Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2013

CSN









Colección
Informes Técnicos
41.2014

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2013

Autoras: Sofía Luque Heredia
Inmaculada Marugán Tovar
Carmen Rey del Castillo
Rosario Salas Collantes
Agustina Sterling Carmona
Lucila Mª Ramos Salvador

Agradecemos a Mercedes Huerta Rodríguez y José Miguel Larrañaga Amorín su colaboración en la elaboración de este informe.

Colección
Informes Técnicos
41.2014

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.35

Agradecemos a las áreas de Evaluación de Impacto Radiológico Ambiental y de Coordinación de Operaciones de Emergencia del CSN la información proporcionada. Asimismo, agradecemos la colaboración de las instituciones y laboratorios citados en este documento, y de las personas que desarrollan en ellos su labor, gracias a las cuales se dispone de los resultados publicados en este informe.

© Consejo de Seguridad Nuclear
Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
C/ Justo Dorado, 11
28040 Madrid. España
www.csn.es
peticiones@csn.es

Maquetación: Cerezo Diseño
Impresión: Elecé

Depósito legal: M-32 338-2014

Impreso en papel



Introducción

Se presenta aquí el decimosexto informe anual correspondiente a los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental desarrollados durante el año 2013, acompañado de los datos históricos que constituyen un marco de referencia. Este documento es continuación de los emitidos por el Consejo de Seguridad Nuclear desde que en 1999 inició la publicación de esta serie de informes técnicos que ponen a disposición de ciudadanos e instituciones información sobre los niveles de radiactividad ambiental del país con un cierto nivel de detalle.

El Consejo, en virtud de las funciones que tiene encomendadas, lleva a cabo la evaluación y la vigilancia del impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas, y vigila la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en cumplimento de las obligaciones del Estado español en esta materia. Otra de las obligaciones del CSN, en la que se enmarca este documento, es informar periódicamente a la opinión pública sobre las materias de su competencia.

La vigilancia radiológica del medio ambiente en España se realiza mediante un sistema de redes, constituido por una red de vigilancia en el entorno de las instalaciones y por una red nacional. En el caso de las instalaciones, los titulares son los responsables de la realización de sus Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) siguiendo las directrices del CSN, en función del tipo de instalación y de algunas características del emplazamiento tales como demografía, usos de la tierra y el agua, así como hábitos de la población. El CSN ejerce el control regulador mediante inspecciones periódicas, evaluación de los datos obtenidos y realización de programas independientes, bien de modo directo o mediante encomienda a las comunidades autónomas, lo que permite confirmar su ejecución y supervisar la calidad de los resultados. Por su parte, la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental no asociada a instalaciones (Revira) se distribuye por todo el territorio nacional y es gestionada por el Consejo. Está constituida por una Red de Estaciones de Muestreo (REM) y por una Red de Estaciones Automáticas de

medida en continuo (REA). Revira proporciona información radiológica sobre la radiactividad de la atmósfera, del suelo, de las aguas (potables, continentales y marinas) y de los alimentos, y disponemos de resultados desde el año 1993. Los programas de muestreo y análisis radiológico se adaptan a las recomendaciones que establece la Comisión de la Unión Europea con el fin de facilitar a los Estados miembros el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom[1, 2]. El CSN, por su parte, impulsa un continuo proceso de mejora del sistema de calidad de la vigilancia radiológica ambiental en nuestro país, a través de la promoción de encuentros y reuniones con todos los sectores involucrados y organizando campañas de intercomparación analítica desde 1992. También se han publicado 18 procedimientos técnicos que abarcan distintos ámbitos de la vigilancia radiológica ambiental.

Los datos obtenidos en todos los programas de vigilancia son remitidos al CSN y evaluados en el Área de Vigilancia Radiológica Ambiental (AVRA). Un resumen de ellos se incluye en los informes anuales que se presentan al Congreso de los Diputados y al Senado; parte de estos datos se remiten también a la Comisión de la Unión Europea, de acuerdo con lo establecido en el artículo 36 de Euratom[3], y a otras instituciones nacionales e internacionales.

En el presente documento se describen brevemente las principales características de las redes y programas de vigilancia radiológica ambiental en España y los resultados obtenidos en la campaña de vigilancia del año 2013. Asimismo, se presenta la proyección temporal de los valores radiológicos más representativos de los últimos 20 o 10 años, para el caso de las centrales nucleares o para las instalaciones del ciclo de combustible en operación, respectivamente; 10 años para la vigilancia nacional o, en otro caso, desde el primer año en que se disponga de datos. Valores de años previos a los aquí presentados pueden consultarse en ediciones anteriores de esta misma publicación. También se incluye un anexo con la actividad emitida a través de los efluentes de las centrales nucleares y de las instalaciones del ciclo del combustible durante el año 2013.

La Dirección General de Protección Civil y Emergencias dispone de una Red de Alerta a la Radiactividad (RAR) constituida por 903 estaciones automáticas de medida de tasa de dosis, distribuidas de manera prácticamente uniforme por el territorio nacional; sin embargo, la descripción de esta red y de sus resultados no es el objetivo de este informe.

Este documento puede obtenerse en soporte electrónico en la página web del Consejo de Seguridad Nuclear: http://www.csn.es.

---

[1] 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 y podrá verificar su cumplimiento y eficacia.*

[2] Artículo 36: *La información relativa a los controles mencionados en el artículo 35 será comunicada por las autoridades competentes a la Comisión, a fin de tenerla al corriente del índice de radiactividad que pudiera afectar a la población.*

[3] Estos datos se encuentran disponibles para su consulta en la base de datos de la Unión Europea en la página web: http://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/(pestaña 'Public Area').

Sumario

Introducción 3

Objetivos, alcance y desarrollo
de la vigilancia radiológica ambiental 7

Programas de Vigilancia Radiólogica
Ambiental (PVRA) de las centrales nucleares
y de otras instalaciones nucleares y radiactivas . . . 13

Programas de vigilancia radiológica ambiental
de ámbito nacional 103

Red de Estaciones Automáticas (REA) 163

Anexo 167

Índice de contenidos 171

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

1

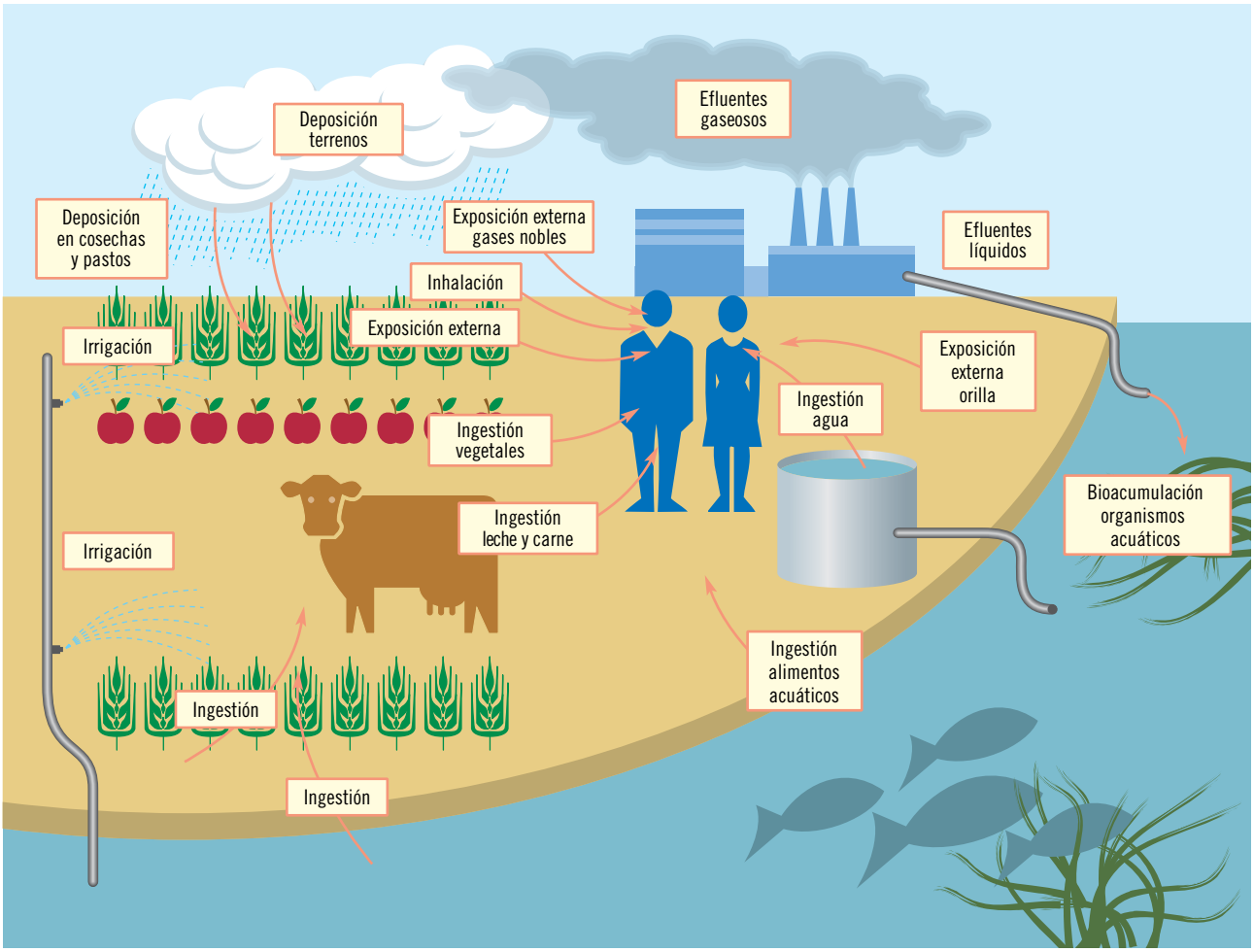
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- Detectar la presencia y vigilar la evolución de los elementos radiactivos y de los niveles de radiación en el medio ambiente, y determinar las causas de los posibles incrementos.
- Estimar el riesgo radiológico potencial para la población.
- Determinar, en su caso, la necesidad de tomar precauciones o de establecer alguna medida correctora.

En el caso concreto de la vigilancia alrededor de las centrales nucleares y de otras instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear, a los anteriores objetivos se suman:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios impuestos a las instalaciones.
- Verificar la idoneidad del programa de vigilancia de efluentes –de modo que se puedan detectar eventuales fugas inadvertidas– y de los modelos de transferencia de los radionucleidos en el medio ambiente.

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos



Para conseguir estos objetivos, el sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental establecido en España está integrado por:

- La red de vigilancia implantada en la zona de influencia de las centrales nucleares y otras instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear, donde los titulares de las instalaciones desarrollan Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA), a los que el CSN superpone sus programas de control independiente (PVRAIN), bien de modo directo o mediante encomiendas a las comunidades autónomas.

- La red de vigilancia nacional (Revira), no asociada a instalaciones, que gestiona el CSN, y que está constituida por:

  - La Red de Estaciones de Muestreo (REM), donde la vigilancia se realiza mediante programas de muestreo y análisis llevados a cabo por diferentes laboratorios.

  - La Red de Estaciones Automáticas (REA) de medida en continuo, que facilita datos en tiempo real de los valores de concentración de actividad en la atmósfera, así como de los niveles de radiación ambiental en distintas zonas del país.

Los programas en el entorno de las instalaciones se han establecido de acuerdo con el tipo de instalación y las características del emplazamiento; los programas de ámbito nacional se han elaborado teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en el marco de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom. La Comisión de la Unión Europea, ante las distintas prácticas seguidas por los Estados miembros, elaboró una recomendación sobre el alcance mínimo de estos programas, publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 27 de julio de 2000[4].

[4] Recomendación de la Comisión de 8 de junio de 2000 relativa a la aplicación del artículo 36 del Tratado Euratom sobre el control de los índices de radiactividad en el medio ambiente, con vistas a evaluar la exposición del conjunto de la población.

Para el desarrollo de los programas de vigilancia se lleva a cabo la recogida y análisis de muestras en las principales vías de transferencia de radionucleidos en aquellos elementos de los ecosistemas que pueden contribuir a la exposición de las personas a las radiaciones (figura 1.1).

En términos generales, estas vías se pueden clasificar como:

- Vías transitorias. Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido es proporcional a su tasa de emisión, por lo que, en principio, existirá concentración mientras exista emisión. Dadas las características de los vertidos, en condiciones normales de operación de las instalaciones, los valores de concentración de actividad de radionucleidos artificiales obtenidos en estas vías suelen estar por debajo del Límite Inferior de Detección (LID), o próximos a este.

- Vías integradoras. Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se incrementa con su emisión continua al medio ambiente, y puede persistir después del cese de la emisión. En estas vías se pueden observar incrementos debidos a la operación continuada de las instalaciones nucleares y radiactivas, o bien como consecuencia de una alteración en los niveles de fondo radiactivo por causas accidentales.

- Vías acumuladoras. Son aquellas que tienen su base en las vías anteriores y en las que la concentración de un radionucleido aumenta en función del tiempo, bien por procesos físicos, químicos o biológicos. En las muestras seleccionadas en estas vías se pueden medir concentraciones de actividad de isótopos no detectados en las vías anteriores.

En la tabla 1.1 se indican las vías que se consideran dentro de los tres grupos mencionados, así como las muestras que se recogen en las distintas redes que integran el sistema de vigilancia radiológica ambiental.

En la figura 1.2 se presenta el número total de análisis efectuados en las distintas vías de exposición, así como

Tabla 1.1. Vías de exposición consideradas en el sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental

Tipos de vías	Tipos de muestras		
	PVRA	REM	REA
Transitorias	Aire: Partículas de polvo Yodo en aire H-3 en vapor de agua C-14 Agua de lluvia: Depósito húmedo y/o Depósito seco Agua superficial Agua potable (origen superficial) Radiación directa: Tasa de dosis	Aire: Partículas de polvo Yodo en aire Agua superficial Agua potable (origen superficial)	Aire: Partículas de polvo Yodo en aire Radón Radiación directa: Tasa de dosis
Integradoras	Suelo Sedimentos de fondo y sedimentos de orilla o arena de playa Agua subterránea Agua potable (origen subterránea) Alimentos: Vegetales Leche Carne	Suelo Agua potable (origen subterránea) Alimentos: Leche Dieta tipo	
Integradoras y acumuladoras	Organismos indicadores Peces, mariscos		

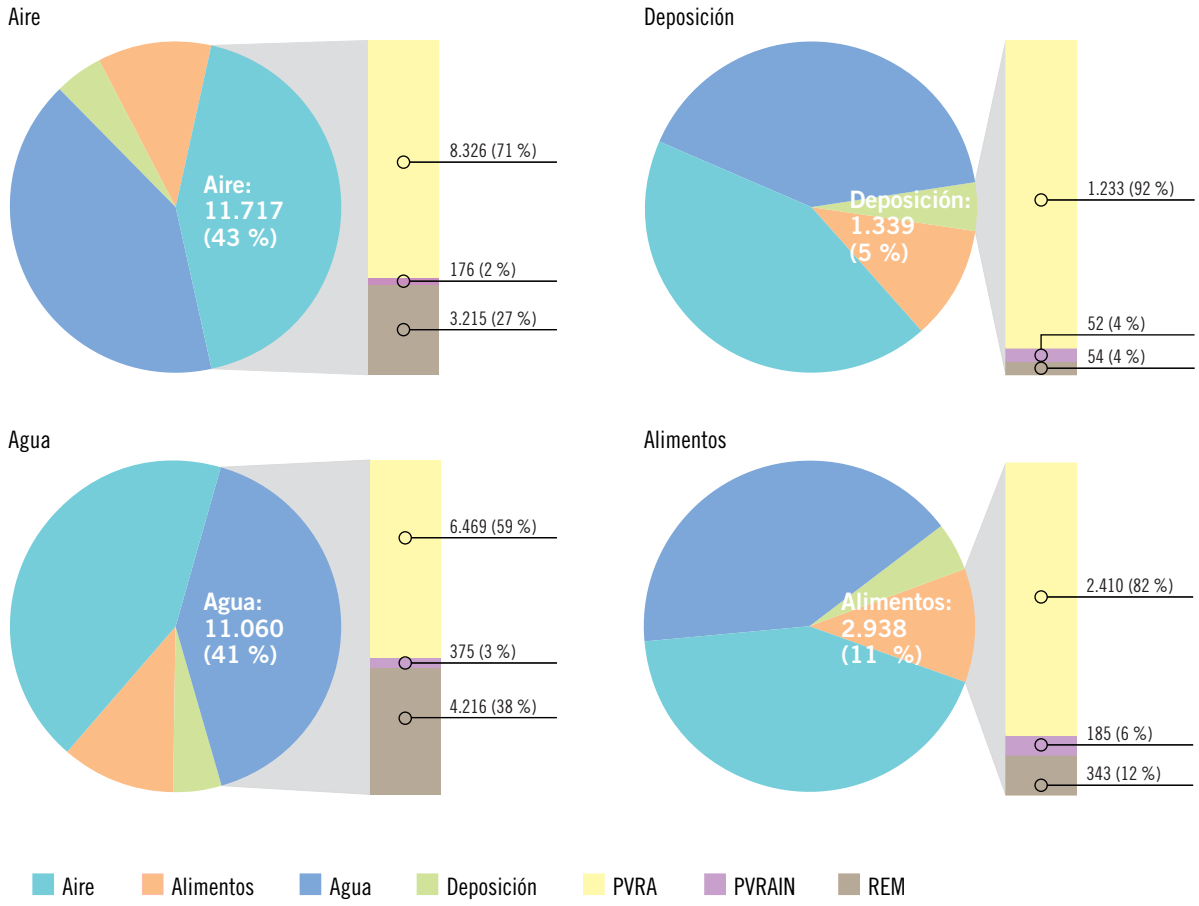
su distribución porcentual en función de los diferentes programas de vigilancia a los que se asocian.

En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir, aquellas que indicarían de manera casi inmediata una alteración en los niveles de radiactividad ambiental. En este caso, la frecuencia de muestreo en las vías integradoras y acumuladoras sería incrementada para precisar la evolución de dichos niveles y tomar las medidas oportunas.

Los resultados de los distintos programas de vigilancia son facilitados al CSN por los responsables de su ejecución y son incorporados a la base de datos Keeper sobre vigilancia radiológica ambiental del CSN.

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 2013

Número de análisis realizados en cada vía



PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y DE OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS

2

Los objetivos y criterios empleados en el diseño y desarrollo de los programas de vigilancia radiológica ambiental alrededor de las instalaciones nucleares y radiactivas se encuentran descritos en el Informe Técnico del CSN 4.1999, primer documento publicado de esta serie sobre los resultados de la vigilancia radiológica ambiental en España.

En la figura 2.1 se presenta la localización de los emplazamientos de las instalaciones nucleares. En cada una de ellas se lleva a cabo un PVRA adaptado a las condiciones radiológicas por las que transcurre la instalación en alguna de sus distintas fases.

1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares en operación

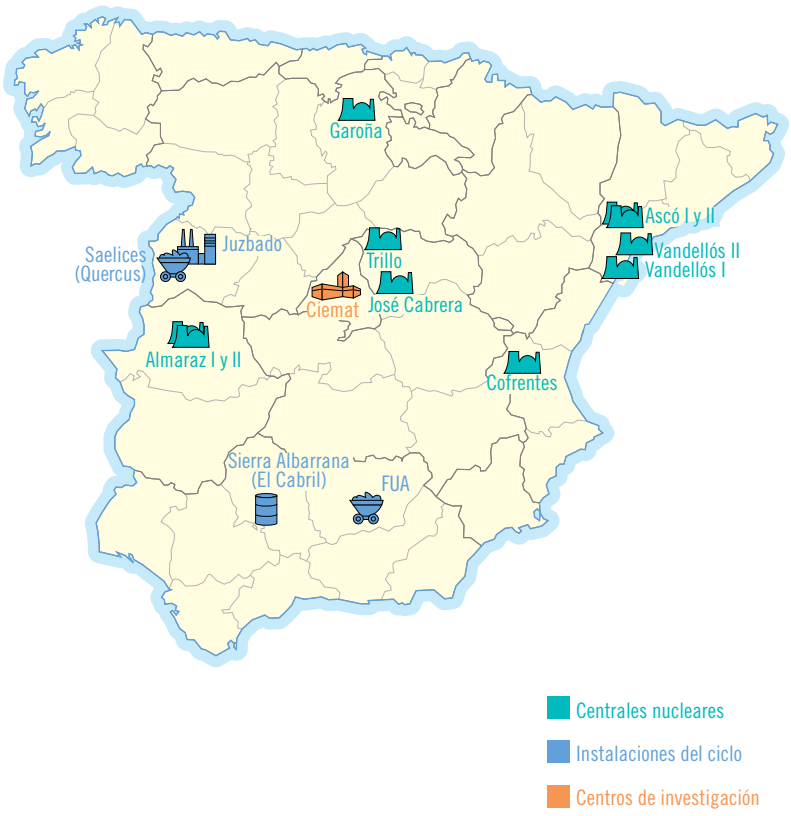
El conjunto de centrales nucleares españolas corresponde a tres generaciones diferenciadas dentro del programa nuclear.

- 1ª generación. Centrales proyectadas en la década de los sesenta, cuya construcción se concluyó a finales de esa década o comienzos de los setenta. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de Santa María de Garoña (desde mediados de 2013 en fase de cese de explotación, aunque en 2014 ha solicitado una nueva renovación de la autorización de explotación), José Cabrera (en fase de desmantelamiento) y Vandellós I (en fase de latencia).

- 2ª generación. Centrales proyectadas a comienzos de la década de los setenta, cuya construcción se inició en la misma época y cuya explotación comercial se emprendió al principio de los ochenta. Corresponden a esta generación las centrales nucleares Almaraz I y II, Ascó I y II, y Cofrentes.

- 3ª generación. Centrales cuya construcción fue autorizada con posterioridad a la aprobación del Plan Energético Nacional en julio de 1979. Pro-

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



En operación

Centrales nucleares	Tipo (MWe)	Fecha
Garoña (*)	GE-BWR (460)	1970
Almaraz I y II	W-PWR (973/984)	1980/83
Ascó I y II	W-PWR (973/966)	1982/85
Cofrentes	GE-BWR (1.096)	1984
Vandellós II	W-PWR (1.009)	1987
Trillo	KWU-PWR(1.066)	1987

* Desde mediados de 2013 se encuentra en fase de "Cese de explotación"; si bien, en junio de 2014 presentó la solicitud de renovación de la "Autorización de explotación".

Instalación	Tipo	Fecha
Juzbado	Fábrica de elementos combustibles	1985
El Cabril	Almacenamiento de residuos sólidos	1992

En parada (p), desmantelamiento (d), latencia (l)

Instalación	Tipo	Fecha
Vandellós I	Magnox-CGR	2005 (l)
José Cabrera	W-PWR (160)	2010 (d)
Ciemat	Investigación	2005 (d)
FUA	Fábrica de concentrados de uranio	1995 (l)
Planta Quercus	Fábrica de concentrados de uranio	2003 (p)

yectadas a finales de la década de los setenta, se inició su construcción a partir de 1979 y su explotación a finales de los ochenta. Corresponden a esta generación las centrales nucleares Vandellós II y Trillo.

En la tabla contenida en la figura 2.1 se resumen algunas de las características de las centrales nucleares y de otras instalaciones españolas.

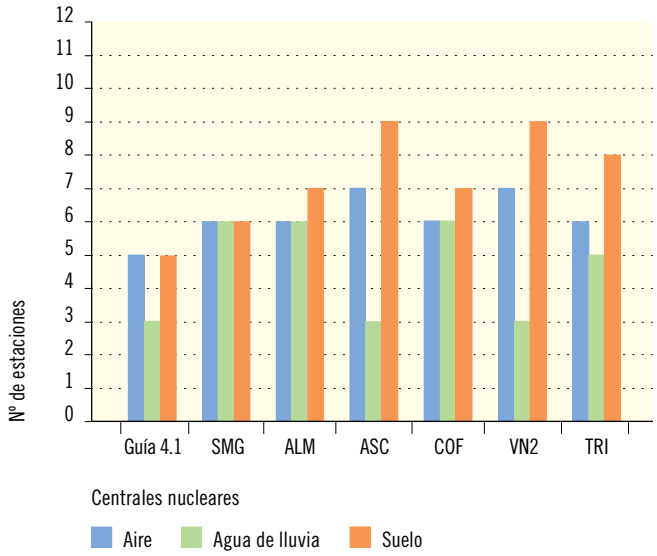
1.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

Los programas de vigilancia siguen, en la actualidad, las recomendaciones de la guía de seguridad del CSN publicada en el año 1993, GS-4.1, *Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares.* En las figuras 2.2 a 2.7 se presenta el número de estaciones de muestreo para cada vía de exposición, existentes en los PVRA de cada una de las centrales nucleares durante la campaña de 2013. A su derecha se incluyen como referencia los criterios establecidos en dicha guía, y al principio de cada gráfico, el número de estaciones recomendado en cada una de las principales vías de exposición de la población.

Por lo general, el número de estaciones de vigilancia que compone el programa de cada instalación, supera la cifra recomendada en la Guía 4.1. Los casos en los que el número de estaciones es inferior a lo establecido son debidos a la necesaria adaptación del PVRA a los usos de la tierra y del agua propios del emplazamiento. De todos modos, estas adaptaciones son justificadas adecuadamente por la instalación, evaluadas por el CSN y aprobadas en su caso.

En la tabla 2.1 se presentan, para cada tipo de muestra, la frecuencia de muestreo y los tipos de análisis efectuados en los programas de vigilancia radiológica ambiental de las centrales nucleares.

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Aire y deposición



Criterios Guía 4.1

Aire (partículas de polvo y radioyodos)

- Una muestra en cada uno de los dos puntos, con la máxima concentración a nivel del suelo, situados en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público.
- Una muestra en cada una de las dos poblaciones cercanas, con la máxima concentración prevista a nivel de suelo.
- Una muestra testigo de una localización situada a una distancia entre 15 y 30 km, donde la concentración prevista a nivel de suelo sea mínima.

Deposición (agua de lluvia y suelo)

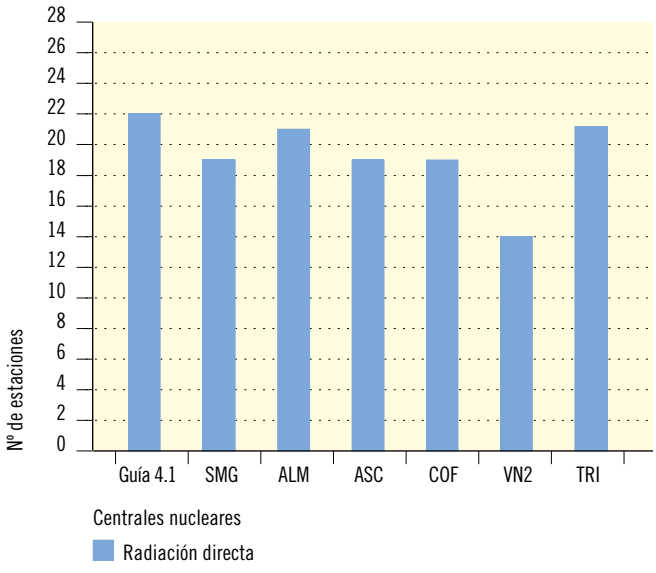
Agua de lluvia (deposición total)

- Una muestra de cada punto donde se recogen partículas en los puntos con la máxima concentración prevista a nivel de suelo.
- Una muestra en el punto testigo donde se recogen partículas.

Suelo (deposición acumulada)

- Una muestra en cada localización donde se recogen partículas.
- Una muestra en cada uno de los dos puntos donde se prevea la máxima deposición.

Figura 2.3. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Radiación directa

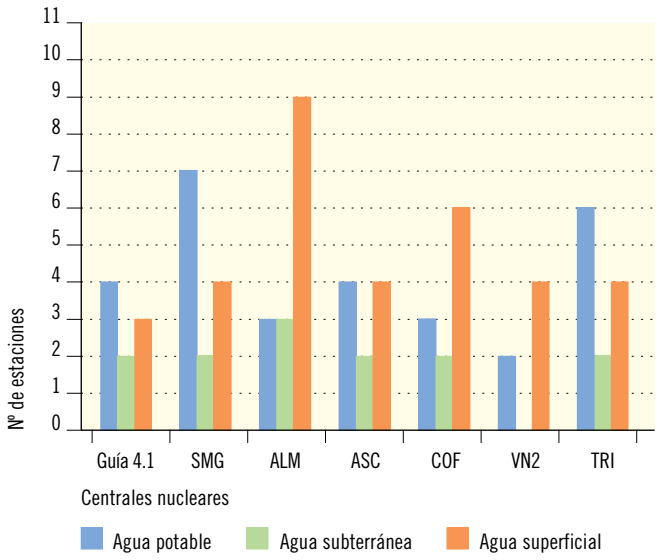


Criterios Guía 4.1

Radiación directa

- Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada una de las 16 direcciones de la rosa de los vientos, en aquellos puntos en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público donde se prevea la máxima concentración a nivel de suelo.
- Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada uno de los cinco o más núcleos de población representativos de la zona.
- Una estación testigo con dos o más dosímetros, situada a una distancia superior a 15 km, donde la concentración prevista a nivel del suelo sea mínima.

Figura 2.4. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Agua potable, subterránea y superficial



Criterios Guía 4.1

Agua potable

- Una muestra en cada uno de los tres abastecimientos que puedan ser afectados por las descargas.
- Una muestra testigo de un abastecimiento no influido por las descargas.

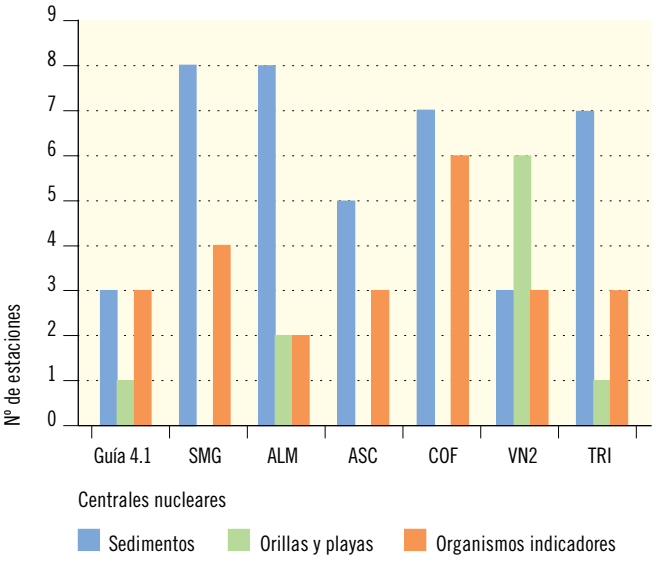
Agua subterránea

- Una muestra de cada fuente con mayor probabilidad de ser afectada por las descargas.
- Una muestra testigo de una fuente no influida por las descargas.

Agua superficial

- Una muestra en cada uno de dos puntos situados aguas abajo de la descarga después de la mezcla completa, situando el primero de ellos en las inmediaciones de dicha zona.
- Una muestra testigo en un punto situado aguas arriba de la descarga.

Figura 2.5. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Sedimentos de fondo, de orilla y organismos indicadores



Criterios Guía 4.1

Sedimentos

- Una muestra de un punto situado aguas abajo en las inmediaciones de la descarga después de la mezcla completa.
- Una muestra de un punto situado aguas abajo en la zona donde se prevea máxima sedimentación.
- Una muestra testigo en un punto situado aguas arriba de la descarga.

Orillas y playas

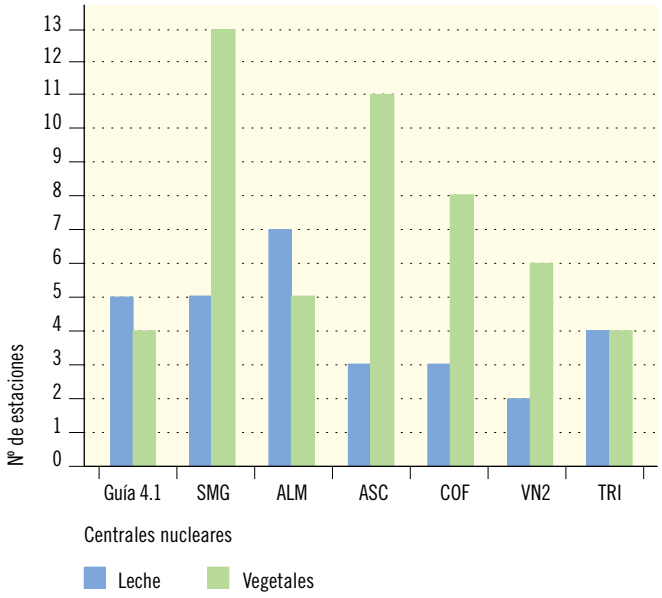
- Una muestra de un punto donde se prevea máxima sedimentación situado aguas abajo o, en el caso de emplazamientos costeros, en el entorno de la descarga, donde existan actividades recreativas.

Organismos indicadores

- Una o más muestras en cada uno de dos puntos situados aguas abajo de la descarga después de la mezcla completa, situando el primero de ellos en las inmediaciones de dicha zona.
- Una muestra testigo en un punto situado aguas arriba de la descarga.

Figura 2.6. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Leche

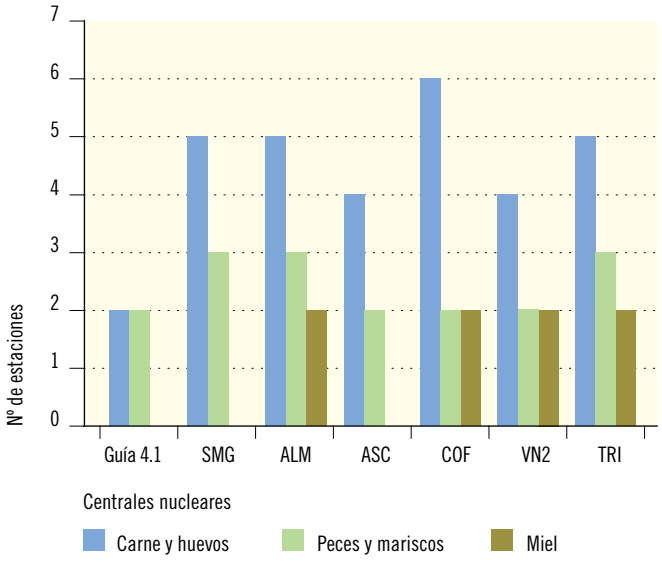
- Una muestra de granjas lecheras o animales individuales situados en cada una de las tres localizaciones seleccionadas entre aquellas donde se prevea la máxima deposición.
- Una muestra de cada central lechera que recoja la producción de la zona.
- Una muestra testigo de granjas lecheras o animales individuales de una localización, situada a una distancia entre 15 y 30 km, donde la deposición prevista sea mínima.

Vegetales

- Una muestra de cada especie principal producida en cada una de las dos zonas donde se prevea la máxima deposición.
- Una muestra de cada especie principal irrigada con aguas en las que se viertan efluentes líquidos.
- Una muestra testigo de las mismas especies producidas a distancias entre 15 y 30 km donde la deposición sea menor e irrigadas con aguas captadas antes del vertido.

Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2013
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (carne y huevos, peces y mariscos, y miel)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Carnes y huevos

- Una muestra procedente de animales de cada especie principal alimentada con productos obtenidos en cada una de las zonas donde se prevea la máxima deposición y/o que beban aguas que puedan estar influidas por los efluentes líquidos.
- Una muestra testigo de los mismos productos procedentes de los animales que consuman alimentos obtenidos entre 15 y 30 km en la zona donde se prevea la mínima deposición y/o que beban aguas no influidas por los efluentes líquidos.

Peces y mariscos

- Una muestra de cada especie principal, tanto en captura comercial como deportiva, en una zona que pueda estar influida por las descargas.
- Una muestra testigo de las mismas especies procedentes de zonas no influidas por las descargas.

Miel

- En la Guía 4.1 no se especifica número de muestras ni frecuencia de muestreo para la miel, sin embargo, se incluye este tipo de muestra en aquellas zonas donde la miel sea un componente importante de la dieta.

Tabla 2.1. Programa de vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Análisis realizados
Aire	Muestreo continuo con cambio de filtro semanal	Actividad beta total Estroncio-90 Espectrometría gamma Yodo-131
Radiación directa	Cambio de dosímetros después de un periodo de exposición máximo de un trimestre	Dosis integrada
Agua potable	Muestreo quincenal o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Estroncio-90 Tritio Espectrometría gamma
Agua de lluvia	Muestreo continuo con recogida de muestra mensual	Estroncio-90 Espectrometría gamma
Agua superficial y subterránea	Muestreo de agua superficial mensual o de mayor frecuencia y de agua subterránea trimestral o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Tritio Espectrometría gamma
Suelos, sedimentos y organismos indicadores	Muestreo de suelo, anual, y sedimentos y organismos indicadores, semestral	Estroncio-90 Espectrometría gamma
Leche y vegetales	Muestreo de leche quincenal en época de pastoreo y mensual el resto del año, y cultivos en época de cosecha	Estroncio-90 Espectrometría gamma Yodo-131
Carne y huevos, peces y mariscos, y miel	Muestreo semestral	Espectrometría gamma

1.2. Resultados

Los resultados se presentan en forma gráfica, ordenados por vías de exposición, tipos de muestras y análisis en dos tipos de figuras (a y b). Las figuras cuya numeración se acompaña con la letra "a" recogen la variación temporal de los valores, con objeto de proporcionar un marco de referencia previo al valor obtenido en esta campaña, y en la figura de igual numeración y letra "b" se presentan los valores detallados para la campaña del año 2013. No se presentan gráficas de los isótopos que no han sido detectados en la presente campaña ni de los análisis que no continúan realizándose debido a una adaptación del PVRA.

Los criterios generales aplicados a la presentación de los resultados son los siguientes:

- Del total de resultados analíticos se han seleccionado los correspondientes a los índices de actividad beta total y beta resto, y radionucleidos de origen artificial.

- Se han calculado los valores medios anuales del conjunto de datos obtenidos en todas las estaciones de muestreo de la zona vigilada alrededor de cada instalación, salvo en el caso de organismos indicadores acuáticos recogidos en el entorno de instalaciones que vierten efluentes líquidos a cauces fluviales, en los que se calculan por separado los valores medios de las estaciones situadas aguas arriba y aguas abajo del punto de vertido.

- Se han considerado únicamente los valores que han superado los Límites Inferiores de Detección (LID), por lo que debe tenerse en cuenta que algunos valores medios pueden estar sobrestimados.

- Considerando lo anterior, los gráficos presentan, en escala semilogarítmica, la variación temporal de los valores medios anuales de concentración de actividad obtenidos para cada tipo de muestra en las distintas instalaciones desde 1992 a 2013. Las discontinuidades entre periodos anuales son un reflejo de que todos los resultados obtenidos en ese periodo han sido inferiores al LID (figuras "a").

- Para la campaña del año 2013, objetivo principal de este documento, se proporciona una información más detallada (figuras "b"), y se indica para las distintas muestras:

  - Número total de análisis realizados.

  - Número de resultados que han sido superiores e inferiores al LID correspondiente.

  - Valores medios, máximos y mínimos de concentración de actividad obtenidos en esta campaña.

1.2.1. Aire

La vigilancia radiológica del aire permite estimar la dosis potencial recibida por la población a causa de la inhalación. Debido a su rápida dinámica, y puesto que constituye el medio primario de recepción de los efluentes gaseosos emitidos a la atmósfera y una vía de transferencia transitoria de radionucleidos en el medio ambiente, el muestreo, tanto de partículas de polvo en aire como de radioyodos, se realiza de modo continuo con cambio de los filtros cada semana.

Índice de actividad beta total

La finalidad de esta medida es detectar de forma rápida cualquier posible cambio en los niveles de radiactividad ambiental y, en su caso, realizar análisis más específicos. La medida se efectúa con frecuencia semanal en cada uno de los filtros de partículas recogidos.

Se obtiene una proporción de valores superiores al LID próxima al 100 %, dado que en este análisis se contabiliza la contribución de la radiación natural (figuras 2.8a y b).

Estroncio-90

Se trata de un radionucleido de origen artificial que puede provenir, tanto del poso radiactivo, fundamentalmente procedente de las pruebas nucleares en la atmósfera que tuvieron lugar en el pasado y otras liberaciones accidentales, como de los efluentes de la

central. El análisis se realiza con periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados para cada estación de muestreo.

En la campaña de 2013 no se han obtenido valores superiores al LID en ningún programa de las centrales nucleares.

Espectrometría gamma

Se realiza con periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados para cada estación de muestreo. El análisis de los picos del espectro considerado para cada una de las instalaciones incluye los posibles isótopos emitidos por la central en condiciones normales de operación, además de otros de origen natural. La medida por espectrometría gamma se efectúa para detectar la presencia de productos de activación o de fisión en la atmósfera como consecuencia del funcionamiento de la instalación. La detección de isótopos emisores gamma de origen artificial es esporádica y cuando se produce, los niveles de actividad obtenidos suelen encontrarse muy próximos al LID.

En la campaña de 2013 no se han obtenido valores de emisores gamma artificiales superiores al LID.

Yodo

El control y seguimiento de los halógenos se lleva a cabo mediante el muestreo continuo de aire sobre cartuchos de carbón activo, de elevada eficiencia para la retención de radioyodos, y su análisis tiene frecuencia semanal. El porcentaje de valores superiores al LID es habitualmente muy bajo. En la campaña del año 2013, no se detectaron valores de actividad de yodo-131 superiores al LID.

Figura 2.8a. Partículas de polvo en aire. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

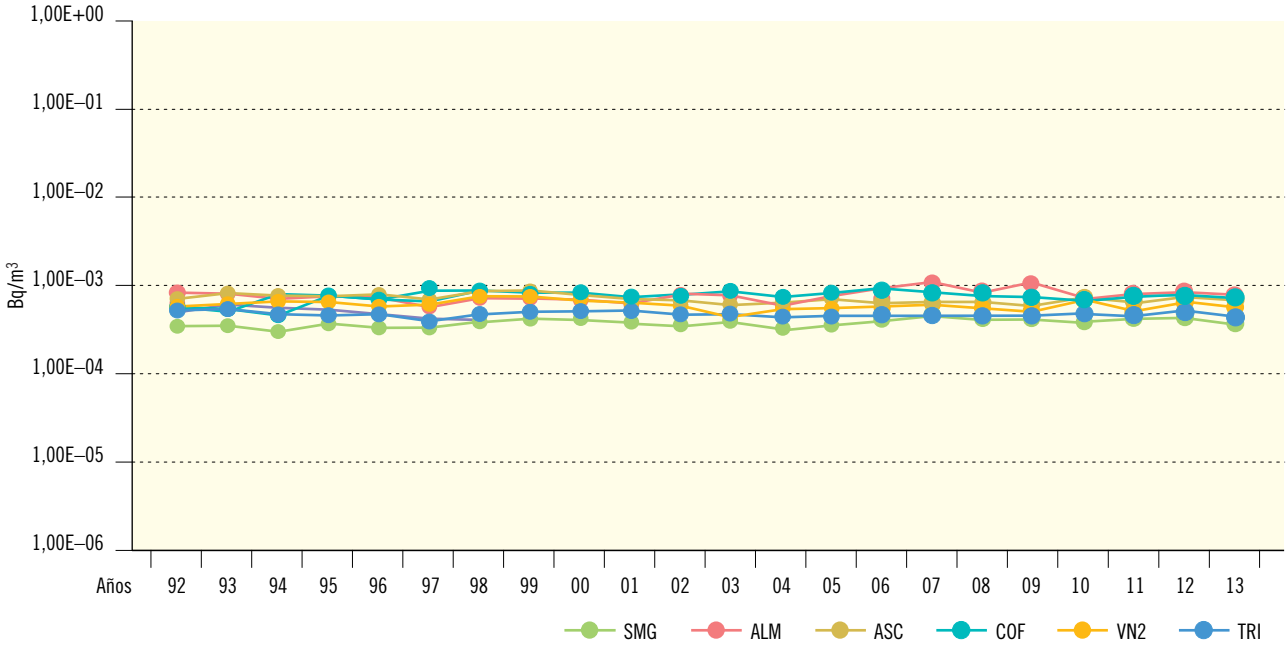
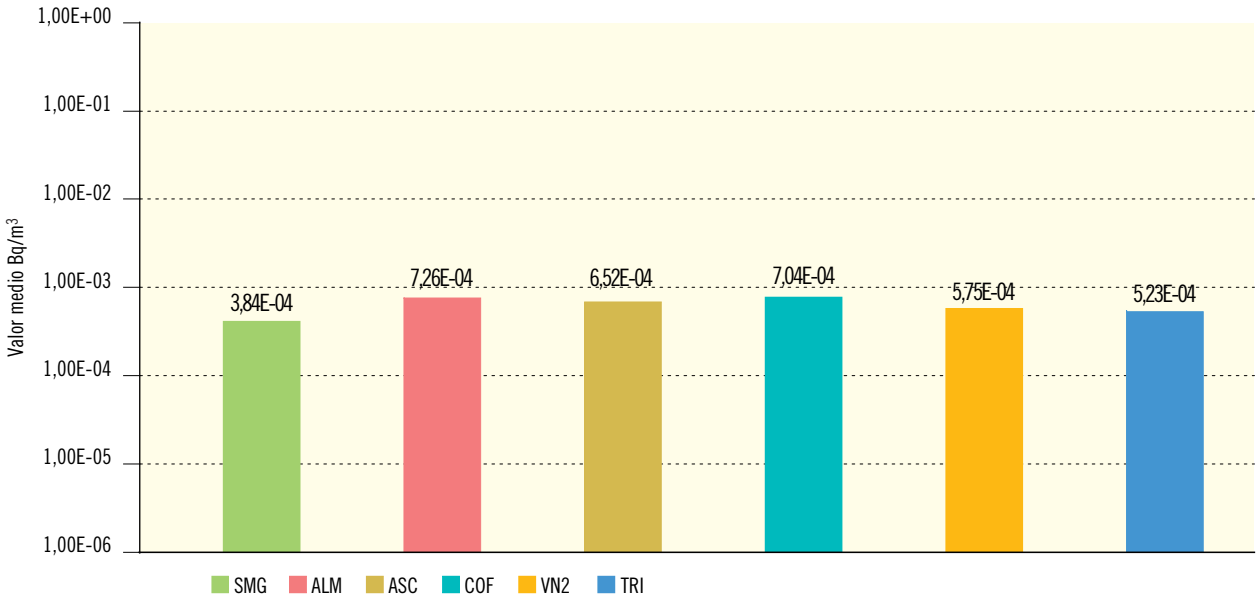


Figura 2.8b. Partículas de polvo en aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,28E-03	3,46E-03	1,73E-03	1,91E-03	1,82E-03	1,34E-03
Valor mínimo	6,72E-05	1,29E-04	1,59E-04	1,47E-04	1,25E-04	9,45E-05
Nº total de análisis	318	311	364	312	371	312
Nº de análisis > LID	318	308	363	312	371	312
Nº de análisis < LID	0	3	1	0	0	0

Figura 2.9a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)

Valores medios en la zona vigilada

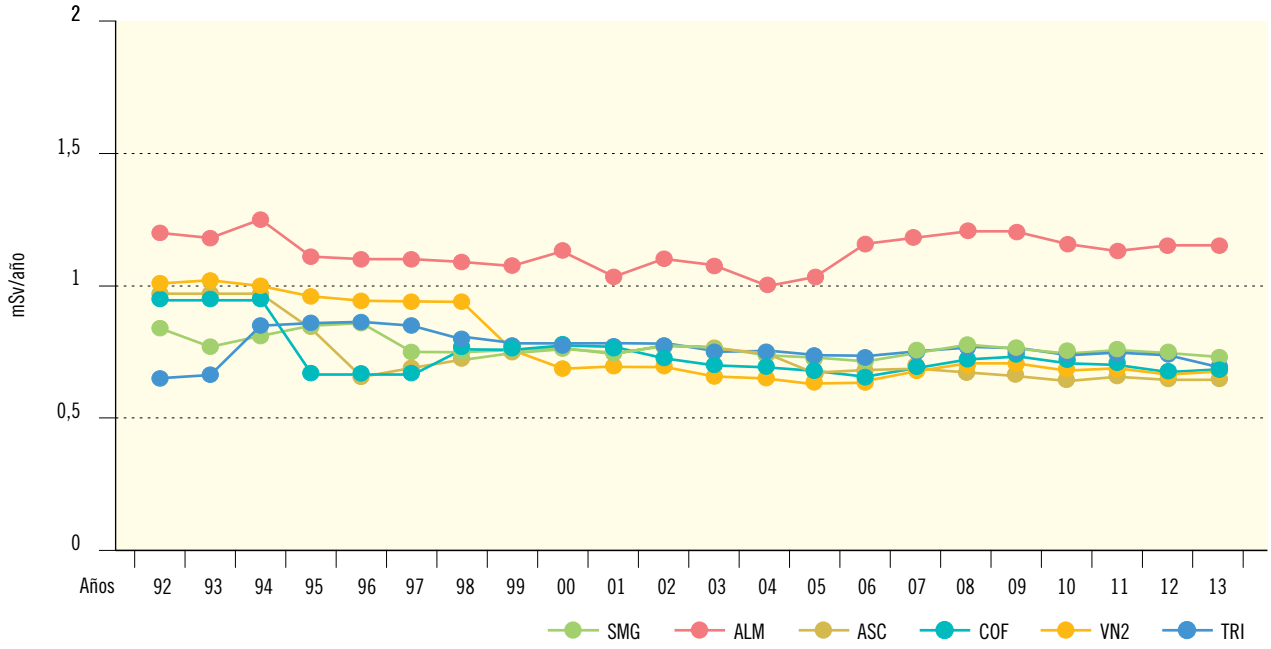
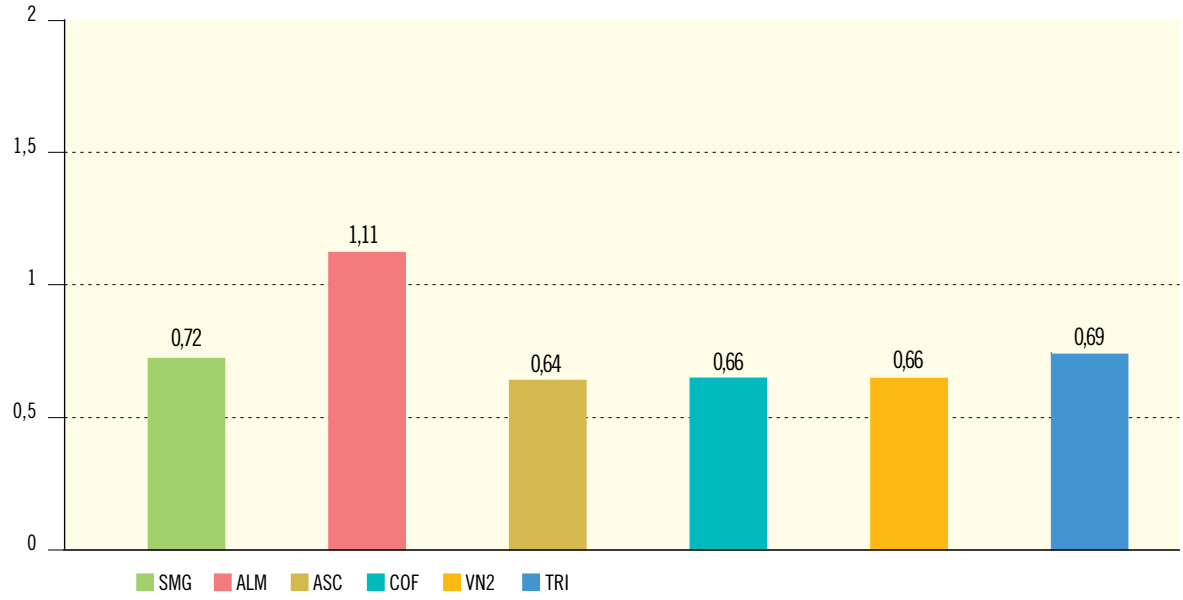


Figura 2.9b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,02	1,72	0,95	0,97	0,91	0,82
Valor mínimo	0,60	0,69	0,45	0,49	0,49	0,54
Nº total de análisis	228	82	76	74	55	86
Nº de análisis > LID	228	82	76	74	55	86
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0

1.2.2. Radiación directa

Dosímetros de termoluminiscencia

Radiación gamma ambiental. En los dosímetros de termoluminiscencia se miden tasas de dosis por exposición ambiental. Estas dosis, en condiciones normales, están relacionadas con las características del terreno y su contenido en isótopos naturales, por lo que el porcentaje de resultados superiores al LID es del 100 % en todos los casos.

Como se puede observar en la figura 2.9a, los valores se encuentran en general próximos a 1 mSv/a y presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se encuentran valores ligeramente superiores, que son propios de las características geológicas del área geográfica donde se sitúa, como se confirma tanto con los valores preoperacionales como con los obtenidos en la estación testigo. En la figura 2.9b los datos representados corresponden, para todas las centrales, a dosímetros expuestos trimestralmente, excepto para la central nuclear de Santa María de Garoña que corresponden a dosímetros mensuales, por lo que el número de análisis realizados es mayor (dispone también de dosímetros de exposición trimestral que no se incluyen en las figuras 2.9). Los valores medios obtenidos en la campaña de 2013 se mantienen similares a los de la anterior campaña.

1.2.3. Deposición

La vigilancia de la deposición como parte del PVRA tiene como objetivo conocer la posible acumulación del material radiactivo emitido en los efluentes gaseosos de la instalación.

Los valores gráficos se han centrado en los resultados correspondientes a la deposición acumulada sobre el suelo, si bien en los distintos PVRA se realiza también el muestreo y análisis de la deposición total (húmeda y seca) de forma mensual.

Suelo: deposición acumulada

El motivo principal del muestreo de suelo en los PVRA es el estudio de la concentración de isótopos de periodo relativamente largo que puede ir acumulándose en él con el tiempo. La presencia en el suelo de radionucleidos artificiales, tales como estroncio-90 y cesio-137, se relaciona tanto con las emisiones de las instalaciones nucleares, como con la deposición del material radiactivo procedente de las explosiones nucleares en la atmósfera.

Estroncio-90. Una de las principales causas de su presencia en los suelos es el ya mencionado poso radiactivo, por lo que las variaciones que se observan en las figuras 2.10a y 2.10b pueden estar relacionadas con las características edafológicas de cada lugar de muestreo, que condicionan los procesos de retención y migración de los distintos radionucleidos. Al igual que en las últimas campañas, en el año 2013 los valores medios más elevados se han observado alrededor de la central nuclear Vandellós II. Los resultados están comprendidos dentro del rango de los obtenidos en las campañas anteriores y son similares a los alcanzados en la vigilancia de ámbito nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones.

Espectrometría gamma. Entre los isótopos de origen artificial se detecta cesio-137 con valores de concentración superiores al LID en un porcentaje de análisis próximo al 100 % (figura 2.11b). Este isótopo, al igual que el estroncio-90, se detecta tanto en periodos preoperacionales como operacionales, y una de sus procedencias es el mencionado poso radiactivo. Todos los valores obtenidos son varios órdenes de magnitud inferiores al nivel de notificación establecido por el CSN, que representa la concentración de actividad que podría dar lugar a los valores de dosis que limitan la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales. Los valores medios de cesio-137 obtenidos en 2013 son similares a los de campañas anteriores (figura 2.11a).

En la campaña de 2013 no se ha detectado ningún otro isótopo de origen artificial.

