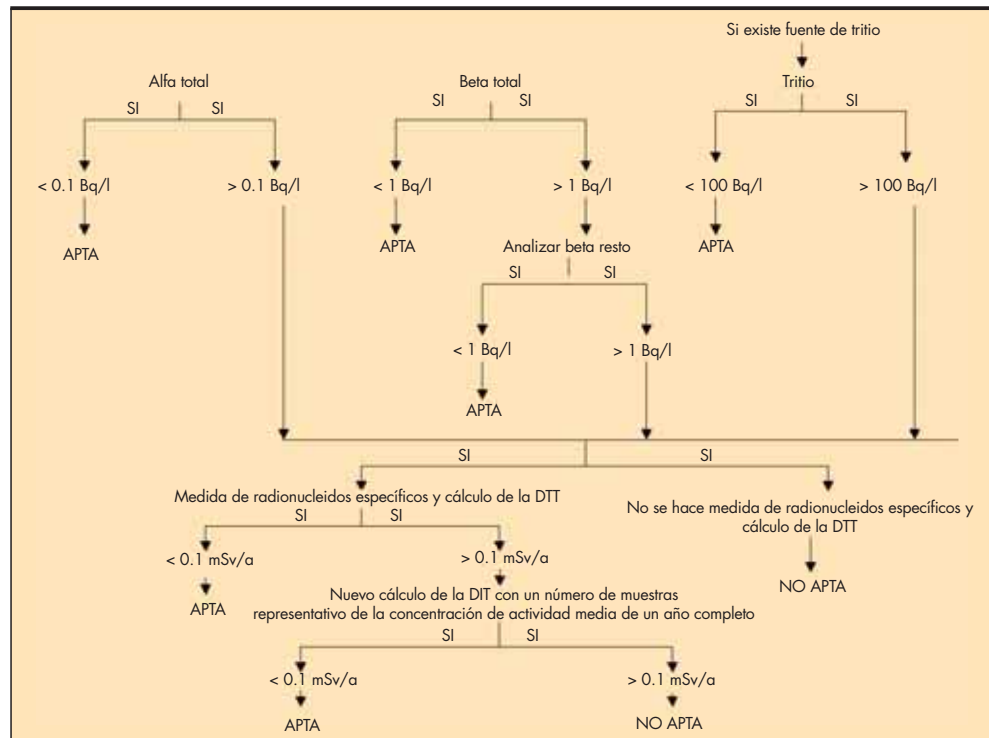


FIGURA 6. Esquema del control de la radiactividad en el agua de bebida.

3.3. PROTOCOLO PARA EL CONTROL DE LA RADIATIVIDAD EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO

A raíz de la publicación del Real Decreto 140/2003, el Ministerio de Sanidad y Consumo, en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), ha ido emitiendo versiones sucesivas del “Protocolo para el control de la Radiactividad en el agua de consumo humano”. La última es la Versión 6 de octubre de 2004.

En él se indica que el protocolo “será utilizado de modo transitorio en tanto no se publique el definitivo una vez aprobada la modificación del anexo II de la Directiva 98/83/CE de 3 de noviembre de 1998 que considera el control de la radiactividad”.

Establece unos Principios generales, para el control de la Dosis Indicativa Total (DIT) y del Tritio en el agua de consumo de los abastecimientos, indicando la necesidad de conocer los niveles de radiactividad artificial o natural y las fuentes de tritio en el recurso hídrico que se utilice para la producción de agua de consumo humano.

En el apartado de Control explica los pasos a seguir para realizar el control radiológico del agua de consumo humano y los resume en un esquema de control, (Figura 6).

En este mismo apartado indica que la superación del valor paramétrico de la DIT, sólo se considerará si persiste con concentraciones de actividad similares durante un año; considerando que las medidas se hayan realizado en un mínimo 12 muestras recogidas con periodicidad mensual. En los casos en los que se supere el valor paramétrico de la DIT, o bien si no se realiza el análisis específico de radionucleidos y cálculo de la DIT, el Gestor lo debe notificar a la Autoridad Sanitaria y debe adoptar las medidas específicas correspondientes.

En el Anexo A de este Protocolo se da un listado de Radionucleidos alfa y beta y sus valores de referencia en Bq/l.