Figura 2.10a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

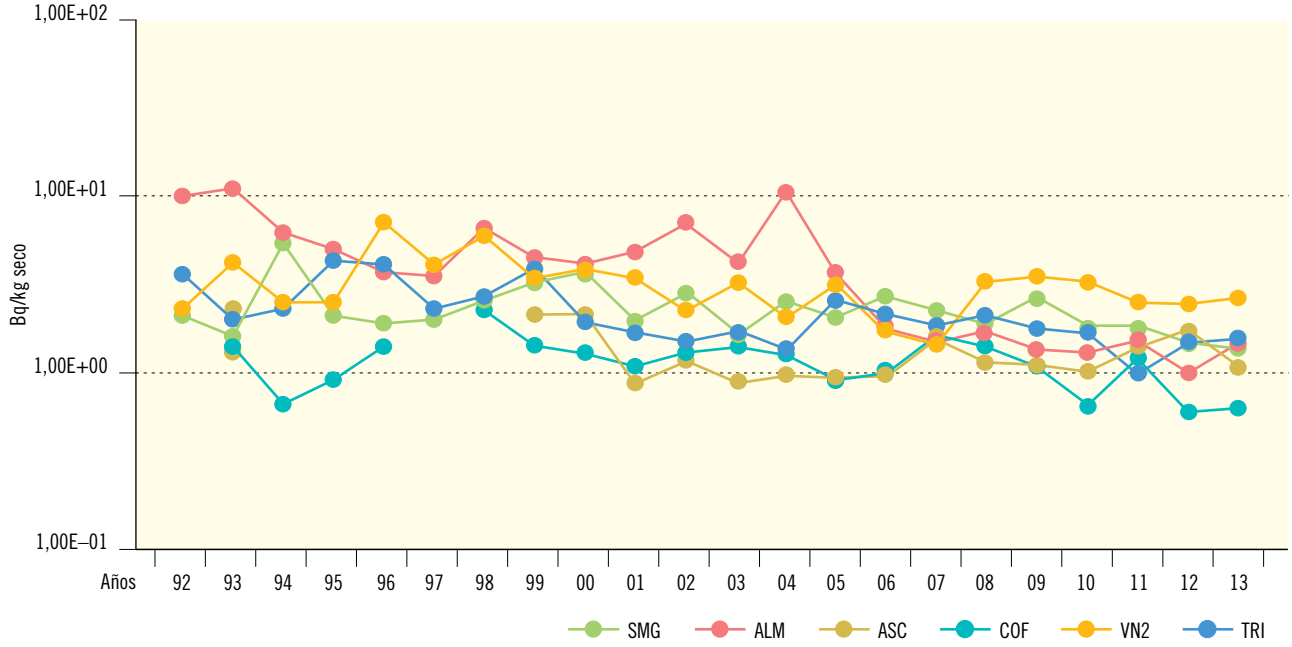
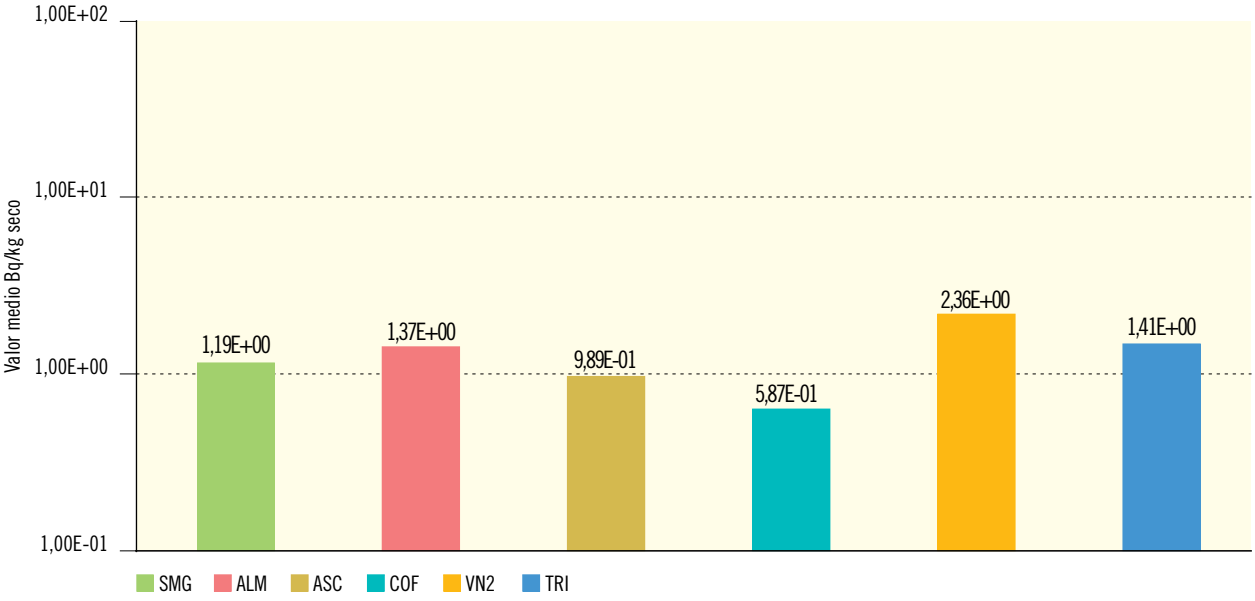


Figura 2.10b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,66E+00	2,14E+00	1,65E+00	7,85E-01	4,95E+00	4,10E+00
Valor mínimo	5,14E-01	6,36E-01	7,02E-01	3,89E-01	7,25E-01	5,10E-01
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	6	7	7	2	8	8
Nº de análisis < LID	0	0	2	5	1	0

Figura 2.11a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

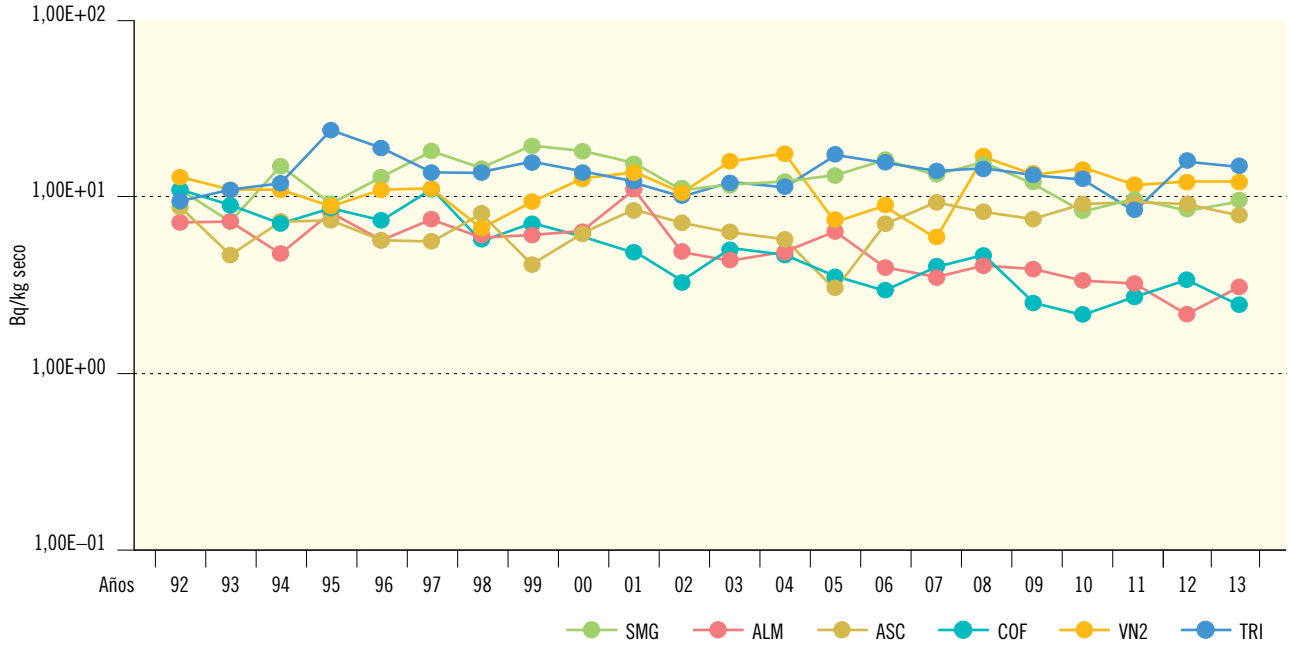
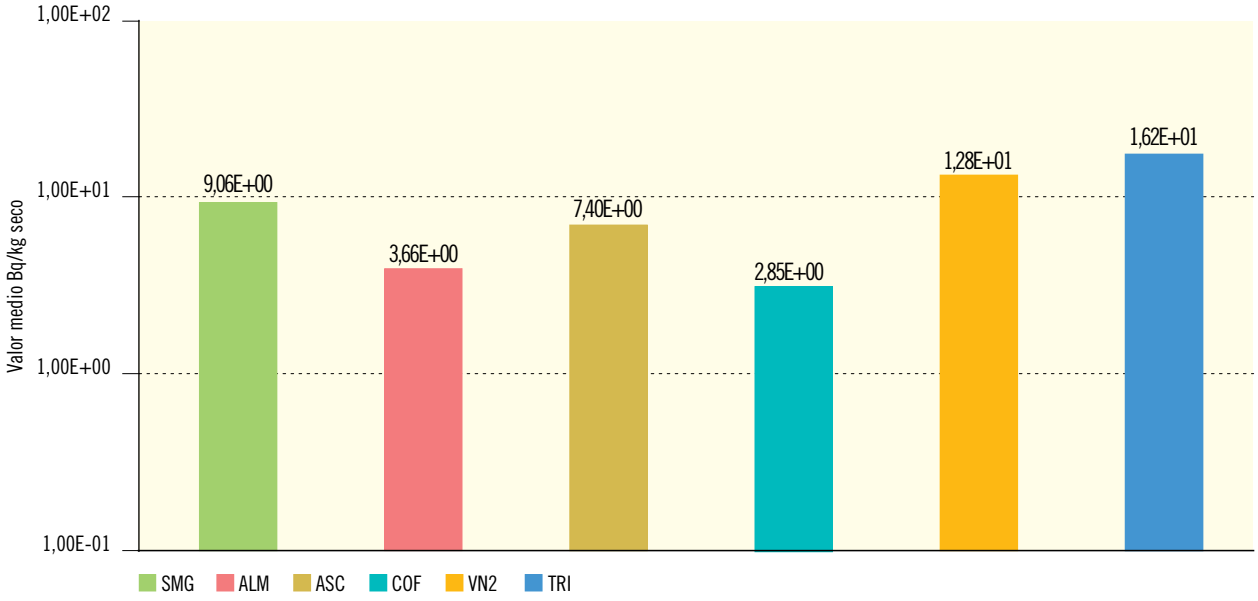


Figura 2.11b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,50E+01	8,16E+00	2,33E+01	6,80E+00	2,85E+01	5,72E+01
Valor mínimo	2,24E+00	1,39E+00	4,88E-01	9,50E-01	1,59E+00	1,46E+00
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	6	4	6	4	9	8
Nº de análisis < LID	0	3	3	3	0	0

1.2.4. Agua

Los principales caminos de exposición de la población a los radionucleidos emitidos por efluentes líquidos y transportados por el agua son la ingestión por consumo de agua potable, peces u otras especies acuáticas, vegetales irrigados y carne de animales que hayan ingerido dichos vegetales o consumido el agua.

Agua superficial

El agua superficial constituye una vía transitoria en la que el muestreo se realiza tanto de forma continua (muestreo proporcional continuo) como de forma discontinua, de acuerdo con una frecuencia preestablecida.

Índice de actividad beta total. El porcentaje de detección de valores de concentración superiores a los LID se sitúa prácticamente en el 100 %. Al igual que en las muestras de aire, la finalidad de esta medida es detectar cualquier posible cambio en los niveles de radiactividad ambiental, y en caso de detectarse, realizar análisis específicos.

En la figura 2.12a se presenta la secuencia de valores de este índice de actividad en agua superficial para cada central nuclear a lo largo del tiempo. Se puede apreciar la diferencia existente entre los valores de actividad beta total en las muestras de la central nuclear Vandellós II (agua de mar) y en el resto de las centrales (aguas continentales). En el caso del emplazamiento costero de la central nuclear Vandellós II, los niveles de actividad del índice beta total son más elevados debido a la salinidad del agua de mar, que incrementa el contenido de potasio-40, emisor beta-gamma de origen natural, y principal contribuyente en este índice de actividad. En general, los valores se mantienen bastante uniformes y los niveles medios de la campaña del año 2013 son similares a los obtenidos en años anteriores (figura 2.12b). El descenso observado en el caso de la central nuclear de Cofrentes, desde el año 1995, se relaciona con la sustitución de un punto de muestreo en la desembocadura del río Júcar, precisamente para evitar la influencia de la intrusión de aguas marinas.

Índice de actividad beta resto. Esta medida proporciona valores de actividad de emisores beta, una vez que le ha sido sustraída la correspondiente al potasio-40. Tanto los valores de concentración como el porcentaje de medidas detectadas son inferiores a los observados para la medida del índice de actividad beta total (figuras 2.13a y 2.13b). Los valores medios obtenidos para este índice de actividad en 2013 son similares a los registrados en años anteriores.

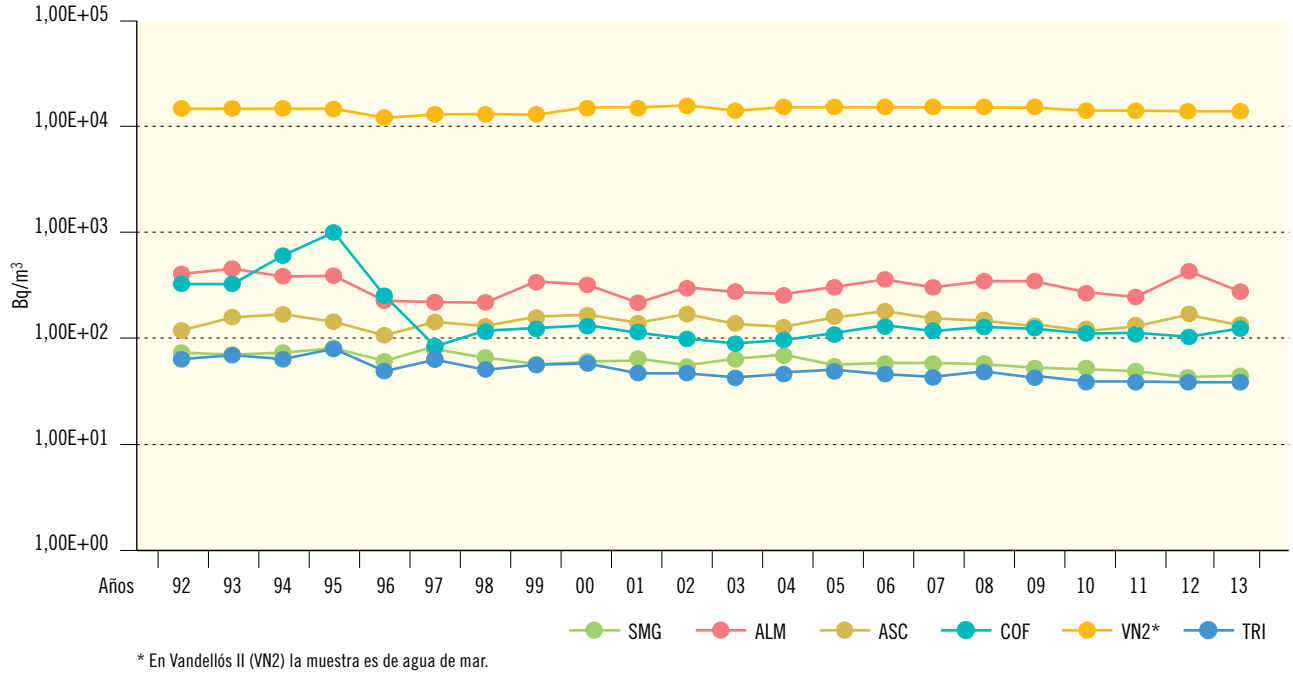
Estroncio-90. En la actualidad este análisis se realiza únicamente en las muestras de agua superficial del PVRA de la central nuclear de Ascó, aunque hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz. Todos los valores obtenidos en 2013 han sido inferiores a los LID.

Tritio. La proporción de muestras que presentan valores de concentración superiores al LID, así como los valores de concentración obtenidos, son variables en cada programa de vigilancia. Estas variaciones se relacionan con las características de cada instalación, el volumen y dinámica del medio receptor de los efluentes (río, embalse o mar) y las condiciones meteorológicas (sequía o pluviosidad abundante). En las centrales de Cofrentes y Santa María de Garoña, que son del tipo de agua en ebullición y vierten menor cantidad de tritio en sus efluentes líquidos que las de agua a presión, se obtienen habitualmente concentraciones medias de actividad de tritio inferiores a aquellas encontradas en las muestras de agua analizadas en las inmediaciones de Almaraz y Trillo (figuras 2.14a y 2.14b).

Los valores de tritio en el año 2013 se encuentran en el rango de los valores habituales para este parámetro (figura 2.14a), salvo un incremento que se observa en las muestras de agua de mar de la central nuclear Vandellós II, que se ha relacionado con la posible coincidencia de los muestreos, que son puntuales, con un vertido reciente de la central.

Figura 2.12a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta total

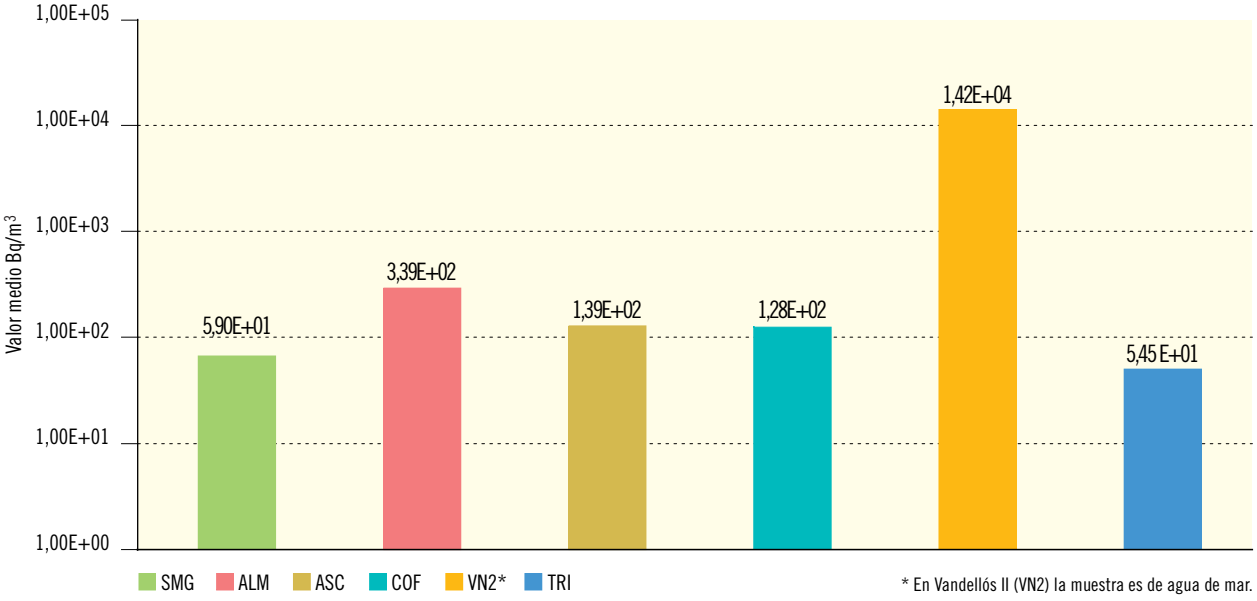
Valores medios en la zona vigilada



* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Figura 2.12b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013

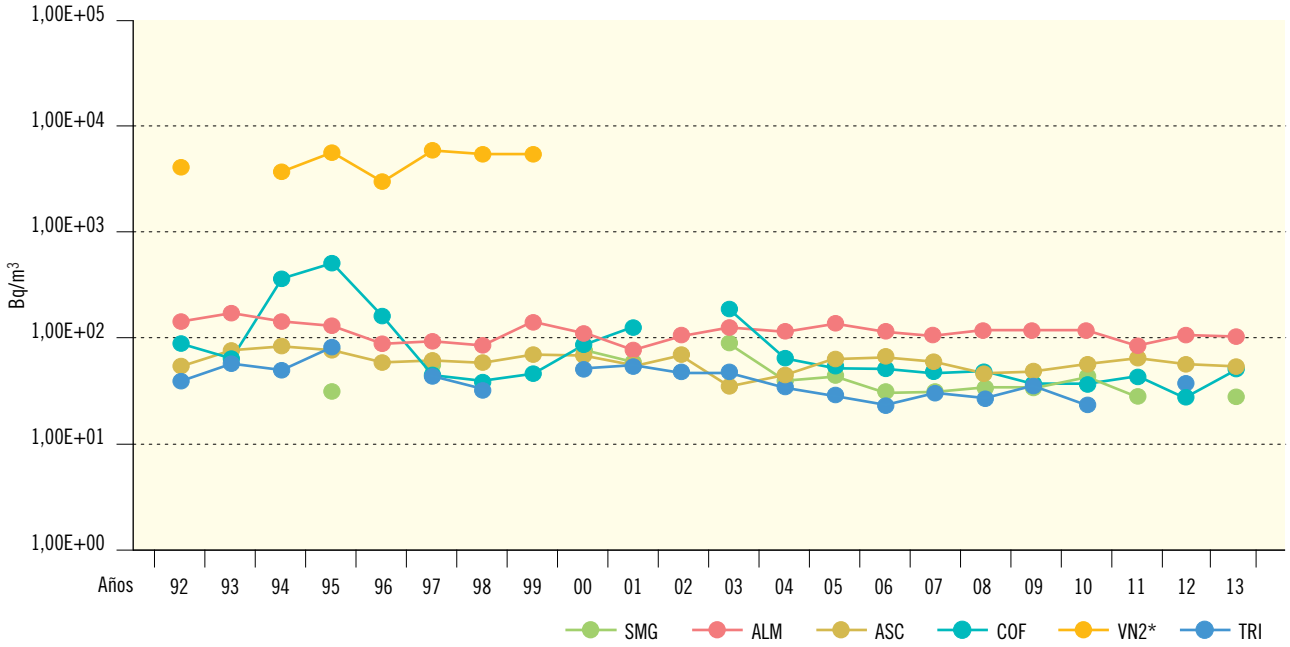


* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	7,45E+01	8,89E+02	1,97E+02	2,75E+02	1,66E+04	7,70E+01
Valor mínimo	4,04E+01	1,72E+02	9,81E+01	5,19E+01	1,29E+04	3,33E+01
Nº total de análisis	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	16	108	16	72	16	46
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	2

Figura 2.13a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

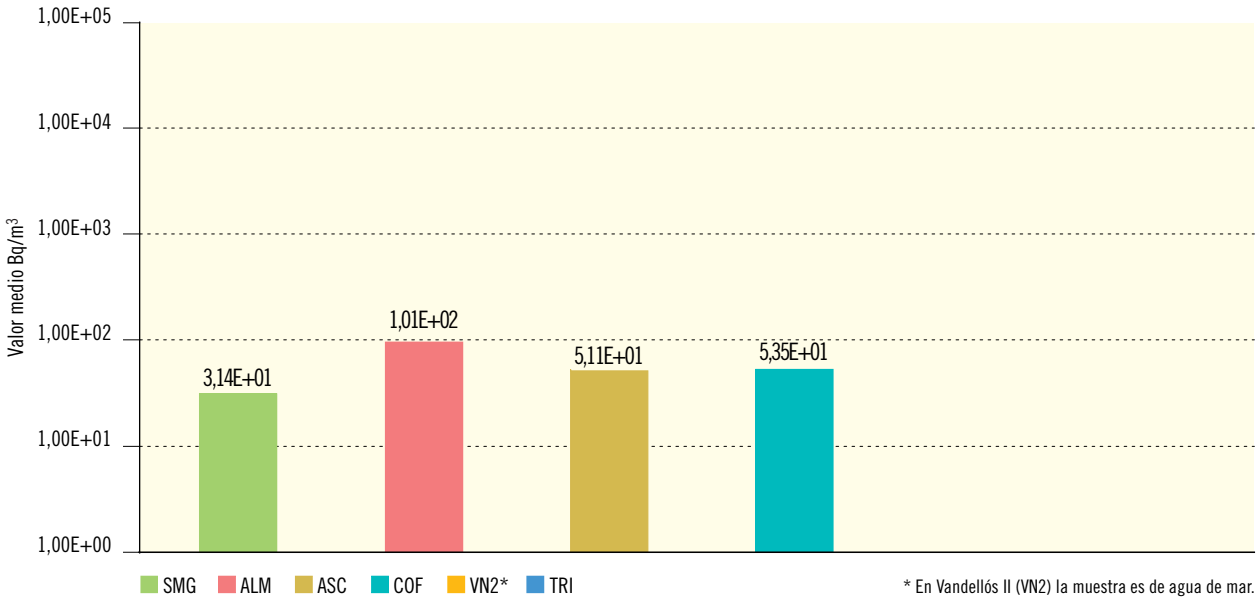
Valores medios en la zona vigilada



* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Figura 2.13b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013

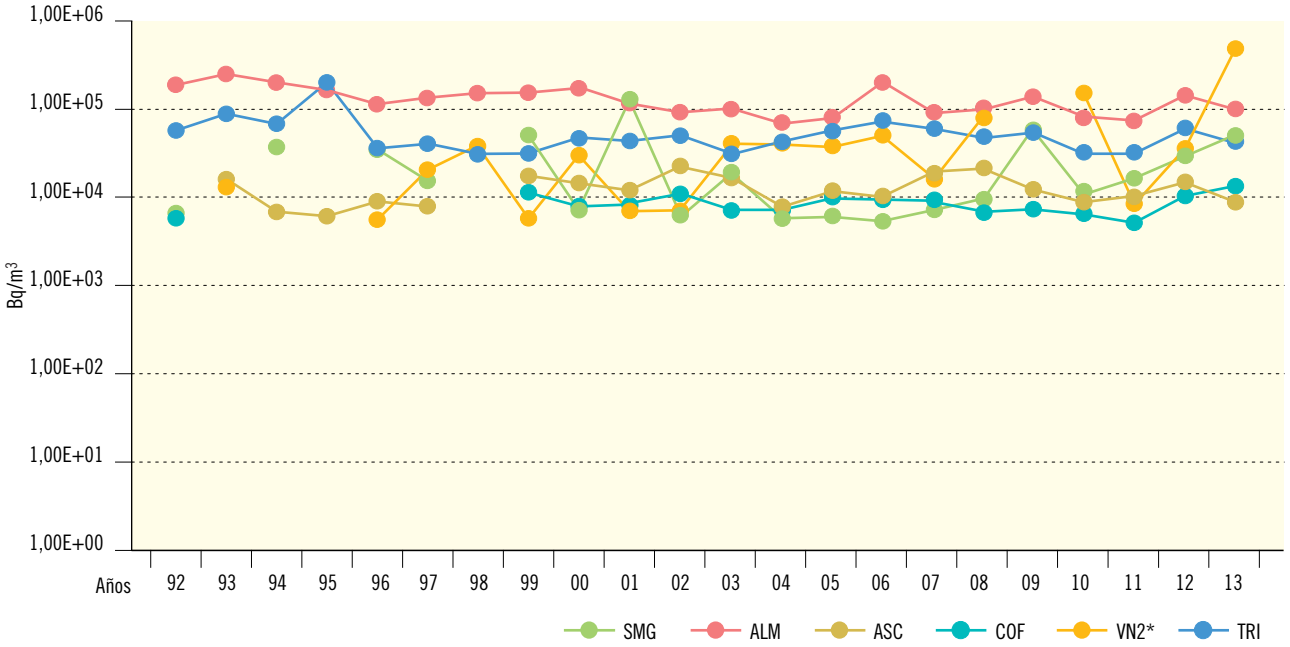


* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	3,16E+01	5,06E+02	7,55E+01	7,61E+01		
Valor mínimo	3,12E+01	4,07E+01	4,20E+01	3,02E+01		
Nº total de análisis	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	2	89	8	12	0	0
Nº de análisis < LID	14	19	8	60	16	48

Figura 2.14a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

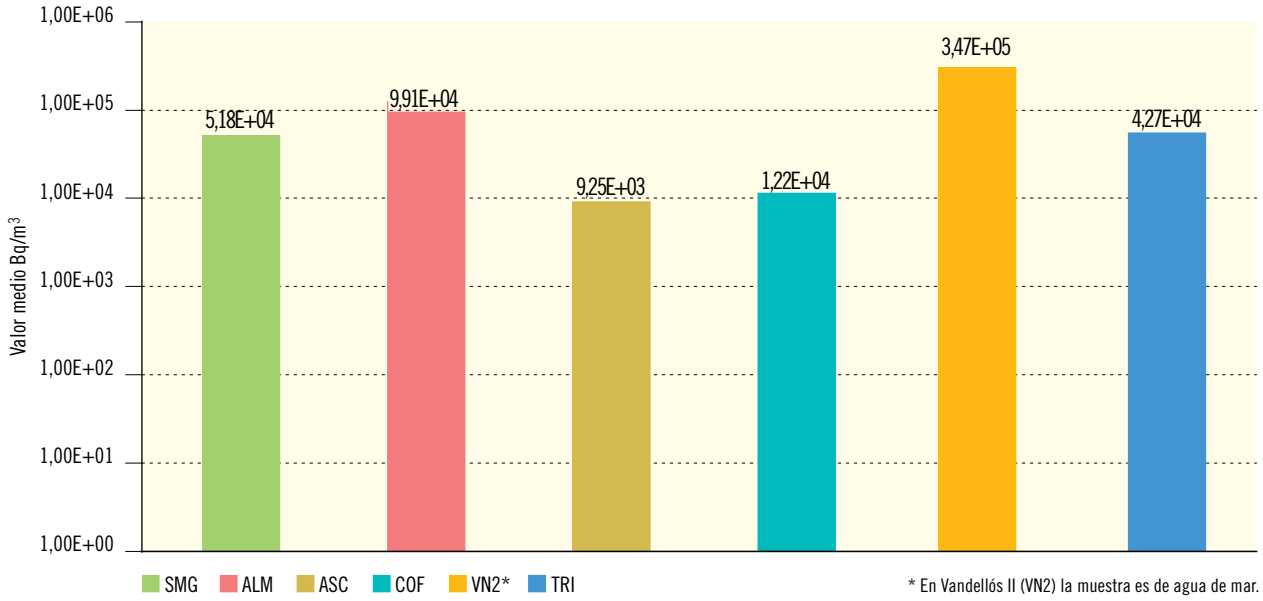
Valores medios en la zona vigilada



* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Figura 2.14b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar.

Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,19E+05	1,98E+05	1,72E+04	1,37E+04	9,38E+05	8,56E+04
Valor mínimo	5,72E+03	8,18E+03	5,18E+03	1,06E+04	7,16E+03	9,09E+03
Nº total de análisis	48	60	16	24	16	16
Nº de análisis > LID	4	48	4	2	3	12
Nº de análisis < LID	44	12	12	22	13	4

Espectrometría gamma. En esta campaña todos los valores de concentración de radionucleidos artificiales emisores gamma son inferiores al LID.

Agua potable

La recogida de estas muestras tiene como finalidad evaluar la dosis potencial que puede recibir la población como consecuencia de su ingestión. Ninguno de los valores obtenidos en los diferentes análisis realizados en la campaña de 2013 supera los niveles de notificación.

Tampoco se superan los valores de referencia indicados en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad de las aguas de consumo humano.

En los emplazamientos costeros no se requiere la vigilancia del agua potable, ya que estas muestras no se ven afectadas por los vertidos líquidos de las instalaciones, por lo que aunque la central Vandellós II las incluye en su PVRA, en ningún caso los valores de concentración de actividad observados en estas muestras son atribuibles a sus vertidos.

Índice de actividad beta total. Tal y como se observa en las figuras 2.15a y 2.15b, los resultados obtenidos para cada instalación en los distintos periodos de muestreo son bastante homogéneos. Las concentraciones de actividad beta total detectadas son debidas, fundamentalmente, a la concentración de potasio-40 en el agua.

Índice de actividad beta resto. En esta medida, como ya se ha indicado, se determina el contenido de actividad beta, una vez sustraído el aporte correspondiente al potasio-40. En las gráficas 2.16a y 2.16b se puede observar que tanto los niveles de actividad como el número de resultados superiores al LID, son inferiores a los obtenidos para el índice de actividad beta total. En la campaña de 2013 se han detectado en los programas de las centrales de Almaraz, Ascó, Trillo y Santa María de Garoña valores similares a los de periodos anteriores.

Estroncio-90. Este tipo de análisis se realiza en los distintos PVRA, con excepción de las muestras correspondientes a la central nuclear Vandellós II. En la campaña del año 2013 no se ha detectado estroncio-90 en ninguna de las muestras de agua potable analizadas.

Tritio. Los porcentajes de muestras que superan los LID son variables, al igual que los valores medios anuales de concentración. Los valores obtenidos en 2013 son comparables a los de campañas anteriores (figura 2.17a), y solo se ha hallado actividad en las muestras de las centrales de Ascó y Trillo, siendo en esta última donde se detecta el mayor número de valores y los más elevados (figura 2.17b).

Espectrometría gamma. Los valores de concentración de radionucleidos artificiales son sistemáticamente inferiores al LID, por lo que no se incluye representación gráfica.

Sedimentos de fondo y de orilla

El seguimiento del material sedimentado en el cauce de los ríos, embalses, fondo del mar o en las orillas de todos ellos responde a la necesidad de vigilancia de los procesos de acumulación de los radionucleidos no disueltos, que pueden dar lugar a una vía indirecta de exposición a las personas a través de la ingestión de especies acuáticas y por reincorporación al agua con posterior uso como agua de bebida, así como la vigilancia de la exposición directa por la irradiación externa durante la permanencia en las orillas.

Estroncio-90. Además de la posible aportación de estroncio-90 por los efluentes de la central, el principal origen de la presencia de este isótopo es el poso radiactivo. Los valores obtenidos en la campaña del año 2013 son similares a los de campañas anteriores (figuras 2.18a y 2.18b); en todas las centrales se ha encontrado actividad en alguna muestra, incluyendo la central de Vandellós II, donde no se detectaba desde el año 2009.

Espectrometría gamma. Entre los radionucleidos de origen artificial que se detectan en sedimentos, se encuentran productos de fisión como el cesio-137, detectado tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de las instalaciones, y productos de activación como el cobalto-60.

En la campaña de 2013 se han obtenido valores de cesio-137 y de cobalto-60 en muestras de sedimentos de fondo de todas las centrales, pero no se ha detectado ningún otro isótopo de origen artificial. En las figuras 2.19a y 2.20a puede observarse que los valores medios anuales de cesio-137 y cobalto-60 se mantienen similares a los de años anteriores, con un ligero incremento para ambos isótopos en la central nuclear de Cofrentes.

Los sedimentos de orilla se vigilan en los PVRA de Almaraz, Vandellós II y Trillo. En el año 2013 únicamente se detecta la presencia de cesio-137 en los sedimentos de orilla de Almaraz y Vandellós II (figuras 2.21a y 2.21b).

Figura 2.15a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

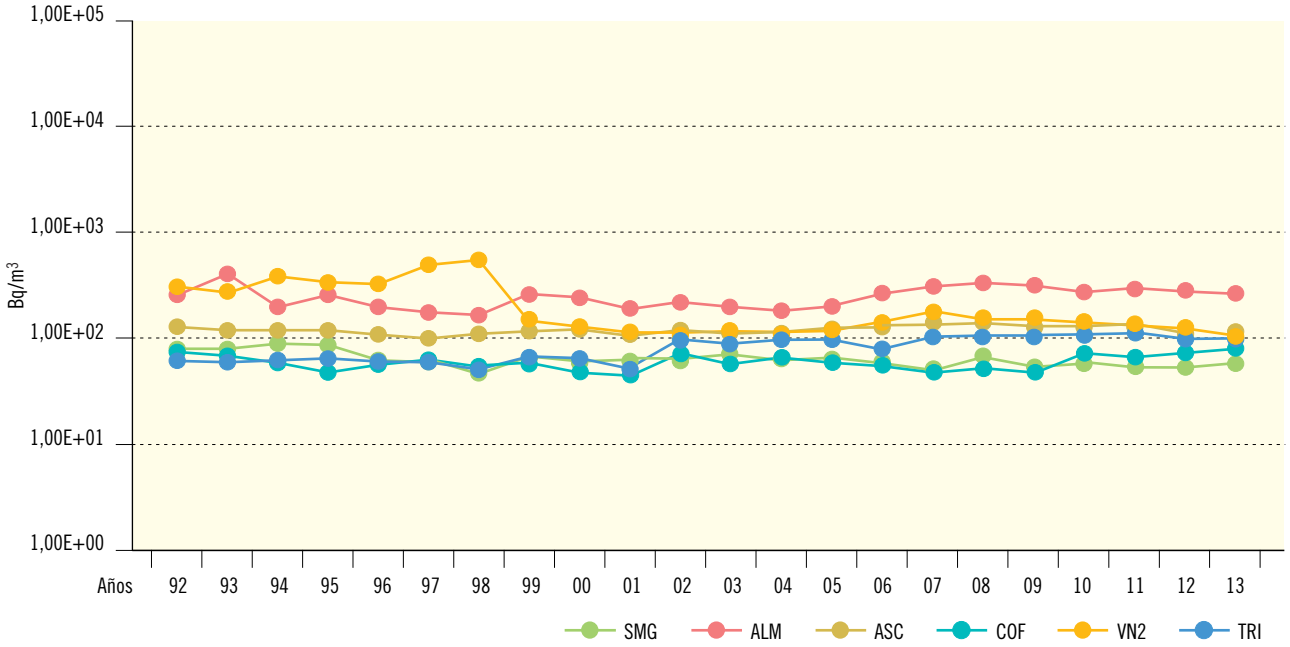
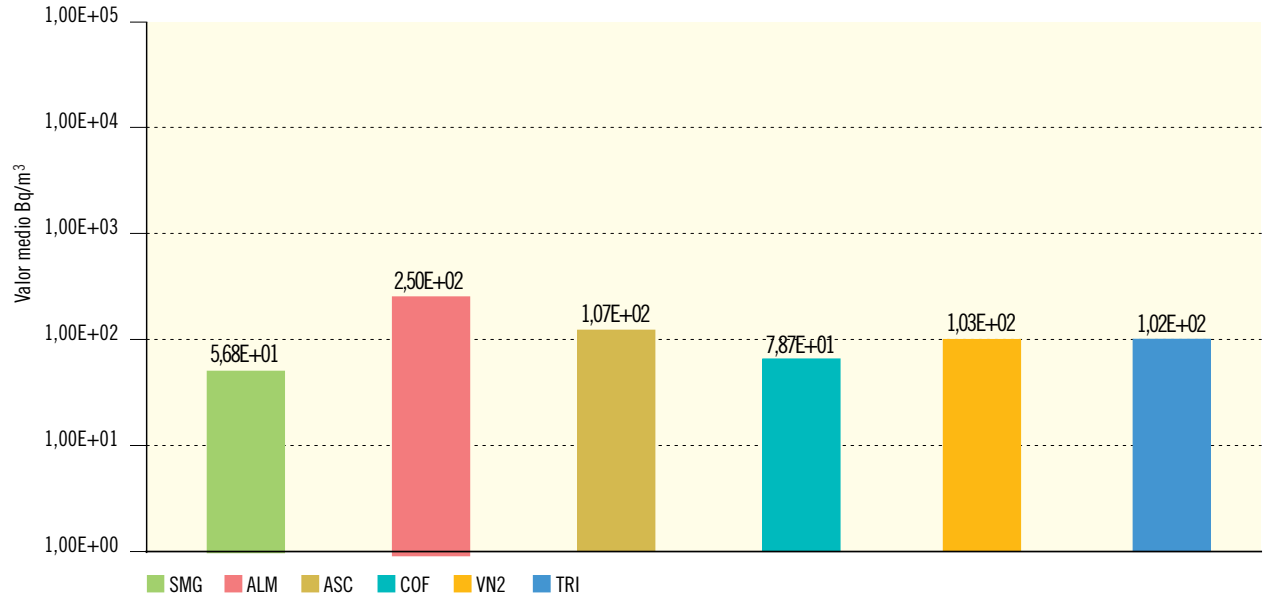


Figura 2.15b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,19E+01	3,74E+02	1,75E+02	9,56E+01	1,52E+02	3,37E+02
Valor mínimo	2,98E+01	3,03E+01	4,18E+01	3,35E+01	6,96E+01	3,93E+01
Nº total de análisis	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	17	28	48	6	4	23
Nº de análisis < LID	11	8	0	6	0	1

Figura 2.16a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

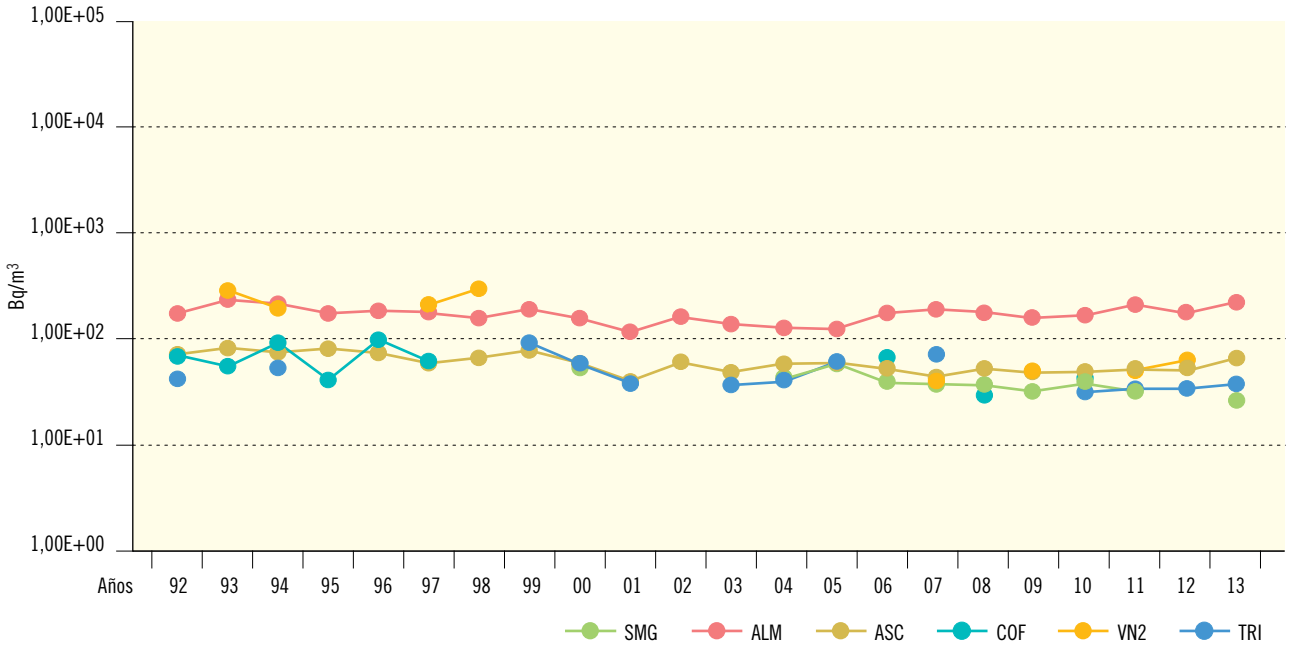
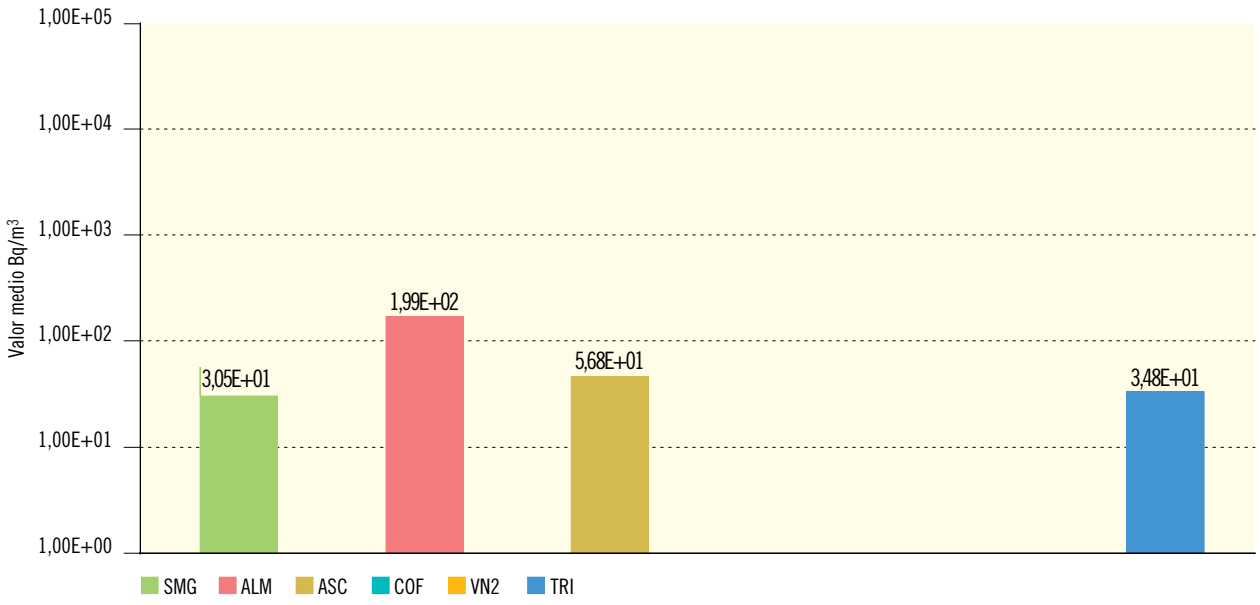


Figura 2.16b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,05E+01	3,27E+02	8,09E+01			3,75E+01
Valor mínimo	3,05E+01	3,20E+01	3,39E+01			3,21E+01
Nº total de análisis	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	1	16	6	0	0	2
Nº de análisis < LID	27	20	42	12	4	22

Figura 2.17a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

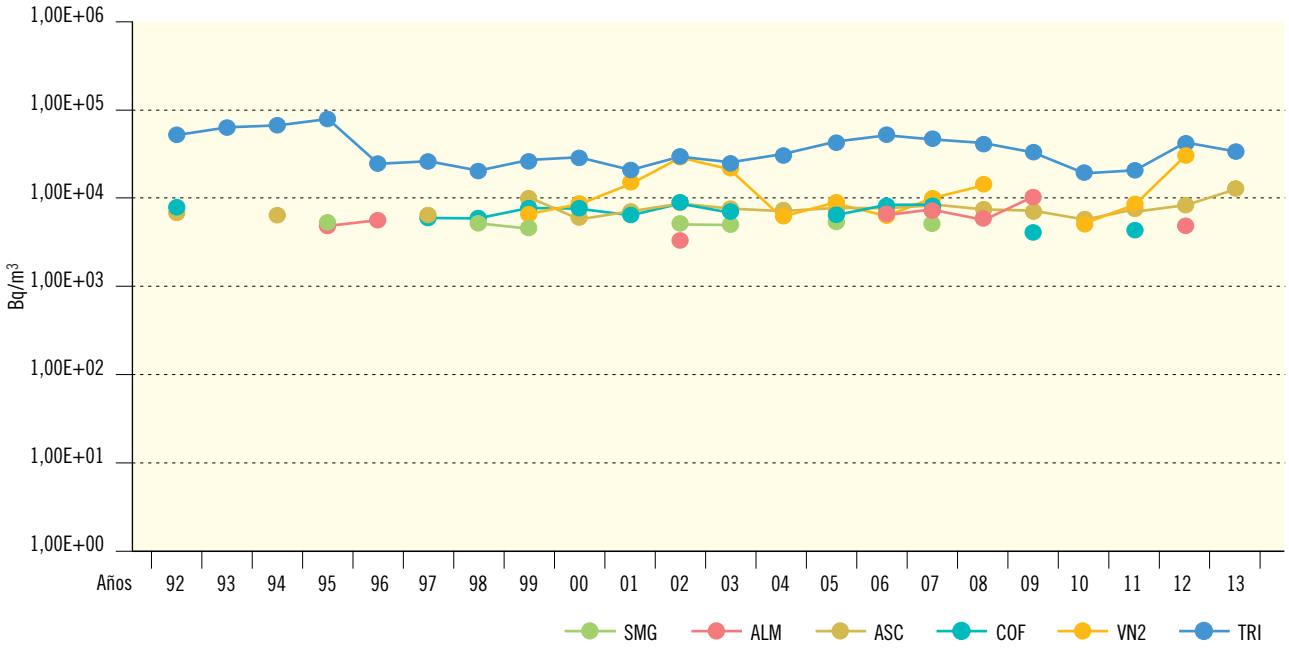
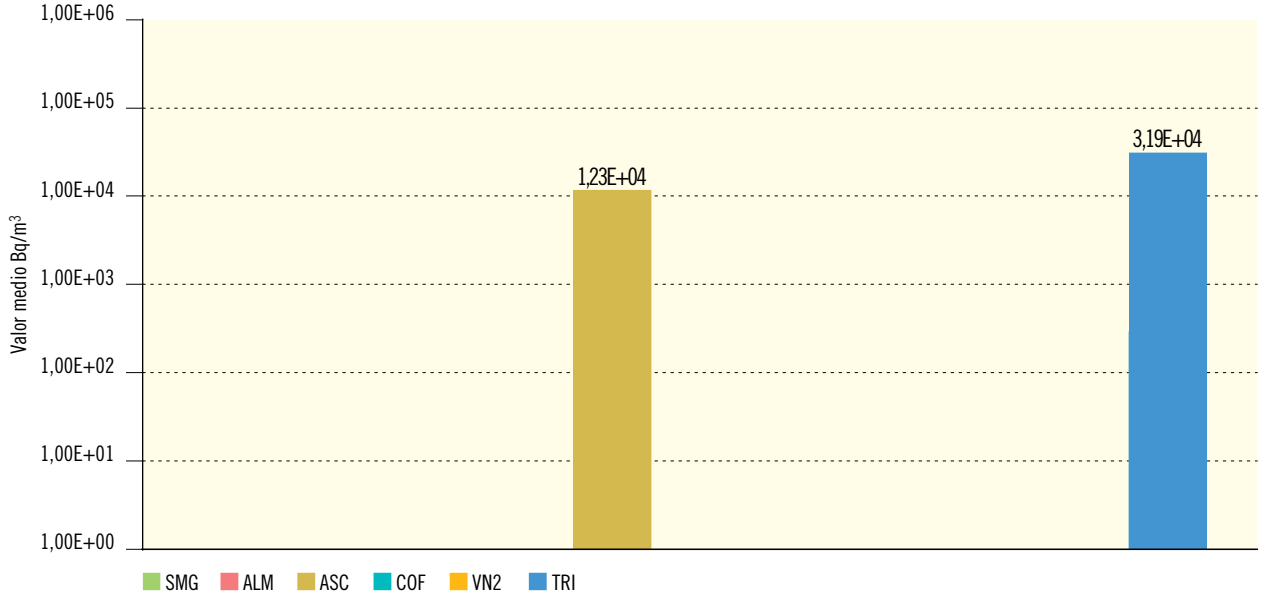


Figura 2.17b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			1,65E+04			5,89E+04
Valor mínimo			8,02E+03			7,29E+03
Nº total de análisis	28	12	16	12	4	24
Nº de análisis > LID	0	0	2	0	0	15
Nº de análisis < LID	28	12	14	12	4	9

Figura 2.18a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

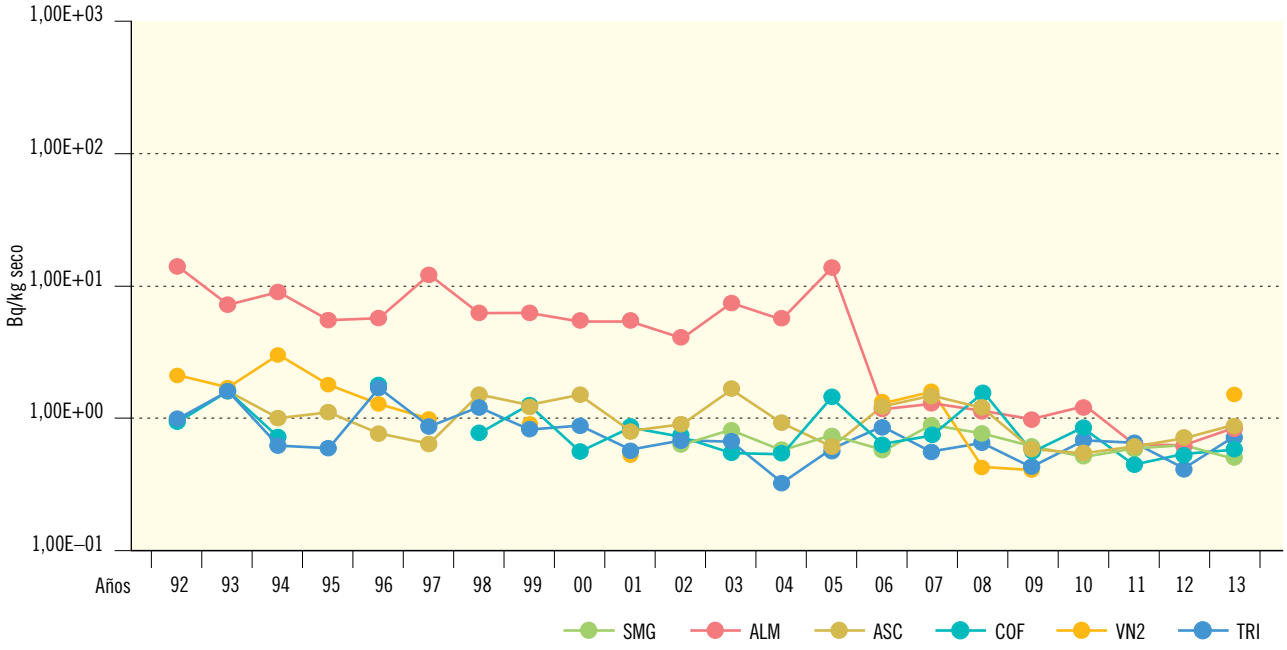
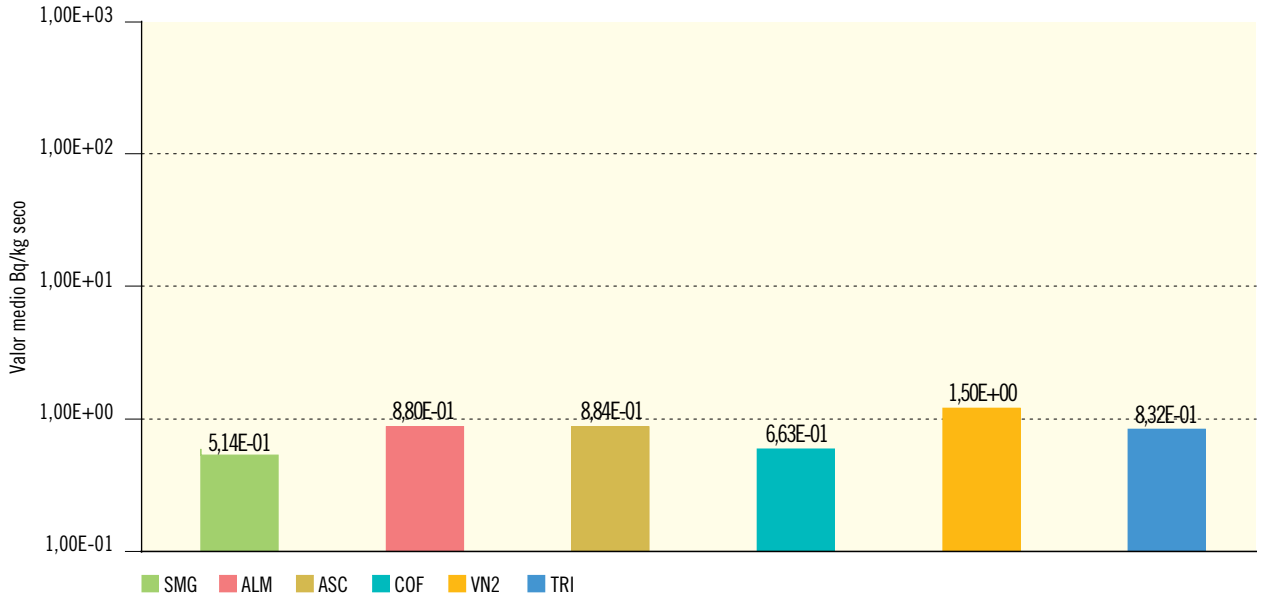


Figura 2.18b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,78E-01	2,74E+00	2,00E+00	1,18E+00	1,50E+00	1,95E+00
Valor mínimo	4,48E-01	3,33E-01	3,90E-01	3,84E-01	1,50E+00	4,05E-01
Nº total de análisis	16	16	16	14	6	14
Nº de análisis > LID	4	9	8	7	1	4
Nº de análisis < LID	12	7	8	7	5	10

Figura 2.19a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

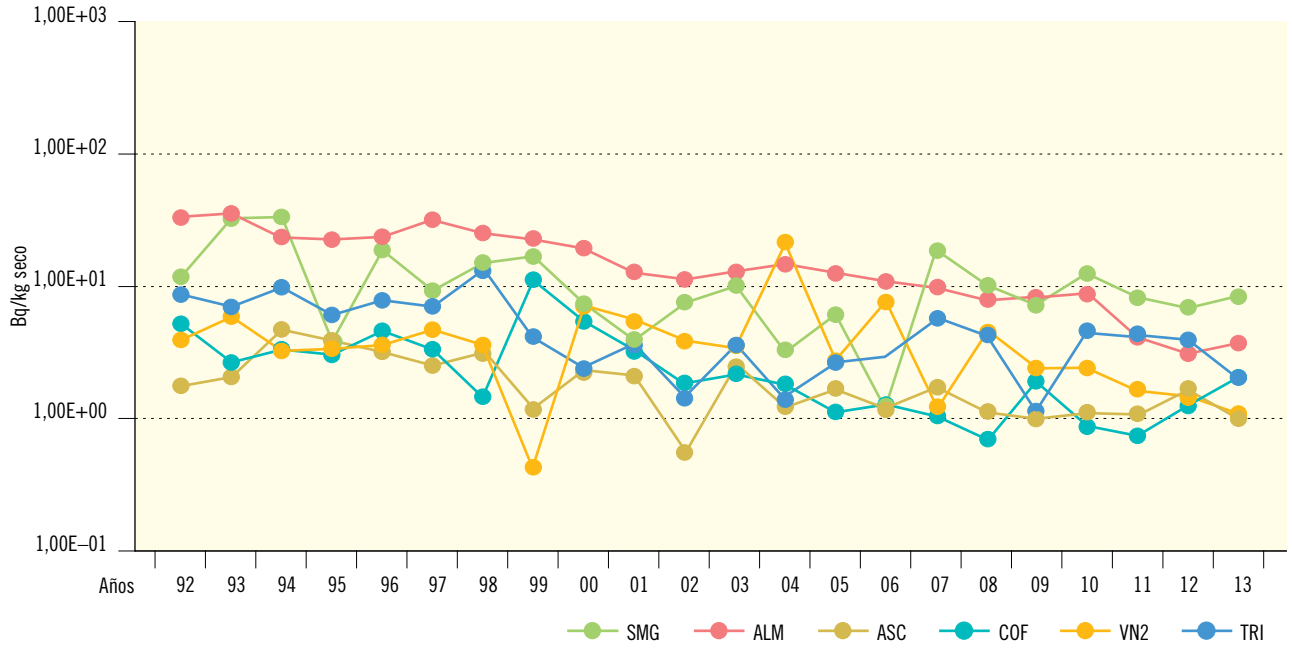
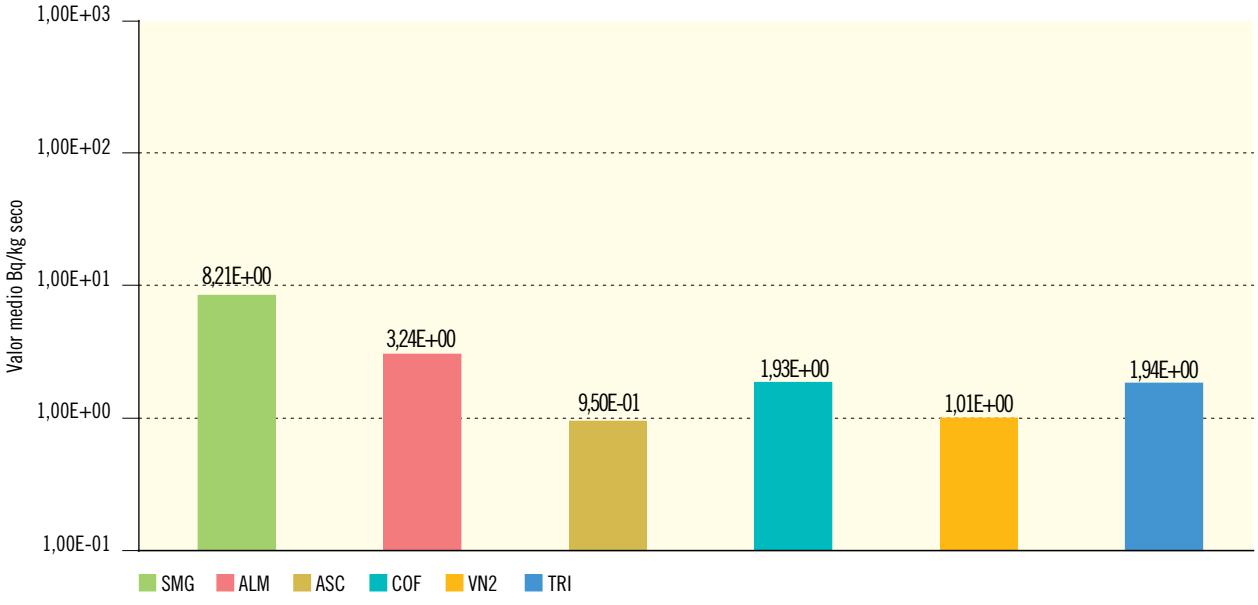


Figura 2.19b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,08E+01	9,74E+00	1,76E+00	4,63E+00	1,34E+00	8,69E+00
Valor mínimo	6,45E-01	5,61E-01	5,48E-01	4,40E-01	5,79E-01	7,57E-02
Nº total de análisis	16	16	16	14	6	14
Nº de análisis > LID	11	13	7	13	3	10
Nº de análisis < LID	5	3	9	1	3	4

Figura 2.20a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

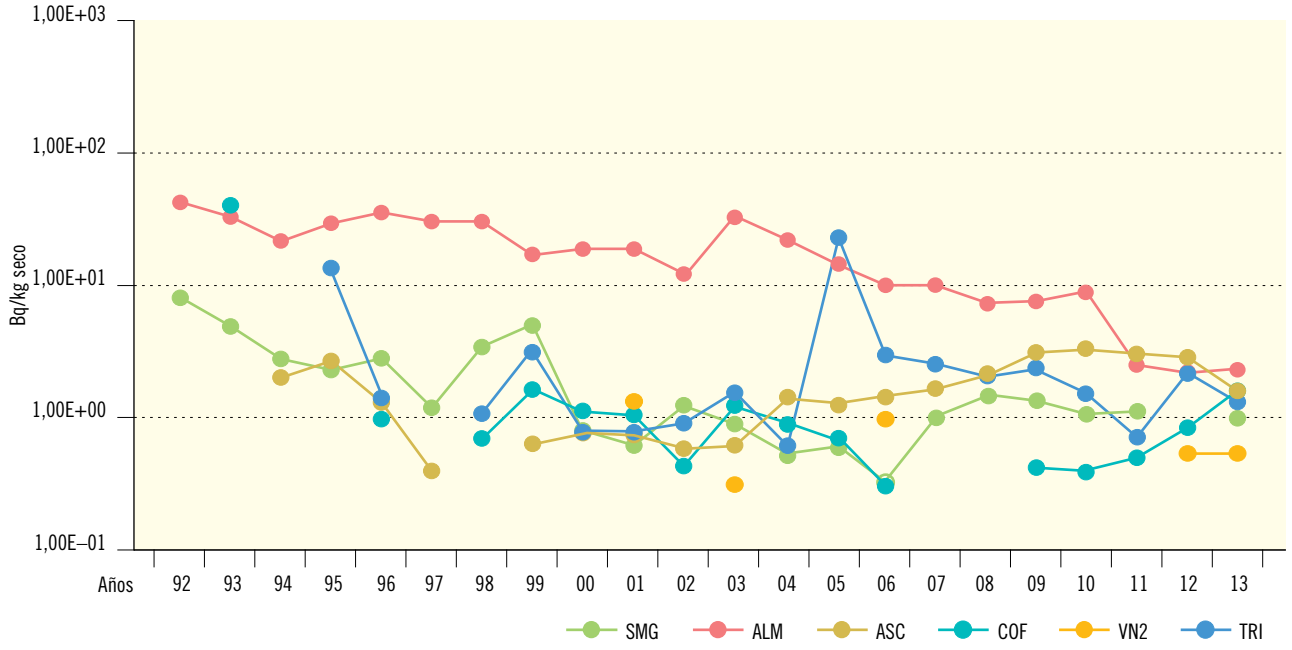
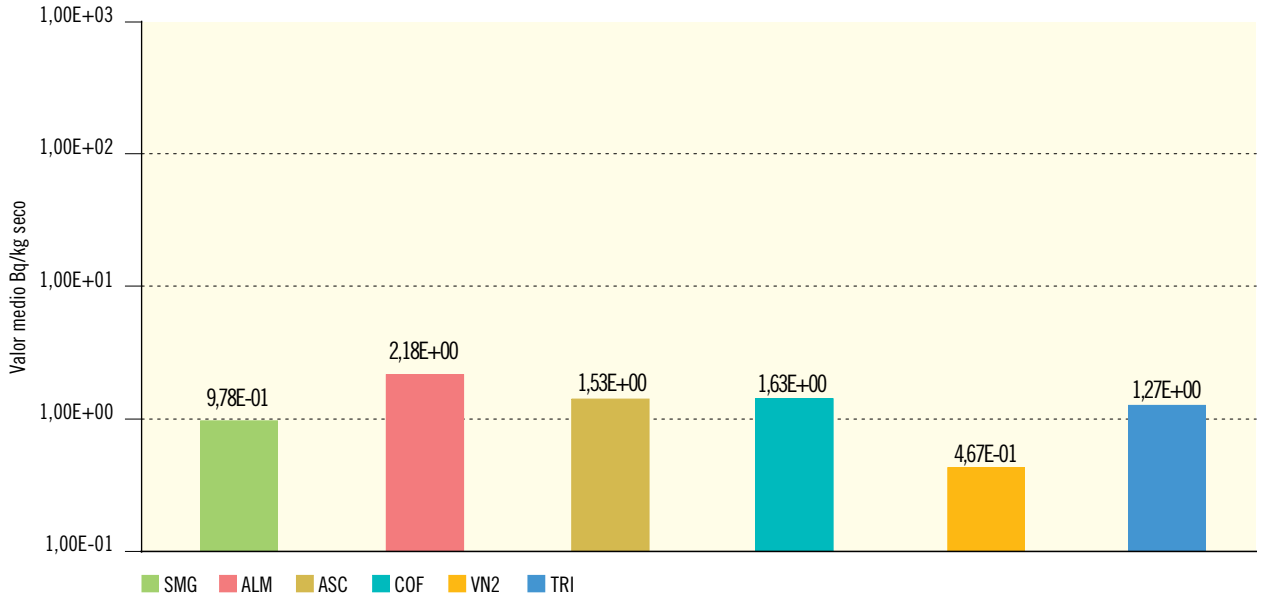


Figura 2.20b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,11E+00	4,33E+00	3,65E+00	1,63E+00	4,67E-01	2,46E+00
Valor mínimo	8,46E-01	1,08E+00	5,37E-01	1,63E+00	4,67E-01	7,40E-01
Nº total de análisis	16	16	16	14	6	14
Nº de análisis > LID	2	5	6	1	1	4
Nº de análisis < LID	14	11	10	13	5	10

Figura 2.21a. Sedimentos de orilla. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

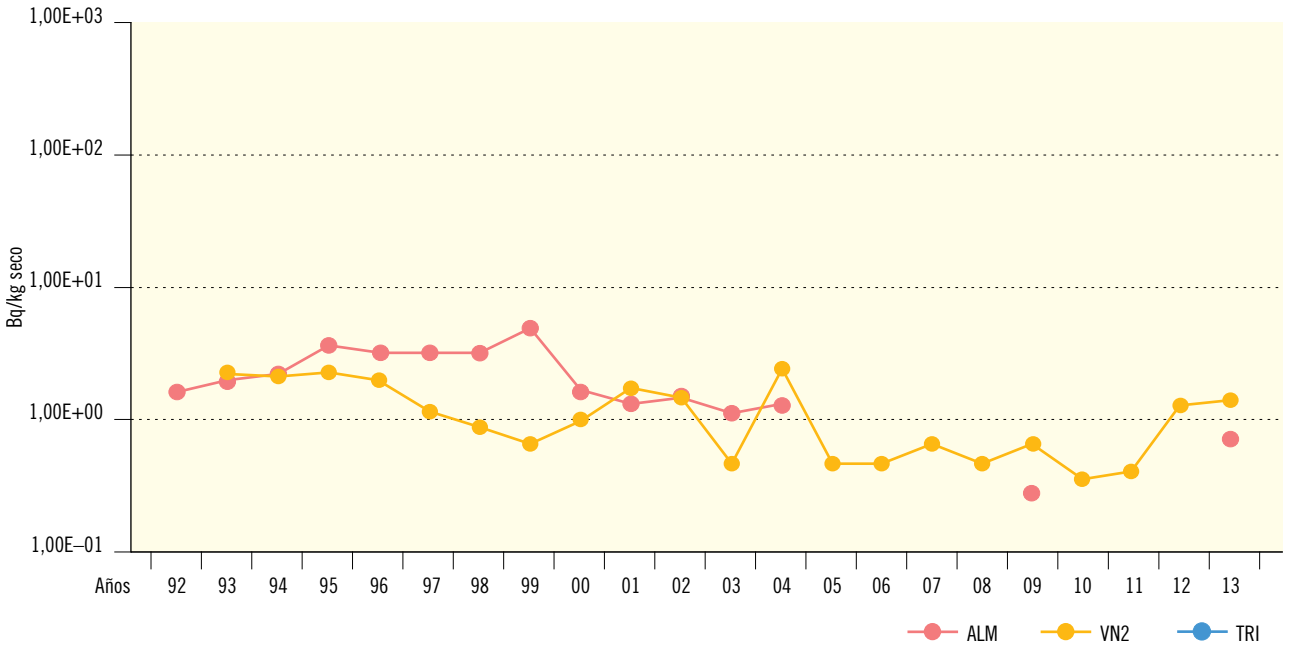
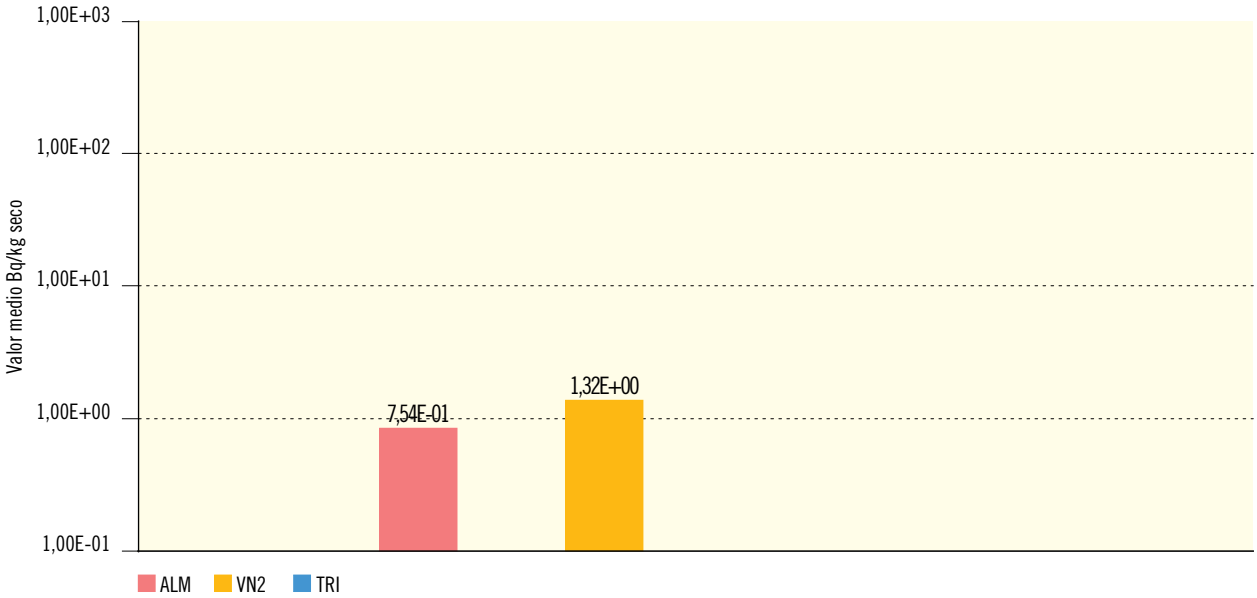


Figura 2.21b. Sedimentos de orilla. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	ALM	VN2	TRI
Valor máximo	8,78E-01	1,32E+00	
Valor mínimo	6,30E-01	1,32E+00	
Nº total de análisis	4	12	2
Nº de análisis > LID	2	1	0
Nº de análisis < LID	2	11	2

1.2.5. Organismos indicadores

Constituyen una vía integradora y acumuladora. Aunque no se trata de vías directas de exposición para las personas, las muestras de organismos indicadores recogidas en los PVRA han sido seleccionadas por su capacidad de bioacumulación de isótopos radiactivos. Al ser muy variadas, se agrupan en plantas acuáticas, plantas de orilla, plantas terrestres, musgos y fauna terrestre para poder presentar los resultados de un modo resumido.

Para cada uno de estos cinco grupos se han representado, en las gráficas tipo "a", los valores medios históricos obtenidos para los distintos isótopos y en las distintas instalaciones; en las gráficas tipo "b" se detallan los resultados de la campaña del año 2013; separando en cada una de las centrales nucleares los valores medios de cada radionucleido obtenidos en los puntos testigo, es decir, los situados aguas arriba de la descarga de los efluentes líquidos de la instalación, de los valores medios obtenidos en las estaciones de seguimiento, es decir, los puntos situados aguas abajo del punto de vertido. Hay que hacer notar que en el caso de la central nuclear Vandellós II no se realiza esta separación, ya que, debido a la compleja dinámica de las corrientes marinas, hasta el momento no han podido establecerse los puntos testigo. Los resultados procedentes de esta central aparecen en la figura correspondiente como valores medios obtenidos aguas abajo, aunque en este caso sea un valor medio de los resultados obtenidos en todas las estaciones.

Los tipos de muestras recogidas durante 2013 en cada uno de estos grupos son los siguientes:

- Plantas acuáticas. En este grupo se incluyen plantas que viven total o parcialmente sumergidas en el agua. Agrupan las siguientes muestras: fanerógamas acuáticas en la central nuclear de Santa María de Garoña, *Myriophyllum* (solo aguas arriba) y *Ceratophyllum* en la de Ascó, y *Posidonia oceánica* en Vandellós II.

- Plantas de orilla. En este grupo se incluyen plantas que viven en las orillas de los ríos. Las muestras de los distintos programas son las siguientes: *Typha* en las centrales nucleares de Almaraz, Cofrentes y Trillo, *Scirpus* en Almaraz y Cofrentes, y *Phragmites* en Cofrentes.

- Plantas terrestres. Muestras de retama spp en Almaraz.

- Musgos. Por su posición taxonómica y características fisiológicas se ha considerado separadamente este grupo, en el que se incluyen musgos acuáticos y musgos terrestres, recogidos únicamente en la central nuclear de Santa María de Garoña.

- Fauna terrestre. Este tipo de muestra se recoge únicamente en la central nuclear de Santa María de Garoña y corresponde a gasterópodos terrestres que se analizan completos o solo la concha.

- Fauna acuática. En esta campaña se han recogido muestras de mejillón cebra en Santa María de Garoña.

Resultados

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2013 para las diferentes determinaciones realizadas confirman los niveles obtenidos en campañas anteriores.

En las muestras de plantas acuáticas, plantas de orilla y musgos se aprecian diferencias cualitativas y, a veces, también cuantitativas entre las muestras recogidas aguas arriba o aguas abajo de los puntos de vertido de los efluentes.

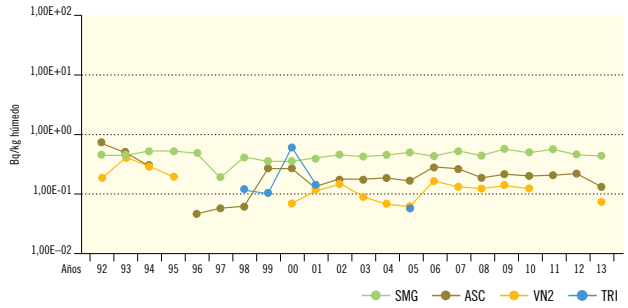
En el caso de los isótopos estroncio-90 y cesio-137 que, como ya se ha mencionado en otros apartados, provienen del poso radiactivo, además de la aportación por el funcionamiento de la central, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del punto de vertido, con porcentajes elevados de detección en todos los tipos de muestras para el estroncio-90, y más bajos y variables para el cesio-137.

La detección de productos de activación como el manganeso-54, cobalto-58, cobalto-60 y otros de fisión como la plata-110 metaestable o el cesio-134 (figuras 2.22 a

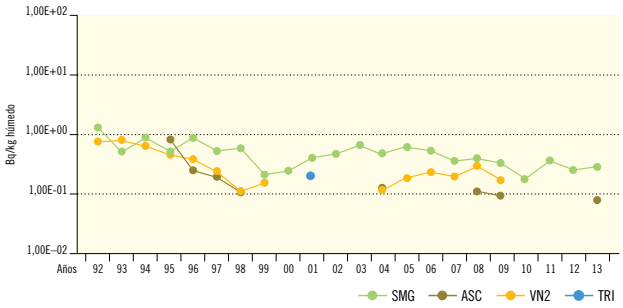
2.26) se produce de forma esporádica y, exclusivamente, en muestras recogidas aguas abajo de la instalación. Adicionalmente, en esta campaña de 2013 se ha detectado yodo-131 en muestras de plantas y musgos acuáticos recogidos en el entorno de la central nuclear de Santa María de Garoña, pero únicamente en estaciones situadas aguas arriba del vertido de la central (figuras 2.22 y 2.25); de acuerdo con el estudio llevado a cabo a raíz de los resultados obtenidos en las campañas de 2010 y 2011, donde también se detectó este isótopo en la estación testigo, es probable que su origen esté relacionado con el tratamiento médico de algún habitante de las localidades situadas en la ribera del río Ebro, aguas arriba de la central.

Figura 2.22a. Plantas acuáticas. Valores medios en la zona vigilada

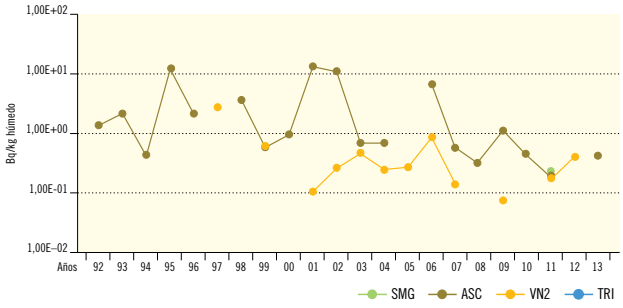
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



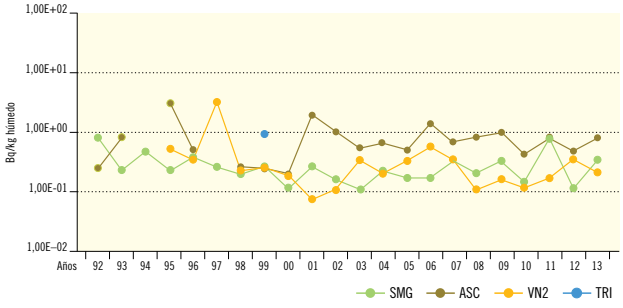
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



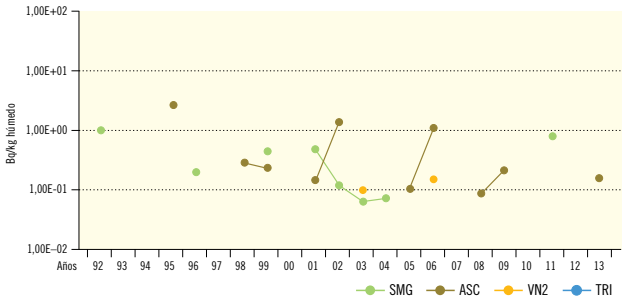
Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



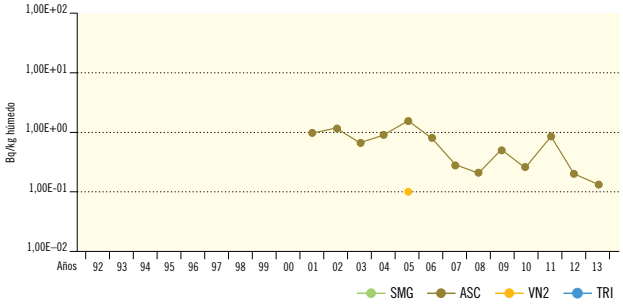
Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54



Evolución temporal de la concentración de actividad de Ag-110m



Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

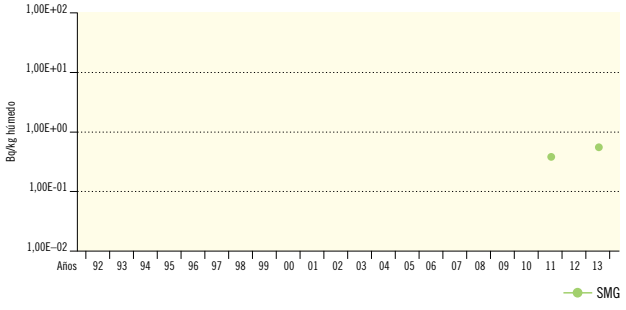
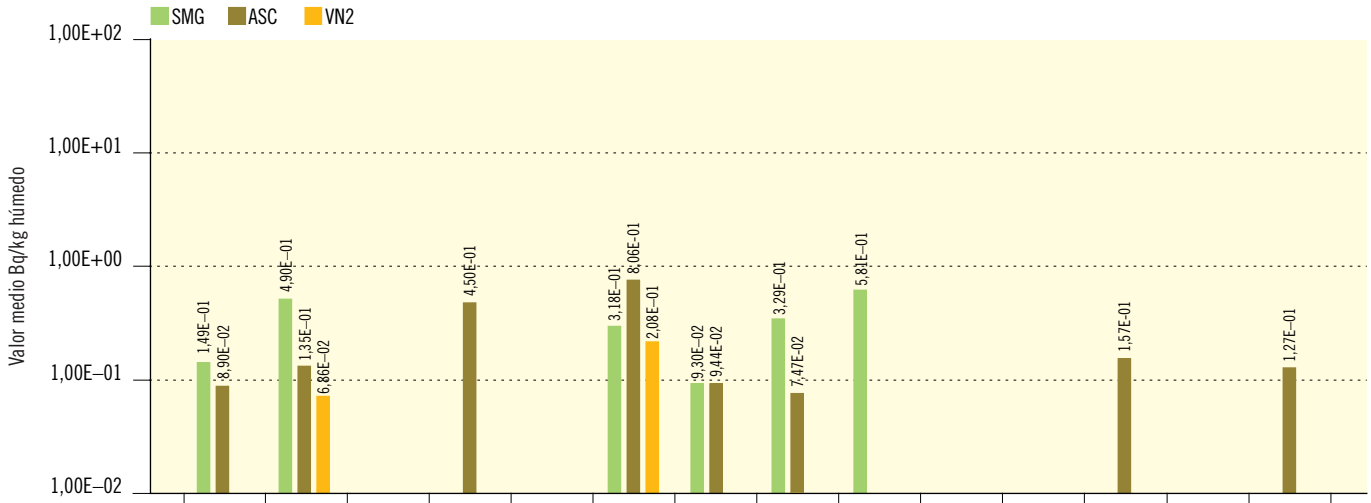


Figura 2.22b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013

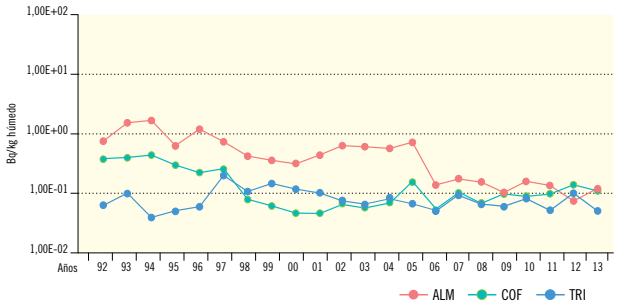


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-58 AR	Co-58 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	I-131 AR	I-131 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB	Ag-110m AR	Ag-110m AB
SMG														
Valor máximo	1,96E-01	6,98E-01				5,44E-01	9,30E-02	5,13E-01	5,81E-01					
Valor mínimo	1,02E-01	3,28E-01				9,14E-02	9,30E-02	1,57E-01	5,81E-01					
ASC														
Valor máximo	1,19E-01	2,16E-01		5,97E-01		9,81E-01	9,44E-02	7,47E-02				2,54E-01		1,27E-01
Valor mínimo	5,89E-02	8,28E-02		3,07E-01		5,28E-01	9,44E-02	7,47E-02				7,20E-02		1,27E-01
VN2														
Valor máximo		6,86E-02				3,82E-01								
Valor mínimo		6,86E-02				8,35E-02								
Nº total análisis	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	2	4
Nº análisis>LID	4	11	0	4	0	12	2	5	1	0	0	3	0	1
Nº análisis<LID	0	5	4	12	4	4	2	11	3	16	4	13	2	3

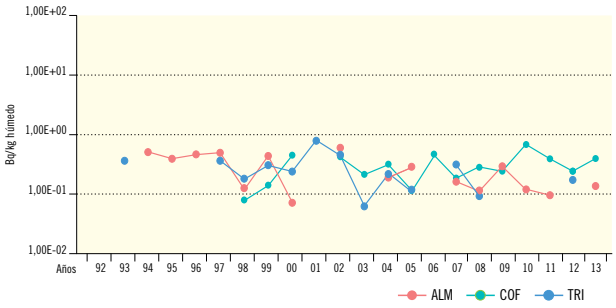
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.23a. Plantas de orilla. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134

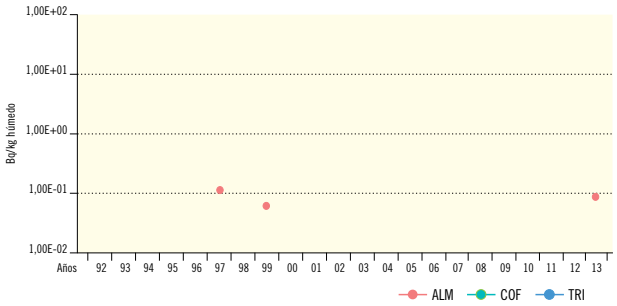
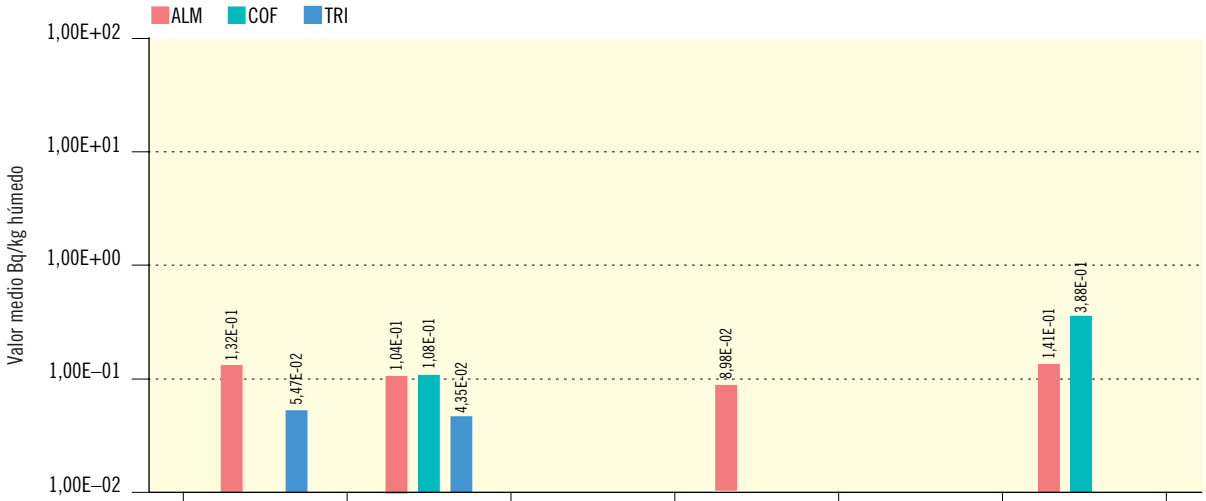


Figura 2.23b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Cs-134 AR	Cs-134 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
ALM						
Valor máximo	2,17E-01	2,23E-01		8,98E-02		1,41E-01
Valor mínimo	7,83E-02	4,62E-02		8,98E-02		1,41E-01
COF						
Valor máximo		1,29E-01				1,22E+00
Valor mínimo		7,45E-02				7,48E-02
TRI						
Valor máximo	5,47E-02	4,35E-02				
Valor mínimo	5,47E-02	4,35E-02				
Nº total análisis	7	17	7	17	7	17
Nº análisis>LID	5	8	0	1	0	6
Nº análisis<LID	2	9	7	16	7	11

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.24a. Plantas terrestres. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

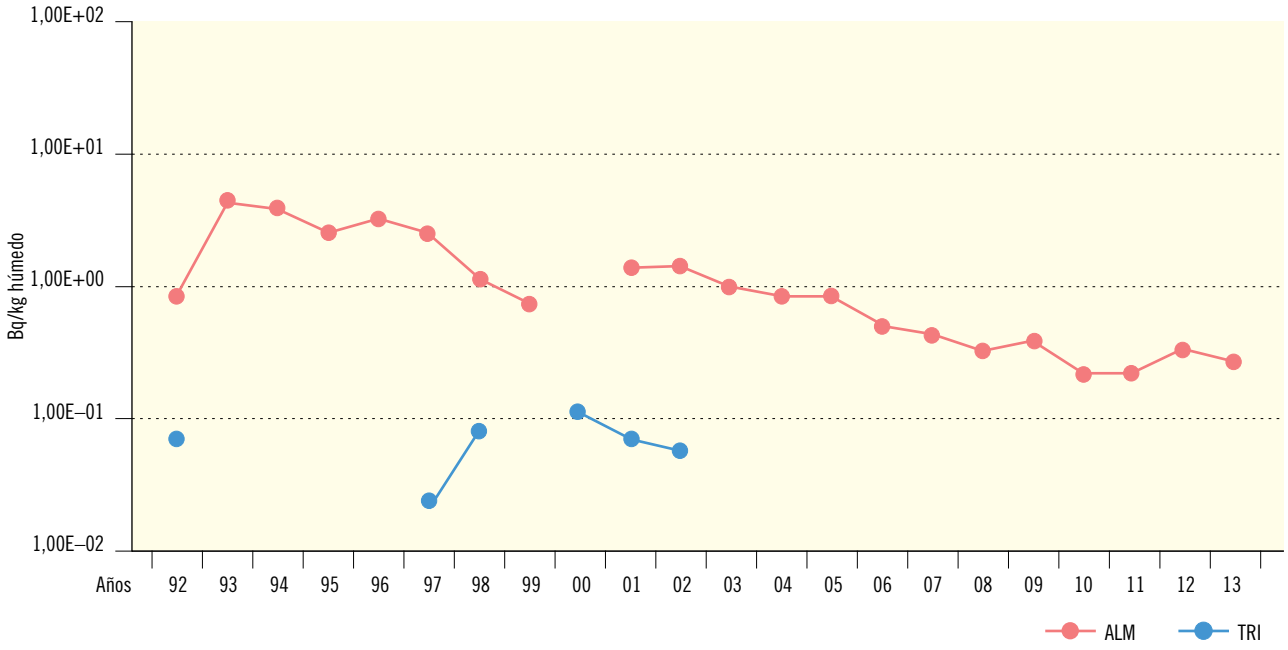
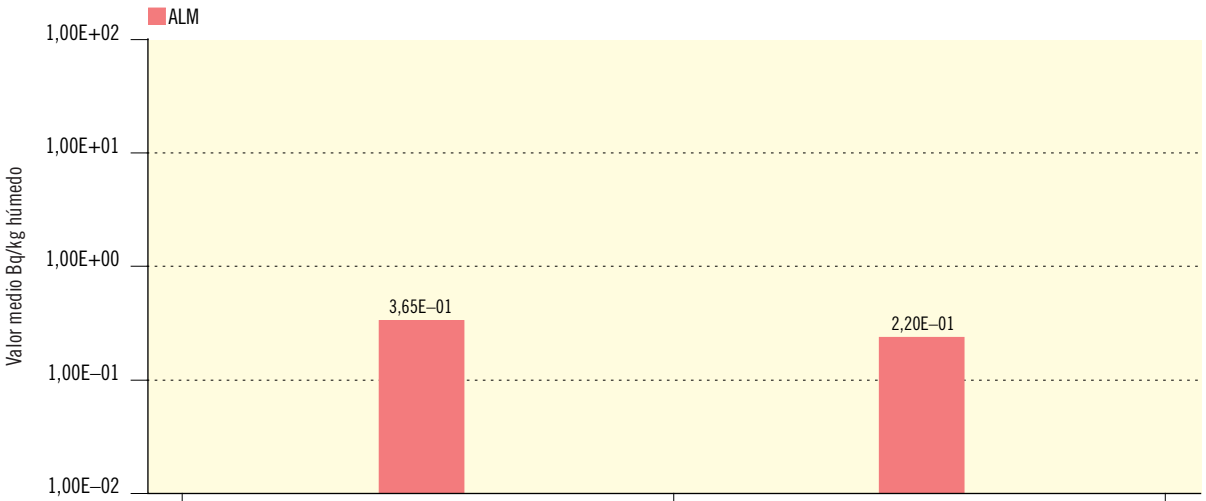


Figura 2.24b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013

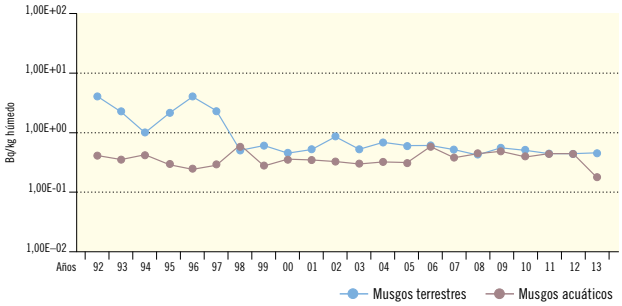


	Sr-90 AR	Sr-90 AB
ALM		
Valor máximo	4,32E-01	2,59E-01
Valor mínimo	2,97E-01	1,80E-01
Nº total análisis	2	2
Nº análisis>LID	2	2
Nº análisis<LID	0	0

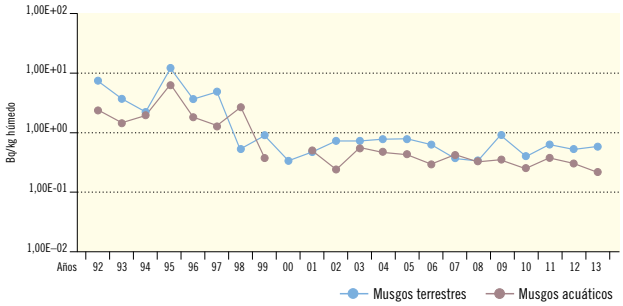
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.25a. Musgos. Central nuclear Santa María de Garoña. Valores medios en la zona vigilada

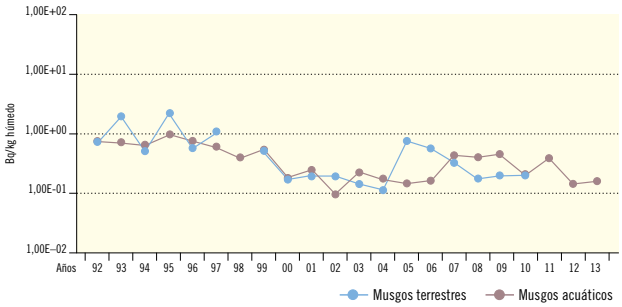
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

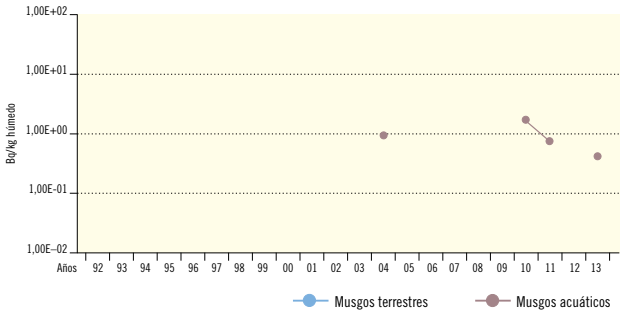
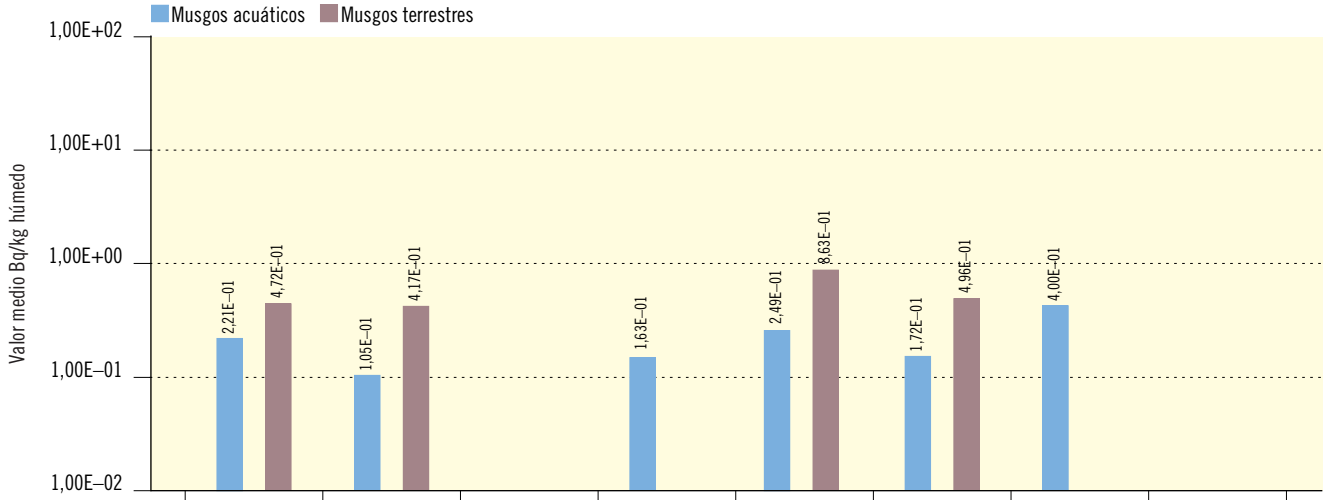


Figura 2.25b. Musgos. Central nuclear Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	I-131 AR	I-131 AB
Musgos acuáticos								
Valor máximo	2,43E-01	1,05E-01		1,90E-01	2,65E-01	2,51E-01	4,00E-01	
Valor mínimo	1,99E-01	1,05E-01		1,35E-01	2,33E-01	9,29E-02	4,00E-01	
Musgos terrestres								
Valor máximo	5,11E-01	5,42E-01			9,42E-01	9,10E-01		
Valor mínimo	4,32E-01	2,84E-01			7,83E-01	1,73E-01		
Nº total análisis	4	8	4	8	4	8	4	8
Nº análisis>LID	4	7	0	2	4	8	1	8
Nº análisis<LID	0	1	4	6	0	0	3	0

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.26a. Fauna terrestre. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

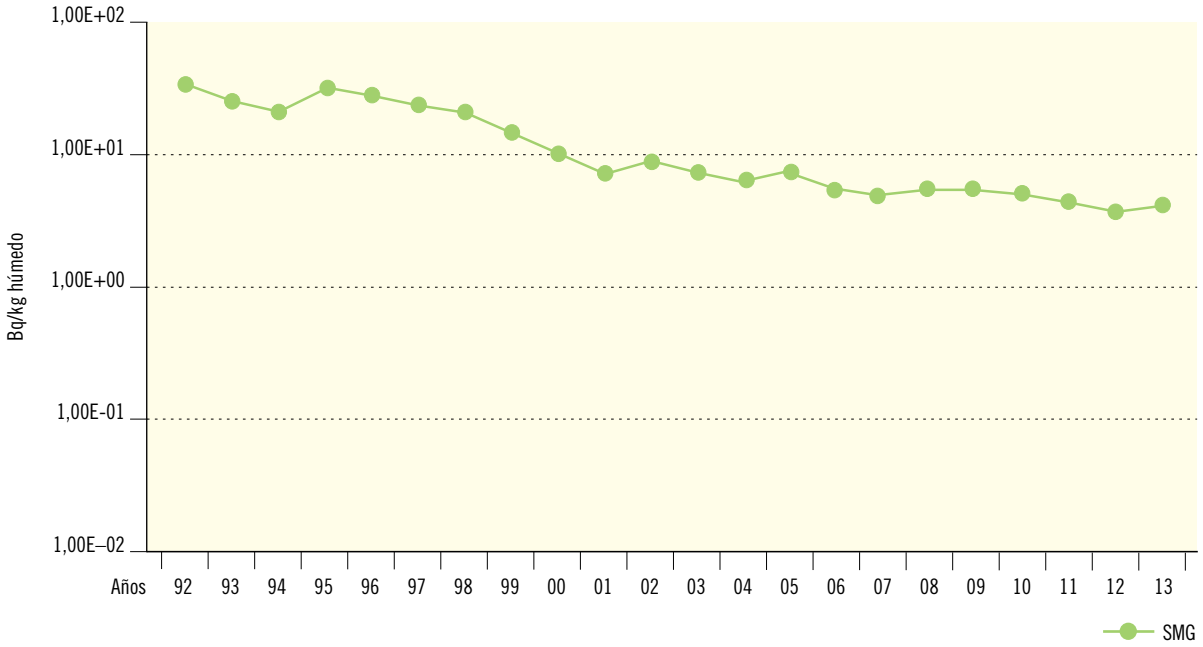
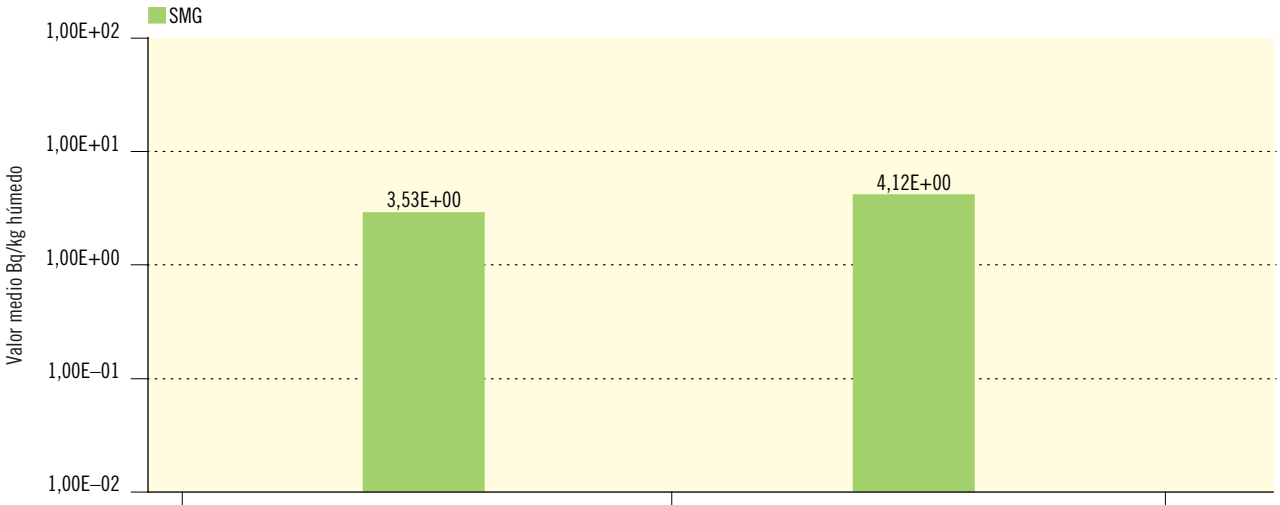


Figura 2.26b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



SMG	Sr-90 AR	Sr-90 AB
Valor máximo	7,45E+00	8,71E+00
Valor mínimo	1,04E+00	1,24E+00
Nº total análisis	4	12
Nº análisis>LID	4	12
Nº análisis<LID	0	0

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

1.2.6. Alimentos

Las muestras que componen esta vía proporcionan datos directos para la evaluación de las dosis por ingestión. Los radionucleidos pueden incorporarse a los vegetales, bien directamente (deposición y riego) o indirectamente a través del suelo, y a los animales mediante la ingestión de su dieta y agua.

El tipo de alimentos considerados en los PVRA es muy variado y está relacionado con los usos de la tierra en el entorno de cada instalación. Los resultados obtenidos en 2013 no han superado los niveles de notificación establecidos por el CSN. Estos, como ya se ha citado anteriormente, representan las concentraciones de actividad que pueden dar lugar a valores de dosis fijados por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Leche

El tipo de muestra recogida puede ser leche de vaca, cabra y oveja.

Yodo-131. Este análisis se realiza con una frecuencia quincenal si la leche procede de animales que pastan, y en aquellos periodos en los que son alimentados con forraje la frecuencia disminuye a mensual. En la presente campaña no se ha detectado yodo en ninguna muestra.

Estroncio-90. Se detecta con frecuencia en todos los programas. Los valores de concentración de actividad se mantienen muy parecidos a lo largo de los distintos periodos en cada una de las instalaciones, y así ha sido también en la campaña de 2013. No se aprecian diferencias significativas entre los valores obtenidos en las estaciones de seguimiento y las estaciones testigo. Los niveles relativamente más elevados de estroncio-90 en la leche se obtienen sistemáticamente en muestras recogidas en el entorno de la central de Almaraz (figuras 2.27a y 2.27b). En relación con el tipo de leche, la leche de cabra mantiene niveles de actividad de estroncio-90 ligeramente más elevados.

Espectrometría gamma. El cesio-137 es el radionucleido de origen artificial que se observa ocasionalmente con valores superiores al LID en muestras de leche. En el año 2013 se detectó en tres muestras, dos de ellas en Almaraz y una en Ascó (figuras 2.28a y 2.28b), coincidiendo todas ellas en muestras de leche de cabra. Durante el año 2013 no se ha detectado la presencia de ningún otro emisor gamma de origen artificial.

Vegetales de hoja ancha

A diferencia de otros cultivos vegetales, la morfología de los llamados vegetales de hoja ancha (acelga, berza, col, repollo, espinacas, lechuga, etc.) puede facilitar la deposición de radioyodos y aerosoles atmosféricos sobre sus hojas. Dado que se consumen frescos, en ellos se realizan análisis de yodo-131, además de estroncio-90 y espectrometría gamma.

Estroncio-90. Los valores medios de concentración de actividad son variables entre las diferentes centrales y fluctúan a lo largo del tiempo, observándose en general una ligera tendencia descendente. En la campaña de 2013, en los programas de Almaraz, Garoña y Trillo la proporción de detección es el 100 % de las muestras analizadas tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento, mientras que la proporción es inferior en Ascó, Cofrentes y Vandellós II. La recogida de muestras de cultivo de hoja ancha en Vandellós II se incluyó por primera vez en la campaña del año 2005 y este es el primer año en que se detecta actividad por encima del LID, en una muestra de la estación testigo (figuras 2.29a y 2.29b).

Espectrometría gamma. Los valores obtenidos para los diferentes isótopos de origen artificial son habitualmente inferiores al LID, y así ha sido en la campaña de 2013.

Yodo-131. En la campaña de 2013 no se han detectado valores superiores al LID.

Vegetales de hoja no ancha

En este conjunto se agrupa una gran variedad de vegetales de consumo humano como los cereales, frutos, tubérculos, raíces y bulbos. En cada emplazamiento se recogen las especies más representativas de la zona.

Estroncio-90. Los valores medios de concentración de actividad de este isótopo presentan, a lo largo del tiempo y en las distintas zonas vigiladas, una variabilidad menor que la observada en el otro grupo de vegetales considerado. Siempre es menor la proporción de muestras en las que se detecta actividad, hecho que puede ser atribuido al resultado de la resuspensión del estroncio-90 contenido en el suelo sobre las superficies de los vegetales de hoja ancha.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2013 se mantienen en niveles similares a los obtenidos en las últimas campañas (figuras 2.30a y 2.30b).

Espectrometría gamma. De la misma manera que se observa en los vegetales de hoja ancha, no se detectan isótopos de origen artificial en los cultivos de hoja no ancha, excepto para el cesio-137, cuya detección es esporádica. En la campaña de 2013 no se encontró actividad de cesio-137 en ninguna muestra.

Carnes, aves y huevos

Se recogen muestras de carne de vaca, cordero, cabrito, cerdo, jabalí, conejo, aves y huevos, dependiendo de las explotaciones existentes en cada zona vigilada. En cada una de las muestras se realiza una medida de espectrometría gamma. El cesio-137 es el único isótopo de origen artificial para el que, excepcionalmente, se obtienen valores superiores al LID en un pequeño porcentaje de las muestras analizadas, aunque no se ha detectado en ninguna en esta campaña.

Miel

En los PVRA llevados a cabo en las centrales de Trillo, Almaraz, Cofrentes y Vandellós II se recogieron muestras de miel en las que se realizó una espectrometría gamma. A lo largo del desarrollo del PVRA solo se han obtenido valores superiores al LID para radionucleidos de origen artificial correspondientes al cesio-137. En la campaña de 2013 se ha detectado actividad por encima del LID en una muestra de la central de Trillo, con un valor dentro del rango de los obtenidos en anteriores campañas (figuras 2.31a y 2.31b).

Peces y mariscos

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales. En el caso del emplazamiento costero de la central Vandellós II, se recogen también muestras de mariscos. En cada una de ellas se realiza una medida de espectrometría gamma sobre las partes comestibles (músculo), siempre que sea posible, o sobre los organismos enteros en caso contrario. La proporción de detección de isótopos de origen artificial es baja. Ocasionalmente, se obtienen valores de cesio-137 y, de forma esporádica, cesio-134 y cobalto-60. En la campaña de 2013 se han detectado cesio-134 y cesio-137 en varias muestras de carpa recogidas en el embalse de Arrocampo, al que vierte sus efluentes líquidos la central de Almaraz; todos los valores de concentración son muy próximos al LID (figuras 2.32a y b y 2.33a y b).