En el Anexo B – Cálculo de la DIT, define la DIT como: la dosis efectiva comprometida anual por ingestión debida a to-

dos los radionucleidos cuya presencia en el suministro de agua haya sido detectada, tanto de origen natural como artificial excluidos el tritio, el potasio-40, el radón y los productos de desintegración del radón.

Siendo su fórmula de cálculo:

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

donde

$C_i(obs)$ = concentración observada del radionucleido i

$C_i(ref)$ = concentración de actividad de referencia del radionucleido.

n = número de radionucleidos detectados.

En el Anexo A, se indican las concentraciones de actividad de referencia de varios radionucleidos naturales y artificiales.

Si se cumple la fórmula, se puede considerar que la DIT es inferior a 0,1 mSv/año y no es necesaria ninguna investigación adicional.

3.4. GUÍA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)

En el año 2006 la OMS publicó la primera addenda a la tercera edición.

En el Volumen I titulado Recomendaciones, el Capítulo 9 está dedicado a la Radiología en agua de bebida.

En él indica unos valores guía para los radionucleidos en agua potable, siendo el valor guía para el tritio de 10.000 Bq/l.

Establece un Esquema de control para el análisis de agua de consumo, definiendo la DIT.

También fija unos valores límites de 0,5 Bq/l para la actividad alfa total y de 1Bq/l para la actividad beta total y considera que si estos valores no se superan, el valor de la DIT

será inferior o igual a 0,1 mSv y por tanto el agua será apta para el consumo.

En el caso de que una o las dos actividades totales se superen será necesario analizar los radionucleidos, comparar los con los niveles guía y calcular la DIT.

3.5. NORMATIVA DEL AGUA POTABLE EN LO RELATIVO A RADIATIVIDAD: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN

En enero de 2006 el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) publicó este documento en el que glosa el estado de la normativa del análisis de radiactividad en agua potable desde 1998, fecha de publicación de la Directiva 98/83/CE del Consejo de la Unión Europea de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano hasta enero de 2006.

Expone entre otros aspectos, la decisión de la Comisión de la UE de elaborar otra Directiva independiente para el control de la radiactividad en el agua de bebida, que recogerá todos los aspectos que no incluyó el anexo II de la Directiva 98/83/CE.

El CSN prevé una demora en dicha elaboración, aprobación y transposición a la legislación española de la futura directiva y por ello propone al Ministerio de Sanidad y Consumo modificar la reglamentación vigente, equiparando el Real Decreto 140/2003 a la Directiva 98/83/CE, y estableciendo su coherencia con el Protocolo para el control de la Radiactividad en el agua de consumo humano. Versión 6, elaborado en el año 2004 por ambos organismos.

4. REDES DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA ESPECIALES

En este apartado agrupamos las Redes de Vigilancia Radiológica con unos objetivos específicos. En este momento en el CEDEX se trabaja en la Red de Alta Sensibilidad (Sparse Network) de Aguas Continentales y Marinas.

4.1. RED DE ALTA SENSIBILIDAD (SPARSE NETWORK) EN AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS

Desde el año 2004 y a instancias del Consejo de Seguridad Nuclear, el CEDEX lleva a cabo el análisis de las muestras que constituyen la Red de Alta Sensibilidad (RAS) de las Aguas Superficiales Españolas. Esta red, se enmarca también dentro de los compromisos adquiridos por España al firmar el Tratado del Euratom.

Está formada, por un conjunto muy reducido de puntos de muestreo, representativo de las aguas continentales y de las aguas costeras en los que se analiza el valor real de Cesio-137. La finalidad de la RAS es conocer el valor de las concentraciones actuales de Cs-137 y estudiar su posible oscilación a lo largo del tiempo.

La RAS de las Aguas Continentales está formada por dos puntos situados en ríos que disponían de centrales nucleares en su curso. Por ello se escogió uno en Alcántara en el río Tajo y otro en García en el río Ebro.

La RAS de las Aguas Costeras está formada por dos puntos representativos del litoral español: uno situado en la vertiente atlántica en Cabo de Ajo y el otro en la vertiente mediterránea en Cabo de Creus.

En los cuatro puntos la frecuencia es trimestral y la modalidad puntual.

Para llevar a cabo este proyecto el CEDEX puso a punto el método de separación de Cs-137 en muestras de agua, con fomalolbato amónico.

Dado que los niveles de actividad son extraordinariamente bajos, se requieren volúmenes elevados de muestra.