Figura 2.27a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

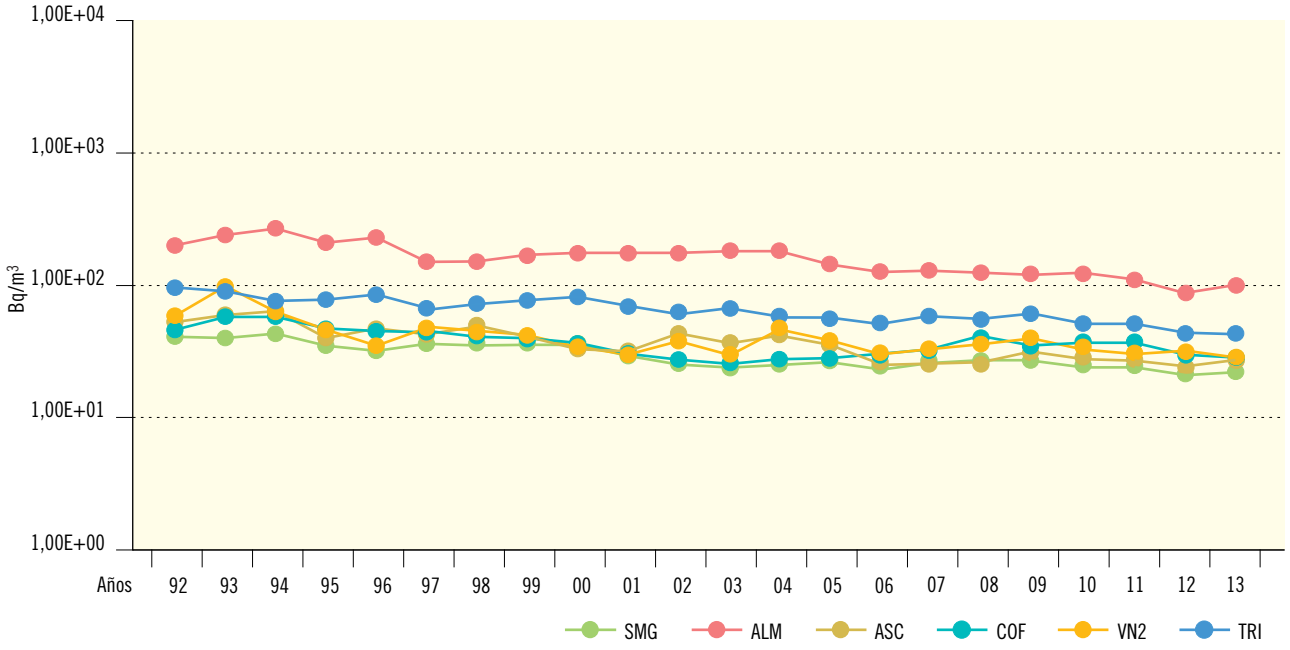
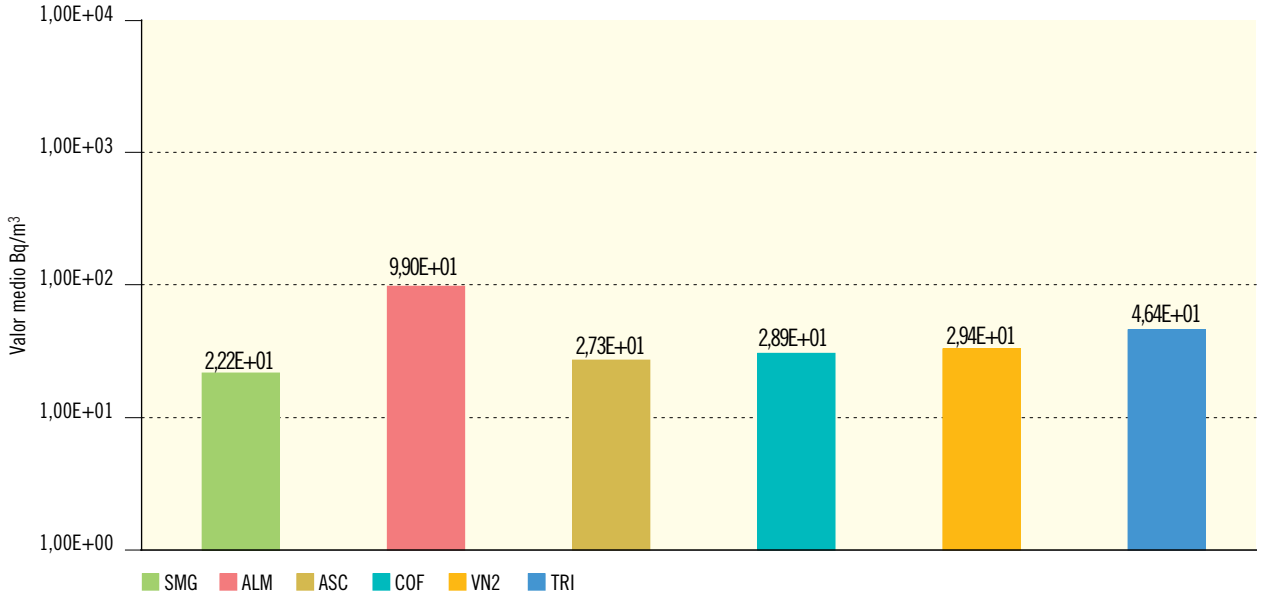


Figura 2.27b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,38E+01	3,30E+02	3,60E+01	5,33E+01	3,81E+01	1,03E+02
Valor mínimo	1,47E+01	1,69E+01	2,09E+01	1,72E+01	2,16E+01	2,00E+01
Nº total de análisis	48	91	36	36	24	41
Nº de análisis > LID	25	89	16	25	13	40
Nº de análisis < LID	23	2	20	11	11	1

Figura 2.28a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

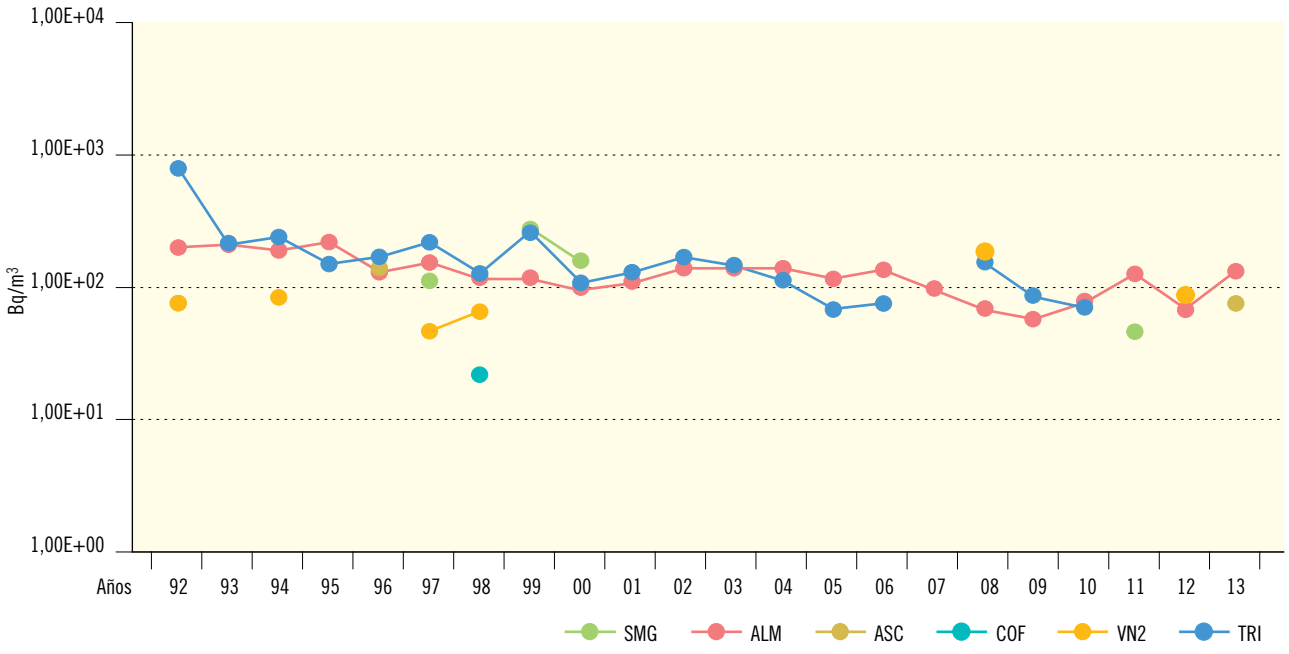
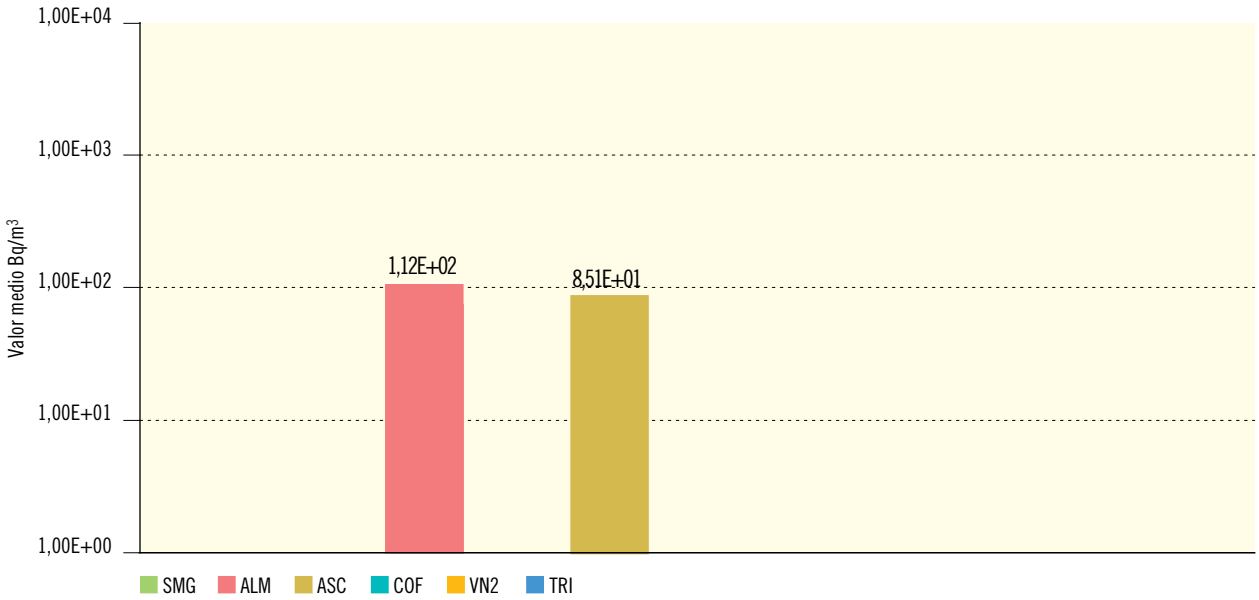


Figura 2.28b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		1,18E+02	8,51E+01			
Valor mínimo		1,05E+02	8,51E+01			
Nº total de análisis	48	91	36	36	24	41
Nº de análisis > LID	0	2	1	0	0	0
Nº de análisis < LID	48	89	35	36	24	41

Figura 2.29a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

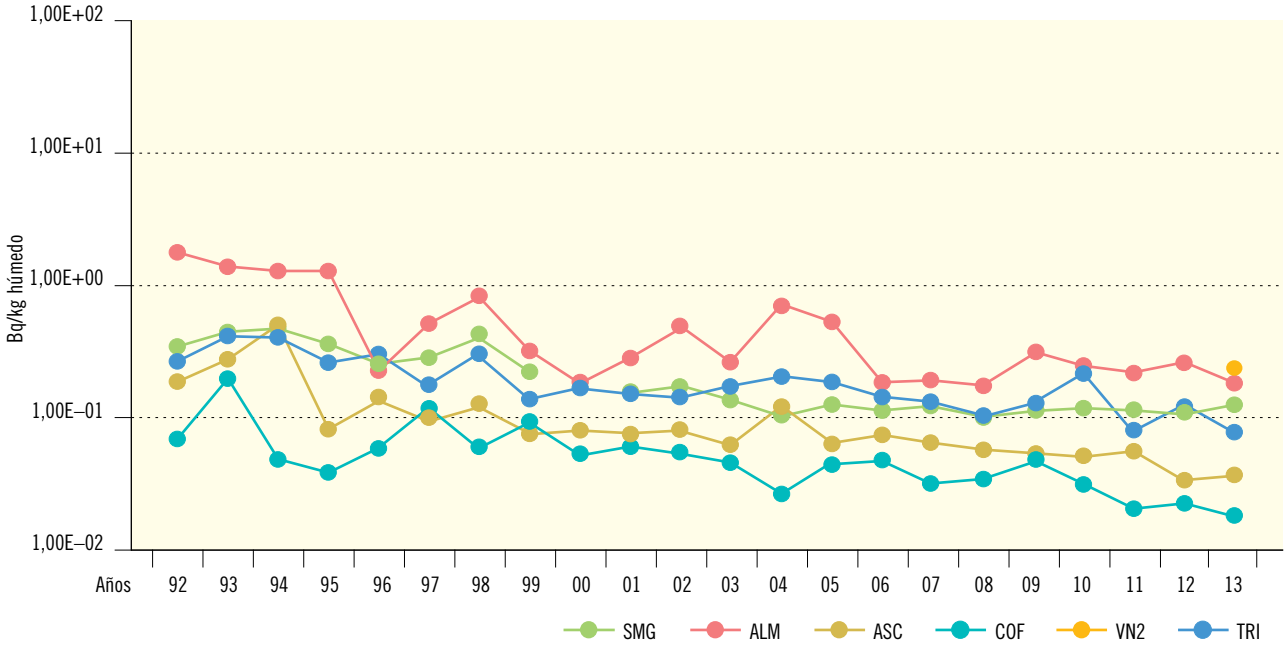
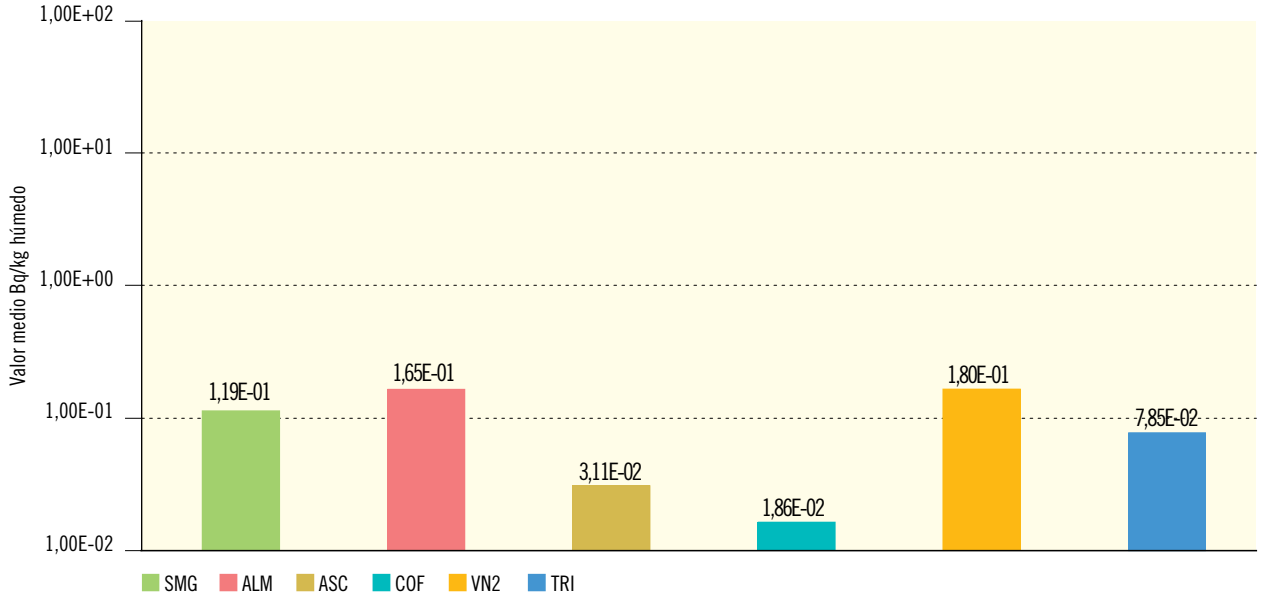


Figura 2.29b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,68E-01	5,35E-01	5,19E-02	1,86E-02	1,80E-01	1,68E-01
Valor mínimo	2,85E-02	3,29E-02	1,84E-02	1,86E-02	1,80E-01	3,28E-02
Nº total de análisis	19	10	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	19	10	6	1	1	8
Nº de análisis < LID	0	0	4	3	1	0

Figura 2.30a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

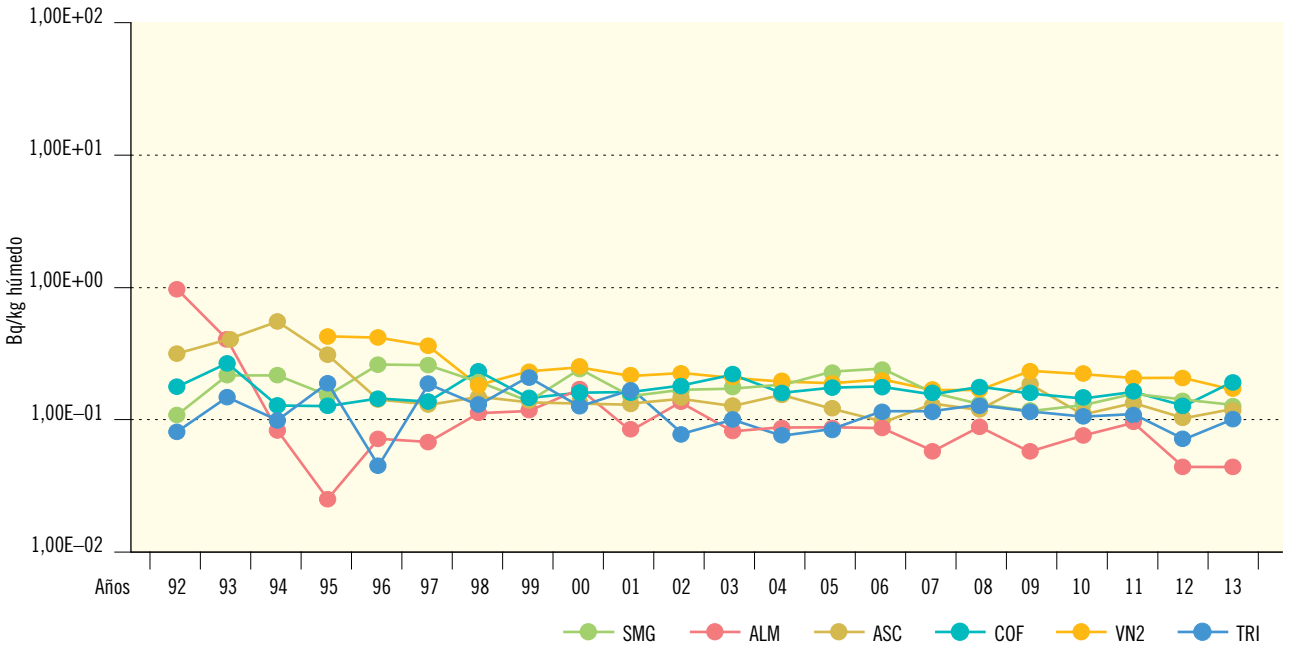
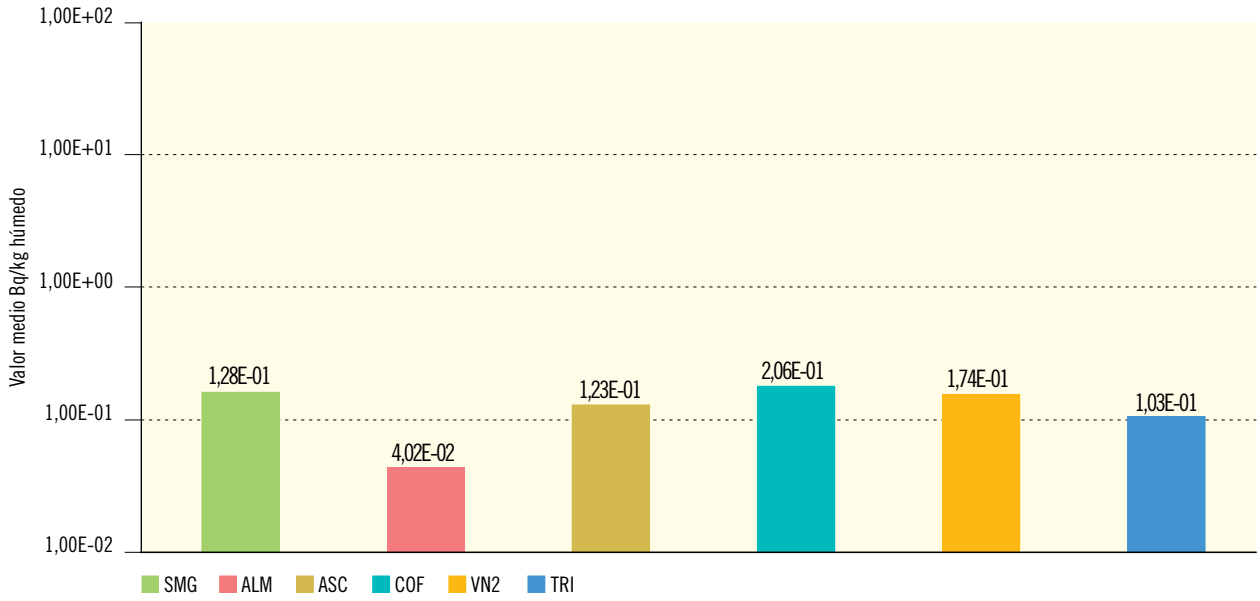


Figura 2.30b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,06E-01	8,27E-02	3,85E-01	4,92E-01	2,93E-01	2,11E-01
Valor mínimo	1,86E-02	1,87E-02	2,24E-02	1,73E-02	6,94E-02	1,72E-02
Nº total de análisis	25	15	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	14	10	6	11	7	8
Nº de análisis < LID	11	5	13	5	1	4

Figura 2.31a. Miel. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

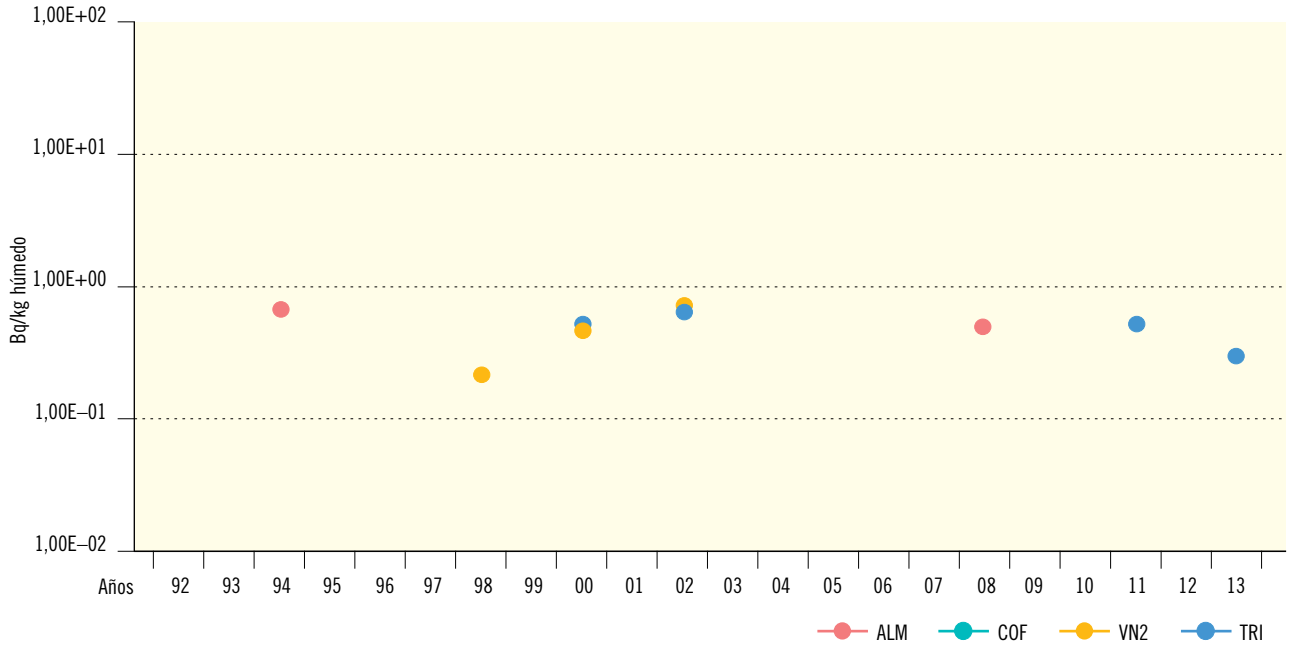
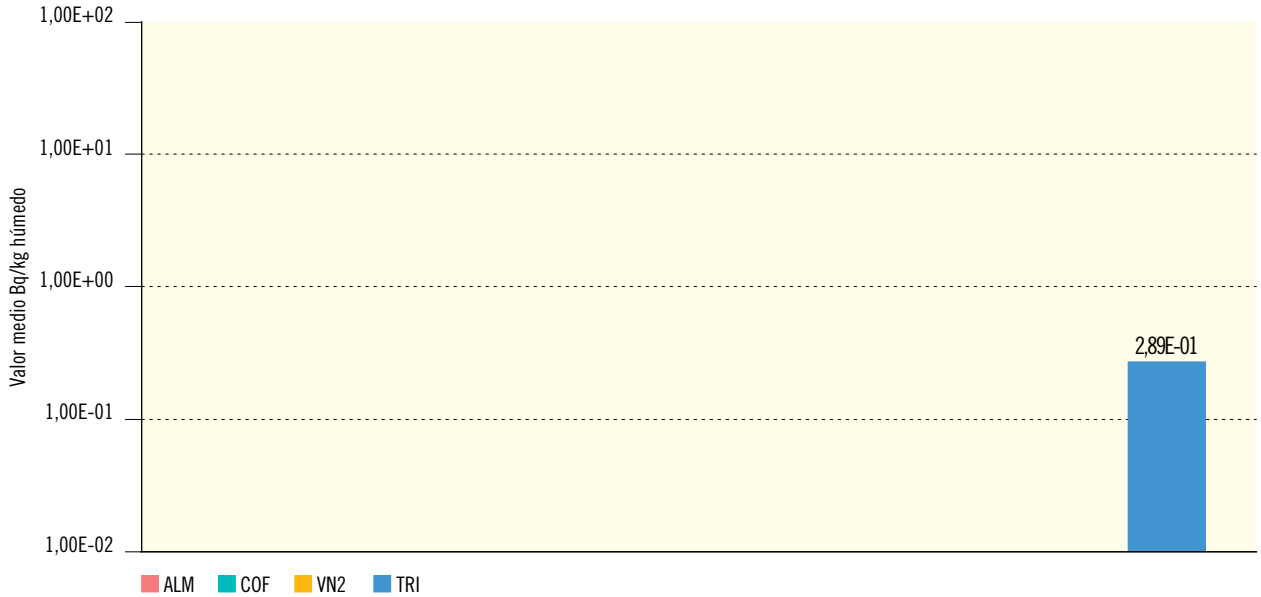


Figura 2.31b. Miel. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	ALM	COF	VN2	TRI
Valor máximo				2,89E-01
Valor mínimo				2,89E-01
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	0	0	1
Nº de análisis < LID	2	2	2	1

Figura 2.32a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

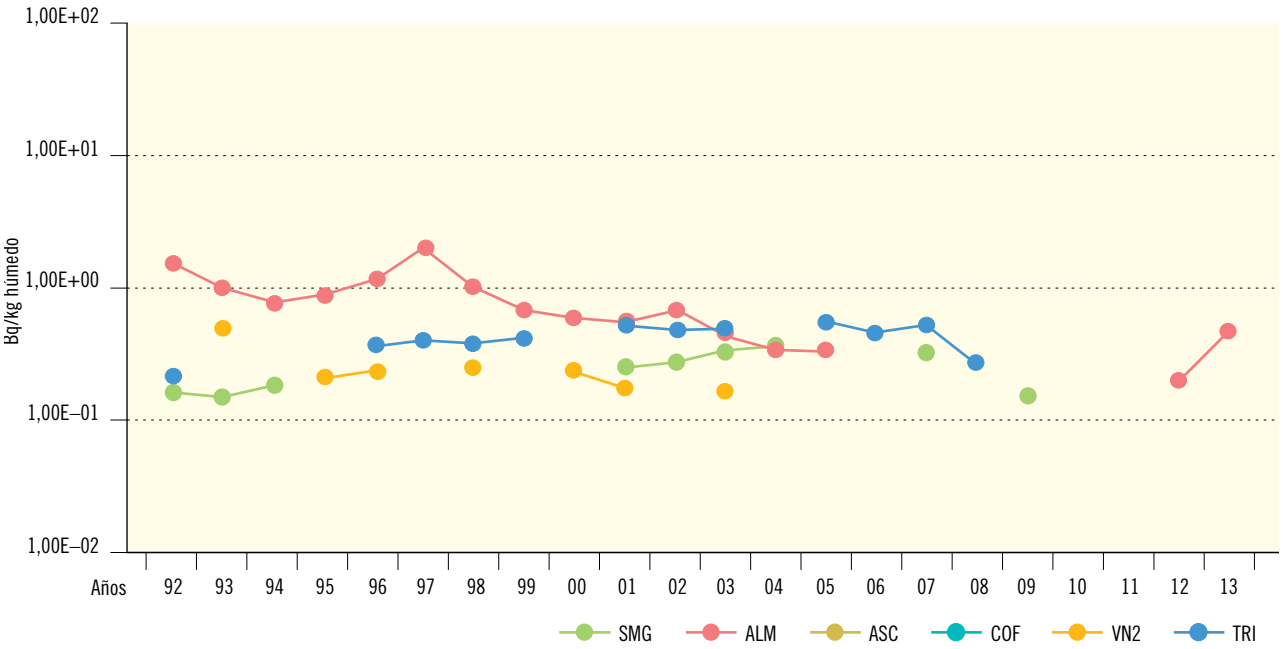
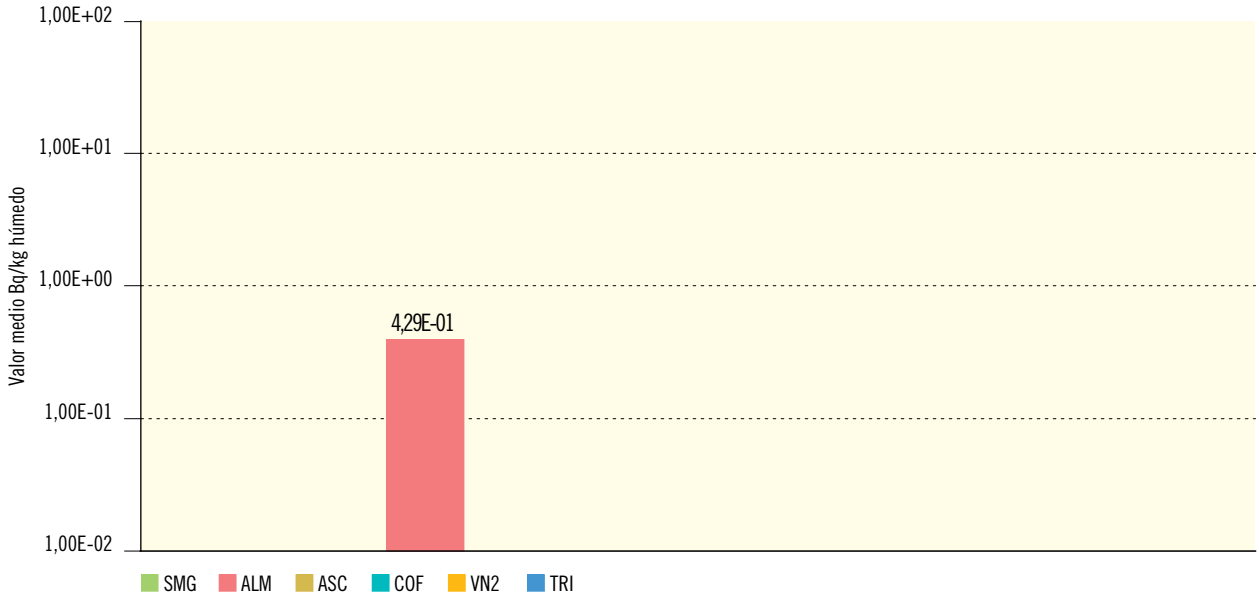


Figura 2.32b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		6,76E-01				
Valor mínimo		2,97E-01				
Nº total de análisis	5	16	2	4	8	6
Nº de análisis > LID	0	5	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	5	11	2	4	8	6

Figura 2.33a. Peces y mariscos. Evolución de la concentración de actividad de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

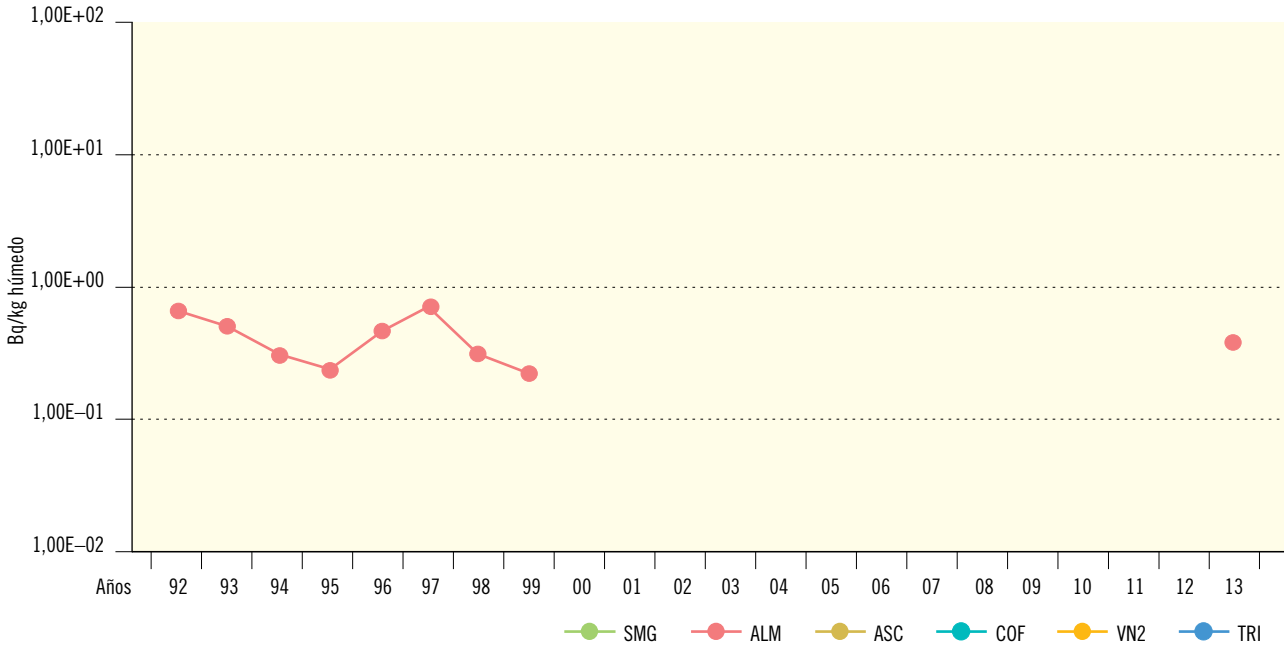
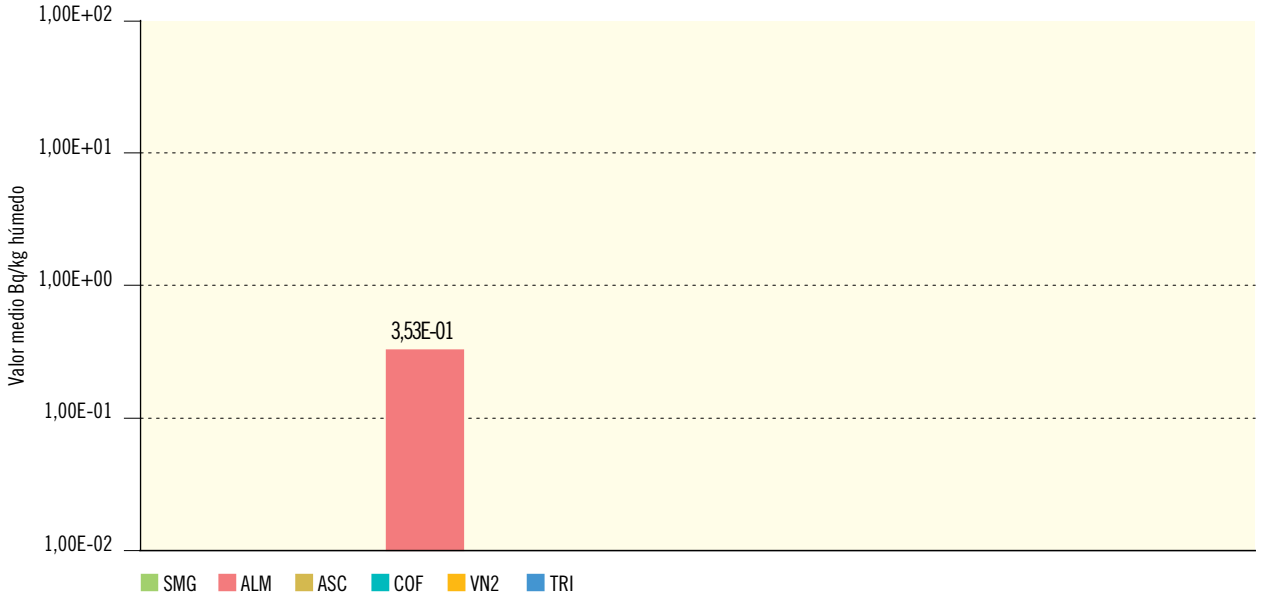


Figura 2.33b. Peces y mariscos. Evolución de la concentración de actividad de Cs-134

Valores de la campaña de 2013



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		4,41E-01				
Valor mínimo		2,26E-01				
Nº total de análisis	5	16	2	4	8	6
Nº de análisis > LID	0	4	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	5	12	2	4	8	6

2. Vigilancia alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación

Las instalaciones en operación incluidas en este apartado corresponden a la fábrica de elementos combustibles de Juzbado y al centro de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos El Cabril, y sus características se describen en la tabla 2.2.

2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

Los programas de vigilancia se han establecido teniendo en cuenta la normativa nacional adaptada al tipo específico de estas instalaciones (GS/JEN-3) (GS/JEN-9) (GS/CSN-4.1) y otra normativa internacional más específica, como el NUREG/CR-5054, "Recommendations to the NCR for alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal. Environmental Monitoring and Surveillance Programs" para Sierra Albarrana y para Juzbado documentación relativa de EE UU para instalaciones análogas. Como en el caso de las centrales nucleares, los PVRA de estas instalaciones se han ido actualizando en función de los resultados obtenidos, la experiencia acumulada y teniendo en cuenta los cambios producidos en los usos de la tierra y del agua en el emplazamiento. En la figura 2.34 se presenta el número de estaciones de muestreo seleccionadas para cada instalación y vía de exposición. En la tabla 2.3 se incluyen los tipos de muestras y los análisis realizados en cada una de ellas.

2.2. Resultados

Para el tratamiento de los resultados se han tenido en cuenta, básicamente, los mismos criterios indicados en el apartado 1.2 para las centrales nucleares, considerando en este caso también los resultados correspondientes al índice de actividad alfa total y los de radionucleidos de origen natural cuya concentración se pueda ver alterada por las características de las emisiones procedentes de cada instalación. De igual modo que en las centrales nucleares, los resultados obtenidos en los PVRA se presentan en escala semilogarítmica, para cada una de las distintas vías de exposición, tipos de muestras y análisis.

Los análisis que se realizan en las diferentes muestras están en función de los efluentes de cada una de las instalaciones, por lo que unas veces los análisis coinciden y en otros casos son específicos de una instalación concreta. Por este motivo, en la representación gráfica de los resultados, a diferencia de lo que se ha hecho para las centrales nucleares, se incluye en cada tipo de muestra una figura en la que se representa para cada instalación la evolución histórica de los valores medios de todos los análisis realizados y unas tablas con información más detallada correspondiente al año 2013. La discontinuidad entre dos periodos anuales, al igual que se ha comentado en los resultados de los PVRA de las centrales nucleares, significa que los valores obtenidos han sido inferiores al LID.

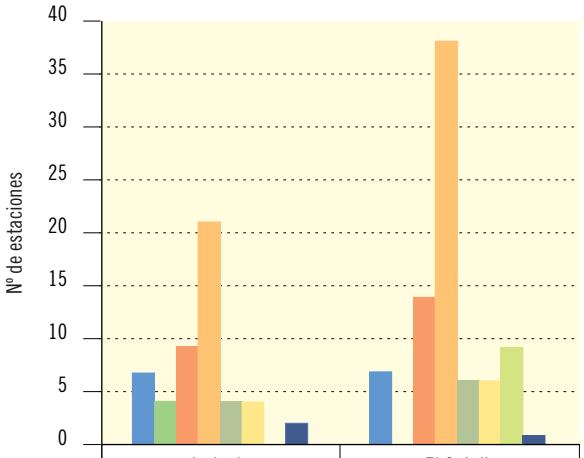
Tabla 2.2. Características de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible en operación

Instalación	Localidad (provincia)	Tipo de instalación	Actividad	Puesta en marcha
Fábrica de elementos combustibles de Juzbado	Juzbado (Salamanca)	Nuclear	Fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio para reactores de agua ligera	PEP (OM de 14/01/85). Vigente 7ª prórroga de explotación provisional y de fabricación por OM 30/06/06
El Cabril	Sierra Albarrana (Córdoba)	Nuclear	Almacén de residuos radiactivos sólidos de media y baja actividad	PEP (OM de 9/10/92). Vigente autorización de explotación por OM 5/10/01

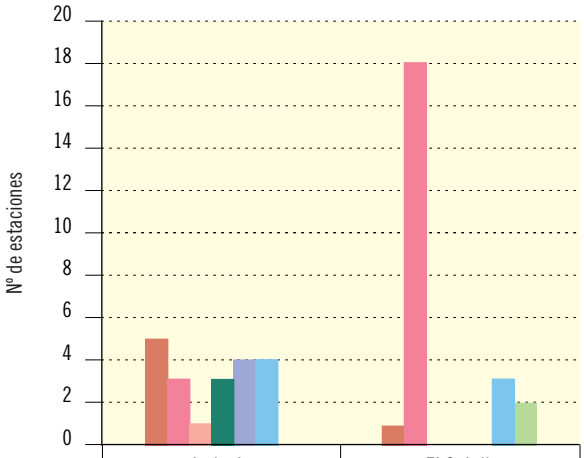
Tabla 2.3. PVRA alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas. Tipos de análisis

Tipo de muestra	Análisis realizados	
	Juzbado	El Cabril
Aire	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad β total Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14
Radiación directa	Dosis integrada	Dosis integrada
Agua de lluvia, subterránea, superficial y potable	Actividad α total Actividad β total y β resto (en agua superficial y potable) Espectrometría α de uranio (excepto en agua de lluvia y sondeos)	(Agua subterránea y superficial) Actividad β total Actividad β resto Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14, Tc-99, I-129, Ni-63
Suelo	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Sr-90 Espectrometría γ
Sedimentos y organismos indicadores	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad β total, Ni-63 (sedimentos) Sr-90 (organismos indicadores) Espectrometría γ H-3 (organismos indicadores) C-14 (organismos indicadores)
Alimentos	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Sr-90 (peces y carnes) Espectrometría γ

Figura 2.34. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible



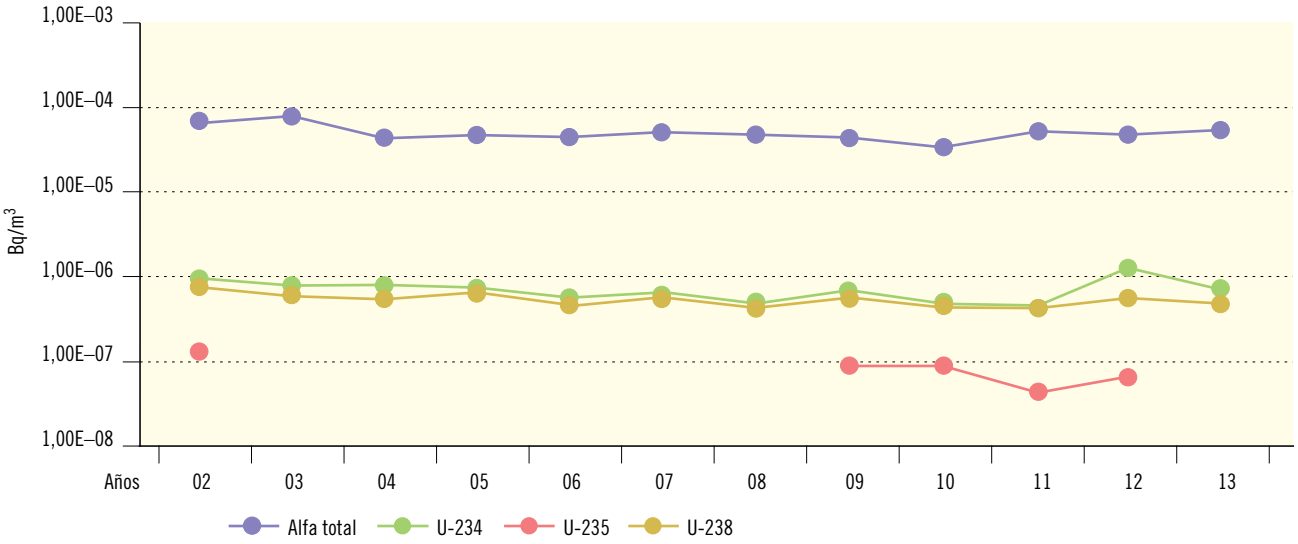
	Juzbado	El Cabril
Aire	7	7
Agua lluvia	4	0
Suelo	9	14
Radiación directa	21	38
Agua superficial	4	6
Sedimentos	4	6
Organismos indicadores	0	9
Peces	2	1



	Juzbado	El Cabril
Agua subterránea	5	1 (pozo)
Agua de sondeos	3	18
Agua potable	1	0
Cultivos	3	0
Leche	4	0
Carnes	4	3
Miel	0	2

Figura 2.35. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,75E-05	6,50E-07		4,85E-07
Valor máximo	1,71E-04	1,30E-06		1,10E-06
Valor mínimo	8,23E-06	3,90E-07		2,70E-07
Nº total de análisis	363	7	7	7
Nº de análisis > LID	336	6	0	6
Nº de análisis < LID	27	1	7	1

En la fábrica de elementos combustibles de Juzbado se trabaja con uranio enriquecido, es decir, con un contenido del isótopo uranio-235 más alto del que existe en el uranio natural y, por lo tanto, en las muestras del PVRA se analiza el índice de actividad alfa total para poder detectar de forma rápida cualquier posible cambio en los niveles de radiactividad ambiental, y se lleva a cabo una espectrometría alfa del uranio para controlar el posible aumento de la concentración de sus isótopos.

En el Cabril, que es un almacén de residuos sólidos, se han establecido los análisis del PVRA teniendo en cuenta el contenido isotópico de los residuos que allí se almacenan y su periodo de semidesintegración.

La valoración global de los resultados que se incluyen a continuación permite concluir que, en aquellas vías de exposición que pueden verse afectadas por la emisión de los efluentes de la instalación, no se detectan incrementos radiológicamente significativos sobre el fondo radiológico.

2.2.1. Aire

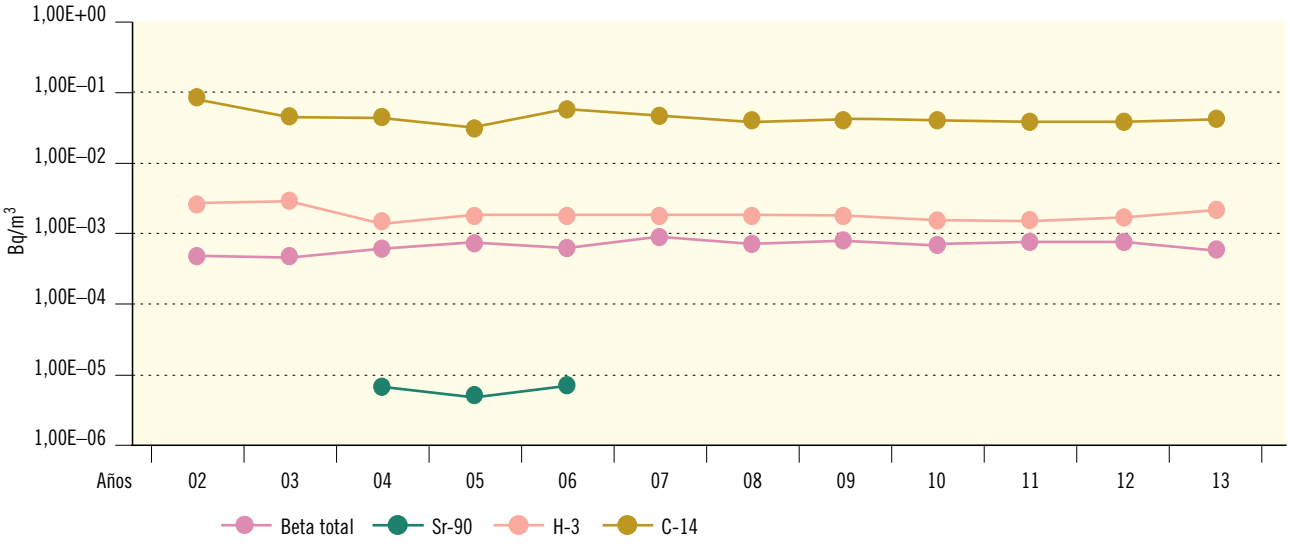
Juzbado

El muestreo de partículas de polvo es continuo y los filtros se cambian cada semana. En cada uno se determina el índice de actividad alfa total y, anualmente, sobre los 52 filtros semanales acumulados de cada punto de muestreo, se realiza un análisis isotópico de uranio. En el caso de que la actividad alfa total acumulada de las muestras semanales del primer semestre supere un valor establecido, se realizará un análisis isotópico de uranio.

El porcentaje de resultados por encima del LID en la campaña de 2013 es cercano al 90 % para el índice de

Figura 2.36. El Cabril. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	6,94E-04		2,13E-03	4,64E-02
Valor máximo	2,05E-03		3,19E-03	4,97E-02
Valor mínimo	1,28E-04		1,37E-03	4,15E-02
Nº total de análisis	364	21	21	21
Nº de análisis > LID	364	0	21	21
Nº de análisis < LID	0	21	0	0

actividad alfa total y para los isótopos de uranio-234 y uranio-238, mientras que no se detecta actividad de uranio-235 por encima del LID en ninguna muestra. Todos los valores medios se mantienen similares a los de anteriores periodos operacionales (figura 2.35).

El Cabril

El muestreo de partículas de polvo en aire es continuo y el cambio de filtro semanal. En cada uno de ellos se realiza un análisis del índice de actividad beta total y, en los filtros de cada punto de muestreo acumulado en un trimestre, se llevan a cabo determinaciones de espectrometría gamma y estroncio-90. Para la medida del tritio presente en el vapor de agua atmosférico se realiza un muestreo, haciendo circular, de modo continuo, una cantidad de aire a través de dos trampas de gel de sílice, con coloración indicadora del grado de saturación de humedad, donde se retiene el vapor de agua mediante absorción. Las trampas se cambian cada dos o tres semanas. El muestreo de carbono-14 se lleva a cabo haciendo borbotear el aire a través de dos botellas de dos litros que contienen una disolución de Ba(OH)2; las botellas se cambian cada dos o tres semanas.

La proporción de valores superiores al LID para el índice de actividad beta total, tritio y carbono-14 es del 100 %, mientras que el estroncio-90 no se detecta en esta campaña. Los valores medios de los isótopos detectados se mantienen en niveles similares a campañas anteriores (figura 2.36).

A lo largo de los años, los valores obtenidos en la espectrometría gamma para los isótopos de origen artificial han sido inferiores a los LID.

2.2.2. Radiación directa

Dosímetros de termoluminiscencia

Radiación gamma ambiental. Como ya se ha comentado, mediante la dosimetría de termoluminiscencia se registran tasas de dosis muy relacionadas con las características del terreno y su contenido en isótopos naturales emisores gamma. Esta contribución hace que el porcentaje de resultados superiores al LID sea de un 100 % en todos los casos. La vigilancia en ambas instalaciones se realiza mediante dosímetros que integran un periodo de exposición trimestral.

Juzbado

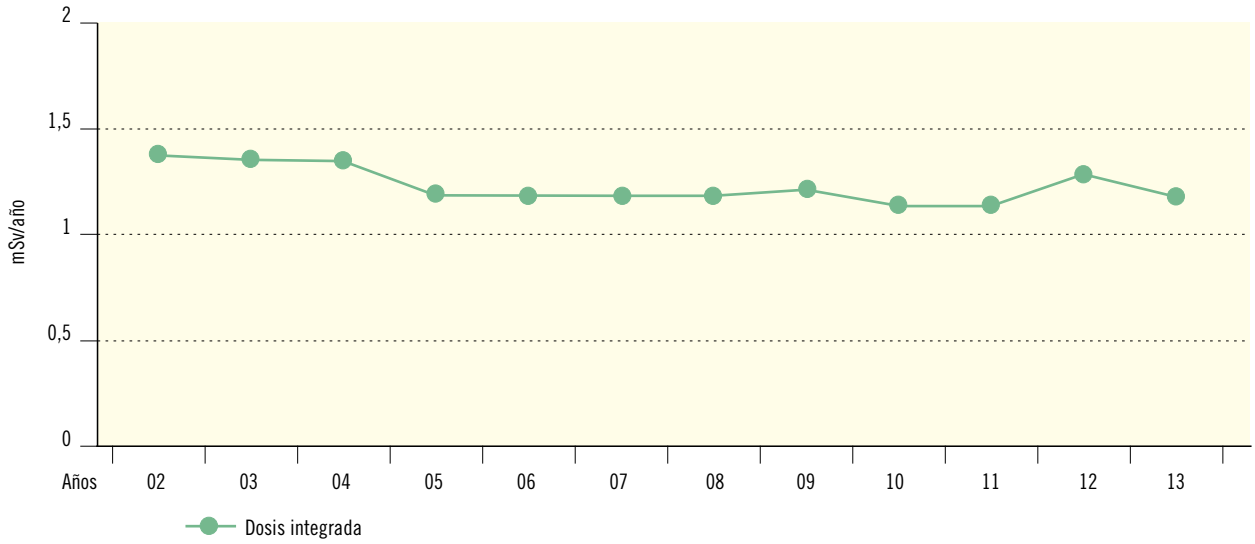
Los valores medios obtenidos son muy estables a lo largo de los años. En 2013 no se manteniene el ligero incremento observado en la campaña de 2012, ya que se registra un valor medio similar al del año 2011 y anteriores (figura 2.37).

El Cabril

Desde el año 2009, la vigilancia con dosímetros de termoluminiscencia se amplió al entorno de las nuevas estructuras para almacenamiento de residuos de muy baja actividad. El valor medio de la tasa de radiación gamma ambiental en 2013 se encuentra dentro del rango de años anteriores; los valores obtenidos son muy estables a lo largo de los años (figura 2.38).

Figura 2.37. Juzbado. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

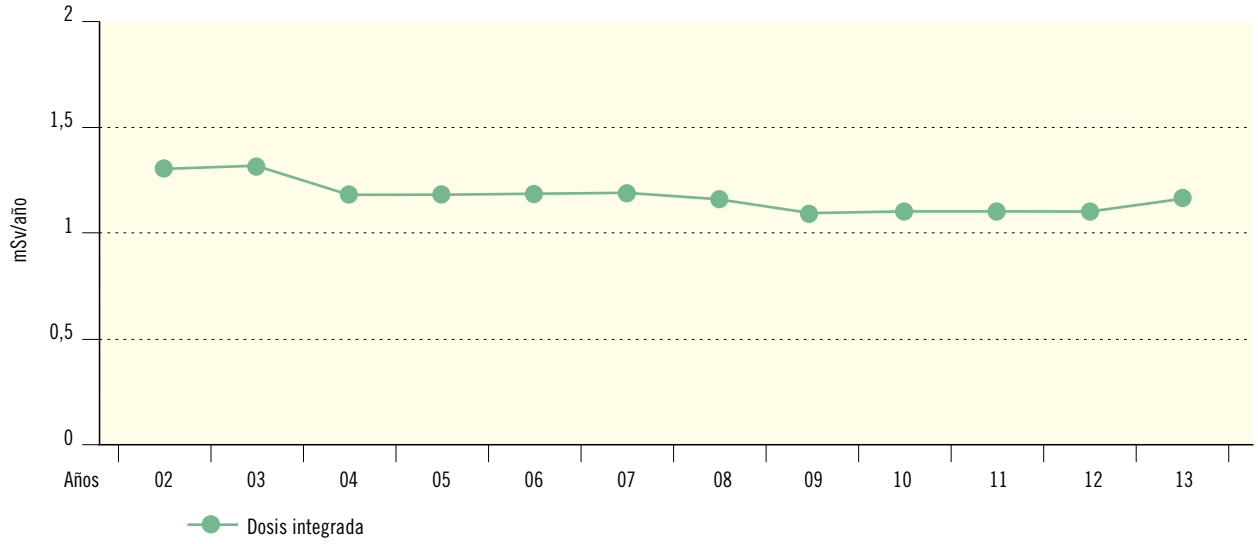
Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Dosis integrada
Valor medio	1,19
Valor máximo	1,65
Valor mínimo	0,77
Nº total de análisis	84
Nº de análisis > LID	84
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.38. El Cabril. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Dosis integrada
Valor medio	1,15
Valor máximo	1,70
Valor mínimo	0,64
Nº total de análisis	152
Nº de análisis > LID	152
Nº de análisis < LID	0

2.2.3. Deposición

Suelo: deposición acumulada

Juzbado

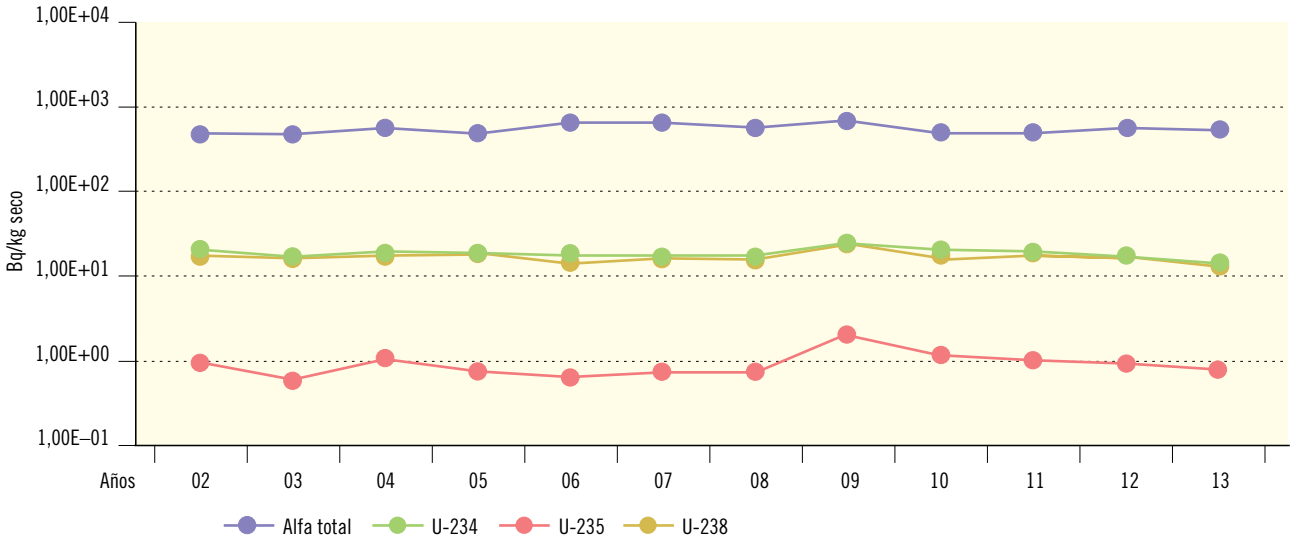
En cada muestra se determina el índice de actividad alfa total y se realiza un análisis isotópico de uranio. En el año 2013, el porcentaje de resultados superiores al LID es del 100 % para todos los isótopos de uranio. Los valores se mantienen dentro del rango de las concentraciones históricas observadas (figura 2.39).

El Cabril

En cada muestra se realiza una espectrometría gamma y un análisis de estroncio-90. Entre los isótopos de origen artificial analizados en la espectrometría gamma, únicamente se han detectado valores superiores al LID para el cesio-137. Tanto este isótopo como el estroncio-90 tienen como uno de sus posibles orígenes el poso radiactivo. Ambos se detectan en la casi totalidad de las medidas realizadas. Los valores de concentración se mantienen similares a lo largo de los años (figura 2.40).

Figura 2.39. Juzbado. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

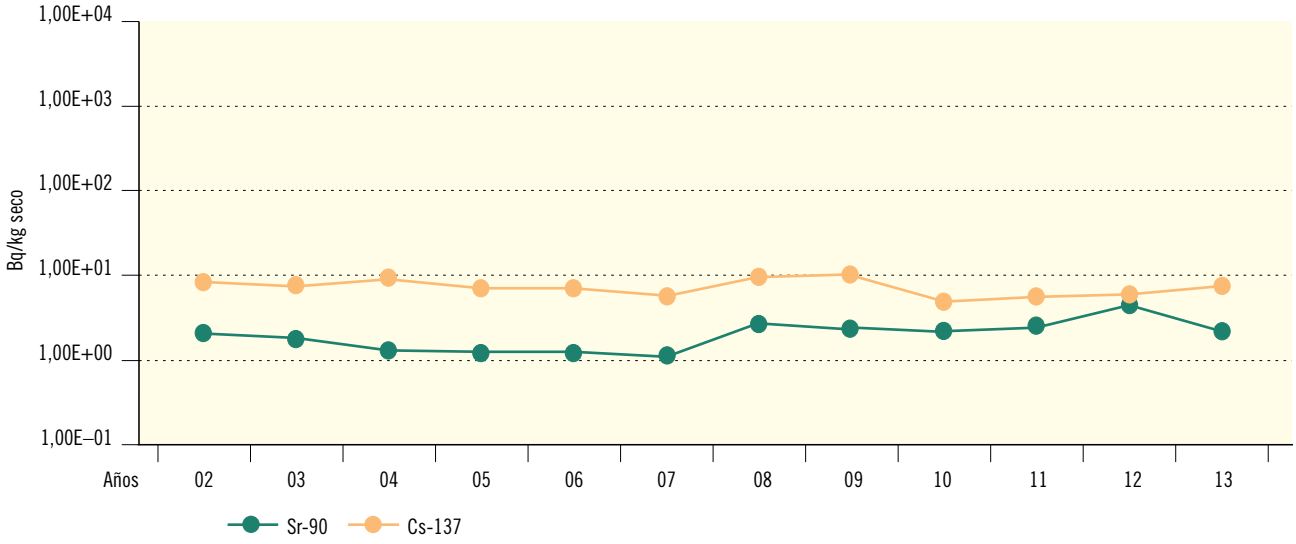
Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,29E+02	1,52E+01	8,24E-01	1,48E+01
Valor máximo	8,13E+02	4,70E+01	2,10E+00	4,40E+01
Valor mínimo	3,62E+02	7,30E+00	3,20E-01	6,70E+00
Nº total de análisis	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	9	9	9
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.40. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Sr-90	Cs-137
Valor medio	2,45E+00	7,44E+00
Valor máximo	3,65E+00	1,62E+01
Valor mínimo	1,16E+00	6,09E-01
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	14	13
Nº de análisis < LID	0	1

2.2.4. Agua

Agua superficial

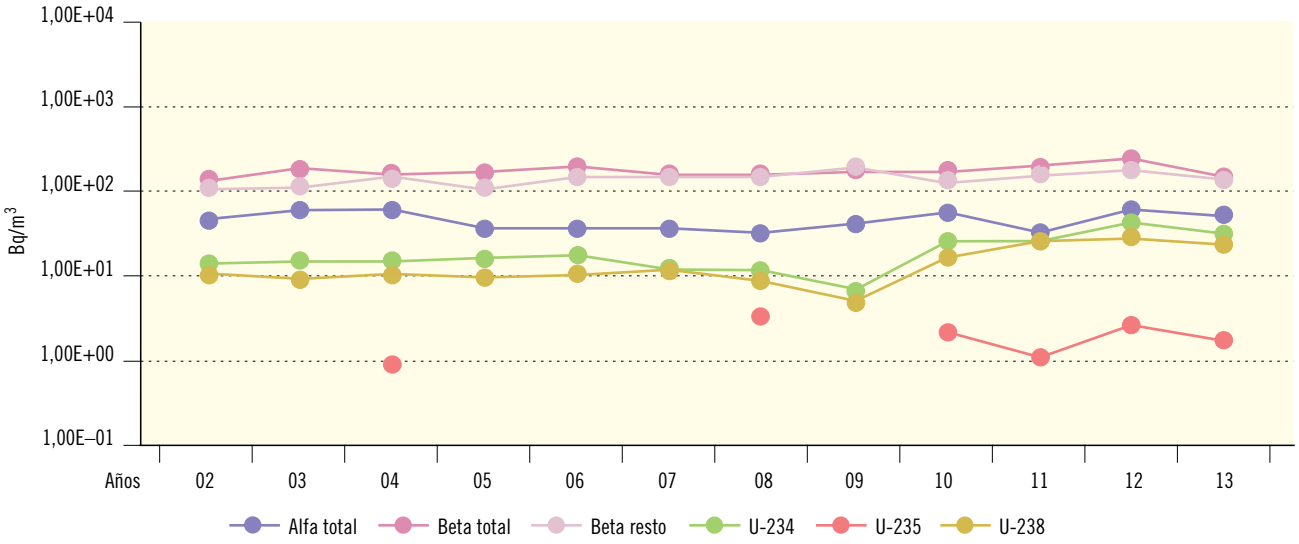
Juzbado

Dispone de muestreadores de recogida de agua en continuo en tres puntos y en cada uno de ellos se forma mensualmente una muestra compuesta con el agua recogida diariamente. En un cuarto punto se recoge, con frecuencia mensual, una muestra simple. En cada muestra se determinan los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto, y en la muestra de junio de cada punto se realiza un análisis isotópico de uranio.

Los valores medios de concentración de actividad alfa total e isótopos de uranio (figura 2.41) son similares a los de campañas anteriores.

Figura 2.41. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,24E+01	1,43E+02	1,32E+02	2,70E+01	1,70E+00	1,98E+01
Valor máximo	1,22E+02	3,00E+02	2,09E+02	6,10E+01	2,50E+00	4,00E+01
Valor mínimo	2,26E+01	7,79E+01	8,35E+01	1,10E+01	9,00E-01	9,30E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	11	44	6	4	2	4
Nº de análisis < LID	37	4	42	0	2	0

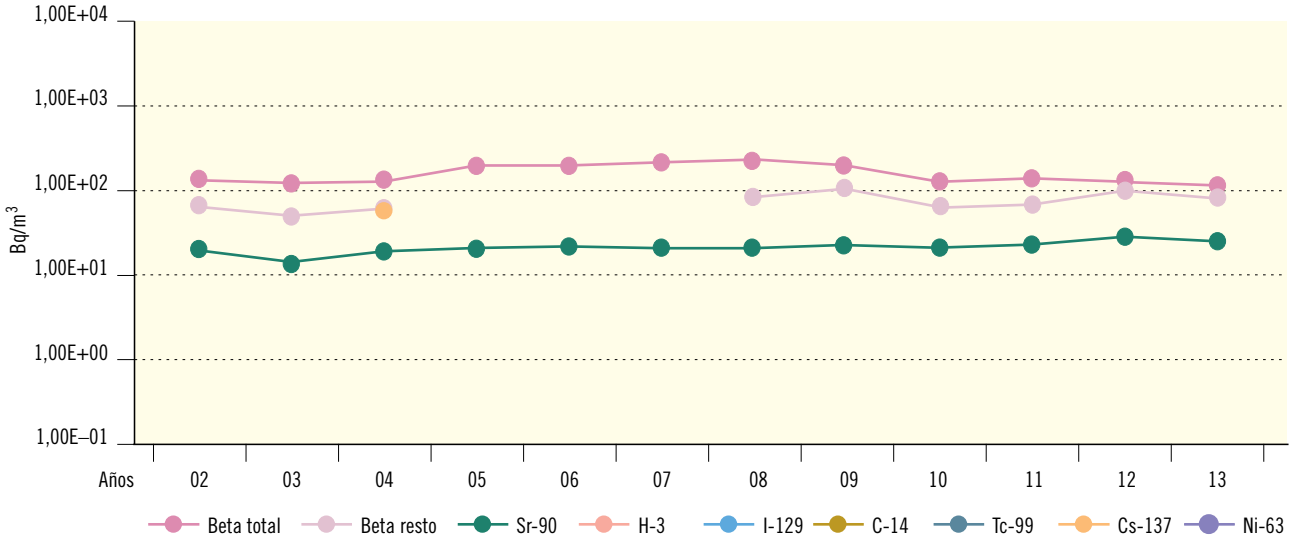
El Cabril

Las muestras de agua se recogen con frecuencia trimestral en seis estaciones, alejadas de la orilla, a ser posible en los puntos de máximo flujo y por debajo de la superficie, a unos 30-50 cm de profundidad. En cada una de ellas se determinan los valores de concentración de actividad de isótopos emisores gamma, índices de actividad beta total y beta resto, tritio, carbono-14, estroncio-90 y níquel-63, análisis este último que se ha incluido desde el año 2005. Adicionalmente, desde 1994 se analiza yodo-129 y tecnecio-99 en el 10 % de las muestras recogidas.

En esta campaña, tanto los niveles de actividad como la proporción de medidas detectadas, se mantienen en consonancia con años anteriores (figura 2.42).

Figura 2.42. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Beta total	Beta resto	Sr-90	H-3	I-129	C-14	Tc-99	Cs-137	Ni-63
Valor medio	1,12E+02	7,35E+01	2,55E+01						
Valor máximo	3,45E+02	1,97E+02	4,50E+01						
Valor mínimo	3,61E+01	3,09E+01	1,43E+01						
Nº total de análisis	23	23	23	23	7	23	7	23	23
Nº de análisis > LID	23	10	4	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	13	19	23	7	23	7	23	23

Agua potable

Esta vía no se incluye en el PVRA del almacén de residuos sólidos El Cabril por no existir captaciones de agua para consumo humano en la zona vigilada.

Juzbado

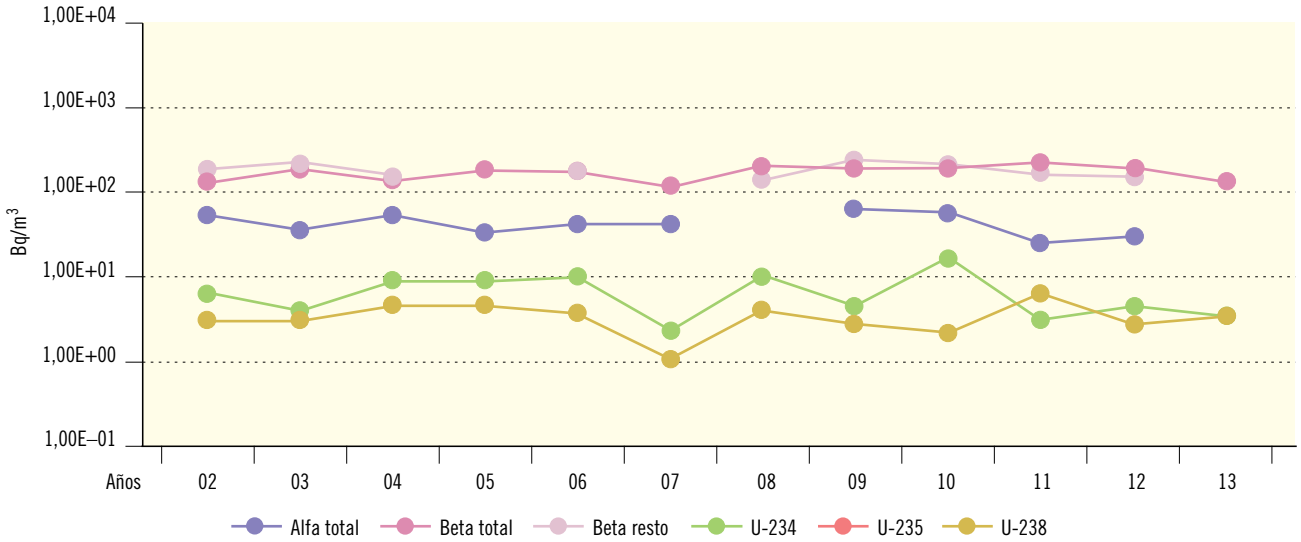
Se recogen muestras simples de agua potable que proviene del río Tormes en una estación, con frecuencia mensual. En cada muestra se determinan los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto y, semestralmente, se realiza un análisis isotópico de uranio. Además, se recogen muestras de agua subterránea con frecuencia trimestral en una fuente de acceso público, cuyas aguas se utilizan, a veces, con fines medicinales. En estas muestras se realiza la determinación del índice de actividad alfa total y, con frecuencia semestral, un análisis isotópico de uranio.

Como se aprecia en la figura 2.43, en la que no se representan los resultados de las muestras de la fuente, los valores medios obtenidos en 2013 para las determinaciones del índice de actividad beta total y de los isótopos uranio-234 y uranio-238 entran dentro de los rangos hallados en los años anteriores. No se ha detectado actividad alfa total, beta resto o uranio-235 por encima del límite inferior de detección en el año 2013.

En cuanto a la fuente vigilada, los valores del año 2013 son similares a los de otras campañas, y las concentraciones del índice de actividad alfa total en varias muestras superan ligeramente 0,1 Bq/l, valor paramétrico establecido en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano. No obstante, con los resultados obtenidos de los isótopos de uranio, el valor de la dosis indicativa total es inferior al establecido en el real decreto mencionado.

Figura 2.43. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio		1,28E+02		3,45E+00		3,35E+00
Valor máximo		1,62E+02		5,00E+00		4,70E+00
Valor mínimo		9,25E+01		1,90E+00		2,00E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	9	0	2	0	2
Nº de análisis < LID	12	3	12	0	2	0

Sedimentos de fondo

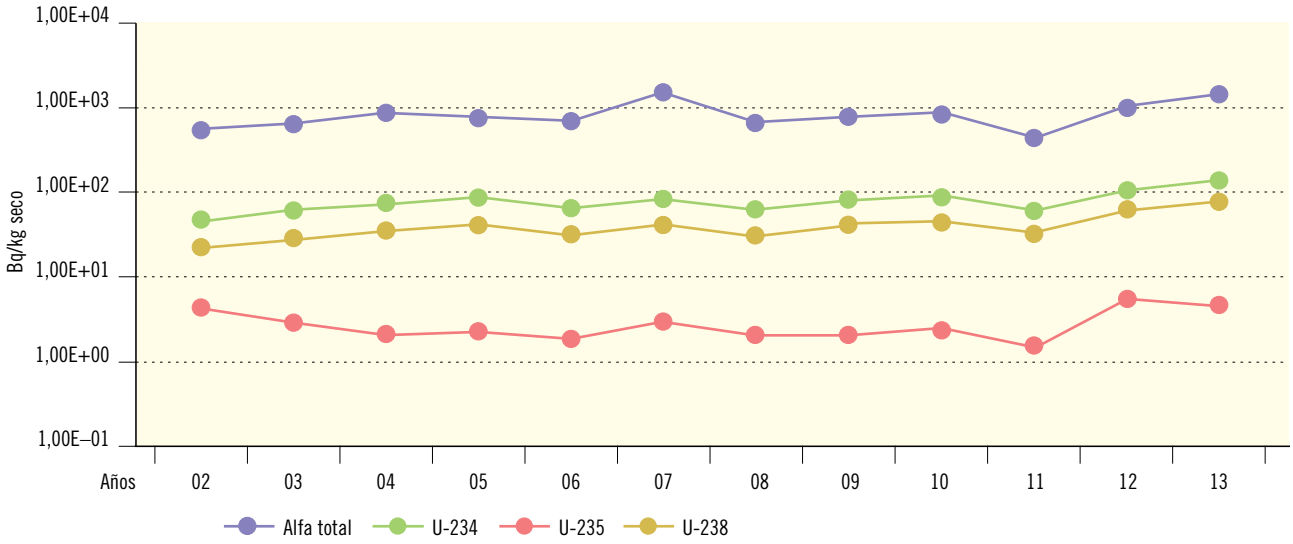
Juzbado

Las muestras se recogen, con frecuencia anual, en los mismos cuatro puntos donde se toma el agua superficial. En cada una se determina el índice de actividad alfa total y se realiza un análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID para todas las determinaciones es del 100 %. Los valores medios correspondientes a la campaña de 2013 se encuentran dentro del rango de valores obtenidos anteriormente (figura 2.44).

Figura 2.44. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



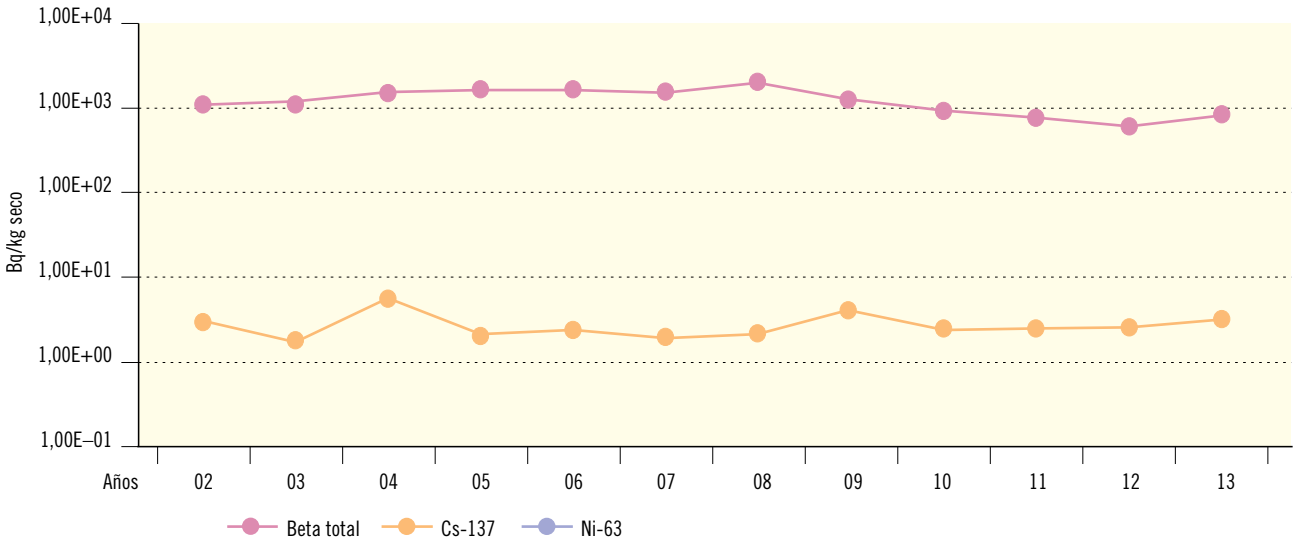
Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,20E+03	1,19E+02	5,15E+00	7,75E+01
Valor máximo	1,36E+03	1,80E+02	6,70E+00	1,10E+02
Valor mínimo	9,75E+02	5,60E+01	4,00E+00	3,90E+01
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

El Cabril

Las muestras de sedimentos se recogen en los mismos puntos en los que se toma agua superficial, con frecuencia anual. En cada muestra se realiza la determinación del índice de actividad beta total y de los isótopos emisores gamma por espectrometría y, además, desde el año 2005 se incluye la medida de níquel-63. El porcentaje de valores superiores al LID para la determinación del índice de actividad beta total es siempre del 100 %. En la espectrometría gamma, los valores de los isótopos de origen artificial resultan inferiores al LID, excepto en el caso del cesio-137 que se ha detectado en 2013, como es habitual, en todas las muestras analizadas (figura 2.45). Hasta ahora no se ha encontrado actividad de níquel-63 por encima del límite inferior de detección en ninguna muestra. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo, no se aprecia una influencia de la instalación en ellas, como es de esperar al no estar prevista en esta instalación la emisión de efluentes líquidos.

Figura 2.45. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Beta total	Cs-137	Ni-63
Valor medio	8,46E+02	2,99E+00	
Valor máximo	9,79E+02	7,14E+00	
Valor mínimo	7,36E+02	1,02E+00	
Nº total de análisis	6	6	6
Nº de análisis > LID	6	6	0
Nº de análisis < LID	0	0	6

2.2.5. Alimentos

Las muestras de alimentos analizadas en estas dos instalaciones se seleccionan en función de la producción y de los hábitos alimentarios de su entorno y se agrupan en los siguientes tipos: carne y aves, vegetales de consumo humano, peces, leche y miel.

Carnes y aves

Se recogen carnes de cerdo, oveja, ciervo y perdiz, dependiendo de las explotaciones ganaderas o cinegéticas existentes en cada zona vigilada.

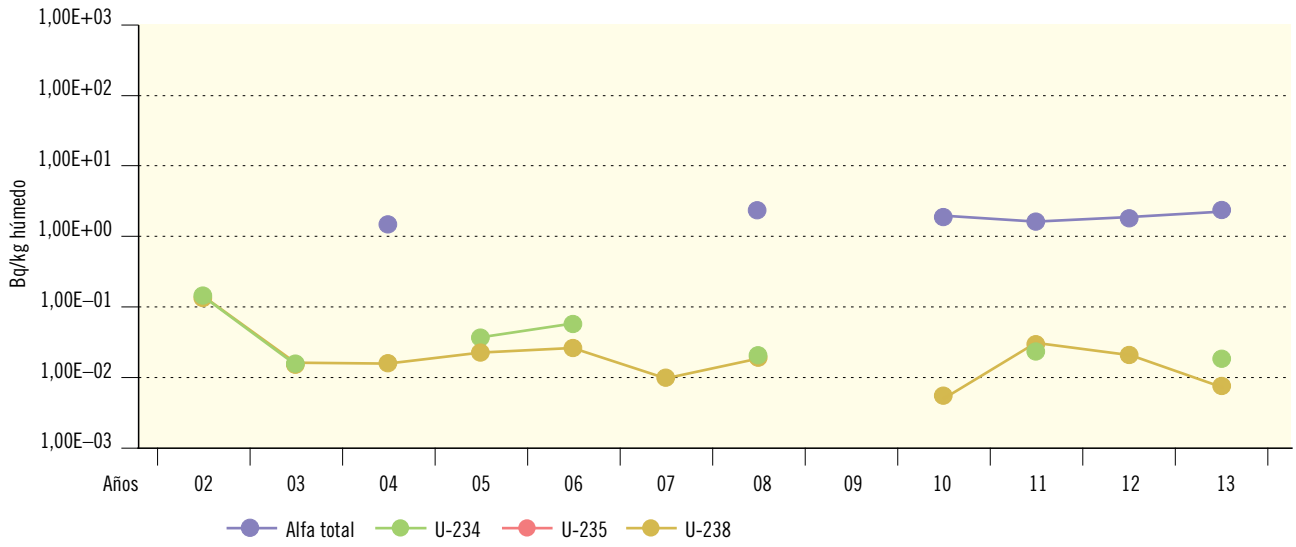
Juzbado

Se recogen muestras de cerdo y oveja en cuatro puntos de muestreo sobre las que se realiza una determinación del índice de actividad alfa total y de la concentración isotópica de uranio.

En la campaña de 2013 los valores obtenidos son similares a los de años anteriores (figura 2.46).

Figura 2.46. Juzbado. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



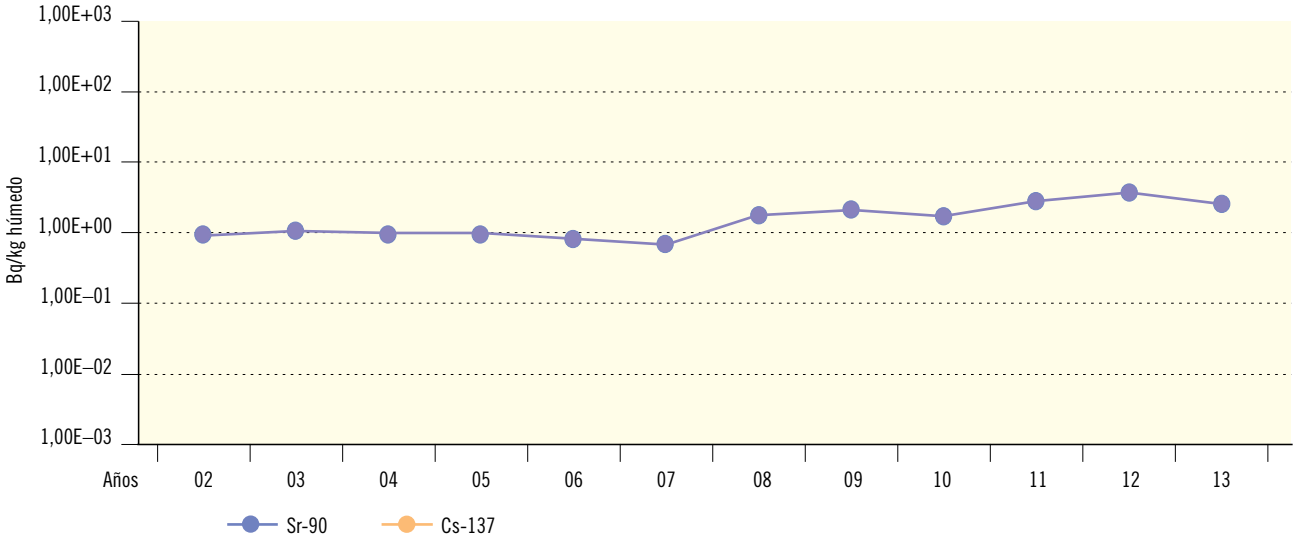
Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	2,18E+00	1,80E-02		9,10E-03
Valor máximo	2,18E+00	1,80E-02		1,30E-02
Valor mínimo	2,18E+00	1,80E-02		5,20E-03
Nº total de análisis	5	5	5	5
Nº de análisis > LID	1	1	0	2
Nº de análisis < LID	4	4	5	3

El Cabril

Se recogen muestras de oveja en dos puntos de muestreo, y de ciervo y perdiz en uno, sobre las cuales se realiza una medida de los isótopos emisores gamma por espectrometría. Adicionalmente, se realiza la determinación de estroncio-90 en hueso, o en toda la muestra, si no se dispone de cantidad suficiente de huesos. Como es habitual, se obtienen valores de actividad de estroncio-90 en todas las muestras y no se detecta actividad de emisores gamma de origen artificial. Estos valores son similares a los obtenidos en campañas anteriores (figura 2.47).

Figura 2.47. El Cabril. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Sr-90	Cs-137
Valor medio	2,50E+00	
Valor máximo	3,08E+00	
Valor mínimo	1,23E+00	
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	0
Nº de análisis < LID	0	4

Vegetales de consumo humano

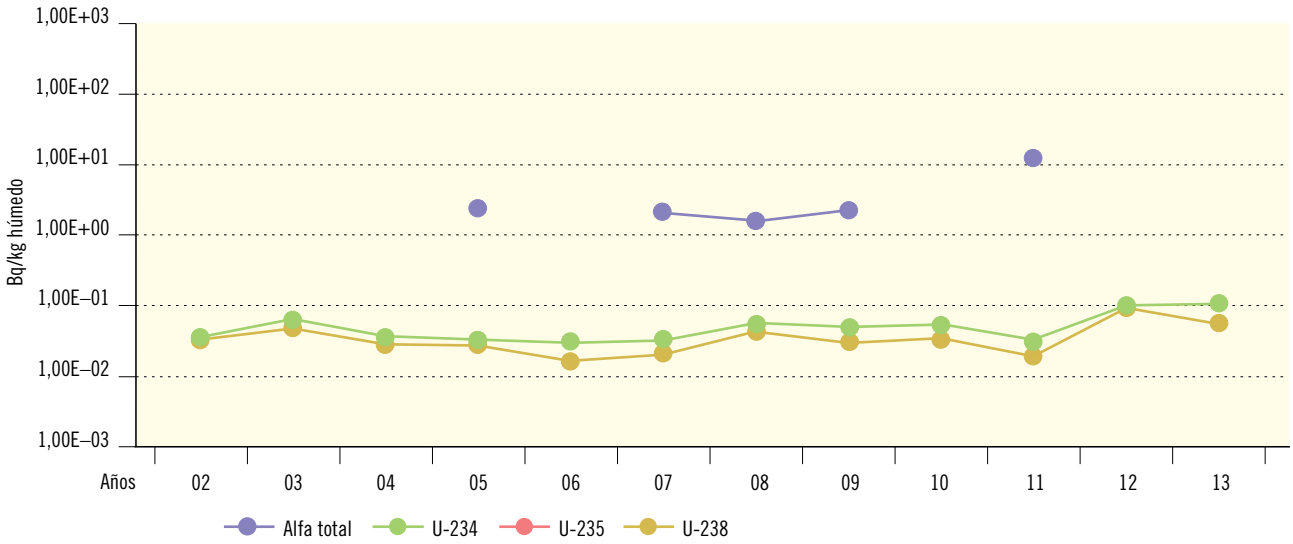
Juzbado

Este tipo de alimentos se recoge en tres puntos de muestreo en el entorno de la instalación de Juzbado. Las muestras seleccionadas en este año han sido: berza, entre los vegetales de hoja ancha; y patata y trigo, entre los vegetales de hoja no ancha. Sobre estas muestras se determinan, anualmente, el índice de actividad alfa total y la concentración isotópica de uranio.

Para los isótopos uranio-234 y uranio-238 habitualmente se obtienen valores de actividad superiores al LID en casi todas las muestras y estos se mantienen similares a lo largo de los años; y para el uranio-235 se detectan valores superiores al LID solo de forma esporádica. No se han detectado valores superiores al LID del índice de actividad alfa total (figuras 2.48 y 2.49).

Figura 2.48. Juzbado. Vegetales de hoja no ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

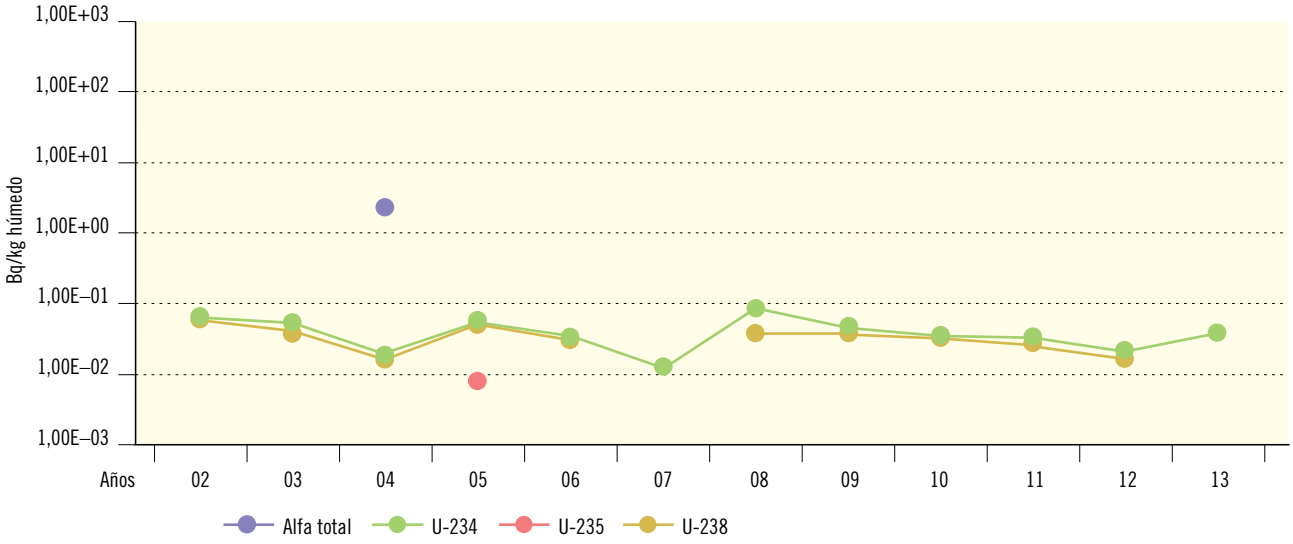
Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		1,09E-01		6,02E-02
Valor máximo		3,30E-01		1,50E-01
Valor mínimo		1,60E-02		8,70E-03
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	4	0	4
Nº de análisis < LID	4	0	4	0

Figura 2.49. Juzbado. Vegetales de hoja ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		3,60E-02		
Valor máximo		3,60E-02		
Valor mínimo		3,60E-02		
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	1	0	0
Nº de análisis < LID	2	1	2	2

Peces

Juzbado

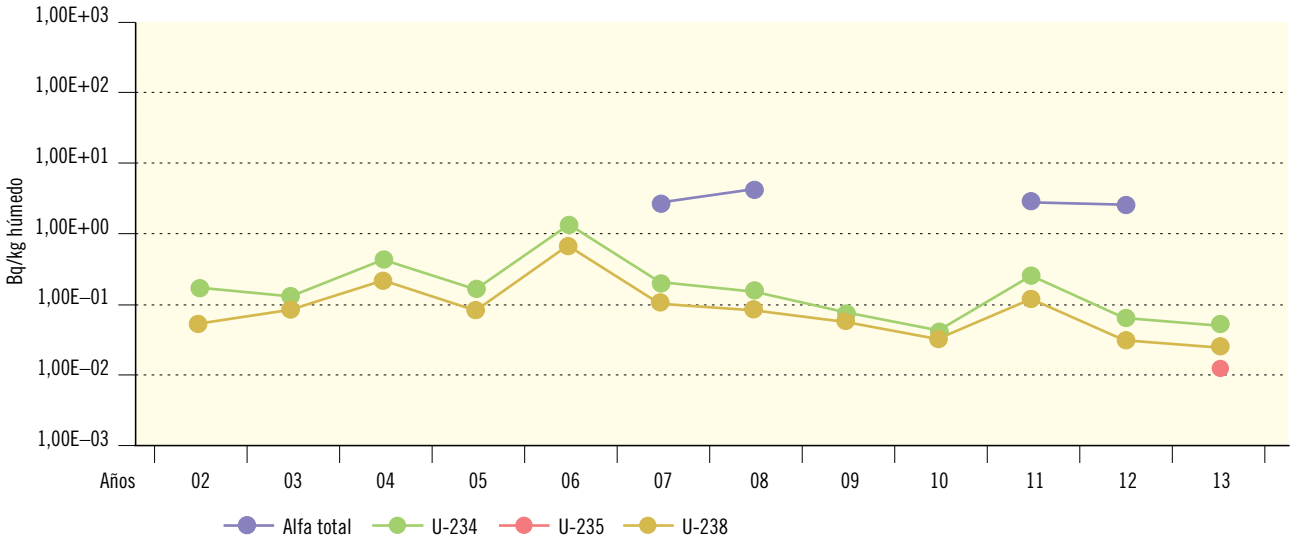
Se recogen muestras de barbo en dos puntos de muestreo, con frecuencia anual, y se determina el índice de actividad alfa total y las concentraciones de los isótopos de uranio. Los valores se mantienen dentro del rango de los obtenidos en campañas anteriores, y se ha detectado por primera vez actividad de uranio-245 en una de la muestras (figura 2.50).

El Cabril

Se toma una muestra de especies de interés como pesca deportiva, con frecuencia anual, en un punto de muestreo y se analiza el estroncio-90, en esqueleto, y los isótopos emisores gamma por espectrometría, en músculo. El valor de actividad del estroncio-90 se mantiene dentro del rango de los valores obtenidos con anterioridad (figura 2.51). En la espectrometría gamma, hasta la fecha, no se ha detectado ningún isótopo de origen artificial.

Figura 2.50. Juzbado. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

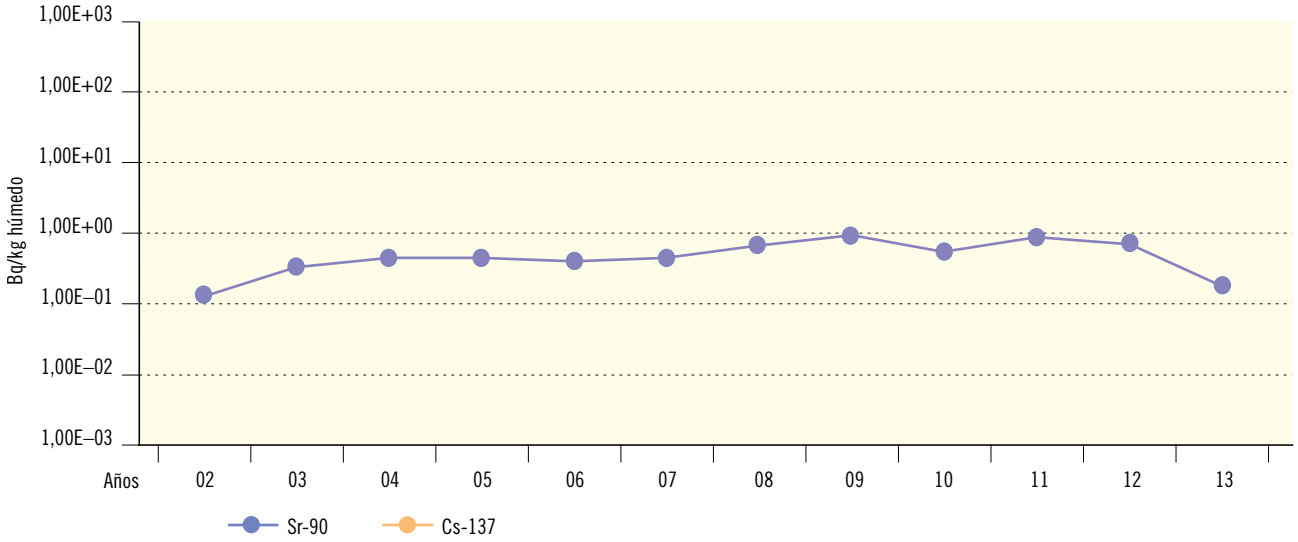
Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		4,60E-02	1,10E-02	2,55E-02
Valor máximo		4,70E-02	1,10E-02	3,00E-02
Valor mínimo		4,50E-02	1,10E-02	2,10E-02
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	2	1	2
Nº de análisis < LID	2	0	1	0

Figura 2.51. El Cabril. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Sr-90	Cs-137
Valor medio	2,19E-01	
Valor máximo	2,19E-01	
Valor mínimo	2,19E-01	
Nº total de análisis	1	1
Nº de análisis > LID	1	0
Nº de análisis < LID	0	1

Leche

Juzbado

Con periodicidad trimestral se recogen muestras de leche en cuatro puntos: dos correspondientes a leche de vaca y dos de leche de cabra; este último tipo de leche se ha incorporado por primera en esta campaña. En todas las muestras se determinan el índice de actividad alfa total y las concentraciones de los isótopos de uranio. Los valores obtenidos en 2013 son similares a los encontrados con anterioridad a lo largo de las distintas campañas solo para muestras de leche de vaca; no se han detectado concentraciones de uranio-235 ni del índice de actividad alfa total superiores al LID (figura 2.52).

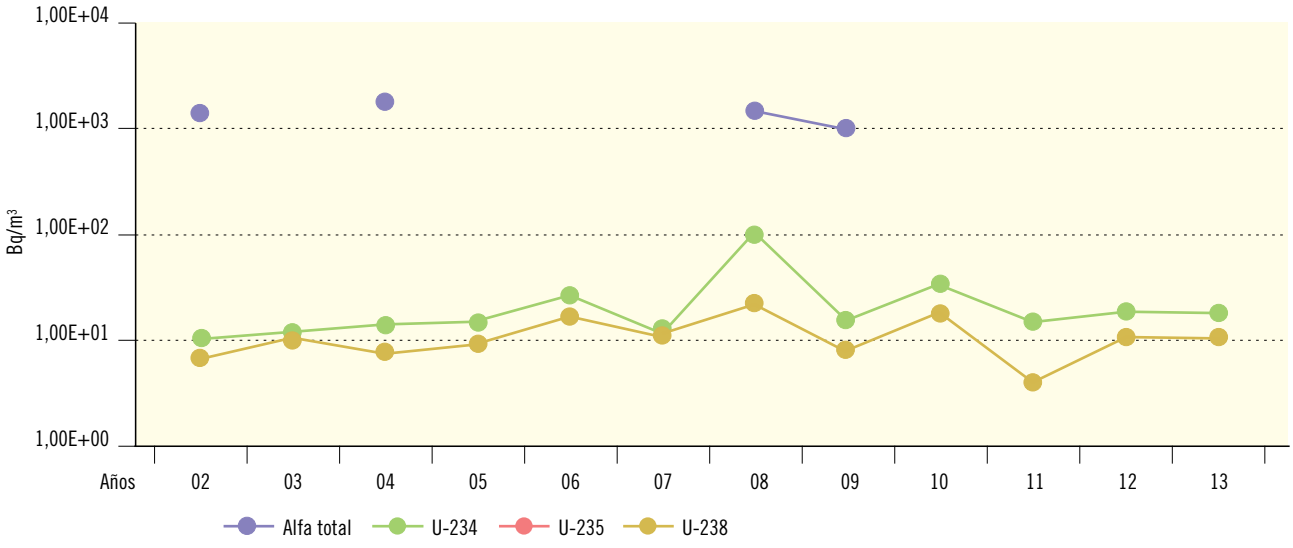
Miel

El Cabril

Se recogen muestras de miel en dos puntos del programa de vigilancia de El Cabril sobre las que se realiza un análisis de espectrometría gamma. Hasta ahora no se ha detectado ningún isótopo de origen artificial con actividad superior al LID y, por ello, no se incluye su representación gráfica.

Figura 2.52. Juzbado. Leche. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		1,60E+01		1,05E+01
Valor máximo		1,70E+01		1,40E+01
Valor mínimo		1,40E+01		8,60E+00
Nº total de análisis	14	14	14	14
Nº de análisis > LID	0	3	0	3
Nº de análisis < LID	14	11	14	11

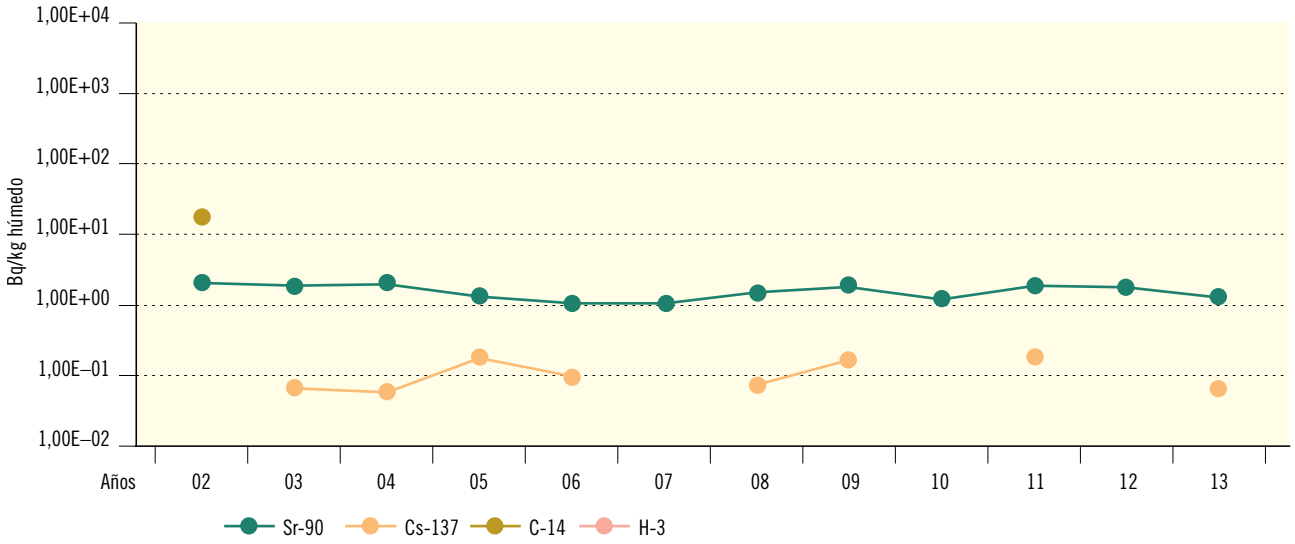
2.2.6. Organismos indicadores

El Cabril

Se recogen anualmente muestras de plantas terrestres, elegidas de entre las existentes en la zona, en nueve puntos de muestreo y, sobre la muestra compuesta por todas ellas en cada uno de los puntos, se determinan los isótopos estroncio-90, tritio y carbono-14, y se realiza una medida de los emisores gamma por espectrometría. En el año 2013 se obtuvieron valores de actividad de estroncio-90 en todas las muestras analizadas, con niveles similares a los de campañas anteriores. Y en la medida de espectrometría gamma se detectó actividad de cesio-137 por encima del LID en dos de las muestras, con valores dentro del rango de los obtenidos esporádicamente en anteriores campañas (figura 2.53). No se obtienen valores de actividad por encima del LID para tritio o carbono-14, ni otros emisores gamma de origen artificial.

Figura 2.53. El Cabril. Plantas terrestres. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2013	Sr-90	Cs-137	H-3	C-14
Valor medio	1,26E+00	6,14E-02		
Valor máximo	1,82E+00	6,26E-02		
Valor mínimo	4,48E-01	6,01E-02		
Nº total de análisis	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	2	0	0
Nº de análisis < LID	0	7	9	9

3. Vigilancia alrededor de instalaciones nucleares y radiactivas en situación de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia

En la actualidad se encuentran en situación de desmantelamiento y/o clausura alguna de las instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), la fábrica de uranio de Andújar (FUA), la central nuclear Vandellós I, la planta Quercus y la central nuclear José Cabrera.

Para cada una de estas instalaciones se presenta información sobre las características del PVRA que desarrollan y los resultados obtenidos en la campaña de vigilancia del año 2013, y se detalla para cada tipo de muestra y análisis el número de medidas realizadas y el valor medio de actividad obtenido en dicha campaña.

3.1. Ciemat

3.1.1. Características de la instalación

Por resolución de la Dirección General de la Energía de 3 de febrero de 1993, se autorizó la modificación del catálogo de las instalaciones nucleares y radiactivas del Ciemat, clasificando una serie de instalaciones como radiactivas y nucleares no operativas paradas, en fase de clausura.

Con objeto de adecuar las instalaciones a las necesidades actuales y futuras de sus proyectos de actividades, mejorar la seguridad del centro y sanear sus infraestructuras, se elaboró un plan de modernización denominado Plan Integrado de Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC) en el que se incluye el desmantelamiento de las instalaciones paradas y en fase de clausura.

La autorización para el desmantelamiento de estas instalaciones fue concedida mediante Orden Ministerial del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de 14 de noviembre de 2005.

3.1.2. Descripción y resultados del PVRA

A lo largo de los años, el PVRA desarrollado se ha ido adaptando a las características operativas del centro. Durante los años de su operación como instalación nuclear, el programa desarrollado fue muy similar al descrito para las centrales nucleares en lo que respecta al tipo de muestras. Durante los últimos años y hasta 2004, la vigilancia del aire y del suelo se redujo a una única estación de muestreo, teniendo en cuenta el cese de actividades y la ausencia de efluentes gaseosos. Sin embargo, durante el año 2005, se modificó su alcance y se desarrolló un programa adaptado a las actividades de desmantelamiento acometidas durante el desarrollo del Plan de Desmantelamiento y Clausura. Esta ampliación del PVRA, en la que desde el año 2005 se incrementaron a más del doble tanto el número de muestras como el de análisis, se ha mantenido durante el año 2013.

En las figuras 2.54 a 2.59 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2013.

En las muestras de agua superficial (figura 2.57), con las que se lleva a cabo la vigilancia de los ríos Manzanares y Jarama en puntos situados aguas arriba y aguas debajo del vertido del Ciemat, destaca la detección de yodo-131 en más del 50 % de las muestras. La presencia de este isótopo no se corresponde con las actividades realizadas en el Ciemat; es probable que su origen esté relacionado con la utilización de este isótopo en actividades médicas con fines de tratamiento y diagnóstico, como lo confirma el hecho de ser detectado en estaciones situadas aguas arriba de los vertidos del Ciemat, y coincidiendo también en alguna muestra con la detección de tecnecio-99 metaestable, otro de los isótopos de amplio uso en estudios diagnósticos en medicina nuclear.

Figura 2.54. Ciemat. Muestras de aire

Valores medios. Campaña 2013

Aire bajo flujo

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: partículas de polvo y radioyodos (semanal continuo), H-3 (bimensual continuo) y C-14 (trimestral continuo, en una estación).
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, α total y I-131 (semanal), H-3 (mensual),
  C-14, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)

Aire alto flujo

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia de muestreo: semanal continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Pu-239+240, U-total (U-238), Sr-90 y espectrometría α (mensual acumulado), Ni-63 y Fe-55 (trimestral acumulado) y espectrometría γ (semanal)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Bajo flujo			
β total	5,83E-04	156	0
α total	8,23E-05	148	8
I-131	<LID	0	156
H-3	<LID	0	36
C-14	1,69E-01	4	0
Sr-90	5,30E-06	1	11
Espectrometría γ			
Ra-226	2,10E-05	1	11
Alto flujo			
Fe-55	<LID	0	4
Ni-63	<LID	0	4
Sr-90	1,96E-07	2	10
U-total (U-238)	2,90E-07	12	0
Pu-239+240	3,80E-09	1	11
Espectrometría α			
U-234	4,28E-07	12	0
U-235	1,72E-08	12	0
U-238	4,25E-07	12	0
Espectrometría γ			
Cs-137	5,67E-07	7	45

Figura 2.55. Ciemat. Muestras de radiación directa y suelo

Valores medios. Campaña 2013

Radiación directa

- Número de estaciones: 23
- Frecuencia de muestreo: bimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (bimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	1,19E+00	144	0

Suelo

- Número de estaciones: 9
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, espectrometría γ, Pu-239+240, U-total (U-238), Ni-63, Fe-55 y espectrometría α (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Fe-55	<LID	0	9
Ni-63	<LID	0	9
Sr-90	1,27E+00	6	3
U-total (U-238)	4,23E+01	9	0
Pu-239+240	2,47E-01	8	1
Espectrometría α			
U-234	3,87E+01	9	0
U-235	1,62E+00	9	0
U-238	4,20E+01	9	0
Espectrometría γ			
Cs-137	8,37E+00	9	0
Ra-226	4,03E+01	9	0

Figura 2.56. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Valores medios. Campaña 2013

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, espectrometría α y espectrometría γ (anual acumulado) y U-total (U-238) (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	9,76E-01	4	1
U-total (U-238)	4,73E+01	20	0
Espectrometría α			
U-234	3,93E+01	5	0
U-235	1,42E+00	5	0
U-238	3,69E+01	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,69E+00	2	3
Ra-226	2,87E+01	5	0

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 5 (número de muestras variable en función de la disponibilidad)
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, espectrometría α y espectrometría γ (anual acumulado) y U-total (U-238) (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	3,15E-01	16	1
U-total (U-238)	1,72E-01	65	3
Espectrometría α			
U-234	1,56E-01	17	0
U-235	7,10E-03	14	3
U-238	1,50E-01	17	0
Espectrometría γ			
Ra-266	6,58E-01	5	12

Figura 2.57. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche

Valores medios. Campaña 2013

Agua superficial

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: mensual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, β resto y α total (mensual), Sr-90, espectrometría γ, U-total (U-238) y H-3 (trimestral acumulado), I-131 (trimestral puntual) y espectrometría α (anual acumulado)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	4,96E+02	72	0
β resto	2,02E+02	21	51
α total	1,58E+02	69	3
H-3	<LID	0	24
I-131	2,94E+02	17	7
Sr-90	1,18E+01	13	11
U-total (U-238)	9,80E+01	20	4
Espectrometría α			
U-234	9,82E+01	6	0
U-235	3,54E+00	6	0
U-238	9,37E+01	6	0
Espectrometría γ			
Ra-226	8,08E+01	2	22
Tc-99m	5,26E+03	1	0

Leche

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  I-131, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
I-131	<LID	0	8
Sr-90	5,61E+01	4	4
Espectrometría γ	<LID	0	8

Figura 2.58. Ciemat. Muestras de vegetales

Valores medios. Campaña 2013

Vegetales de hoja ancha

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, I-131 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
I-131	<LID	0	7
Sr-90	5,39E-02	5	2
Espectrometría γ	<LID	0	7

Vegetales de hoja no ancha

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	3,14E-02	11	0
Espectrometría γ	<LID	0	13

Figura 2.59. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos

Valores medios. Campaña 2013

Carnes y aves

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Espectrometría γ	<LID	0	2

Huevos

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Espectrometría γ	<LID	0	2

3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)

3.2.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Fábrica de tratamiento de mineral de uranio para la obtención de concentrados de óxido de uranio (U_3O_8) con pureza del 80 al 85 %.

- Inicio de la operación:
  Noviembre de 1959.

- Parada de la operación:
  Julio de 1981.

- Cierre y desmantelamiento:
  Por Orden Ministerial de 1 de febrero de 1991, se otorgó a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos Sociedad Anónima (Enresa) la autorización para la ejecución de las actividades de desmantelamiento y restauración del emplazamiento, actividades que se iniciaron en febrero de 1992 y en cuyo desarrollo se distinguen tres fases:

  - Primer periodo: 1991-1994. Actividades de desmantelamiento y restauración.

  - Segundo periodo: desde 1994 y con una duración mínima de 10 años se está desarrollando el Plan de Vigilancia y Mantenimiento (actualmente en ejecución).

  - Tercer periodo: se iniciará una vez finalizado el anterior y se tratará de un control a largo plazo. Periodo de Vigilancia y Custodia.

3.2.2. Descripción y resultados del PVRA

En el año 1994 finalizaron las obras de acondicionamiento y estabilización de los estériles, así como las de implantación de las capas de protección contra la emisión de radón y contra la infiltración de agua de lluvia.

Una vez finalizadas dichas obras, Enresa propuso un PVRA modificado, en relación con campañas anteriores, que está actualmente vigente y que se mantendrá a lo largo del denominado Plan de Vigilancia y Mantenimiento. En este nuevo programa se suprimen, como consecuencia de la ausencia de término fuente gaseoso, las muestras que se consideraban en la vía de exposición aire; no obstante, se mantiene una vigilancia sobre la tasa de exhalación de radón en el dique acondicionado.

Para el establecimiento del Plan de Vigilancia y Mantenimiento se han tenido en cuenta las características del emplazamiento y la normativa internacional aplicable como *Guidance for UMTRA Project Surveillance and Maintenance,* UMTRA-DOE/AL 3501240000. January 1986, Regulatory Guide 4.14 *Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills,* Rev. 1, April 1980 y *Long-Term Surveillance and Monitoring of Decommissioned Uranium Processing Sites and Tiling Piles,* Nureg/CR-4504, March 1986. La vigilancia actual se lleva a cabo sobre muestras de agua subterránea procedente de pozos y sondeos, agua superficial y tasa de exhalación de radón en la superficie del dique, y cultivos regados con agua de pozo; no ha sido posible el muestreo de estos últimos en la campaña del año 2013 por el cambio en el uso de las zonas de huerta seleccionadas. En las figuras 2.60 y 2.61 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña de 2013.

Figura 2.60. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial, de escorrentía y de pozo

Valores medios. Campaña 2013

Agua superficial

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): αtotal, βtotal, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total (U-238) y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,64E+02	8	0
β resto	<LID	0	8
α total	8,51E+01	1	7
Pb-210	2,92E+00	1	7
Ra-226	2,52E+00	5	3
Ra-228	<LID	0	8
Th-230	2,39E+01	8	0
U-total	1,04E+02	8	0
Espectrometría α			
U-234	3,14E+01	8	0
U-235	1,84E+00	5	3
U-238	2,34E+01	8	0

Agua de pozo

- Número de estaciones: 10
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): αtotal, βtotal, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total (U-238) y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,13E+03	38	1
β resto	2,26E+03	22	17
α total	1,49E+03	39	0
Pb-210	7,26E+00	17	22
Ra-226	2,40E+00	13	26
Ra-228	<LID	0	39
Th-230	6,29E+01	37	2
U-total	2,49E+03	39	0
Espectrometría α			
U-234	1,32E+03	39	0
U-235	6,81E+01	38	1
U-238	1,30E+03	39	0

Agua de escorrentía

- Número de estaciones: 1 que recoge el agua de escorrentía de la parcela cuando hay disponibilidad de muestra
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): αtotal, βtotal, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total (U-238) y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,27E+03	2	0
β resto	179E+03	1	1
α total	7,64E+02	2	0
Pb-210	6,94E+00	1	1
Ra-226	9,96E+01	2	0
Ra-228	<LID	0	1
Th-230	4,91E+01	2	0
U-total	1,08E+03	2	0
Espectrometría α			
U-234	3,20E+02	2	0
U-235	1,60E+01	2	0
U-238	3,10E+02	2	0

Figura 2.61. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón

Valores medios. Campaña 2013

Exhalación de radón

- Número de puntos: 101 repartidos sobre la superficie del dique
- Frecuencia: 1 vez al año (mes de agosto)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m²·s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	6,96E+01	101	0

3.3. Vandellós I

3.3.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Central de uranio natural-grafito-gas, con potencia eléctrica nominal de 480 MWe. Ha sido la única central en España que ha utilizado uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO_2 como fluido refrigerante.

- Inicio de la operación:
  11 de febrero de 1972.

- Parada de la operación:
  octubre de 1989.

- Cierre y desmantelamiento:
  Por Orden Ministerial de 31 de julio de 1990 se estableció su cierre y se determinaron los términos en los que se desarrollaría su clausura, en la que se especificaba el calendario completo de las fases del cierre definitivo y del desmantelamiento final. Por Orden Ministerial de 28 de enero de 1998 se autorizó la transferencia de titularidad de la central nuclear Vandellós I de la empresa Hifrensa a Enresa y se otorgó a esta última autorización para la ejecución de las actividades de desmantelamiento de la central.