FIGURA 7. Separación de Cesio - 137 en aguas continentales.

En las aguas continentales son del orden de 350 litros (Figura 7) y los tiempos de medida de una semana.

En las aguas costeras el volumen empleado es de 50 litros y el tiempo de medida es de 3 días.

Las concentraciones de Cs-137 obtenidas en muestras de aguas continentales son del orden de decenas de $m.Bq\ m^{-3}$, siendo la actividad mínima detectable de $m.Bq\ m^{-3}$.

Las concentraciones de Cs-137 obtenidas en muestras de aguas costeras son del orden de $Bq\ m^{-3}$ y la actividad mínima detectable del orden de décimas de $Bq\ m^{-3}$.

5. BIBLIOGRAFÍA

APHA-AWWW-WEF(1998). Standards Methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association.

J.ANCELLIN, P. GUÉGUÉNIAT, P. GERMAIN (1979). Radioécologie marine: Étude du devenir des radionucléides rejetés en milieu marin et applications à la radioprotection. Paris: Ed. Eyrolles.

M.EISENBUD, T.GESELL (1997). Environmental radioactivity, from natural, industrial and military sources. San Diego: Academic Press.

FRIEDLANDER, KENNEDY, (1981). "Nuclear and Radiochemistry". John Wiley and Sons. New York.

M.IVANOVICH, RUSSEL, S. HARMON (1982). Uranium series disequilibrium. Applications to environmental problems. Oxford: Clarendon Press Oxford.

JOINT RESEARCH CENTRE. Environmental Radioactivity in the European Community. Radiation Protection. Luxembourg: European Commission.

KENNETH A. SOLOMON (1988) Sources of radioactivity in the ocean environment from low level waste to nuclear powered submarines. Journal of hazardous Materials 18 (1988) 255-262.

KOLTHOFF, I.M. (1984) "Análisis químico cuantitativo". Nigar. Buenos Aires.

MAC KEY, C. (1971). "Principles of Radiochemistry". Butterworths. London.

RODIER J. (1998). L'Analyse de l'eau. Paris: Dunod.

UNSCEAR (1977) (1993) y (2000) Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York. United Nations.



La tuneladora de Herrenknecht supera la velocidad máxima.

Segunda perforación de túnel cerca de la ciudad española de Valencia.



Ya está excavado el bitubo del túnel de ferrocarril de La Cabrera, próximo a Valencia: el 25 de septiembre de 2008 la Tuneladora doble escudo de Herrenknecht S-373 caló el muro de meta del segundo túnel – 5 meses antes de lo previsto. De esta forma se redujo en un cuarto el tiempo de obras global calculado. Para la obra civil de los dos tubos de casi 6.000 metros de largo se alcanzaron rendimientos de avance de hasta 106 metros por día, de manera que los túneles quedaron totalmente excavados en tan sólo 14 meses.

Schwanau, Alemania / Madrid, España, 11 de noviembre 2008. El 25 de septiembre de 2008 la tuneladora de doble escudo de Herrenknecht S-373, con un diámetro de Ø 9,69 m, alcanzó su meta. La máquina concluyó en el este de España la obra civil del segundo tubo del túnel de La Cabrera – 5 meses antes de lo previsto. El inicio de la perforación de los dos túneles de ferrocarril de poco menos de 6 km de longitud fue el 27-7-2007. De esta forma se redujo en un cuarto el tiempo de obras global calculado.

El primer registro récord ya se consiguió en noviembre de 2007.

Al cabo de tres meses y medio, tras las pruebas de aceptación en fábrica de la tuneladora, el 12 de abril de 2007 en Schwanau, ya se iniciaron las obras del primer túnel. Rendimientos de excavación en una sola jornada de hasta 83,2 metros demostraron que la tuneladora S-373 estaba diseñada óptimamente para la geología del terreno. Sólo en noviembre de 2007 se excavaron en total 1.600 metros de túnel. Y apenas seis meses después del inicio de las obras ya se pudo concluir la apertura del primer tubo. El Gerente técnico de la Delegación española de Herrenknecht, Sr. Arroyo, pronosticó entonces lo siguiente respecto a la finalización de ambos tubos: "Si todo sale bien de aquí en adelante, habremos terminado en diciembre de 2008." Se equivocó -positivamente-, puesto que a finales de septiembre ya se habían concluido los trabajos de perforación.