- Latencia:
  Por Resolución de 17 de enero de 2005 se autorizó la fase de latencia, que implica el reconocimiento de que la instalación ha reducido las actividades que pueden suponer la emisión de efluentes al medio ambiente.

3.3.2. Descripción y resultados del PVRA

En el Programa de Vigilancia desarrollado por Enresa durante la fase de desmantelamiento y clausura se redujo el área de vigilancia a un radio de 10 km y se intensificaron los controles ambientales sobre zonas más cercanas a aquellas en las que tuvieron lugar las actividades de desmantelamiento.

El número de estaciones de muestreo, así como la frecuencia de muestreo y análisis, se ajustaron a la actividad isotópica prevista en los efluentes como resultado de las tareas de desmantelamiento.

El PVRA de la fase de latencia, a la que corresponde el programa desarrollado durante el año 2013, supone también una reducción respecto del llevado a cabo durante la fase de desmantelamiento. Se ha suprimido la recogida de algunos tipos de muestras como cultivos vegetales y, en otros casos, se ha reducido el número de puntos de muestreo o su frecuencia de recogida o análisis.

En las figuras 2.62 a 2.66 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2013.

Figura 2.62. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa

Valores medios. Campaña 2013

Aire

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: partículas de polvo semanal.
- Tipo de análisis (frecuencia): β total (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral-compuesta), H-3 (anual en dos estaciones y semestral en una estación) y C-14 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	5,80E-04	152	0
C-14	3,48E-02	5	0
H-3	2,21E-02	3	1
Sr-90	<LID	0	12
Espectrometría γ	<LID	0	12

Radiación directa

- Número de estaciones: 8
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	5,25E-01	31	0

Figura 2.63. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo

Valores medios. Campaña 2013

Suelo

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Sr-90 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,07E+00	5	0
Espectrometría γ Cs-137	5,15E+00	4	1

Figura 2.64. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Campaña 2013

Agua de mar

- Número de estaciones: 5 en superficie y 5 en profundidad
- Frecuencia de muestreo: quincenal y mensual en superficie y semestral en profundidad
- Tipo de análisis (frecuencia): β total, β resto, espectrometría γ, H-3, Pu-238 y Am-241 (quincenal y mensual) en superficie y Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ en profundidad (semestral).

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
En superficie			
β total	1,95E+04	84	0
β resto	<LID	0	84
H-3	1,43E+04	1	83
Pu-238	<LID	0	84
Am-241	<LID	0	84
Espectrometría γ			
Cs-137	1,72E+02	1	83
En profundidad			
Sr-90	<LID	0	10
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ	<LID	0	10

Sedimentos de orilla (arena de playa)

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,18E+00	3	0
Pu-238	<LID	0	3
Am-241	<LID	0	3
Espectrometría γ	<LID	0	3

Figura 2.65. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2013

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	8,17E-01	10	0
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ			
Cs-137	7,69E-01	7	3

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de muestra: *Posidonia oceanica*
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometía γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	<LID	0	10
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ			
Co-60	7,67E-02	3	7

Figura 2.66. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces

Campaña 2013

Mariscos

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de muestra: cigalas y galeras
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	3,58E-02	5	1
Pu-238	<LID	0	6
Am-241	<LID	0	6
Espectrometría γ			
Cs-137	9,80E-02	1	5

Peces

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de muestra: pescadillas y peces sin especificar
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	<LID	0	6
Pu-238	<LID	0	6
Am-241	<LID	0	6
Espectrometría γ			
Cs-137	1,15E-01	2	4

3.4. Planta Quercus

3.4.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Tratamiento de minerales de uranio de la zona en la que se encontraba ubicada esta instalación.

- Inicio de la operación:
  Autorización de puesta en marcha concedida mediante Orden Ministerial de 25 de abril de 1997.

- Cese de operación:
  Cese definitivo de la explotación concedido mediante Orden Ministerial de 14 de julio de 2003 y actualmente en suspensión temporal del proceso de desmantelamiento.

3.4.2. Descripción y resultados del PVRA

Durante 2013 la vigilancia establecida en el emplazamiento de la planta Quercus ha continuado sin modificaciones relevantes respecto a la que se venía realizando en el periodo de operación, dado que Enusa está realizando los trabajos de restauración minera del emplazamiento.

En las figuras 2.67 a 2.73 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante la campaña del año 2013. En el caso del agua potable, y como ha ocurrido ocasionalmente en alguna de las campañas anteriores, el índice de actividad alfa total alcanzó en dos muestras el valor paramétrico establecido en el "Protocolo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano" que desarrolla lo establecido en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. No obstante, con los resultados obtenidos para los isótopos medidos de radio-226 y plomo-210, se tiene un valor para la dosis indicativa total inferior al establecido en el real decreto mencionado.

Figura 2.67. Planta Quercus. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2013

Aire

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: partículas de polvo semanal continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total (semanal), U-total, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m^3	>LID	<LID
α total	1,09E-04	313	5
U-total	1,28E-05	1	23
Pb-210	5,48E-04	24	0
Ra-226	7,90E-06	13	11
Th-230	5,14-05	21	3

Radiación directa

- Número de estaciones: 22
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	1,18E+00	88	0

Figura 2.68. Planta Quercus. Muestras de radón

Valores medios. Campaña 2013

Radón

Rn-222

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: semestral continuo y anual

Descendientes

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia: mensual

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Rn-222 (Bq/m^3)	2,01E+01	11	1
Descendientes (mWL)	3,38E+00	72	0

Figura 2.69. Planta Quercus. Muestras de agua superficial y potable

Campaña 2013

Agua superficial

- Número de estaciones: 9
- Frecuencia de muestreo: continuo, semanal y mensual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-total y Ra-226 (mensual), Pb-210 (en muestras de 5 estaciones por espectrometría γ y en muestras de 4 estaciones por separación radioquímica), β total, β resto y Th-230 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m^3	>LID	<LID
α total	1,65E+02	76	24
β total	1,35E+02	35	0
β resto	1,55E+02	16	19
U-total	1,33E+02	81	19
Pb-210	4,86E+01	16	0
Ra-226	1,15E+01	41	58
Th-230	1,54E+01	24	11
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	17

Agua potable

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: mensual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-total, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m^3	>LID	<LID
α total	7,35E+01	10	2
U-total	6,18E+01	10	2
Pb-210	6,24E+01	8	4
Ra-226	1,23E+01	9	3
Th-230	4,38E+01	7	5

Figura 2.70. Planta Quercus. Muestras de suelo y sedimentos

Valores medios. Campaña 2013

Suelo

- Número de estaciones: 11
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	3,30E+02	11	0
U-total	3,64E+01	11	0
Espectrometría γ			
Pb-210	5,62E+01	10	1
Ra-226	3,95E+01	11	0
Th-230	1,32E+02	1	10

Sedimentos

- Número de estaciones: 10
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	3,26E+03	19	0
β total	3,19E+03	19	0
U-total	2,25E+03	19	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,03E+02	18	1
Ra-226	8,43E+01	19	0
Th-230	<LID	0	19

Figura 2.71. Planta Quercus. Muestras de organismos indicadores y peces

Valores medios. Campaña 2013

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 2
- Tipo de muestra: *Potamogetum, Scirpus*
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (semestral)

Peces

- Número de estaciones: 2
- Tipo de muestra: Peces (músculo)
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (semestral)

Potamogetum

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	6,93E+02	4	0
β total	6,60E+02	4	0
U-total	2,77E+02	4	0
Espectrometría γ			
Pb-210	9,09E+00	2	2
Ra-226	3,24E+01	4	0
Th-230	<LID	0	4

Scirpus

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	3,46E+01	4	0
β total	1,98E+02	4	0
U-total	3,05E+00	4	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,13E+01	4	0
Ra-226	4,87E+00	4	0
Th-230	<LID	0	4

Pez (músculo)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	<LID	0	3
β total	1,42E+02	3	0
U-total	1,39E-01	3	0
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	3
Ra-226	6,10E-01	1	2
Th-230	<LID	0	3

Figura 2.72. Planta Quercus. Muestras de vegetales de consumo humano y animal

Valores medios. Campaña 2013

Vegetales de consumo humano

- Número de estaciones: 3
- Tipo de muestra: trigo y centeno
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	5,22E+00	2	2
U-total	5,05E-02	2	2
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	4
Ra-226	1,16E+00	3	1
Th-230	<LID	0	4

Vegetales de consumo animal

- Número de estaciones: 4
- Tipo de muestra: hierba, pasto y bellota
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg humedo	>LID	<LID
α total	1,76E+01	9	11
U-total	3,52E-01	20	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,16E+01	8	12
Ra-226	2,04E+00	15	5
Th-230	<LID	0	20

Figura 2.73. Planta Quercus. Muestras de leche y carne

Valores medios. Campaña 2013

Leche

- Número de estaciones: 1
- Tipo de muestra: leche de vaca
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m^3	>LID	<LID
α total	<LID	0	1
U-total	8,93E+00	1	0
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	1
Ra-226	<LID	0	1
Th-230	<LID	0	1

Carne

- Número de estaciones: 2
- Tipo de muestra: cerdo y cordero
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	<LID	0	2
U-total	2,26E-02	2	0
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	2
Ra-226	<LID	0	2
Th-230	<LID	0	2

3.5. José Cabrera

3.5.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Central nuclear de agua a presión, con potencia eléctrica nominal de 160 MWe.

- Inicio de la operación:
  Junio de 1968.

- Cese de operación:
  31 de abril de 2006 según Orden Ministerial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio 1652/2006.

- Desmantelamiento:
  El día 1 de febrero de 2010 el Ministerio de Industria, Energía y Turismo emitió la Orden Ministerial ITC/201/2010, por la que se autorizó la transferencia de titularidad de la central nuclear José Cabrera de la empresa Gas Natural, SA a Enresa, y se otorgó a esta última autorización para la ejecución del desmantelamiento de la instalación.

3.5.2. Descripción y resultados del PVRA

Aunque la central nuclear José Cabrera ya no se encuentra en funcionamiento, ha seguido manteniendo el mismo programa de vigilancia que durante la fase de operación, y ha completado su alcance con una serie de análisis que formarán parte del PVRA durante la etapa de desmantelamiento y clausura. Para la inclusión de los nuevos análisis se ha tenido en cuenta la historia operativa de la instalación, la caracterización radiológica y las actividades de desmantelamiento previstas.

En las figuras 2.74 a 2.81 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2013. Los análisis marcados con un asterisco (*) en la descripción del programa para cada una de las muestras son los que se han añadido para determinar el posible impacto del desmantelamiento de la instalación.

Figura 2.74. Central nuclear José Cabrera. Muestras de aire y radiación directa

Valores medios. Campaña 2013

Aire

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: partículas de polvo (semanal continuo), H-3* (mensual continuo) y C-14* (trimestral continuo) en una estación
- Tipo de análisis (frecuencia): β total y α total* (semanal), Sr-90, Fe-55*, Ni-63* y espectrometría γ (trimestral-compuesta), H-3* (mensual) y C-14* (trimestral)

Radiación directa

- Número de estaciones: 36
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	5,47E-04	318	0
*α total	1,02E-04	84	234
*Fe-55	<LID	0	24
*Ni-63	<LID	0	24
Sr-90	<LID	0	24
Espectrometría γ	<LID	0	24
*H-3	2,23E-03	12	0
*C-14	2,66E-02	4	0

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	7,81E-01	143	0

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.75. Central nuclear José Cabrera. Muestras de suelo y agua de lluvia

Valores medios. Campaña 2013

Suelo

- Número de estaciones: 7
- Frecuencia de muestreo: anual y en tres estaciones semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Sr-90, Fe-55* y Ni-63* (semestral/anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
*Fe-55	<LID	0	10
*Ni-63	<LID	0	10
Sr-90	1,35E+00	10	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,42E+01	10	0

Agua de lluvia

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: mensual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Sr-90, Fe-55* y Ni-63* (mensual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
*Fe-55	<LID	0	50
*Ni-63	<LID	0	50
Sr-90	>LID	0	50
Espectrometría γ	<LID	0	50

Figura 2.76. Central nuclear José Cabrera. Muestras de agua potable y agua subterránea

Valores medios. Campaña 2013

Agua potable

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia de muestreo: semanal
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ(mensual compuesto) Sr-90, β total, β resto, H-3, Am-241*, Fe-55*, Ni-63* y Pu-238* (trimestral-compuesto)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	7,26E+01	16	0
β resto	4,91E+01	2	14
H-3	1,61E+04	8	8
*Am-241	<LID	0	16
*Fe-55	<LID	0	16
*Ni-63	<LID	0	16
*Pu-238	<LID	0	16
Sr-90	<LID	0	16
Espectrometría γ	<LID	0	48

Agua subterranea

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, H-3, β total, β resto, Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, y Pu-238* (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,29E+02	4	0
β resto	<LID	0	4
H-3	<LID	0	4
*Am-241	<LID	0	4
*Fe-55	<LID	0	4
*Ni-63	<LID	0	4
*Pu-238	<LID	0	4
Espectrometría γ	<LID	0	4

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.77. Central nuclear José Cabrera. Muestras de vegetales

Valores medios. Campaña 2013

Vegetales de hoja ancha

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, Pu-238* y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	5
*Fe-55	<LID	0	5
*Ni-63	<LID	0	5
*Pu-238	<LID	0	5
Sr-90	2,91E-01	5	0
Espectrometría γ	<LID	0	5

Vegetales de hoja no ancha

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, Pu-238* y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	20
*Fe-55	<LID	0	20
*Ni-63	<LID	0	20
*Pu-238	<LID	0	20
Sr-90	1,14E-01	10	10
Espectrometría γ	<LID	0	20

Figura 2.78. Central nuclear José Cabrera. Muestras de leche, y carne y huevos

Valores medios. Campaña 2013

Leche

- Número de estaciones: 5
- Tipos de muestra: leche de cabra y oveja
- Frecuencia de muestreo: mensual y quincenal
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Sr-90, Fe-55* y Ni-63* (mensual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
*Fe-55	<LID	0	72
*Ni-63	<LID	0	72
Sr-90	4,31E+01	58	14
Espectrometría γ	<LID	0	72

Carne y huevos

- Número de estaciones: 6
- Tipo de muestra: carne de ovino y huevos
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): Espectrometría γ, Fe-55* y Ni-63* (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Fe-55	<LID	0	14
*Ni-63	<LID	0	14
Espectrometría γ	<LID	0	14

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.79. Central nuclear José Cabrera. Muestras de agua superficial y sedimentos de orilla

Valores medios. Campaña 2013

Agua superficial

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: mensual y proporcional continuo en dos estaciones
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, β total, β resto y H-3 (mensual), Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, Pu-238* y Sr-90 (trimestral-compuesto)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,09E+02	36	0
β resto	6,83E+01	7	29
H-3	1,59E+04	12	0
*Am-241	<LID	0	12
*Fe-55	<LID	0	12
*Ni-63	<LID	0	12
*Pu-238	<LID	0	12
Sr-90	<LID	0	12
Espectrometría γ	<LID	0	36

Sedimentos de orilla

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia de muestreo: semestral·
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, Pu-238* (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	2
*Fe-55	<LID	0	2
*Ni-63	<LID	0	2
*Pu-238	<LID	0	2
Espectrometría γ			
Cs-137	2,54E+00	2	0

Figura 2.80. Central nuclear José Cabrera. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Valores medios. Campaña 2013

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Sr-90, Am-241*, Fe-55*, Ni-63* y Pu-238* (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	6
*Fe-55	<LID	0	6
*Ni-63	<LID	0	6
*Pu-238	<LID	0	6
Sr-90	8,72E-01	6	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,95E+01	4	2

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 3 (varias especies según disponibilidad)
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, Sr-90, Am-241*, Fe-55*, Ni-63* y Pu-238* (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	12
*Fe-55	<LID	0	12
*Ni-63	<LID	0	12
*Pu-238	<LID	0	12
Sr-90	2,38E-01	12	0
Espectrometría γ			
Cs-137	2,20E-01	4	8

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.81. Central nuclear José Cabrera. Muestras de peces y miel

Valores medios. Campaña 2013

Peces

- Número de estaciones: 3 (dos especies en dos estaciones y una en la piscifactoría)
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia):espectrometría γ, Sr-90, Am-241*, Fe-55*, Ni-63*, Pu-238* (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Am-241	<LID	0	10
*Fe-55	<LID	0	10
*Ni-63	<LID	0	10
*Pu-238	<LID	0	10
Sr-90	<LID	0	10
Espectrometría γ			
Cs-137	1,38E+00	4	6

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Miel

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Ni-63* (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
*Ni-63	<LID	0	2
Espectrometría γ	<LID	0	2

4. Vigilancia Radiológica Independiente del CSN en el entorno de las instalaciones

A la vigilancia radiológica ambiental que realizan los titulares de las instalaciones en la zona de influencia de estas, el CSN superpone sus propios programas de control (muestreo y análisis radiológicos), que se denominan Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental Independientes (PVRAIN). Se llevan a cabo bien directamente, mediante acuerdos de colaboración específicos con laboratorios de medida de la radiactividad ambiental integrados en la Red de Estaciones de Muestreo (REM), ubicados en las mismas comunidades autónomas que las correspondientes instalaciones, o a través de los programas encomendados a las comunidades autónomas de Cataluña y Valencia. Los puntos de muestreo, el tipo de muestras y los análisis realizados coinciden con los efectuados por los titulares y su alcance representa en torno al 5 % del PVRA desarrollado en cada instalación.

No siempre se trata de un muestreo compartido, requisito que sí tienen que cumplir las muestras que se recogen para el programa de control de calidad asociado a cada uno de los PVRA. Entre las condiciones técnicas establecidas en los acuerdos se encuentra el requerimiento de procurar que las fechas de muestreo del PVRAIN y las del PVRA se aproximen, coincidiendo en muchos casos la fecha de recogida de las muestras en ambos programas.

4.1. Programas de Vigilancia Radiológica Independientes realizados directamente por el CSN

En el año 2013 los programas de vigilancia independiente fueron realizados por los laboratorios que se indican a continuación:

- Laboratorio de Medidas Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real (PVRAIN de las centrales nucleares José Cabrera y Trillo).

- Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de León (PVRAIN de la central nuclear Santa María de Garoña).

- Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Extremadura-Cáceres (PVRAIN de la central nuclear de Almaraz).

- Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Salamanca (PVRAIN de las instalaciones de Juzbado y Quercus).

- Laboratorio de Radioquímica y Radiología Ambiental de la Universidad de Granada, Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Málaga y Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla (PVRAIN de las instalaciones El Cabril y FUA).

Se llevaron a cabo los programas aprobados para el año 2013 y se recogieron muestras de agua potable, agua superficial, agua subterránea y de sondeos, suelo, sedimentos de orilla y de fondo, organismos indicadores, leche, carne, vegetales de consumo humano, peces y miel, de acuerdo con las características de cada PVRA.

4.2. Programa de vigilancia encomendado a la Generalidad de Cataluña

En estos programas se consideran tanto las muestras que precisan equipos fijos para su recogida como las que no los necesitan.

La vigilancia radiológica ambiental independiente en la zona de influencia de las centrales nucleares Ascó I y II, Vandellós I y II, está encomendada por el CSN a la Generalidad de Cataluña.

Se recogieron muestras de aire, agua de lluvia, suelo, agua subterránea, agua potable, agua de mar y de río, sedimentos, arena de playa, organismos indicadores, leche de cabra y vaca, carne, vegetales de consumo humano, miel, peces y mariscos, así como dosímetros de termoluminiscencia.

Los análisis de las muestras fueron realizados por los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universidad de Barcelona.

- Laboratorio de Análisis de Radiactividad de la Universidad Politécnica de Cataluña.

4.3. Programa de vigilancia encomendado a la Generalidad Valenciana

La vigilancia radiológica ambiental de la zona de influencia de la central nuclear de Cofrentes está encomendada por el CSN a la Generalidad Valenciana.

Durante el año se recogieron muestras de aire, agua potable, agua de lluvia, suelo, agua superficial, agua subterránea, sedimentos, leche de cabra, vegetales de consumo humano, carne, peces, organismos indicadores y miel, así como dosímetros de termoluminiscencia.

Los análisis de las muestras fueron realizados por los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Valencia.

- Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad Politécnica de Valencia.

4.4. Resultados

Los resultados de estos programas son remitidos al CSN anualmente, en cumplimiento de las condiciones establecidas en los acuerdos.

Los resultados correspondientes a la campaña de 2013 son, en general, equivalentes a los obtenidos en los diferentes programas de vigilancia radiológica ambiental de las distintas instalaciones, sin desviaciones significativas.

PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL

3

Para llevar a cabo un seguimiento continuo de la exposición de la población a las radiaciones ionizantes, el CSN tiene establecida una Red de Vigilancia Radiológica Ambiental nacional (Revira) que permite conocer la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio, es decir:

- Conocer la concentración, distribución y evolución de los radioisótopos presentes en el medio ambiente y de los niveles de radiación ambiental.

- Disponer de un banco de datos medioambientales que permita establecer un rango de niveles característico del fondo radiactivo en cada región y obtener en cualquier momento niveles de referencia.

- Disponer de datos empíricos a través de los cuales estimar el impacto radiológico potencial al que pueda estar sometida la población.

La red Revira está constituida por dos tipos de redes:

- La Red de Estaciones de Muestreo (REM) que incluye:

  - El programa de vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre.

  - El programa de vigilancia del medio acuático (aguas continentales y costeras).

- La Red de Estaciones Automáticas (REA).

En los apartados siguientes se define el alcance de los distintos programas y se presentan, de modo resumido, los resultados obtenidos.

1. Red de Estaciones de Muestreo (REM)

Para la ejecución de estos programas, el CSN ha establecido acuerdos de colaboración con diferentes universidades e instituciones. La vigilancia llevada a cabo tiene en cuenta los acuerdos alcanzados por los países miembros de la Unión Europea y la recomendación de la Comisión de 8 de junio de 2000 sobre el alcance mínimo de los programas de vigilancia para cumplir con el artículo 36 del Tratado Euratom. En dicha recomendación se considera el desarrollo de dos redes de vigilancia:

- Una red densa, con numerosos puntos de muestreo, de modo que quede adecuadamente vigilado todo el territorio de los Estados miembros. Esta red se corresponde con la implantada en España desde 1993, y en el caso de las aguas continentales, con anterioridad, y se dispone de datos desde 1984. En el año 2000 fue modificada: se eliminó la muestra de agua de lluvia y se incluyeron las de leche y agua potable; y en el año 2008 se amplió con la recogida y análisis de muestras de dieta tipo.

- Una red espaciada o red de alta sensibilidad, constituida por muy pocos puntos de muestreo, donde se requieren unas técnicas de medida de gran sensibilidad, de modo que se detecten los valores existentes para confirmar los resultados de la vigilancia de la red densa que en muchas ocasiones son inferiores a los niveles de detección, y para poder seguir la evolución de las concentraciones de actividad a lo largo del tiempo. Esta red también fue ampliada durante el año 2008 con una nueva estación de muestreo y un nuevo análisis en muestras de dieta tipo, como se describe posteriormente.

1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre

Se inició en el año 1992 con la participación de 14 laboratorios pertenecientes a nueve comunidades autónomas. En diciembre de 1996 se firmaron nuevos acuerdos con otros cuatro laboratorios que comenzaron a suministrar datos a partir del año 1998. En el año 2000 se incluyeron otros dos laboratorios para completar la red de alta sensibilidad, que de nuevo fue ampliada desde el segundo semestre de 2008 con la incorporación de la estación de Cáceres para todos los tipos de muestras y la inclusión del análisis de carbono-14 en las muestras de dieta tipo.

En la tabla 3.1 se incluye una relación de los laboratorios que colaboran con el CSN, el código de identificación (CI) utilizado en las figuras de este documento y la fecha de suscripción de los correspondientes acuerdos específicos.

1.1.1. Estaciones de muestreo

En la figura 3.1 se sitúan las estaciones de muestreo correspondientes a aire, suelo, agua potable, dieta tipo y leche de la red densa que, como puede observarse, dan una cobertura relativamente uniforme a todo el territorio nacional, excepto en el caso de la leche, que se toma únicamente donde la producción es mayor. También se representan en esta misma figura las seis estaciones de muestreo de aire, agua potable, leche y dieta tipo que, desde el segundo semestre de 2008, integran la red de alta sensibilidad.

1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

En su diseño inicial se siguieron los requisitos establecidos en el artículo 35 del Tratado Euratom. Los puntos

Tabla 3.1. Relación de laboratorios colaboradores en la REM

Comunidad autónoma	Laboratorio	CI	Fecha acuerdo
Extremadura	Universidad de Extremadura (Badajoz). Cátedra de Física Atómica, Molecular y Nuclear	UBD	Julio 1992
	Universidad de Extremadura (Cáceres). Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física de la Facultad de Veterinaria	UCC	Junio 1991
Baleares	Universidad de las Islas Baleares. Departamento de Física (Física Atómica, Molecular y Nuclear) y Departamento de Química. Facultad de Ciencias	UBL	Agosto 1991
Cantabria	Universidad de Cantabria. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina	UCN	Junio 1991
Andalucía	Universidad de Granada. Laboratorio de Radioquímica y Radiología Ambiental. Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias	UGR	Julio 1992
	Universidad de Málaga. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias	UML	Junio 1991
	Universidad de Sevilla. Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Facultad de Físicas	USE	Julio 1991
Castilla y León	Universidad de León. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física, Química y Expresión Gráfica. Facultad de Biológicas	ULE	Diciembre 1991
	Universidad de Salamanca. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Nuclear. Facultad de Física	USA	Diciembre 1991
Canarias	Universidad de La Laguna (Tenerife). Departamento de Medicina Física y Farmacología. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina	ULL	Mayo 1991
Madrid	Universidad Politécnica. Laboratorio de Ingeniería Nuclear. Departamento de Hidráulica y Energética. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	UMD	Diciembre 1991
	Ciemat. Laboratorio de Radiactividad Ambiental	CIE	Septiembre 2000
País Vasco	Universidad del País Vasco (Bilbao). Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	UPV	Diciembre 1991
Valencia	Universidad de Valencia. Edificio de Investigación. Laboratorio de Radiactividad Ambiental	UVC	Junio 1991
	Universidad Politécnica de Valencia. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Servicio de Radiaciones. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear	UVP	Diciembre 1991
Castilla-La Mancha	Universidad de Castilla-La Mancha (Ciudad Real). Centro de Instrumentación Científica, Análisis y Tecnología	UCM	Diciembre 1996
Galicia	Universidad de La Coruña (Ferrol). Departamento de Química Analítica. Escuela Universitaria Politécnica	UCF	Diciembre 1996
Asturias	Universidad de Asturias (Oviedo). Laboratorio de Energía Nuclear. ETS Ingenieros de Minas	UOV	Diciembre 1996
Aragón	Universidad de Zaragoza. Departamento de Física Teórica. Facultad de Ciencias	UZA	Diciembre 1996
Cataluña	Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona). Instituto de Técnicas Energéticas	UPC	Marzo 2000

de muestreo seleccionados se encuentran generalmente en el campus universitario o en las inmediaciones del laboratorio, si bien, en el caso del suelo y de la leche, las muestras se toman ocasionalmente en zonas más alejadas, en puntos representativos de la deposición en el terreno o de la producción lechera de la zona, respectivamente. La muestra de dieta tipo se recoge en los comedores de las universidades o en instituciones encargadas del programa y consiste en la dieta completa ingerida por una persona durante cinco días seguidos.

La red de alta sensibilidad se fue implantando a lo largo del año 2000 con la compra de los equipos y la puesta a punto de las técnicas de muestreo y analíticas necesarias. Empezaron a obtenerse los primeros resultados a lo largo de dicho año, y ya estaba completamente operativa en el año 2001.

En la tabla 3.2 se incluye un resumen de los programas de vigilancia de las redes densa y espaciada en el año 2013. La frecuencia de muestreo y análisis de las muestras depende del medio a que pertenecen, la vigilancia de la calidad del aire, como vehículo de transporte rápido de posibles contaminantes, es a la que mayor esfuerzo dedica el programa.

La recogida de las muestras es responsabilidad de los laboratorios, que disponen de los equipos necesarios para su realización. Tanto el proceso de recogida de muestras como el de realización de análisis se lleva a cabo de acuerdo con procedimientos escritos que siguen las di-

Figura 3.1. Red de Estaciones de Muestreo (REM): redes densa y espaciada, atmósfera y medio terrestre



Tabla 3.2. Programa de muestreo y análisis de la atmósfera y del medio terrestre

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Red densa		Red espaciada o de alta sensibilidad	
		Tipo de análisis	Frecuencia de análisis	Tipo de análisis	Frecuencia de análisis
Aerosoles	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Semanal Semanal Mensual Trimestral	Cs-137 (espectrometría gamma) Be-7 (espectrometría gamma)	Semanal Semanal
Radioyodos	Muestreo continuo Cambio semanal del cartucho de carbón activo	I-131	Semanal		
Suelo (depósito total)	Anual	Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Anual Anual Anual		
Agua potable	Mensual	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Mensual Mensual Trimestral	Alfa total Beta total Beta resto H-3 Sr-90 Cs-137 Isótopos naturales	Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Bienal
Leche	Mensual	Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Mensual	Sr-90 Cs-137 (espectrometría gamma)	Mensual Mensual
Dieta tipo	Trimestral	Espectrometría gamma Sr-90	Trimestral Trimestral	Sr-90 Cs-137 (espectrometría gamma) C-14	Trimestral Trimestral Trimestral

rectrices de las normas UNE y de los procedimientos publicados por el CSN.

En el caso de las medidas de espectrometría gamma los isótopos sobre los que, como mínimo, se debe suministrar información son:

- Isótopos naturales: ^{7}Be, ^{40}K, ^{208}Tl, ^{212}Pb, ^{214}Bi y ^{214}Pb.
- Isótopos artificiales: ^{51}Cr, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{95}Nb, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{140}Ba, ^{140}La y ^{144}Ce.

El laboratorio también debe proporcionar información de otros isótopos diferentes a los indicados, en el caso de detectar valores superiores al LID.

Los resultados de la red de alta sensibilidad, y en el caso de la red densa siempre que se obtenga un resultado anómalo, se envían al CSN de forma inmediata, a medida que van estando disponibles. Además, en ambas redes los datos del programa de vigilancia son remitidos al CSN con periodicidad semestral, en un informe que incluye, además de los resultados analíticos (concentración de actividad, incertidumbre asociada a la medida y valor numérico del límite inferior de detección), información sobre el grado de cumplimiento del programa en el periodo considerado, causas que han motivado las desviaciones producidas (si las hubiera) en relación con el programa previsto y acciones correctoras que se han tomado. También incluye información complementaria sobre las fechas de muestreo y análisis, tiempo de recuento de la muestra, cantidad de muestra

utilizada para la realización de la medida y rendimientos químicos, en aquellas determinaciones analíticas que necesiten una preparación química de la muestra antes de efectuar la medida de actividad. Adicionalmente, los resultados son facilitados en soporte informático, para su carga automática en la base de datos del CSN sobre vigilancia radiológica ambiental.

El CSN evalúa los resultados de estos programas, prestando especial atención a su calidad; en este contexto y con la colaboración técnica del Ciemat, lleva a cabo campañas anuales de intercomparación analítica en las que se requiere la participación de todos los laboratorios. Además, promueve activamente la implantación, en los laboratorios de medida de la radiactividad ambiental, de esquemas de evaluación de la conformidad, conforme a la norma ISO/IEC 17025. De esta manera, un número cada vez más elevado de laboratorios nacionales han obtenido o están en vías de obtener la acreditación de ENAC, que representa un reconocimiento formal de su competencia técnica y una manera segura de identificar aquellos laboratorios de medida que ofrecen la máxima fiabilidad en sus determinaciones analíticas.

El CSN proporciona anualmente información al Congreso de los Diputados y al Senado sobre los valores medios obtenidos en este programa y, asimismo, remite los datos de esta vigilancia a la UE en cumplimiento del artículo 36 del Tratado Euratom.

1.1.3. Resultados

Los resultados del programa de la red densa se presentan gráficamente de acuerdo con los criterios generales indicados para el PVRA de las instalaciones en operación, es decir:

- Valores medios históricos, considerando un periodo de 10 años (2004-2013), la numeración de estas figuras se identifica con la letra "a".

- Valores medios para la campaña del año 2013, se representan en figuras con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra "b". Se incluye información sobre el número de análisis realizados, número de resultados que han sido superiores e inferiores al LID correspondiente, y rango de valores de concentración de actividad obtenidos en la campaña.

Para los análisis que se realizan específicamente en el programa de la red de alta sensibilidad, en las gráficas correspondientes al año 2013 (tipo "b"), se representan los valores puntuales obtenidos, de acuerdo con la frecuencia de muestreo y análisis que se aplica a cada tipo de muestra, es decir: semanal para aerosoles con muestreador de alto flujo, mensual para agua potable y leche, y trimestral para dieta tipo. En la información detallada se añade el valor medio de concentración de actividad obtenido en el periodo y el rango de valores de LID alcanzado por cada laboratorio.

Para el cálculo de los valores medios se consideran los valores de concentración de actividad superiores al LID, obtenidos en los índices de actividad alfa y beta y en los distintos radionucleidos de origen artificial. La ausencia de datos en las gráficas, teniendo en cuenta las fechas señaladas de incorporación al programa de cada laboratorio, indica que los valores obtenidos no han superado el LID para el periodo y laboratorio correspondientes. La valoración global de los resultados pone de manifiesto que los valores son coherentes con los niveles de fondo radiactivo y, en general, son relativamente estables a lo largo de los distintos periodos. En el año 2011, en relación con el accidente de la central nuclear de Fukushima, se demostró el buen funcionamiento de las redes de vigilancia en nuestro país y en ellas, como en el resto de los países de nuestro entorno, se pudo detectar en tiempo real el paso de la nube radiactiva por nuestro territorio en el periodo que abarcó desde el 23-24 de marzo hasta finales del mes de mayo, recuperándose los valores posteriormente hasta niveles por debajo de los límites de detección o característicos del fondo radiactivo.

En las gráficas en las que se representa la evolución temporal de los resultados, se puede comprobar la incidencia que tuvo este accidente en las concentraciones obtenidas en el año 2011, fundamentalmente en muestras de aire (partículas y radioyodos) y leche, que fue comentada en el informe *Programas de Vigilancia Radiológica ambiental, Resultados 2011,* de esta misma serie con los resultados de ese año. En el año 2013 los valores se mantienen relativamente esta-

bles en comparación con periodos anteriores a ese año y se observan ligeras variaciones entre los puntos que son atribuibles a las características radiológicas de las distintas zonas.

Aire

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos hay que indicar que los equipos de recogida de muestras de partículas de polvo en aire utilizados en la red densa operan con caudales de aspiración entre 1,8 y 3 m^3/hora; el análisis de espectrometría gamma se realiza con periodicidad mensual sobre el conjunto de filtros acumulados en cada estación de muestreo. Las muestras correspondientes a la red de alta sensibilidad se obtienen con equipos de alto flujo, con caudal de aspiración máximo de aproximadamente 900 m^3/hora; se analizan por espectrometría gamma los filtros cada semana y se realizan medidas largas, durante unas 72 horas.

Índice de actividad alfa total. Al tratarse de un índice, la proporción de medidas superiores al LID suele estar próxima al 100 % en casi todos los laboratorios. Los valores medios obtenidos en cada uno de ellos son bastante estables a lo largo de los años, aunque se observan variaciones entre los distintos puntos de muestreo, y estas mismas variaciones son las que se aprecian en los valores medios del año 2013 (figura 3.2).

Índice de actividad beta total. Al tratarse de un índice, la proporción de detección de valores superiores al LID está cercana al 100 % en todos los casos. Los valores obtenidos presentan, en general, escasas variaciones a lo largo de los años (figura 3.3).

Estroncio-90. La presencia de estroncio-90 en el aire es esporádica. Su aparición puede explicarse por la resuspensión del depositado en el suelo, procedente del poso radiactivo (figura 3.4).

Espectrometría gamma. Este análisis en las distintas muestras de aire recogidas fue el que permitió detectar la presencia de contaminación procedente del accidente de la central nuclear de Fukushima.

En el programa de la red densa y, como es habitual, durante la campaña del año 2013 no se ha detectado ningún isótopo de origen artificial con actividad superior al LID en los filtros de aerosoles ni en los cartuchos para la retención de radioyodos.

Las condiciones de muestreo y medida de la red de alta sensibilidad permiten disminuir notablemente los límites de detección; se ha detectado actividad de cesio-137 en todas las estaciones que disponen de equipos de alto flujo, excepto en Cáceres, aunque en todo caso en proporción y niveles de actividad muy bajos y coincidiendo sobre todo con los meses de verano. Además, como en la anterior campaña, en 2013 se ha detectado yodo-131 de forma esporádica en Bilbao, con valores muy bajos, próximos al LID, que no representan riesgo desde el punto de vista radiológico. La detección de berilio-7, isótopo de origen cosmogénico incluido en la Recomendación de la UE como control cualitativo del método utilizado, se produce en la totalidad de las muestras en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID; se representan los resultados semanales correspondientes a la red de alta sensibilidad (figuras 3.5 y 3.6).

Suelo (deposición acumulada)

Índice de actividad beta total. Este índice, para el que siempre se obtienen valores de actividad por encima del LID, permite estimar de forma rápida el contenido de radiactividad del suelo, cuyo origen podrá ser tanto natural como artificial, y decidir si es necesario realizar determinaciones específicas de emisores beta. Los valores en 2013 son similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto (figura 3.7).

Estroncio-90. El inventario de isótopos radiactivos artificiales de vida larga procedentes del poso radiactivo, como son estroncio-90 o cesio-137 presentes en el suelo, aún es considerable. En el año 2013 los niveles más altos de estroncio-90 se midieron en La Laguna (figura 3.8).

Espectrometría gamma (cesio-137). La concentración de cesio-137 en el suelo, procedente del poso radiactivo, resulta generalmente más elevada en los puntos en que se recogen las muestras de El Ferrol, Oviedo, Granada, Valencia y La Laguna, tendencia que se mantiene en los resultados del año 2013 solo en los puntos de Granada y Oviedo (figura 3.9).

Agua

Agua potable

Índice de actividad alfa total. Como en años anteriores, en el año 2013 se ha superado el límite establecido para el índice de actividad alfa total en el Real Decreto 140/2003 relativo a la calidad del agua de consumo humano (100 Bq/m^3) en 11 muestras de La Laguna (figura 3.10). En años anteriores se han realizado análisis adicionales sobre varias muestras de agua de este abastecimiento, para su caracterización radiológica y cálculo de la Dosis Indicativa Total (DIT), que ha resultado ser muy baja, muy inferior al valor de 0,1 mSv/año establecido en el Real Decreto 140/2003 y, por lo tanto, no ha sido necesario realizar investigaciones radiológicas adicionales.

Índice de actividad beta total. Al tratarse de un índice, la detección de actividad beta total en agua potable se sitúa en torno al 100 % en la mayoría de los puntos. Los valores de 2013 son similares en cada punto a los del año anterior; destacan con los valores más altos La Laguna, Barcelona y la Universidad de Valencia. En esta campaña ninguna muestra ha superado el límite establecido para el índice de actividad beta total en el Real Decreto 140/2003 relativo a la calidad del agua de consumo humano (1.000 Bq/m^3) (figura 3.11). Respecto a las diferencias que se vienen observando en los últimos años entre los resultados obtenidos en la Universidad Politécnica de Valencia y en la Universidad de Valencia, estos últimos más elevados, el laboratorio de radiactividad ambiental de esta universidad realizó, durante el primer trimestre del año 2012, un estudio del agua potable suministrada a la población de Valencia, a Burjassot y al Campus de Burjassot en el que se comprobó que estas últimas muestras tenían una mayor concentración de potasio y, consecuentemente, de actividad beta total, debido a las sales añadidas en la descalcificadora del Campus para reducir la dureza del agua.

Índice de actividad beta resto. Esta medida solo se determina en el programa de la red espaciada y proporciona los valores de actividad beta, una vez que a la concentración de actividad beta total se le sustrae el aporte correspondiente al potasio-40. Tanto los valores de concentración de actividad como el porcentaje de medidas detectadas son inferiores a los observados para la medida de beta total (figura 3.12).

Estroncio-90. En el caso del estroncio-90 hay variabilidad tanto en las proporciones de detección como en los niveles de actividad. La localidad de Málaga presenta los valores más altos en esta campaña (figura 3.13).

Tritio. Este radionucleido se mide en las muestras correspondientes a la red de alta sensibilidad y, en el año 2013, como en años anteriores, todos los valores de actividad detectados por encima del límite de detección son muy inferiores al límite establecido para el tritio en el Real Decreto 140/2003 relativo a la calidad del agua de consumo humano (100.000 Bq/m^3) (figura 3.14).

Espectrometría gamma (cesio-137). Habitualmente en el programa desarrollado para la red densa no se detecta actividad de isótopos artificiales en ninguna de las muestras analizadas. Los laboratorios participantes en la red de alta sensibilidad utilizan procedimientos de separación radioquímica del cesio, partiendo del análisis de volúmenes de hasta 1.000 litros de agua y tiempos de contaje de hasta 214 horas; estas técnicas analíticas han permitido disminuir los límites de detección hasta valores muy bajos, netamente inferiores a los registrados en otros países, a pesar de lo cual la proporción de detección es bastante baja. En el año 2013 se ha detectado en una única muestra del laboratorio de Sevilla (figura 3.15).

Leche

Los seis laboratorios donde se analizan muestras de leche recogen las muestras en las zonas de mayor producción lechera del país.

Estroncio-90. La detección de estroncio-90, cuya presencia se atribuye al poso radiactivo, se produce en prácticamente la totalidad de las muestras.

Los valores de concentración de actividad se mantienen bastante homogéneos en cada uno de los puntos y se observa una ligera tendencia decreciente en varios de ellos. El Ferrol sigue presentando valores algo más altos, que fueron confirmados con el análisis cruzado de muestras entre laboratorios (figura 3.16).

Espectrometría gamma (cesio-137). La presencia de este isótopo se asocia también con el aporte debido al poso radiactivo y la proporción de muestras que presentan valores de concentración de actividad superiores al LID varía notablemente entre los distintos laboratorios. En algunos casos reflejan diferencias en los procedimientos analíticos utilizados y en los límites de detección alcanzados. Al igual que en campañas anteriores, hasta ahora no se han detectado valores por encima del LID en las muestras de Oviedo y Sevilla, y los valores más altos de cesio-137 se dan en El Ferrol (figura 3.17).

Dieta tipo

Estroncio-90. Se detecta actividad de estroncio-90 con valores muy bajos en muchas de las muestras de dieta tipo analizadas (figura 3.18), que desde la campaña de 2008 se realizan también para el programa de la red densa.

Espectrometría gamma (cesio-137). Este análisis también se ha incorporado en el programa de la red densa desde 2008. Se ha detectado actividad de cesio-137 en todos los laboratorios participantes en la red espaciada, excepto Bilbao, y en varios de los de la red densa (figura 3.19).

Carbono-14. En 2008 se incluyó por primera vez el análisis de carbono-14 en muestras de dieta tipo en el programa de los laboratorios de la red de alta sensibilidad (figura 3.20). Para su determinación se utilizan metodologías de espectrometría de masas y medida con acelerador o bien otras técnicas de centelleo líquido; se han alcanzado niveles de detección mucho más bajos con la primera de estas técnicas. Los valores de carbono-14 en el año 2013 son similares a los de las campañas anteriores.

Figura 3.2a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

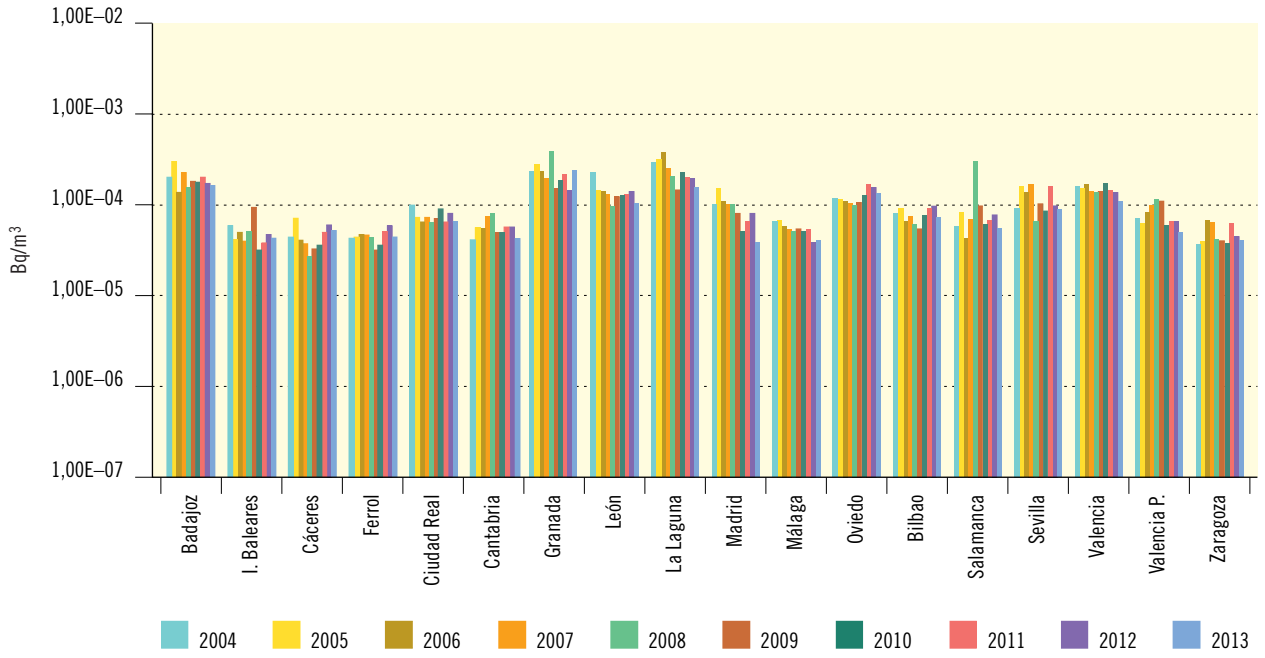
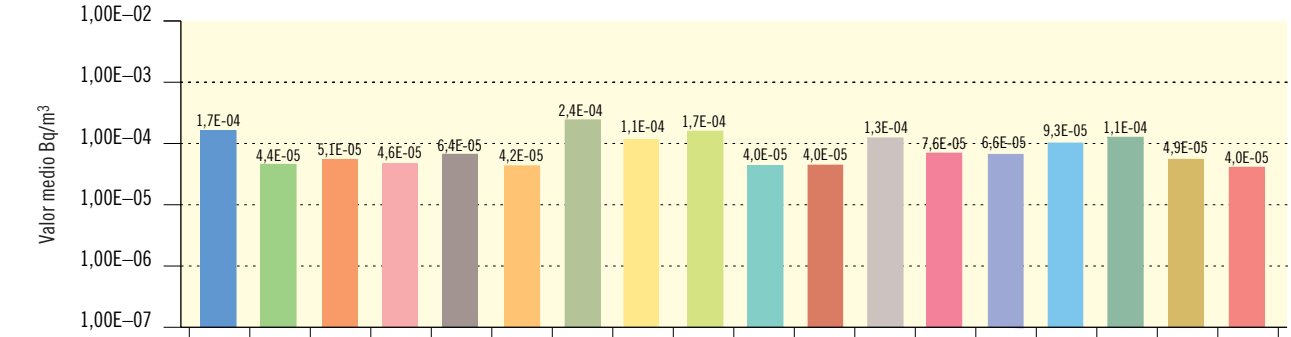


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo	4,55E-04	1,08E-04	2,10E-04	9,54E-05	3,33E-04	1,20E-04	8,19E-04	3,77E-04	4,73E-04	8,21E-05	1,21E-04	5,13E-04	2,31E-04	2,25E-04	2,61E-04	2,84E-04	1,21E-04	1,52E-04
Valor mínimo	1,54E-05	1,77E-05	8,50E-06	2,42E-05	1,01E-05	1,32E-05	2,26E-05	2,41E-05	2,23E-05	1,66E-05	1,18E-05	3,60E-05	1,51E-05	8,75E-06	1,14E-05	2,60E-05	1,02E-05	7,88E-06
Nº total de análisis	52	52	53	52	52	53	52	47	52	52	52	52	53	52	52	52	51	51
Nº de análisis >LID	52	51	53	23	51	52	52	47	52	20	52	52	52	52	52	52	51	51
Nº de análisis <LID	0	1	0	29	1	1	0	0	0	32	0	0	1	0	0	0	0	0

Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

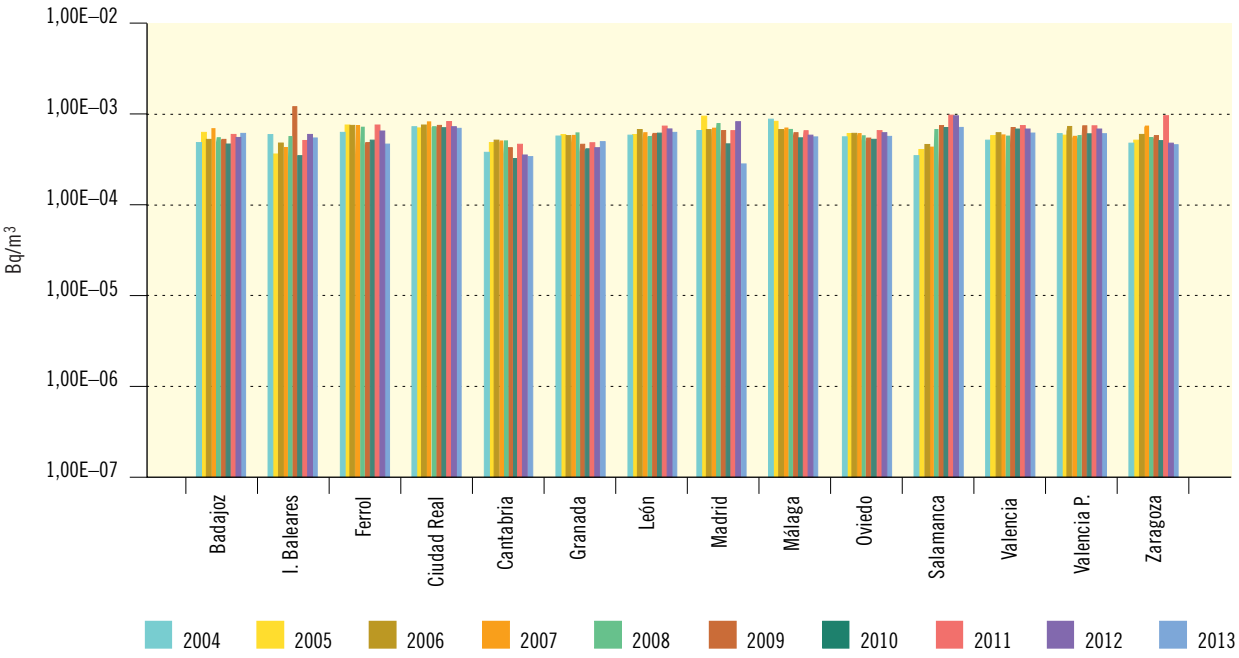
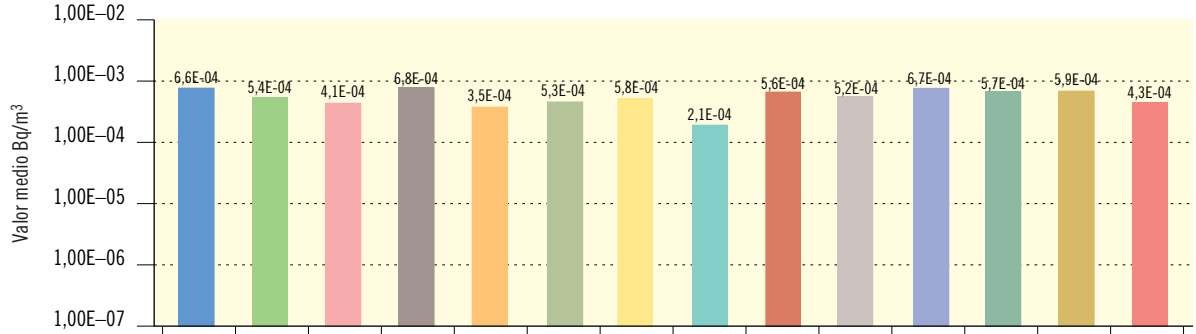


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	UBD	UBL	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	UMD	UML	UOV	USA	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	Madrid	Málaga	Oviedo	Salamanca	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo	1,73E-03	1,40E-03	1,28E-03	1,43E-03	9,30E-04	1,20E-03	1,39E-03	4,75E-04	1,37E-03	1,43E-03	1,65E-03	1,50E-03	1,53E-03	1,15E-03
Valor mínimo	1,29E-04	1,07E-04	1,38E-04	1,23E-04	1,14E-04	7,53E-05	1,26E-04	2,93E-05	2,38E-05	1,52E-04	1,20E-04	4,15E-05	1,62E-04	1,13E-04
Nº total de análisis	52	52	52	52	53	52	47	52	52	52	52	52	51	52
Nº de análisis >LID	52	52	52	52	53	52	47	45	52	52	52	52	51	52
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0

Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

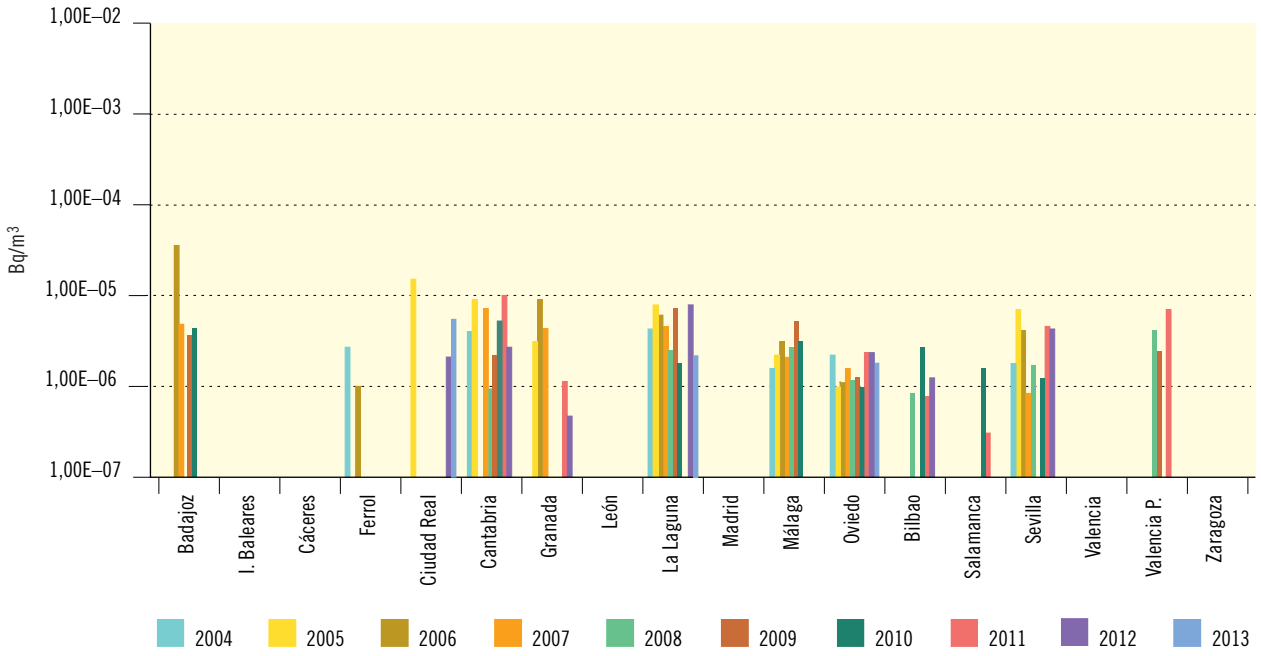
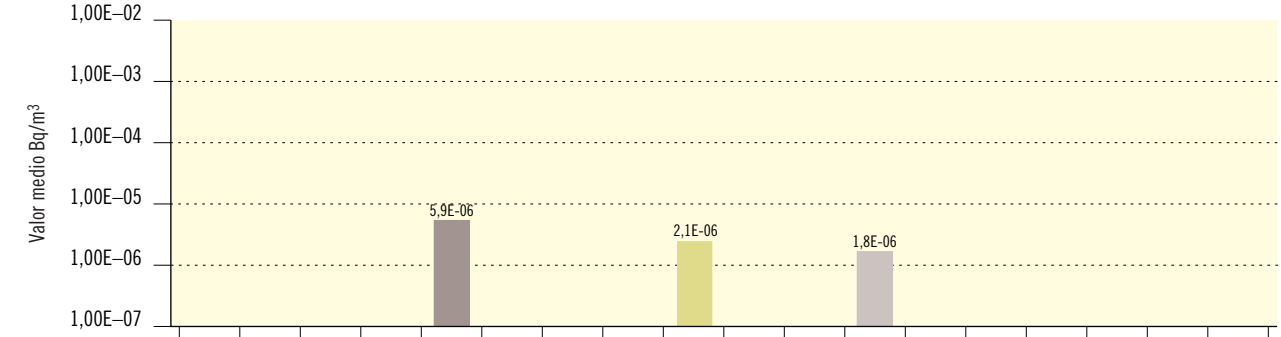


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

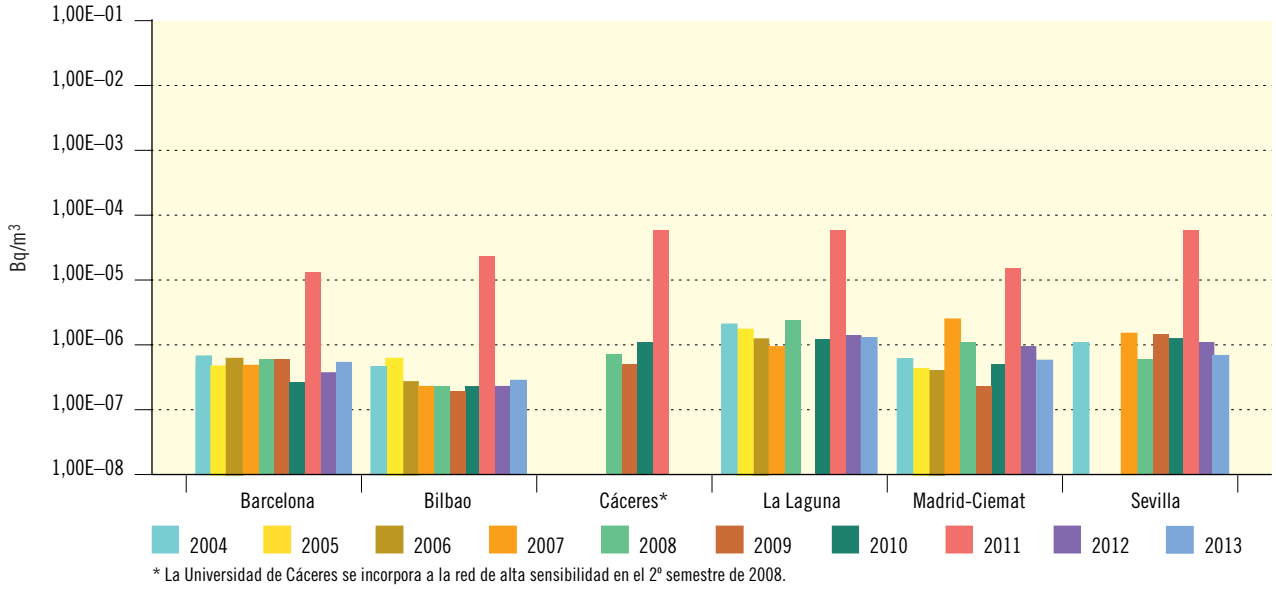
Valores de la campaña de 2013



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo					7,90E-06				2,71E-06			2,49E-06						
Valor mínimo					3,96E-06				1,81E-06			7,89E-07						
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis <LID	4	4	4	4	2	4	5	4	1	4	4	1	4	4	4	4	4	4

Figura 3.5a. Red de alta sensibilidad. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

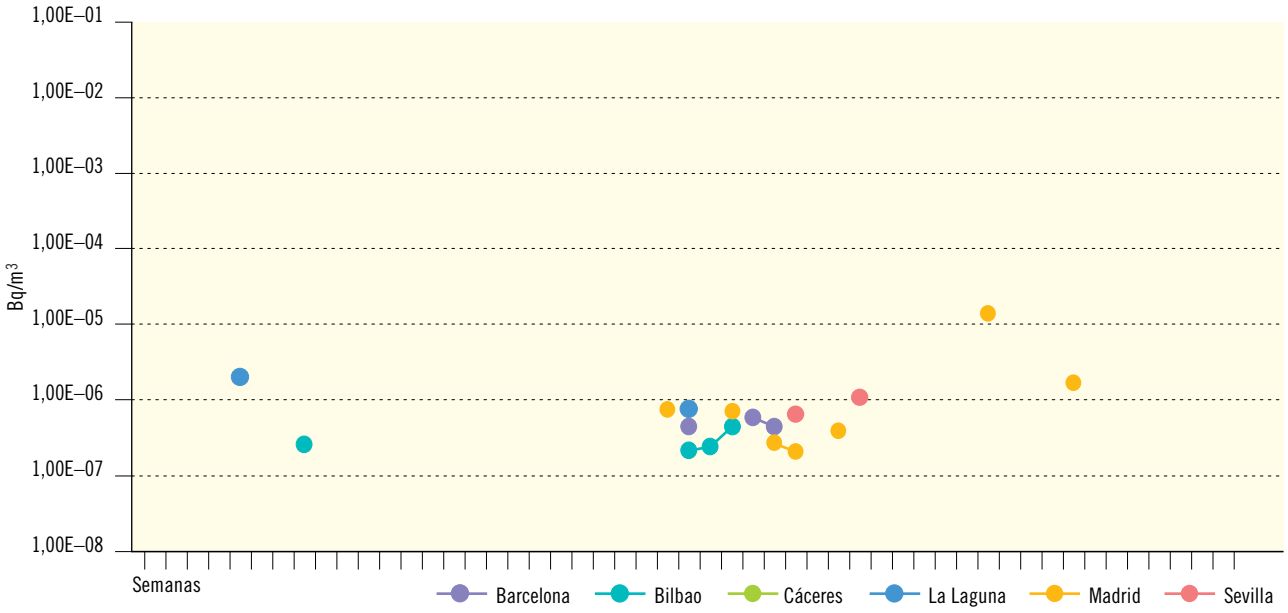
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



* La Universidad de Cáceres se incorpora a la red de alta sensibilidad en el 2º semestre de 2008.

Figura 3.5b. Red de alta sensibilidad. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

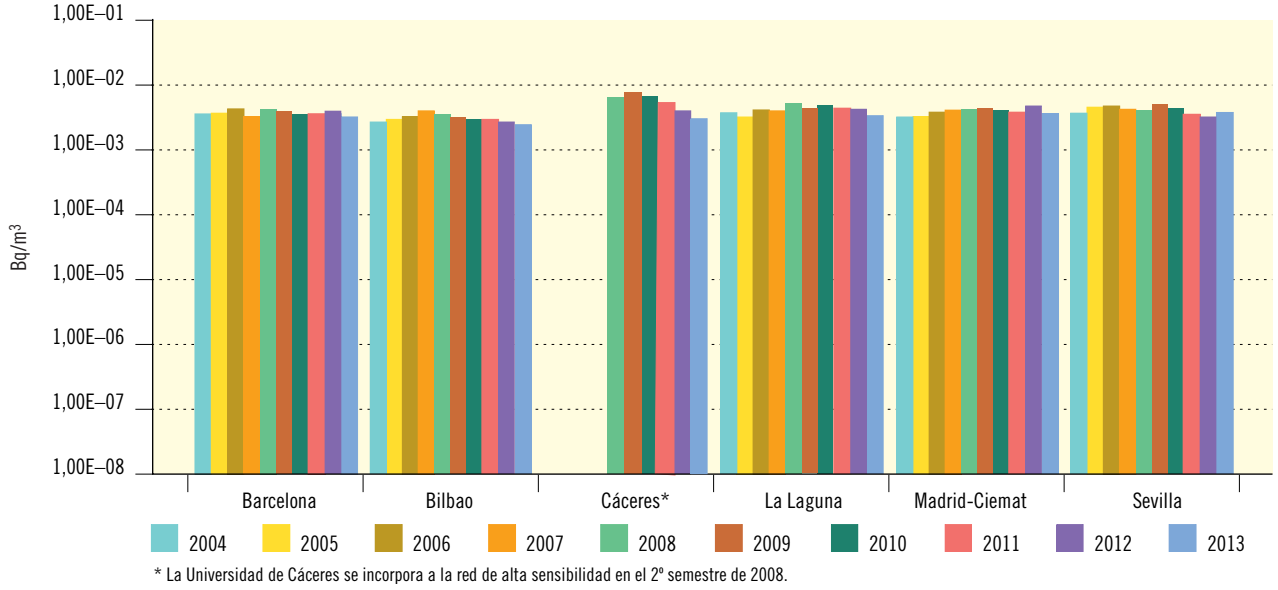
Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	4,73E-07	2,83E-07		1,48E-06	5,67E-07	8,55E-07
Valor máximo	5,71E-07	4,72E-07		2,11E-06	1,36E-06	1,07E-06
Valor mínimo	4,00E-07	2,06E-07		8,42E-07	1,66E-07	6,43E-07
LID máximo	5,74E-07	2,29E-07	1,75E-06	1,69E-06	6,36E-07	1,95E-06
LID mínimo	2,19E-07	8,48E-08	2,00E-07	2,94E-07	8,45E-08	5,22E-07
Nº total de análisis	52	52	53	52	52	52
Nº de análisis >LID	3	4	0	2	7	2
Nº de análisis <LID	49	48	53	50	45	50

Figura 3.6a. Red de alta sensibilidad. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

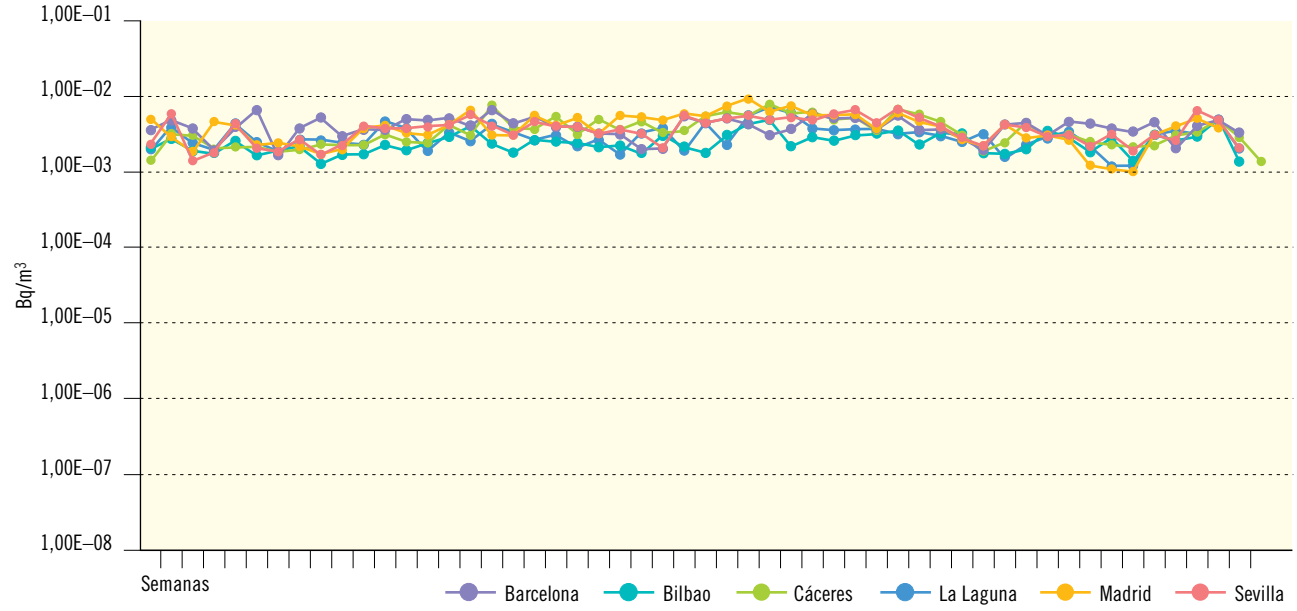
Evolución temporal de la concentración de actividad de Be-7



* La Universidad de Cáceres se incorpora a la red de alta sensibilidad en el 2º semestre de 2008.

Figura 3.6b. Red de alta sensibilidad. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,17E-03	2,68E-03	3,69E-03	4,06E-03	4,11E-03	3,92E-03
Valor máximo	6,01E-03	4,76E-03	7,03E-03	5,84E-03	9,84E-03	7,74E-03
Valor mínimo	1,24E-03	1,45E-03	1,44E-03	1,86E-03	1,05E-03	1,56E-03
LID máximo	1,40E-05	3,50E-06	2,66E-05	1,82E-05	6,77E-06	2,72E-05
LID mínimo	3,96E-06	1,46E-06	2,50E-06	3,41E-06	1,49E-06	8,88E-06
Nº total de análisis	52	52	53	52	52	52
Nº de análisis >LID	52	52	53	52	52	52
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Suelo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

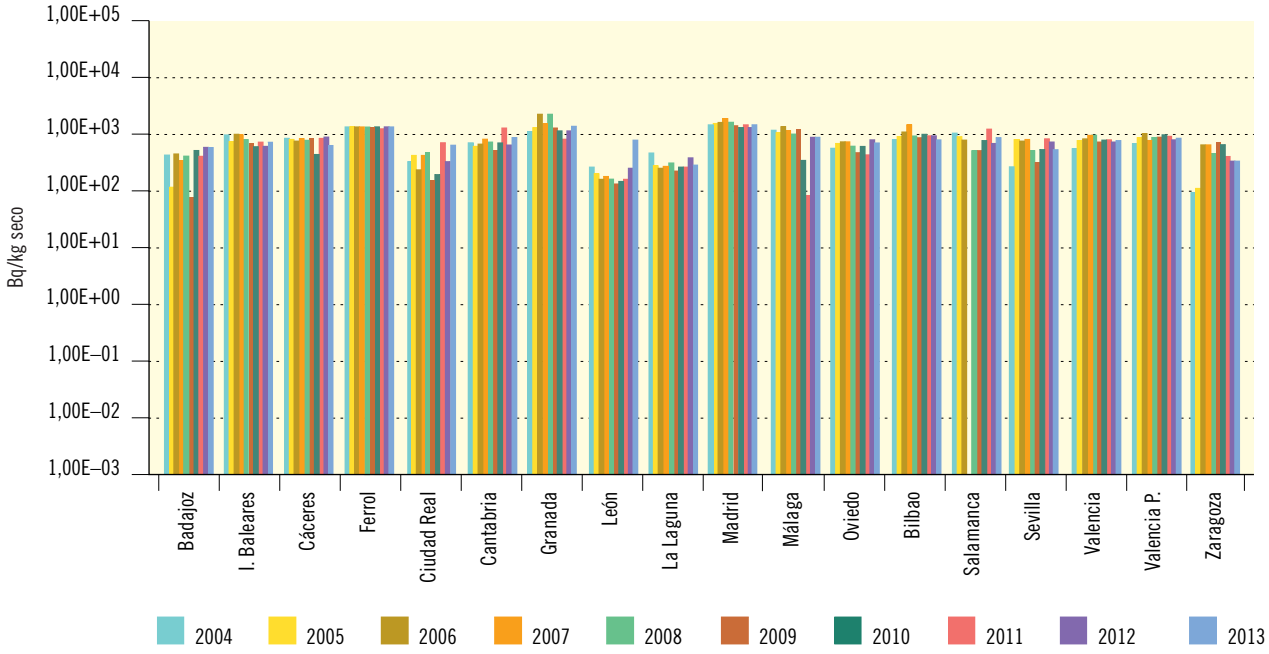
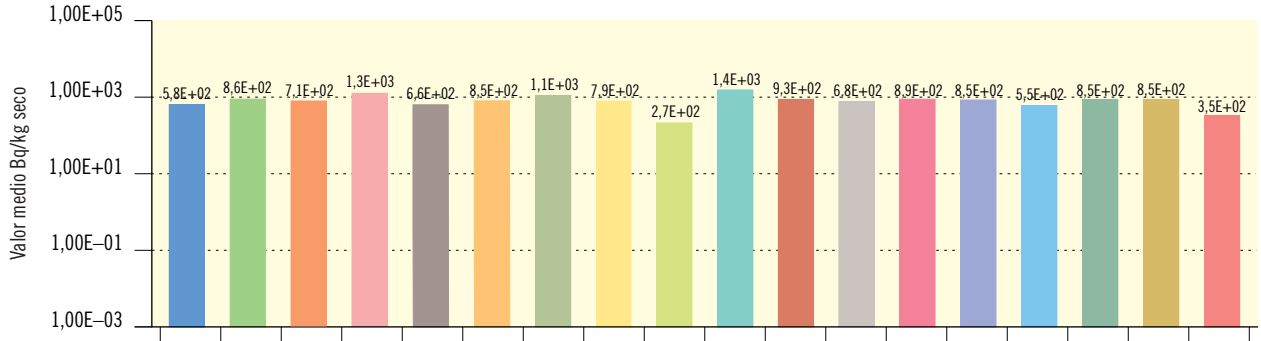


Figura 3.7b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	5,79E+02	8,64E+02	7,05E+02	1,34E+02	6,59E+02	8,51E+02	1,14E+03	7,91E+02	2,69E+02	1,42E+03	9,29E+02	6,80E+02	8,92E+02	8,46E+02	5,52E+02	8,50E+02	8,48E+02	3,48E+02
Valor mínimo	5,79E+02	8,64E+02	7,05E+02	1,34E+02	6,59E+02	8,51E+02	1,14E+03	7,91E+02	2,69E+02	1,42E+03	9,29E+02	6,80E+02	8,92E+02	8,46E+02	5,52E+02	8,50E+02	8,48E+02	3,48E+02
Nº total de análisis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº de análisis >LID	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.8a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

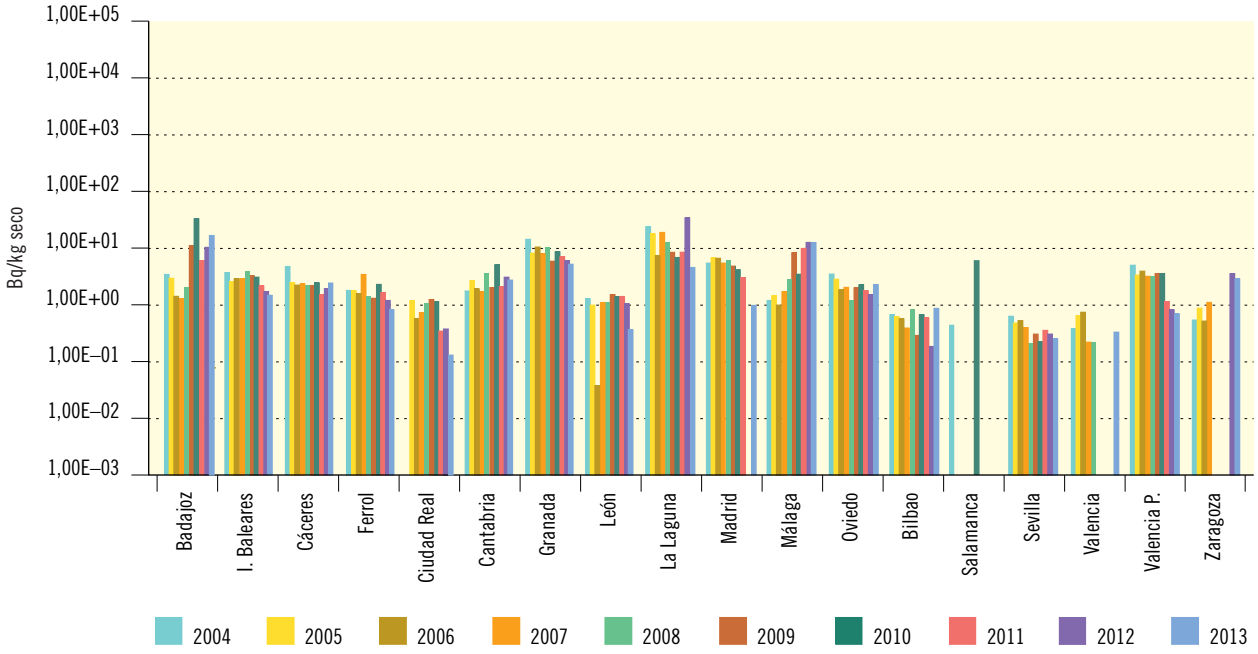
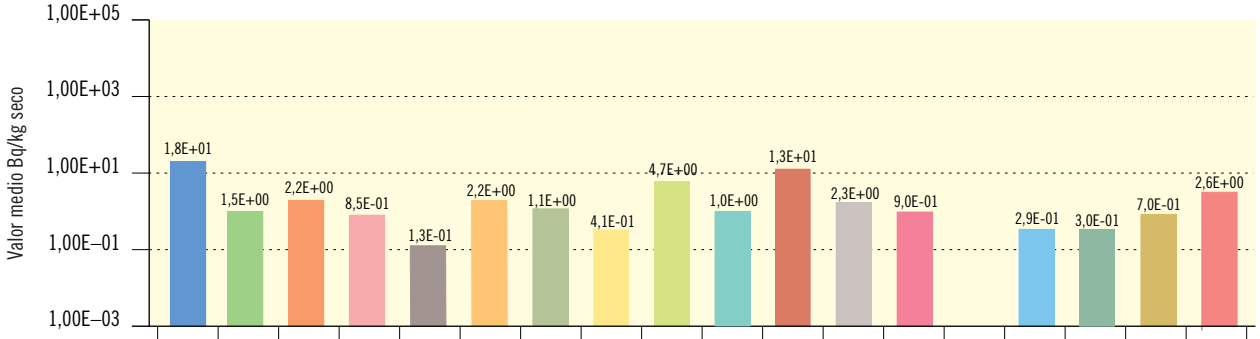


Figura 3.8b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo	1,83E+01	1,52E+00	2,23E+00	8,53E-01	1,27E-01	2,18E+00	1,09E+00	4,12E-01	4,71E+00	1,00E+00	1,32E+01	2,32E+00	8,95E-01		2,85E-01	3,00E-01	6,95E-01	2,64E+00
Valor mínimo	1,83E+01	1,52E+00	2,23E+00	8,53E-01	1,27E-01	2,18E+00	1,09E+00	4,12E-01	4,71E+00	1,00E+00	1,32E+01	2,32E+00	8,95E-01		2,85E-01	3,00E-01	6,95E-01	2,64E+00
Nº total de análisis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº de análisis >LID	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Figura 3.9a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

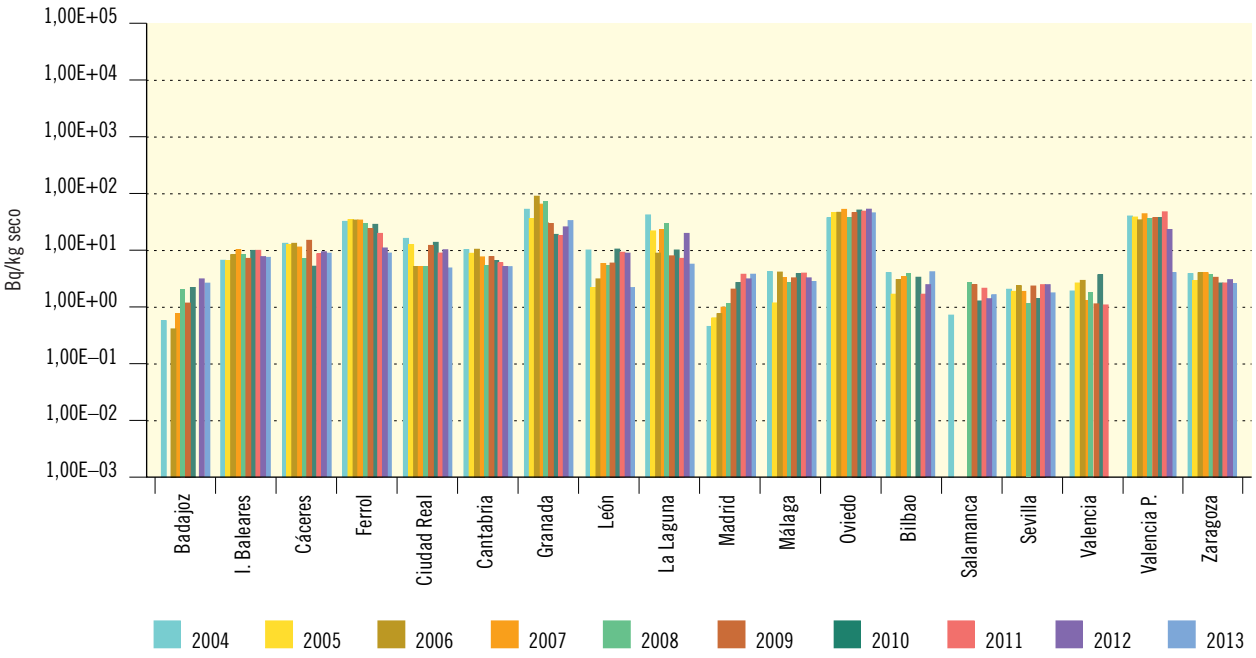
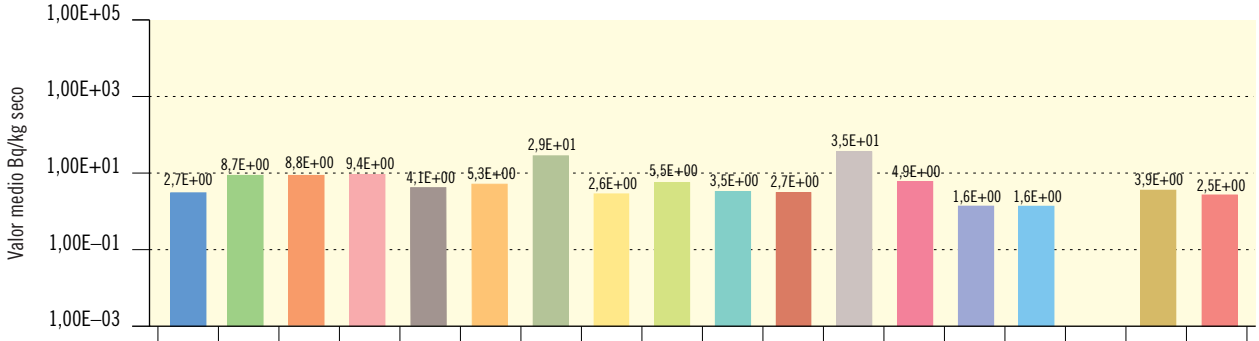


Figura 3.9b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

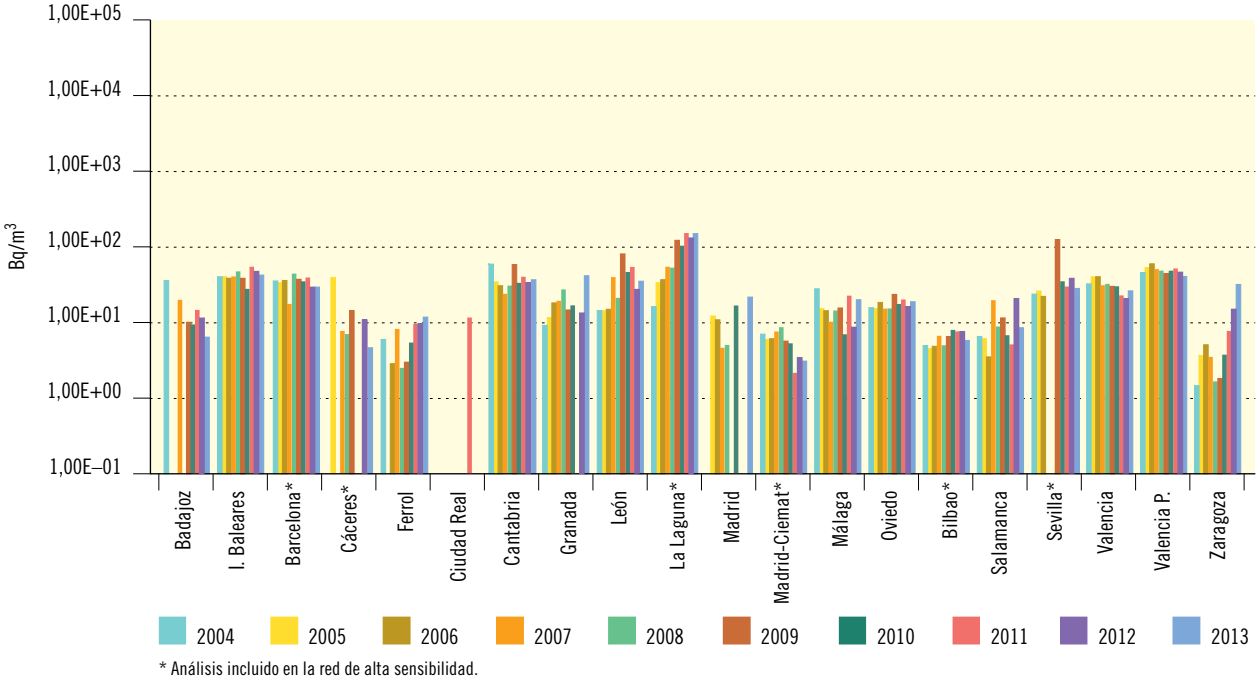
Valores de la campaña de 2013



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	2,67+00	8,68E+00	8,80E+00	9,37E+00	4,10E+00	5,30E+00	2,90E+01	2,59E+00	5,45E+00	3,52E+00	2,71E+00	3,51E+01	4,91E+00	1,62E+00	1,55E+00		3,87E+00	2,49E+00
Valor mínimo	2,67+00	8,68E+00	8,80E+00	9,37E+00	4,10E+00	5,30E+00	2,90E+01	2,59E+00	5,45E+00	3,52E+00	2,71E+00	3,51E+01	4,91E+00	1,62E+00	1,55E+00		3,87E+00	2,49E+00
Nº total de análisis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº de análisis >LID	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Figura 3.10a. Agua potable

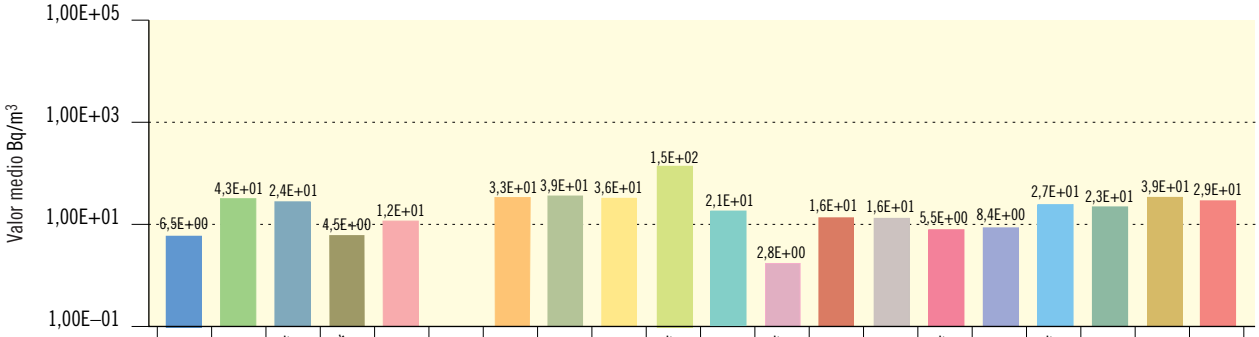
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.10b. Agua potable. Concentración del índice de actividad de alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013

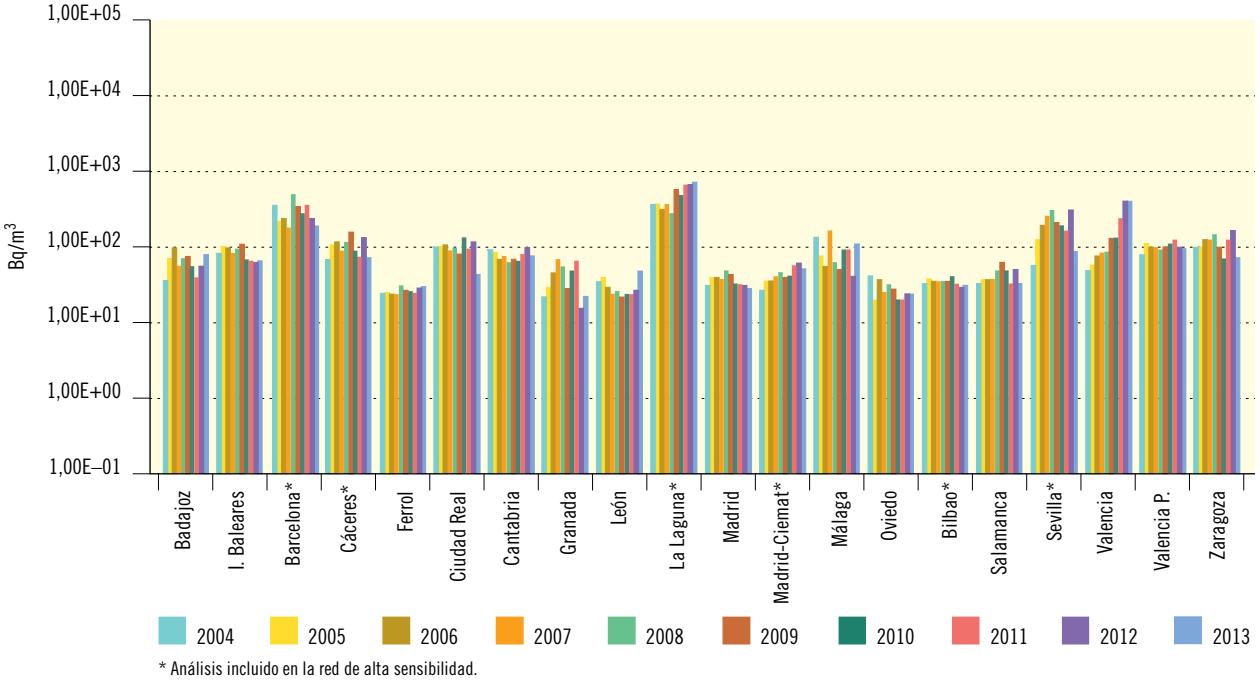


Laboratorios	UBD	UBL	UPC*	UCC*	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL*	UMD	CIE*	UML	UOV	UPV*	USA	USE*	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres*	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo	6,5E+00	6,7E+01	5,3E+01	4,5E+00	1,2E+01		6,6E+01	8,5E+01	6,2E+01	1,9E+02	2,1E+01	3,8E+00	5,3E+01	2,0E+01	1,3E+01	1,6E+01	3,2E+01	3,6E+01	5,3E+01	5,8E+01
Valor mínimo	6,5E+00	2,2E+01	1,1E+01	4,5E+00	1,2E+01		1,5E+01	1,2E+01	1,0E+01	8,9E+01	2,1E+01	2,0E+00	4,6E+00	1,2E+01	3,3E+00	3,6E+00	2,2E+01	1,2E+01	2,3E+01	1,5E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	1	12	12	1	1	0	12	3	6	12	1	4	12	9	9	7	2	12	12	12
Nº de análisis <LID	11	0	0	11	11	12	0	9	6	0	11	8	0	3	3	5	10	0	0	0

* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.11a. Agua potable

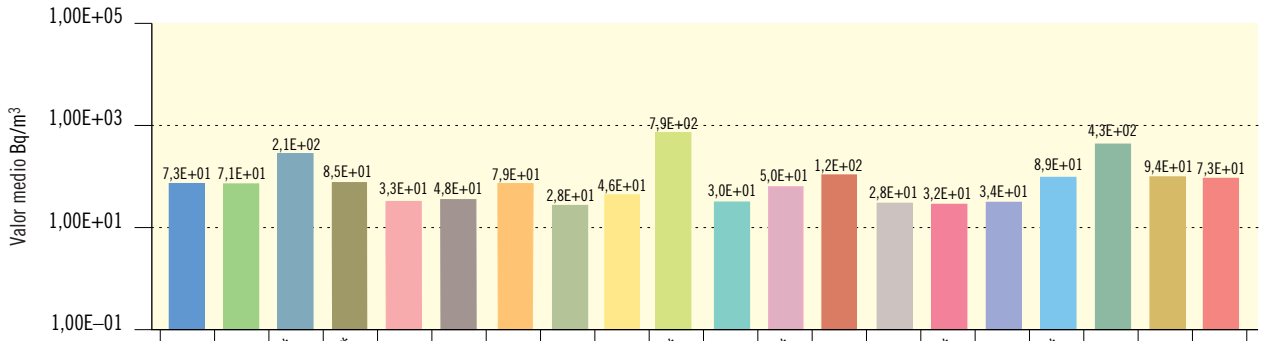
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.11b. Agua potable. Concentración del índice de actividad de beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013

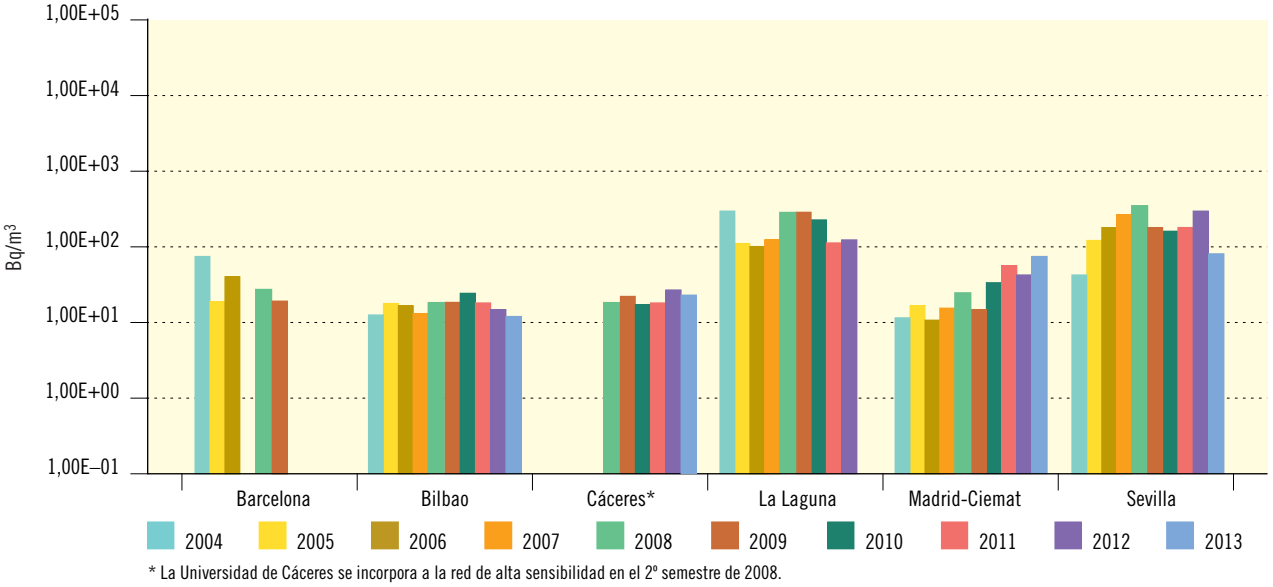


Laboratorios	UBD	UBL	UPC*	UCC*	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL*	UMD	CIE*	UML	UOV	UPV*	USA	USE*	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	9,63E+01	1,24E+02	5,20E+02	1,33E+02	4,03E+01	6,22E+01	1,71E+02	3,85E+01	1,97E+02	9,07E+02	5,34E+01	2,43E+02	3,51E+02	6,87E+01	3,79E+01	5,31E+01	1,40E+02	5,50E+02	1,18E+02	1,25E+02
Valor mínimo	5,04E+01	3,42E+01	9,10E+01	6,50E+01	2,87E+01	2,72E+01	4,84E+01	2,12E+01	1,42E+01	6,27E+02	1,10E+01	1,94E+01	4,69E+01	1,13E+01	2,78E+01	2,32E+01	5,65E+01	2,10E+02	5,82E+01	4,07E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	12	12	12	12	12	3	6	3	12	12	12	12	8	12	12	12	10	12	11	12
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	9	6	9	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	1	0

* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.12a. Red de alta sensibilidad. Agua potable

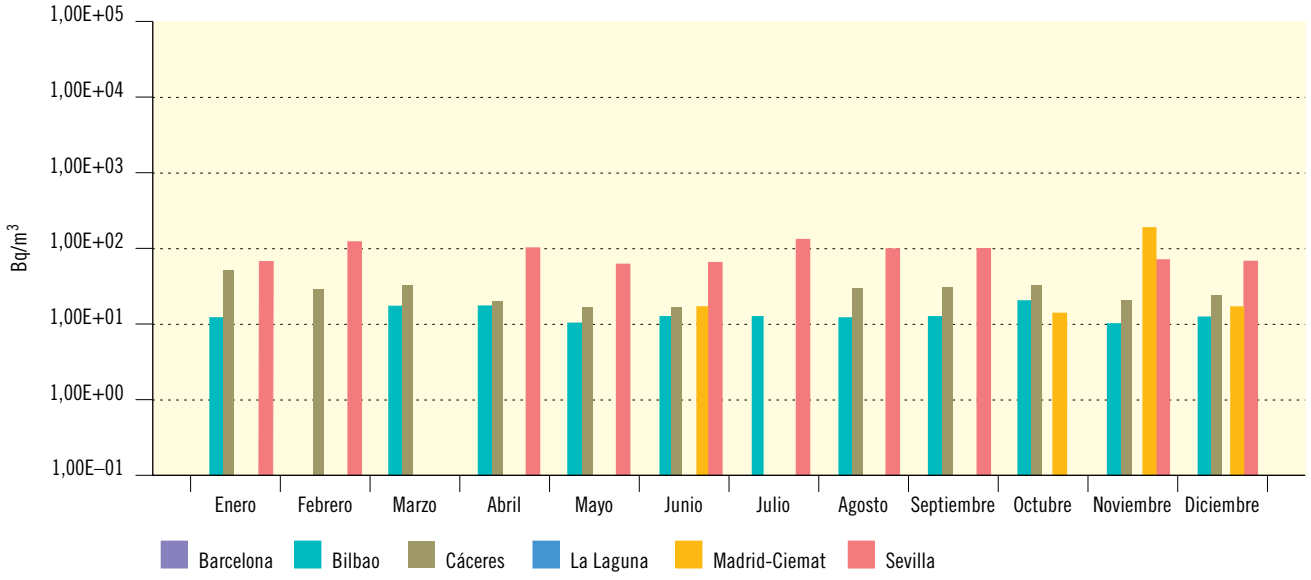
Evolución temporal del índice de actividad beta resto



* La Universidad de Cáceres se incorpora a la red de alta sensibilidad en el 2º semestre de 2008.

Figura 3.12b. Red de alta sensibilidad. Agua potable. Concentración de actividad de beta resto (Bq/m³)

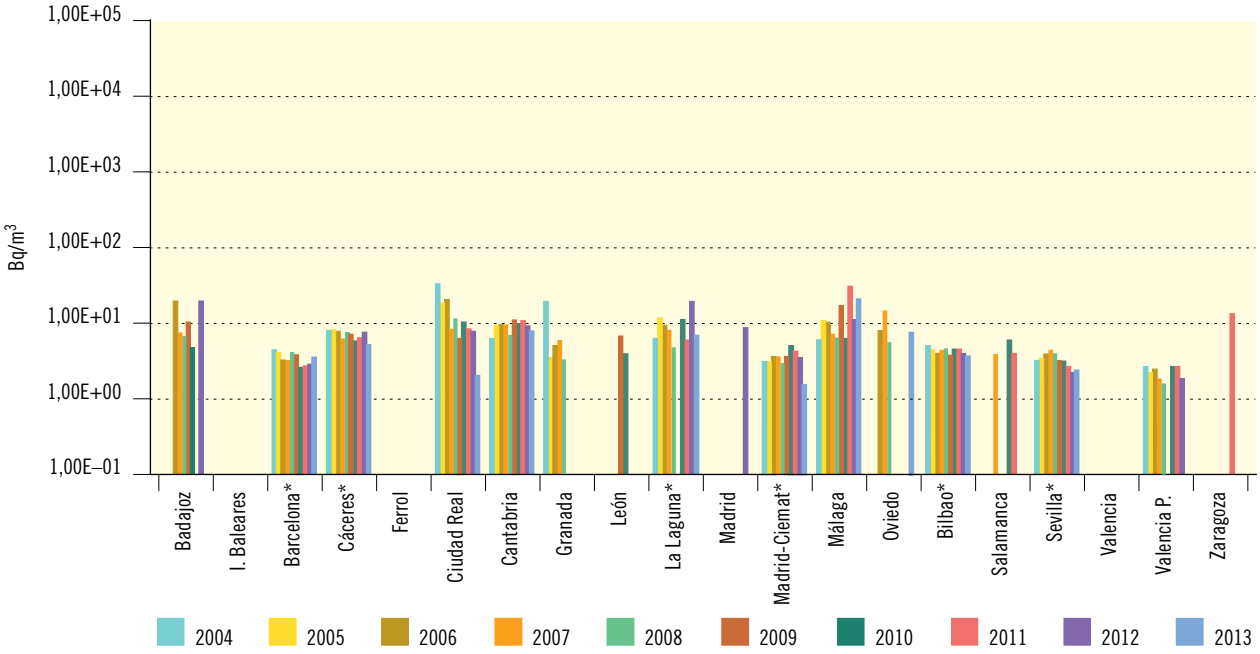
Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,30E+01	2,67E+01		6,68E+01	8,43E+01
Valor máximo		2,08E+01	4,00E+01		2,16E+02	1,34E+02
Valor mínimo		1,02E+01	1,70E+01		1,47E+01	5,06E+01
LID máximo	3,00E+01	8,19E+00	1,05E+01	7,50E+01	1,61E+01	4,23E+01
LID mínimo	8,00E+00	4,73E+00	4,60E+00	4,84E+01	8,82E+00	2,32E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	0	11	11	0	4	10
Nº de análisis <LID	12	1	1	12	8	2

Figura 3.13a. Agua potable

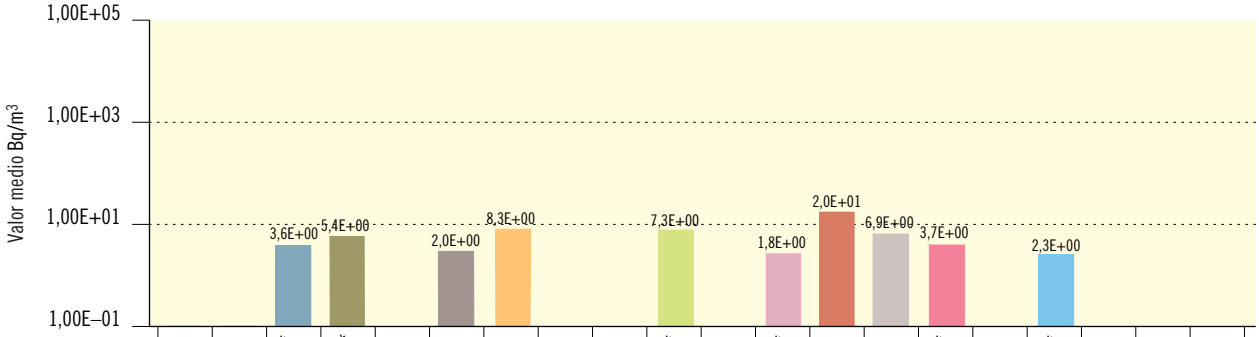
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.13b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013

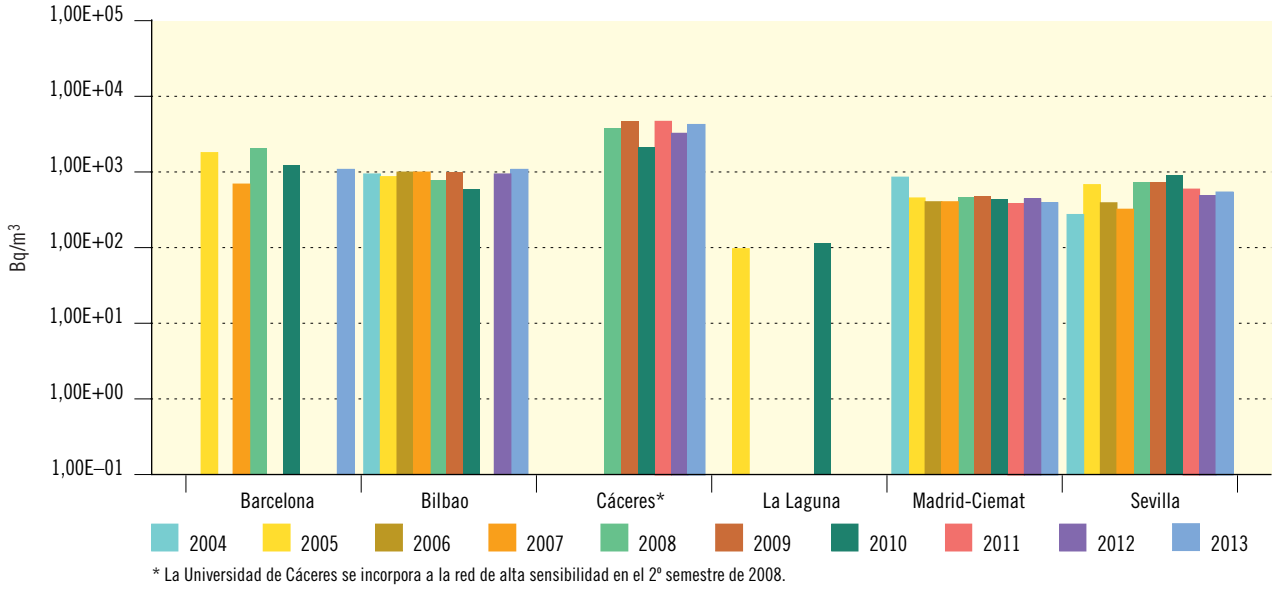


Laboratorios	UBD	UBL	UPC*	UCC*	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL*	UMD	CIE*	UML	UOV	UPV*	USA	USE*	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres*	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo			5,55E+00	6,31E+00		3,34E+00	1,10E+01			1,14E+01		2,48E+00	2,93E+01	6,93E+00	4,23E+00		3,29E+00			
Valor mínimo			2,22E+00	3,65E+00		1,29E+00	4,02E+00			4,39E+00		1,33E+00	7,34E+00	6,93E+00	2,98E+00		7,10E-01			
Nº total de análisis	4	4	12	12	4	4	4	12	4	12	4	12	4	4	12	4	12	4	4	4
Nº de análisis >LID	0	0	12	12	0	3	4	0	0	9	0	12	3	1	12	0	12	0	0	0
Nº de análisis <LID	4	4	0	0	4	1	0	12	4	3	4	0	1	3	0	4	0	4	4	4

* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.14a. Red de alta sensibilidad. Agua potable

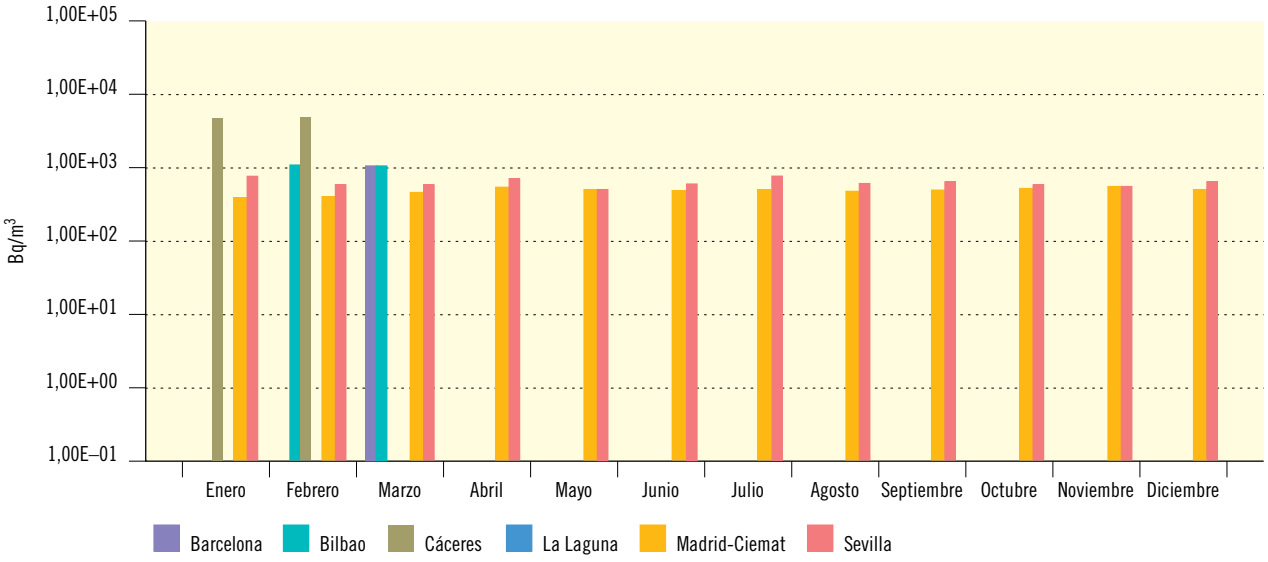
Evolución temporal del índice de actividad de H-3



* La Universidad de Cáceres se incorpora a la red de alta sensibilidad en el 2º semestre de 2008.

Figura 3.14b. Red de alta sensibilidad. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

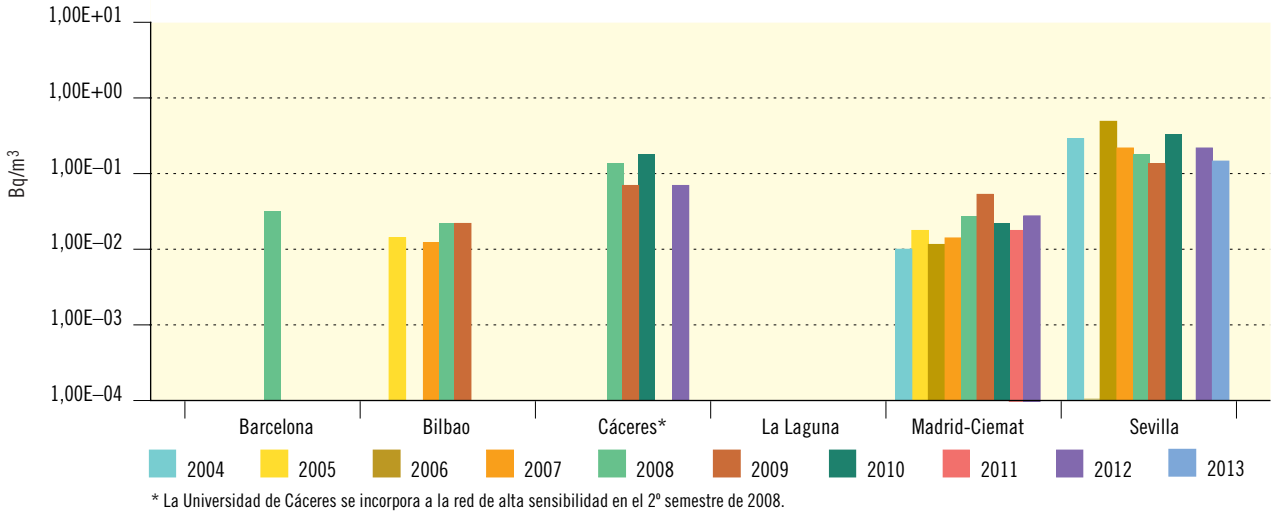
Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,06E+03	1,09E+03	3,95E+03		4,19E+02	5,57E+02
Valor máximo	1,06E+03	1,09E+03	4,10E+03		4,73E+02	8,94E+02
Valor mínimo	1,06E+03	1,08E+03	3,80E+03		3,77E+02	4,32E+02
LID máximo	1,02E+03	1,03E+03	1,70E+03	1,50E+03	1,12E+02	2,71E+02
LID mínimo	9,20E+02	9,74E+02	1,20E+03	1,50E+03	9,06E+01	1,85E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	1	2	2	0	12	12
Nº de análisis <LID	11	10	10	12	0	0

Figura 3.15a. Red de alta sensibilidad. Agua potable

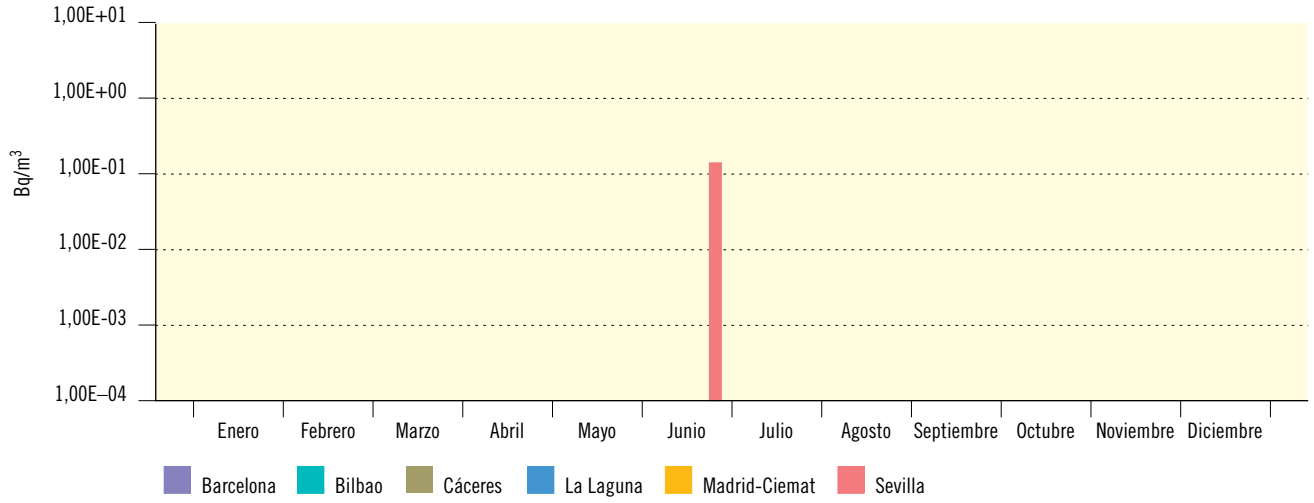
Evolución temporal del índice de actividad de Cs-137



* La Universidad de Cáceres se incorpora a la red de alta sensibilidad en el 2º semestre de 2008.