En la construcción del segundo tubo se aprovechó el lugar de obras desde el punto de vista logístico de tal forma, que se pudieron alcanzar o incluso sobrepasar los valores de perforación del primer tubo. La fabricación de dovelas se realizó durante las 24 horas del día, y la producción de mortero para el relleno de las dovelas se amplió adecuadamente, de forma que siempre había disponible el doble de material.

La tuneladora doble escudo hace posible el avance sin parar.

La máquina perforadora de túneles de doble escudo de Herrenknecht, con un diámetro de 9,69 metros, perforó de forma continua a través del material rocoso. Gracias a los grippers, la tuneladora se apoyó en la roca y generó la presión de apriete necesaria para el avance de perforación. Al mismo tiempo tuvo lugar el montaje de las dovelas por medio de un erector de dovelas. Segmentos de hormigón de seis a 8,8 toneladas, así como una clave de bóveda dieron como resultado un anillo de 1,6 metros de ancho, conformando así el revestimiento del túnel.

Tras el inicio de los trabajos de perforación del segundo túnel el 5 de mayo de 2008, el equipo consiguió repetidamente rendimientos semanales de más de 400 metros; la

máquina "fresó" hacia delante 284 m por semana de media, colocando 178 anillos de dovelas.

Como explicación para este avance de perforación tan rápido, los Directores españoles de la Delegación de Herrenknecht en España, Francisco Angel Avila Aranda y Juan Arroyo Malpartida, citan diversos factores: el experimentado equipo de construcción de FCC Construcción S.A. y de Construcciones Sánchez Domínguez-Sando S.A., la logística planificada con detalle y el haber calibrado con precisión la tuneladora para una geología de dura piedra caliza. El ritmo exhibido por la máquina y el equipo de construcción ha entusiasmado incluso a los especialistas, como el asesor y experto en túneles, Don Felipe Mendaña, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos: "La elección acertada de la tipología de la máquina, un "doble-escudo" que para un macizo de las características geológicas mencionadas permitió lograr prácticamente el 100 % de su trabajo en el "modo doble-escudo", con lo cual se pudo simultanear la colocación del revestimiento con la excavación, además, por supuesto de disponer por parte de la Contrata de un equipo perfectamente entrenado y de un plan logístico para la ejecución que puede calificarse de perfecto."

El túnel de ferrocarril de La Cabrera

El túnel de La Cabrera atraviesa por debajo la Sierra de La Cabrera, venciendo una diferencia de altura de unos 170 metros, con una pendiente de apenas un 3 por ciento entre la boca oeste y la boca este. En la ampliación de la red del tren de alta velocidad entre Madrid y Valencia, éste constituye el corazón de la sección de 11,2 kilómetros "Siete Aguas - Buñol". Tras la colocación de las instalaciones necesarias para el AVE, el túnel debe entrar en funcionamiento a finales de 2010.

La perforación del túnel en cifras

Primer tubo

Inicio de las obras: 27-7-2007

Conclusión: 25-1-2008

Longitud del túnel: 5.974,4 m

Mejor rendimiento en un día: 83,2 m / 52 anillos de dovela (1-12-2007)

Mejor rendimiento semanal: 430,4 m / 269 anillos de dovela (semana nº 47/2007)

Mejor rendimiento mensual: 1.600 m / 1.000 anillos de dovela (noviembre 2007)

Segundo tubo

Inicio de las obras: 5-5-2008

Conclusión: 25-9-2008

Longitud del túnel: 5.966,4 m

Mejor rendimiento en un día: 105,6 m / 66 anillos de dovela (19-7-2008)

Mejor rendimiento semanal: 435 m / 290 anillos de dovela (semana nº 30/2008)

Mejor rendimiento mensual: 1.688 m / 1055 anillos de dovela (julio 2008)

Herrenknecht AG

Schlehenweg 2

77963 Schwanau

Comunicados de empresa

Achim Kühn, Tel.: +49 (0)7824 302-540

Fax: +49 (0)7824 302-473

E-Mail: pr@herrenknecht.de

www.herrenknecht.de

Herrenknecht Ibérica S.A.

Paseo de la Castellana 192-14D

28046 Madrid

España

tel. +34 91 -359 80 08

Fax + 34 91 - 345 66 72