Figura 3.15b. Red de alta sensibilidad. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio						1,58E-01
Valor máximo						1,58E-01
Valor mínimo						1,58E-01
LID máximo	3,54E-02	1,70E-02	1,72E-01	2,17E-01	4,11E-02	1,13E-01
LID mínimo	2,95E-02	9,18E-03	2,30E-02	1,28E-01	2,29E-02	6,40E-02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	4
Nº de análisis >LID	0	0	0	0	0	1
Nº de análisis <LID	12	12	12	12	12	3

Figura 3.16a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

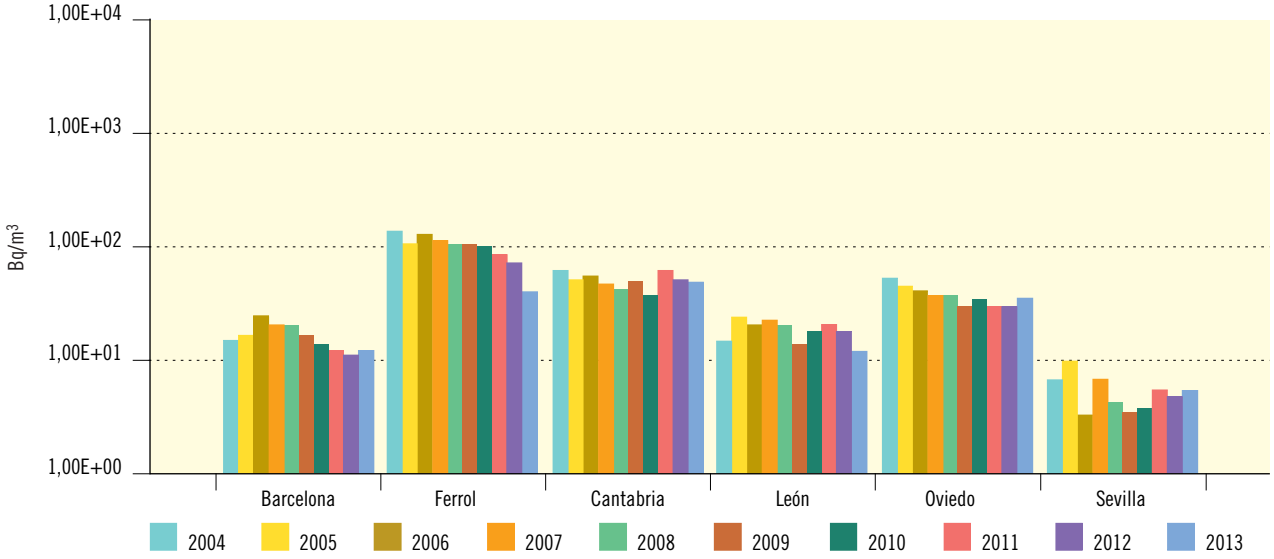
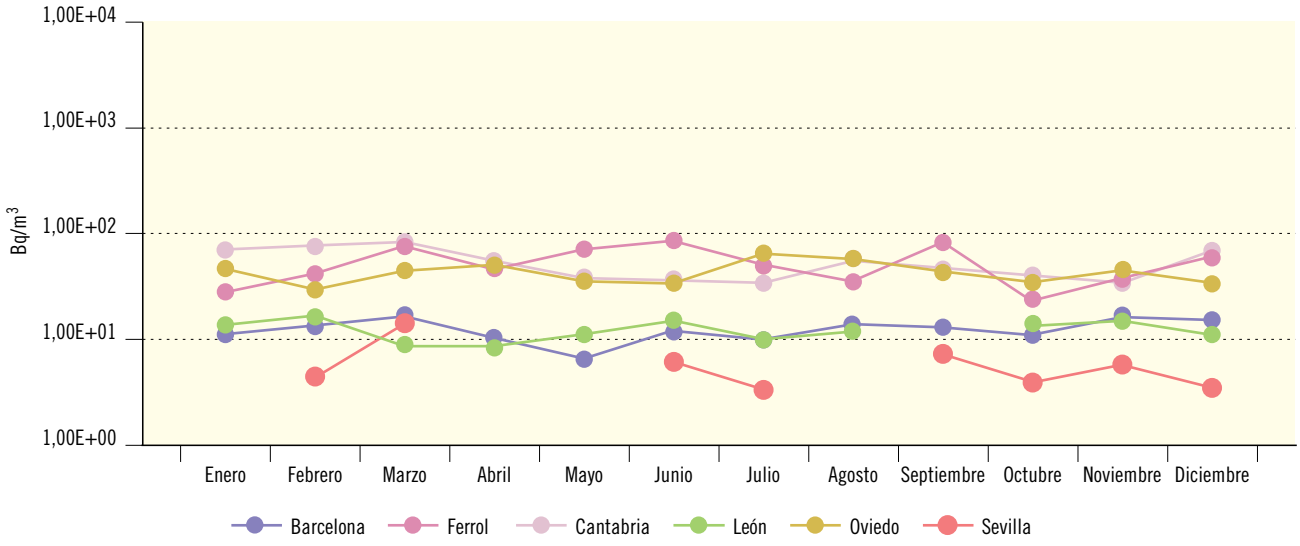


Figura 3.16b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	1,27E+01	4,56E+01	4,58E+01	1,23E+01	3,70E+01	5,40E+00
Valor máximo	1,63E+01	7,45E+01	7,00E+01	1,73E+01	5,76E+01	1,25E+01
Valor mínimo	6,91E+00	2,04E+01	2,70E+01	8,00E+00	2,26E+01	2,93E+00
LID máximo	5,10E+00	1,48E+01	2,00E+01	1,03E+01	4,47E+00	2,26E+00
LID mínimo	3,65E+00	4,74E+00	7,00E+00	3,22E+00	3,43E+00	1,36E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	12	12	12	11	12	8
Nº de análisis <LID	0	0	0	1	0	4

Figura 3.17a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

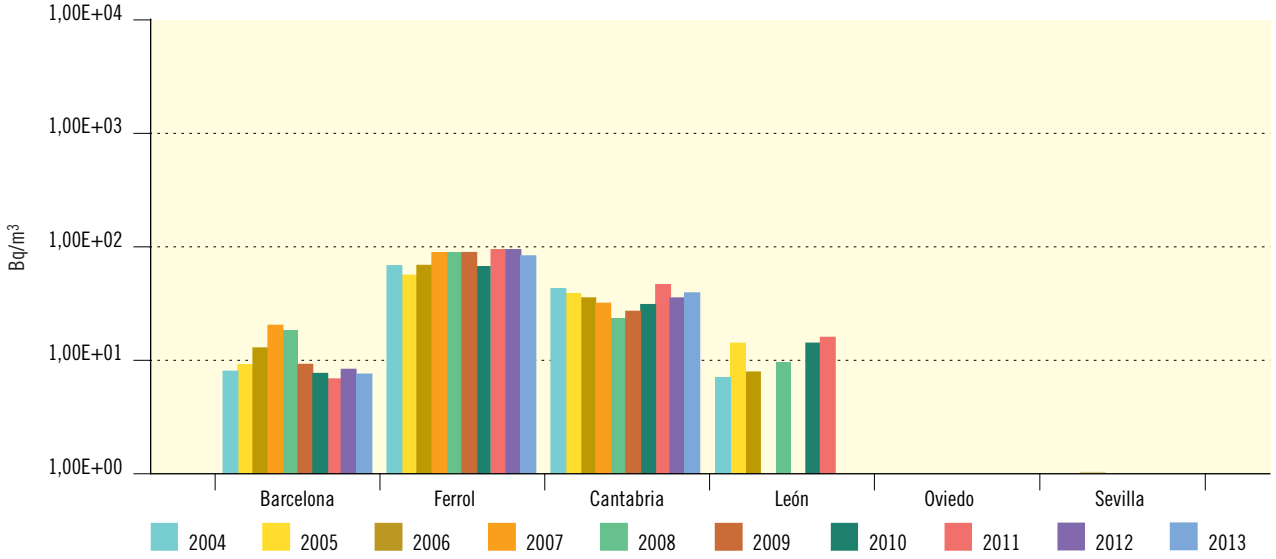
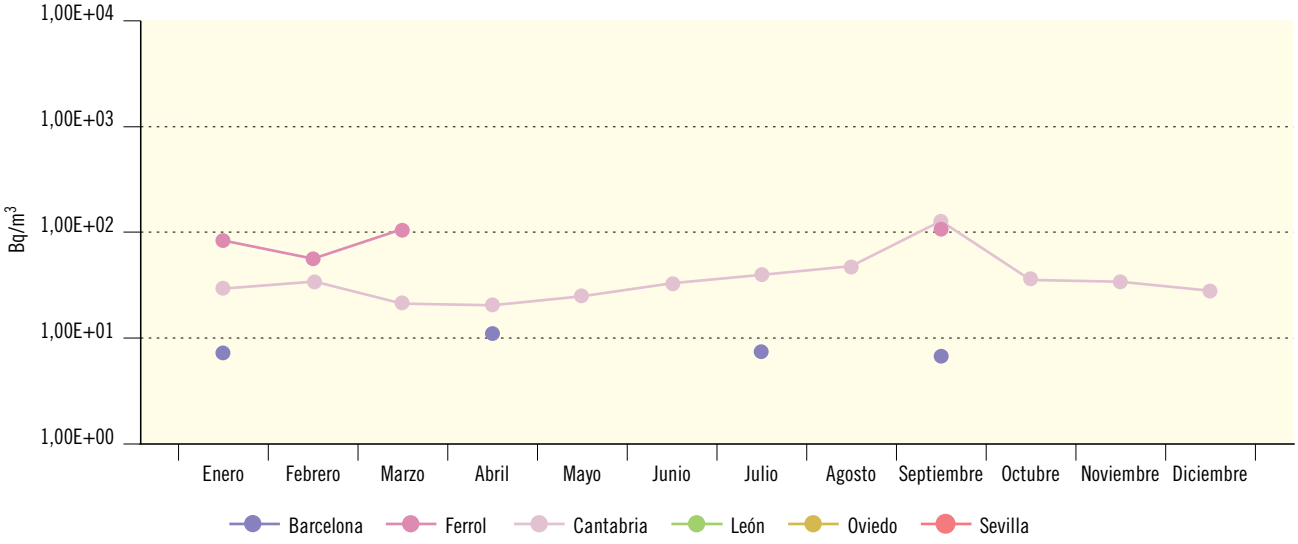


Figura 3.17b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

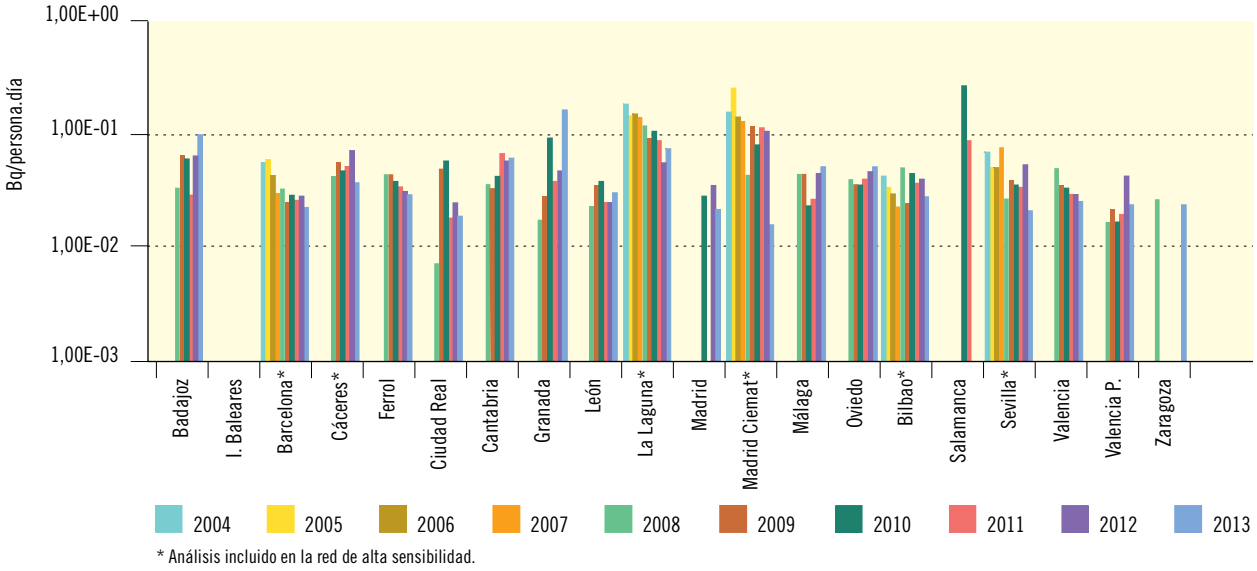
Valores de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	7,96E+00	8,85E+01	4,12E+01			
Valor máximo	1,14E+01	1,07E+02	1,25E+02			
Valor mínimo	6,17E+00	5,63E+01	2,19E+01			
LID máximo	8,94E+00	6,51E+01	1,85E+01	1,33E+01	8,77E+01	4,53E+01
LID mínimo	5,42E+00	4,70E+01	1,20E+01	8,95E+00	8,00E+01	3,13E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	4	4	12	0	0	0
Nº de análisis <LID	8	8	0	12	12	12

Figura 3.18a. Dieta tipo

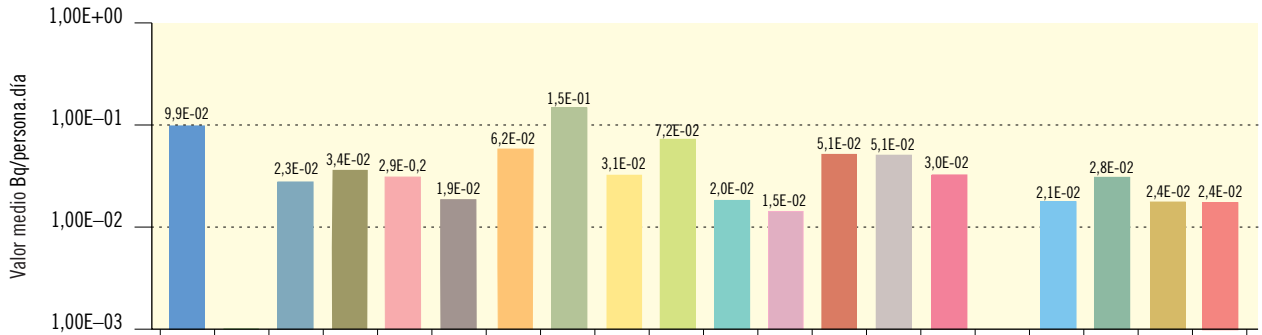
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.18b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2013

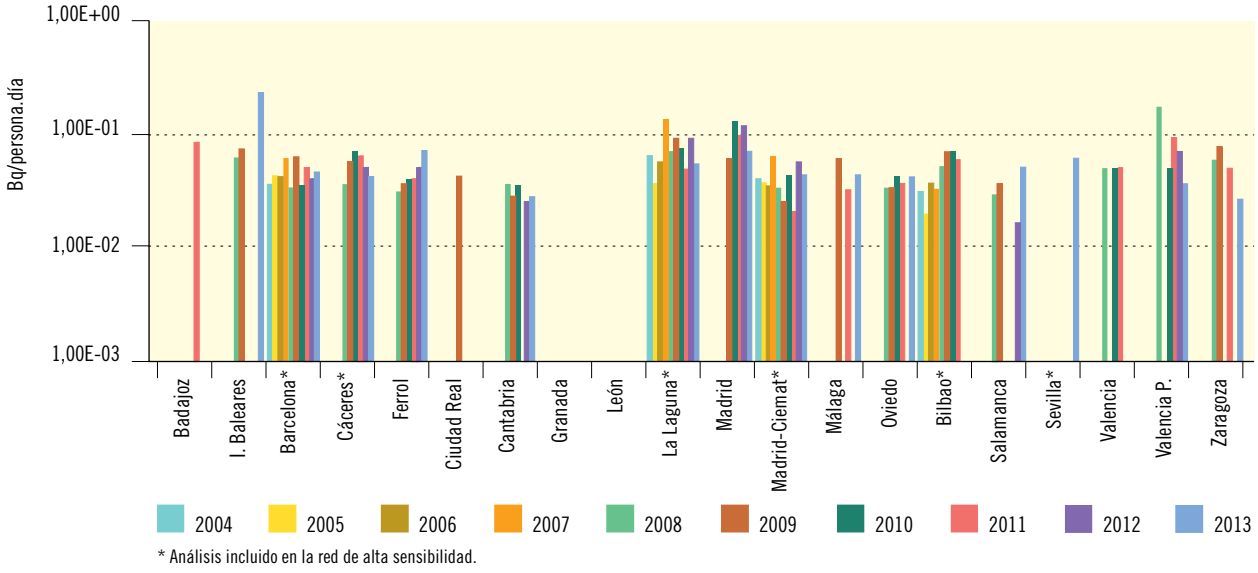


Laboratorios	UBD	UBL	UPC*	UCC*	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL*	UMD	CIE*	UML	UOV	UPV*	USA	USE*	UVC	UVP	UZA
	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres*	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Valor máximo	1,23E-01		2,69E-02	3,50E-02	3,44E-02	1,90E-02	7,00E-02	1,54E-01	5,30E-02	9,80E-02	3,62E-02	2,04E-02	7,41E-02	7,08E-02	4,23E-02		2,80E-02	3,40E-02	3,38E-02	2,38E-02
Valor mínimo	7,51E-02		1,78E-02	3,24E-02	2,22E-02	1,86E-02	5,46E-02	1,54E-01	2,00E-02	2,39E-02	1,18E-02	9,18E-03	3,02E-02	2,87E-02	2,36E-02		1,60E-02	2,00E-02	1,19E-02	2,38E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	2	0	3	4	4	2	2	1	4	4	3	2	3	4	4	0	4	4	4	1
Nº de análisis <LID	2	4	1	0	0	2	2	3	0	0	1	2	1	0	0	4	0	0	0	3

* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.19a. Dieta tipo

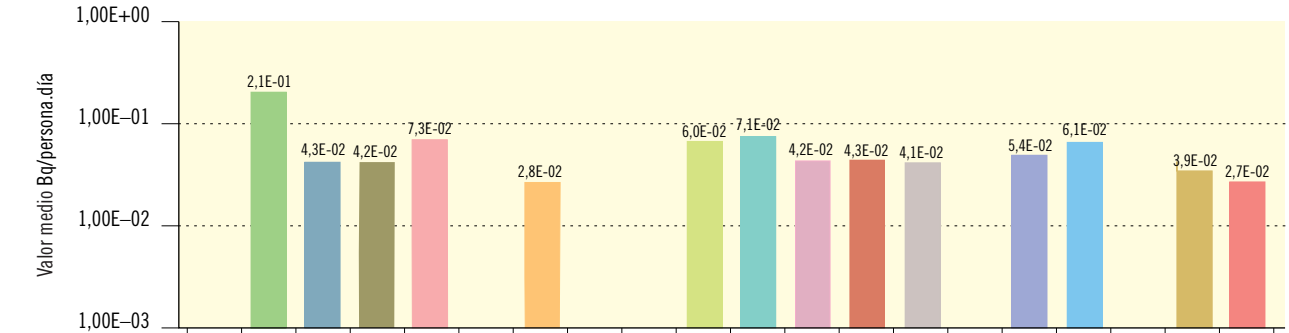
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.19b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2013

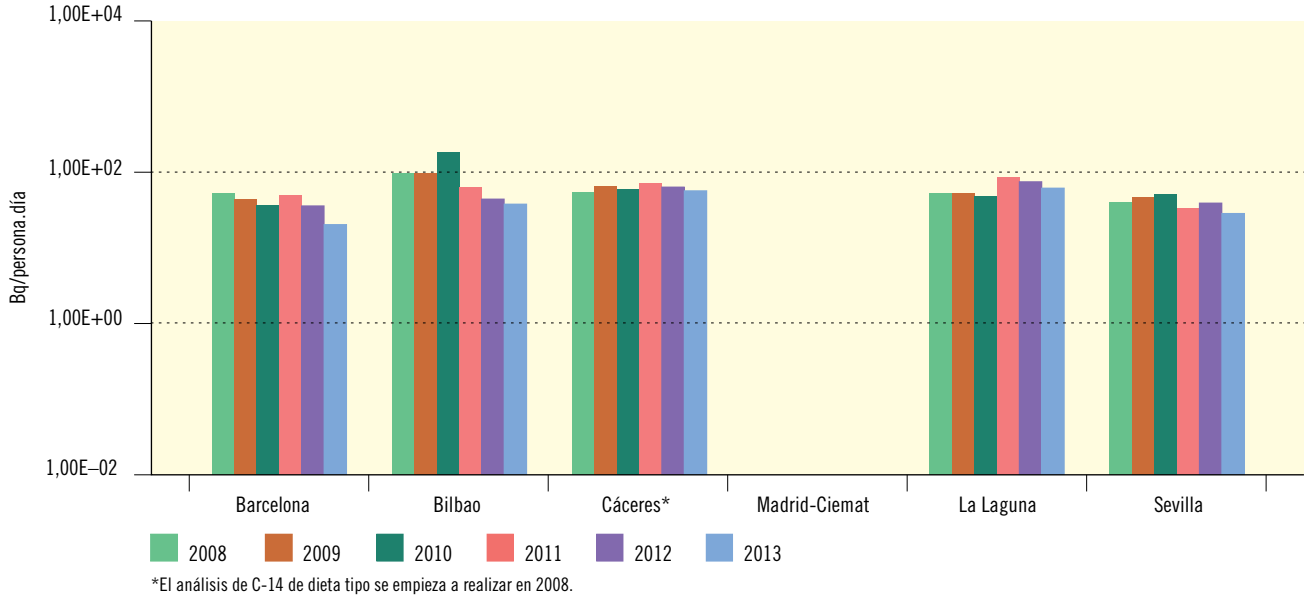


	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres*	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UPC*	UCC*	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL*	UMD	CIE*	UML	UOV	UPV*	USA	USE*	UVC	UVP	UZA
Valor máximo		2,24E-01	4,59E-02	4,87E-02	8,09E-02		3,44E-02			6,80E-02	8,88E-02	4,22E-02	4,31E-02	4,12E-02		6,50E-02	6,14E-02		5,66E-02	3,84E-02
Valor mínimo		1,95E-01	4,01E-02	3,54E-02	6,55E-02		2,39E-02			5,60E-02	4,78E-02	4,22E-02	4,31E-02	4,12E-02		4,64E-02	6,14E-02		2,79E-02	1,52E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	0	2	2	3	2	0	3	0	0	4	4	1	1	1	0	3	1	0	4	2
Nº de análisis <LID	4	2	2	1	2	4	1	4	4	0	0	3	3	3	4	1	3	4	0	2

* Análisis incluido en la red de alta sensibilidad.

Figura 3.20a. Red de alta sensibilidad. Dieta tipo

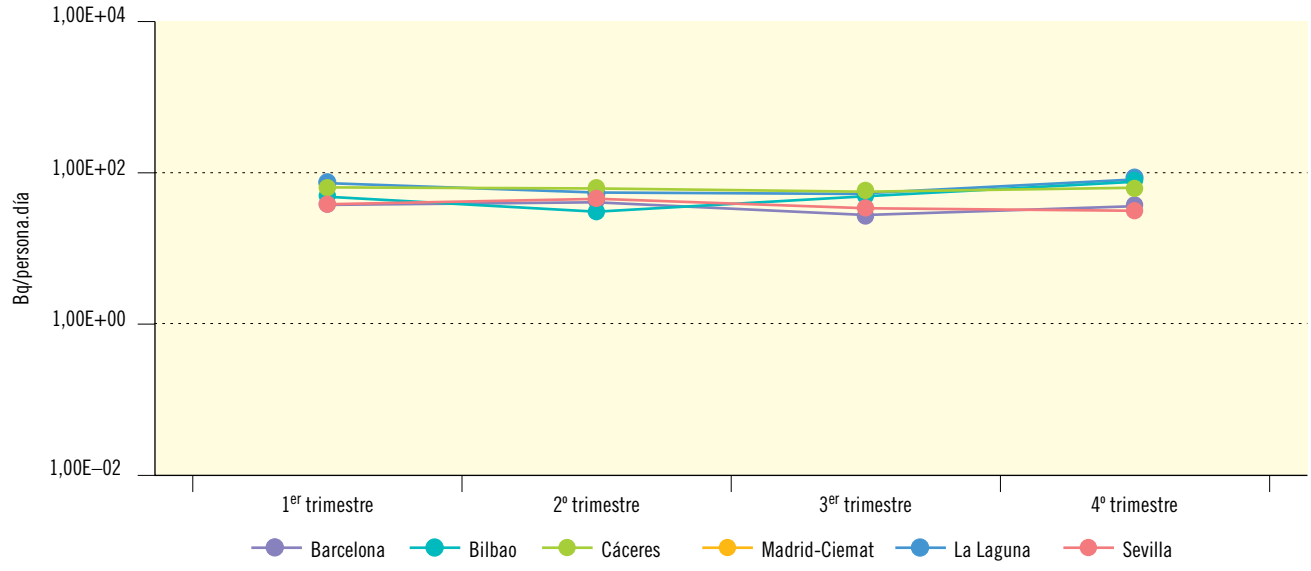
Evolución temporal de la concentración de actividad de C-14*



*El análisis de C-14 de dieta tipo se empieza a realizar en 2008.

Figura 3.20b. Red de alta sensibilidad. Dieta tipo. Concentración de actividad de C-14 (Bq/persona.día)

Valores trimestrales de la campaña de 2013



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,20E+01	4,68E+01	6,15E+01	6,46E+01		3,61E+01
Valor máximo	3,71E+01	6,49E+01	6,60E+01	7,43E+01		4,10E+01
Valor mínimo	2,36E+01	2,63E+01	5,40E+01	5,10E+01		3,16E+01
LID máximo	1,01E-01	1,05E+01	5,00E-03	2,06E+01	3,58E+02	7,30E-02
LID mínimo	5,90E-02	8,69E+00	5,00E-03	1,39E+01	1,83E+02	5,73E-02
Nº total de análisis	3	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	3	4	4	4	0	4
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	4	0

1.2. Vigilancia del medio acuático

La red de vigilancia del medio acuático de ámbito nacional incluye los ríos de las principales cuencas hidrográficas y las aguas del perímetro costero español.

En el año 1987 el CSN suscribió un acuerdo específico con el Centro de Estudios de Experimentación de Obras Públicas (Cedex), por el cual el CSN participaba en el programa de Vigilancia Radiológica de las Aguas Continentales Españolas que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente mantiene y financia desde el año 1978 (entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo) y cuya realización tiene encomendada al Cedex. Con dicho acuerdo se amplió la vigilancia de las aguas continentales, incorporando medidas en el entorno de las instalaciones nucleares, antes y después del vertido. Posteriormente, en 1993, se firmó un nuevo acuerdo específico por el que se amplió la vigilancia a las aguas costeras y de abastecimiento público. Y por último, en el año 2004 se firmó un nuevo acuerdo en virtud del cual se incluyó la vigilancia de las aguas continentales y costeras en el programa de la red de alta sensibilidad (red espaciada), para lo cual el laboratorio del Cedex implementó las técnicas analíticas adecuadas en dicha red, en cuyo desarrollo estuvo trabajando desde años anteriores.

1.2.1 Vigilancia de las aguas continentales

Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo están situadas a lo largo de los ríos de las distintas cuencas hidrográficas, tanto en zonas de potencial influencia de las instalaciones nucleares y del ciclo de combustible como en áreas alejadas de

Figura 3.21. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales



Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña de 2013

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo		Número de muestras analizadas	
	Red densa	Red de alta sensibilidad	Red densa	Red de alta sensibilidad
Miño y norte de España	10		40	
Duero	13		89	
Tajo	21	1	132	4
Guadiana	3		12	
Guadalquivir	0		0	
Ebro	11	1	132	4
Júcar	6		32	
Cuencas hidrográficas catalanas	7		28	
Segura	4		15	

ellas, en la actualidad incluyen más de 80 puntos (véase la figura 3.21). Para la red de alta sensibilidad se seleccionaron dos estaciones: una en el río Ebro a la altura de la localidad de García en la provincia de Tarragona, y otra en el río Tajo en el embalse de Alcántara.

La recogida de las muestras generalmente es de tipo puntual, de forma manual y con una frecuencia que varía desde mensual a trimestral, excepto en aquellas estaciones situadas aguas abajo de las instalaciones nucleares en las que se utilizan dispositivos de recogida proporcional continua. En la red de alta sensibilidad, la recogida es puntual con frecuencia trimestral en los dos puntos.

En la tabla 3.3 se indican las cuencas hidrográficas, el número de estaciones consideradas en cada una de ellas y el total de muestras recogidas en la campaña del año 2013. En este año no se han recogido las muestras correspondientes a la cuenca del Guadalquivir, ni a una de las estaciones de la cuenca del Guadiana.

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

En el programa de la red densa, las determinaciones efectuadas en las muestras recogidas son las siguientes:

- Índice de actividad alfa total.
- Índice de actividad beta total.
- Índice de actividad beta resto.
- Tritio.
- Espectrometría gamma, los resultados que proporcionan corresponden a radionucleidos artificiales: ^{51}Cr, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{95}Nb, ^{95}Zr, ^{103}Ru, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{140}Ba, ^{140}La y ^{144}Ce.

En el programa de la red de alta sensibilidad se realiza exclusivamente la determinación de la concentración de actividad de cesio-137, aplicando técnicas de separación radioquímica y partiendo de un volumen de muestra de agua continental de 350 litros y un tiempo de medida de entre tres y diez días.

El Cedex realiza el muestreo con la colaboración del personal de las confederaciones hidrográficas y efectúa el análisis de las muestras. Aplica sus propios programas de garantía de calidad a las actividades que desarrolla y participa en las campañas anuales de intercomparación organizadas por el CSN.

Anualmente el Cedex presenta un informe de resultados al CSN.

El CSN evalúa los resultados obtenidos y facilita, anualmente, a la Unión Europea la información requerida en cumplimiento del artículo 36 del Tratado Euratom, junto con los datos de la vigilancia de ámbito nacional del aire y del medio terrestre.

Resultados

En este documento se presentan gráficamente, por cuencas hidrográficas (figuras 3.22 a 3.62), los valores medios anuales obtenidos durante el periodo 2004 a 2013 en las estaciones de muestreo situadas en los cauces de los principales ríos, pero sin considerar sus afluentes (véanse las publicaciones anteriores para los resultados de los años 1984 a 2003).

Los resultados obtenidos en el programa de la red de alta sensibilidad se representan en la figura 3.62a, evolución temporal de la actividad de cesio-137, y en la figura 3.62b, información detallada sobre los resultados obtenidos en el año 2013.

De forma genérica, en el caso de que en un determinado periodo y punto de muestreo no aparezcan datos implica que los valores obtenidos han estado por debajo del límite inferior de detección, salvo en casos excepcionales en que la falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

En la evaluación de los resultados se aprecia un ligero aumento de los valores del índice de actividad alfa total en el río Ebro, desde la estación de cabecera, aguas arriba de la central nuclear de Santa María de Garoña, hasta la estación aguas abajo de la central nuclear de Ascó, poco antes de la desembocadura. En el marco del Acuerdo de Asistencia Técnica con el CSN, el Cedex está llevando a cabo un estudio para determinar el origen de los radionucleidos causantes de la actividad alfa total en el tramo medio del río Ebro, con el fin de estudiar la actividad alfa total mediante una espectrometría alfa para determinar la distribución de los radionucleidos que contribuyen a dicho índice. La campaña ha consistido en la toma puntual de muestras procedentes de cuatro puntos: Serós (Segre), Fraga (Cinca), Sástago (Ebro) y Ribarroja (Ebro); se han realizado tres campañas de toma de muestras especiales en los meses de octubre de 2012 y febrero y junio de 2013, con el fin de tomar muestras en las dos fases de mayor caudal y de estiaje de los tres ríos citados. Las muestras se tomaron por duplicado en cada punto y fueron analizadas por el Cedex para la determinación de la actividad alfa total y por el Ciemat para la realización de una espectrometría alfa; todavía no se dispone de las conclusiones del estudio que está siendo elaborado por el Cedex. Por lo demás, la valoración global de los resultados, considerando su evolución temporal y la ubicación de los puntos de muestreo, coincide con las conclusiones señaladas en anteriores informes, que pueden resumirse como sigue:

- Los valores de las concentraciones de actividad alfa y beta total reflejan las características del terreno de la cuenca receptora, así como la existencia en sus márgenes de zonas de cultivos, cuyos abonos podrían ser arrastrados al cauce de los ríos y, ocasionalmente, detectarse los isótopos que acompañan a los fertilizantes como potasio-40 y descendientes de la serie del uranio-238.

- De la comparación de los valores de concentración de actividad beta total y beta resto, se ha observado la incidencia de los vertidos orgánicos de las diferentes ciudades (incremento de potasio-40).

- En los análisis realizados para la red densa no se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguno de los ríos vigilados.

- En los análisis de cesio-137 realizados dentro del programa de la red de alta sensibilidad, las técnicas analíticas desarrolladas han permitido detectar actividad de este isótopo por encima del LID en casi todas las muestras; los valores de concentración de actividad son del orden de E-02 Bq/m^3. Estos valores se corresponden con los valores más bajos detectados en el programa de la red espaciada en el resto de los países de la Unión Europea (figura 3.62).

- En cuanto a los valores de la concentración de tritio, se detecta en ocasiones el efecto de los vertidos de las centrales nucleares de Trillo en el Tajo y en el Júcar a través del trasvase Tajo-Segura; así como de la central de Ascó en el Ebro.

Cuencas del norte de España

Figura 3.22. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

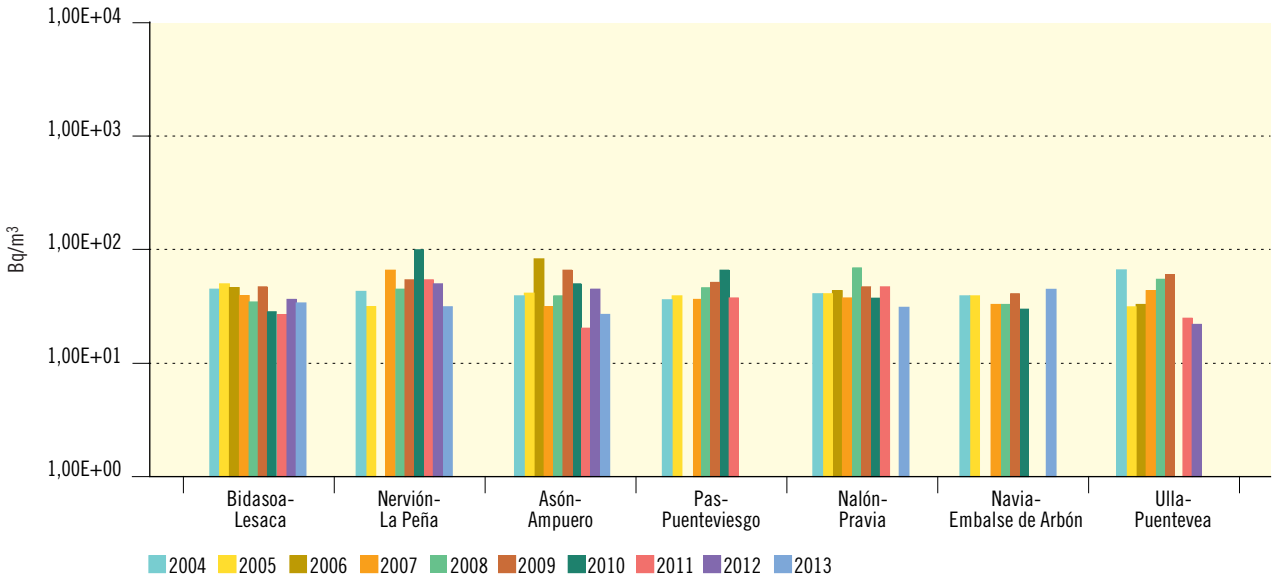


Figura 3.23. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta total

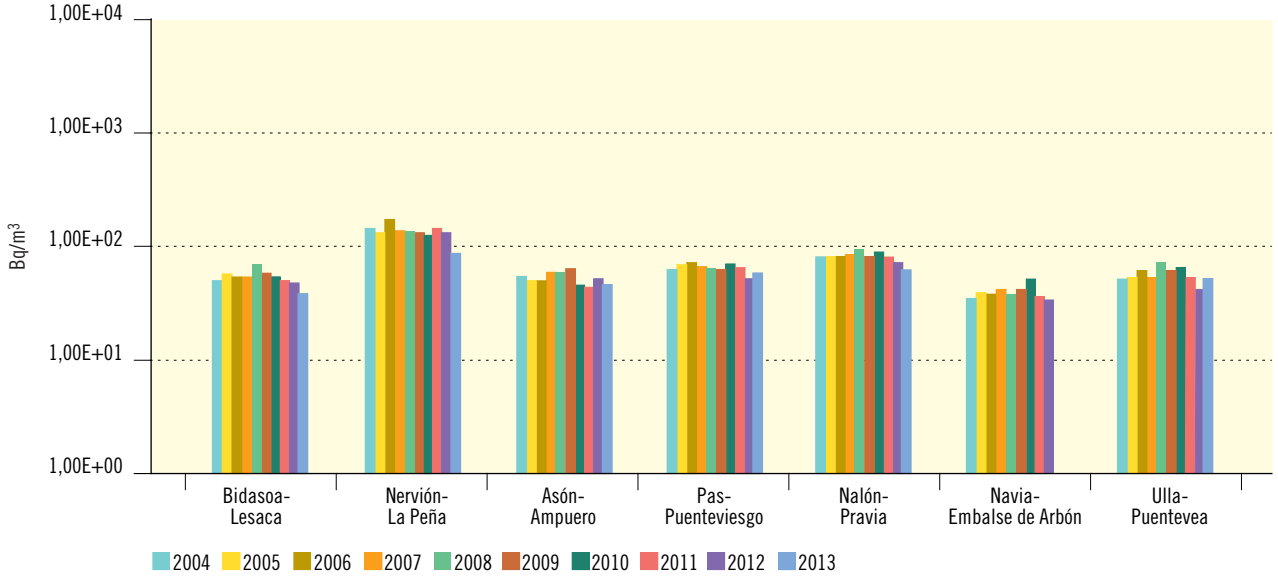


Figura 3.24. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

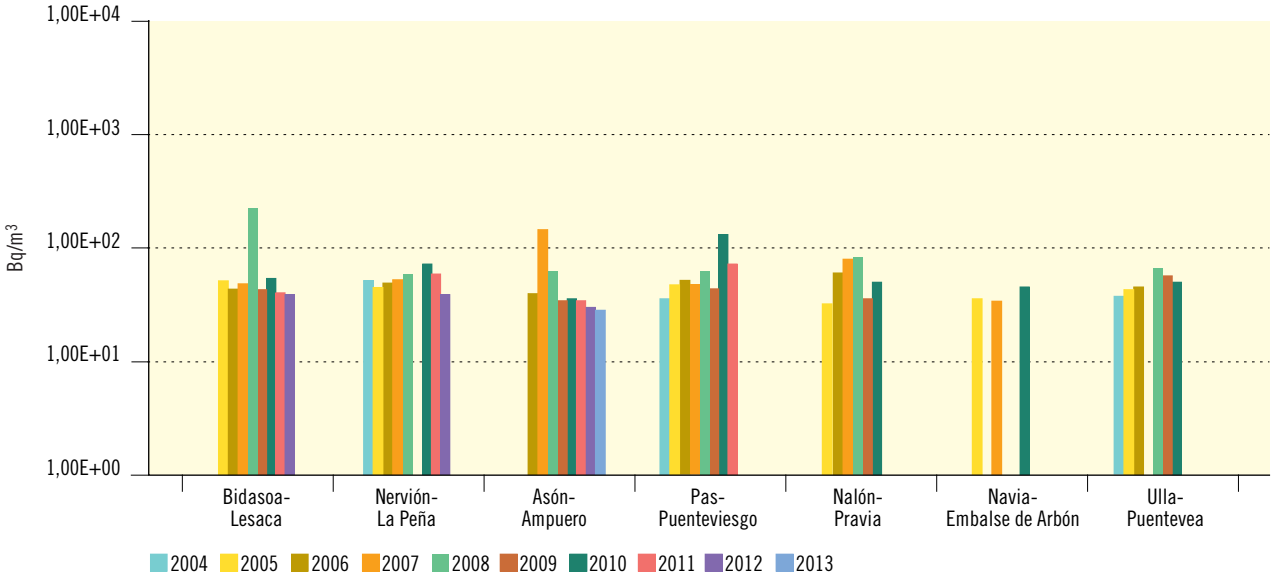
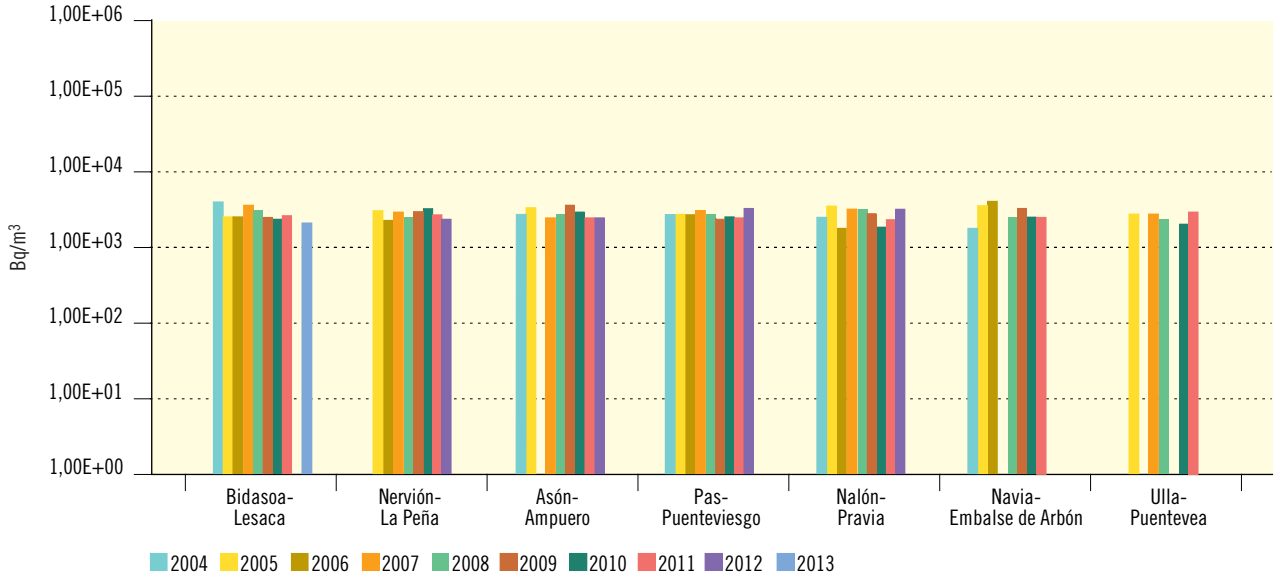


Figura 3.25. Cuencas del norte de España

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Miño

Figura 3.26. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

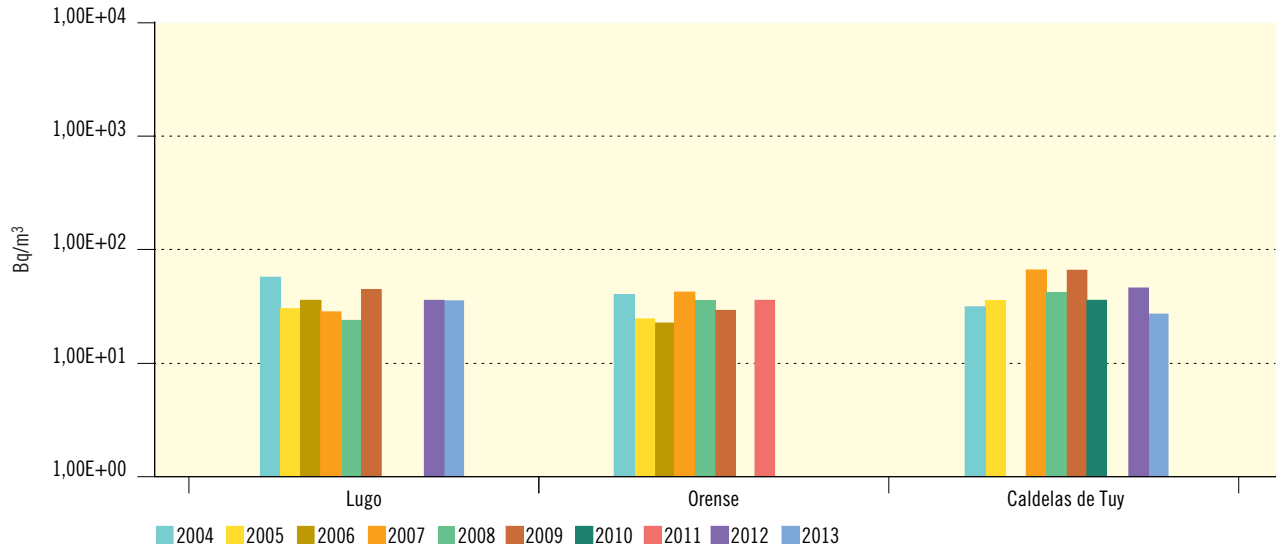


Figura 3.27. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

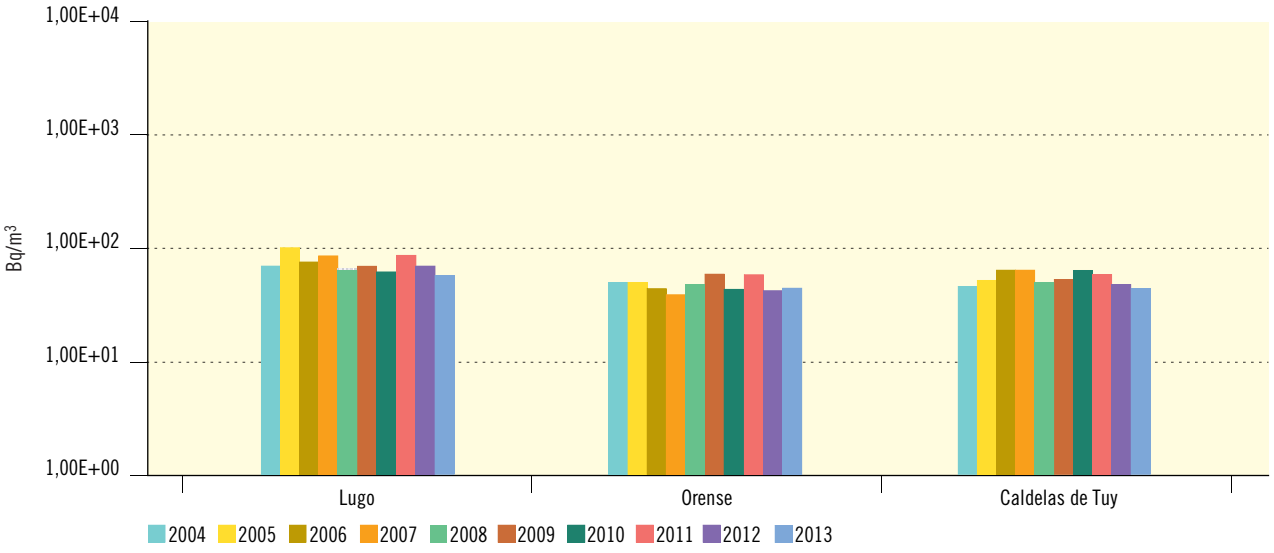


Figura 3.28. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

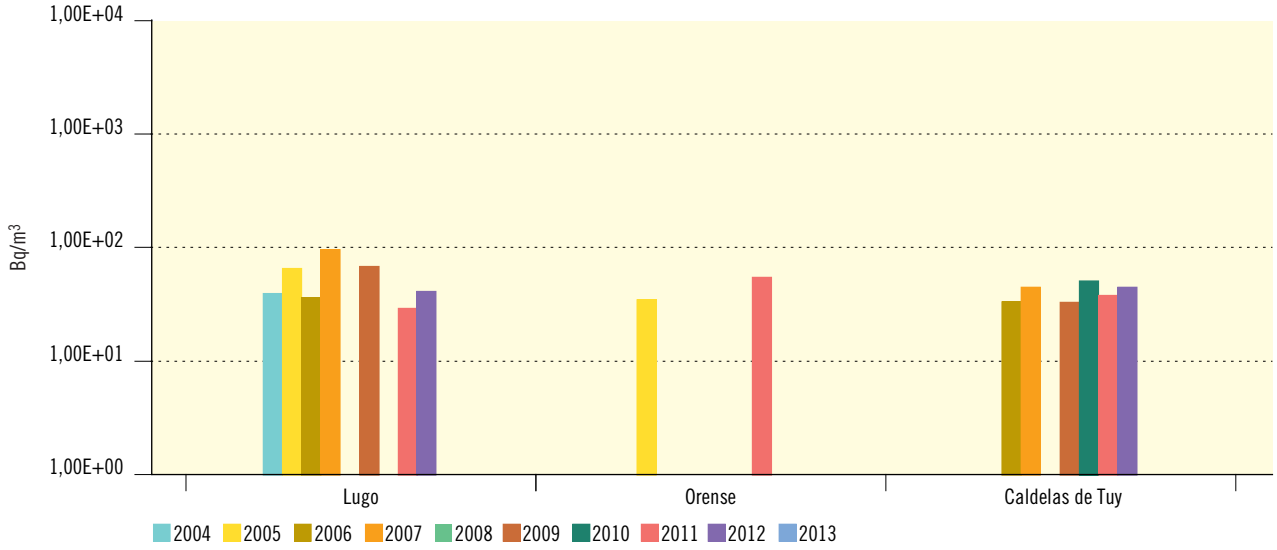
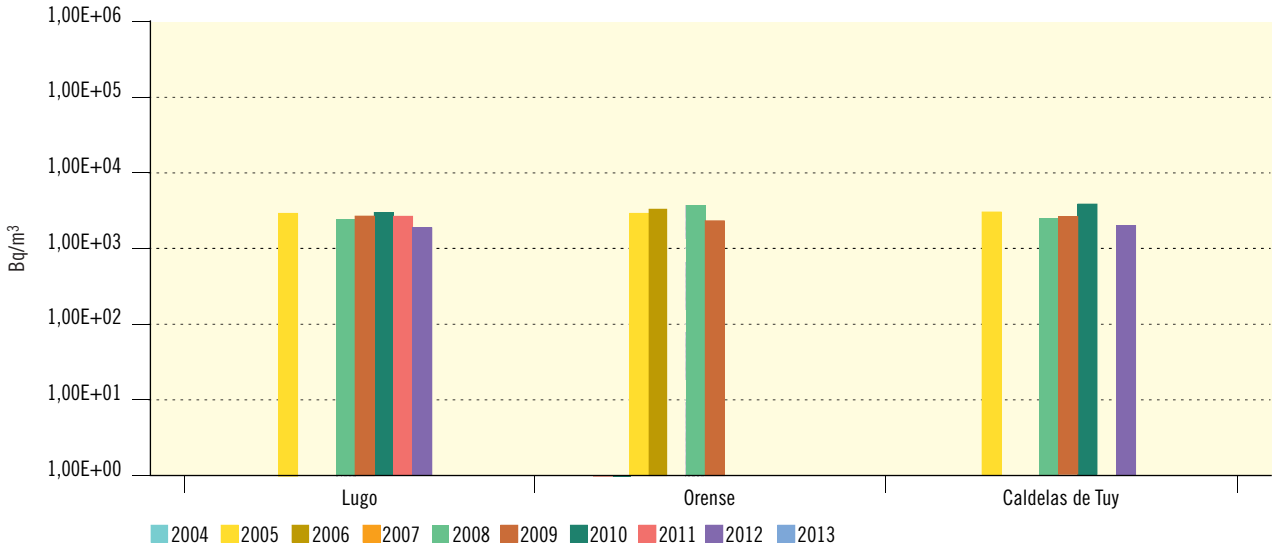


Figura 3.29. Río Miño

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.30. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

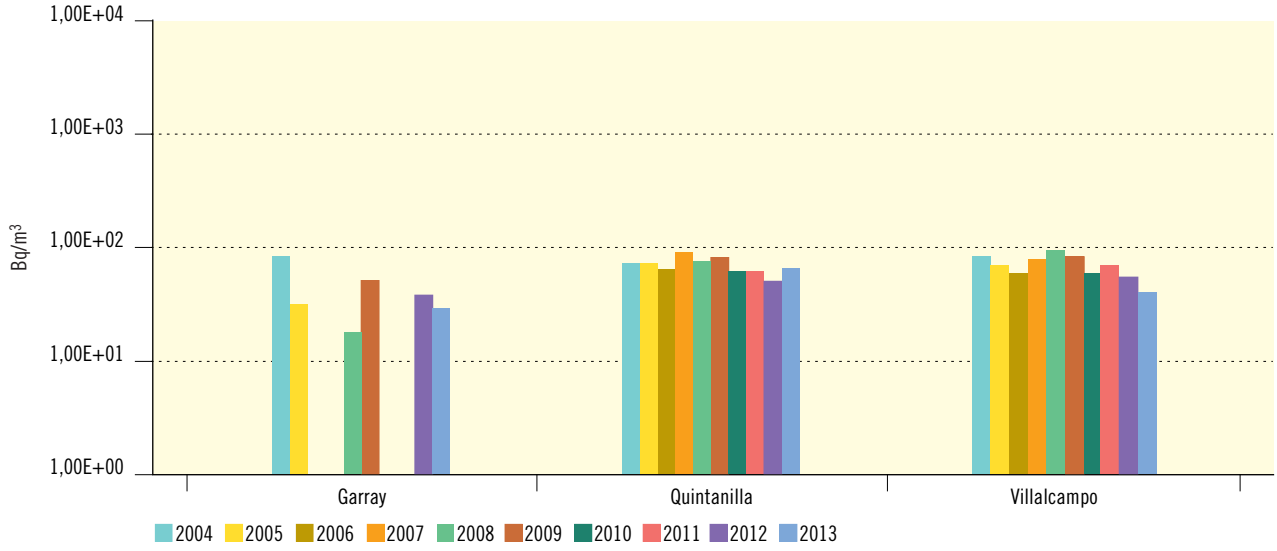


Figura 3.31. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

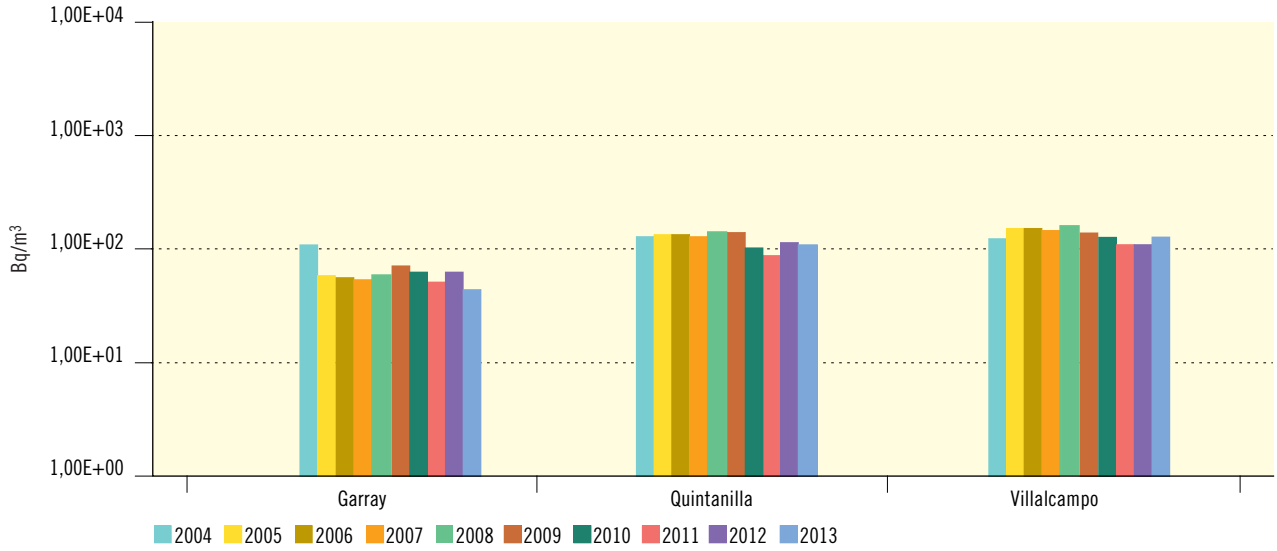


Figura 3.32. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

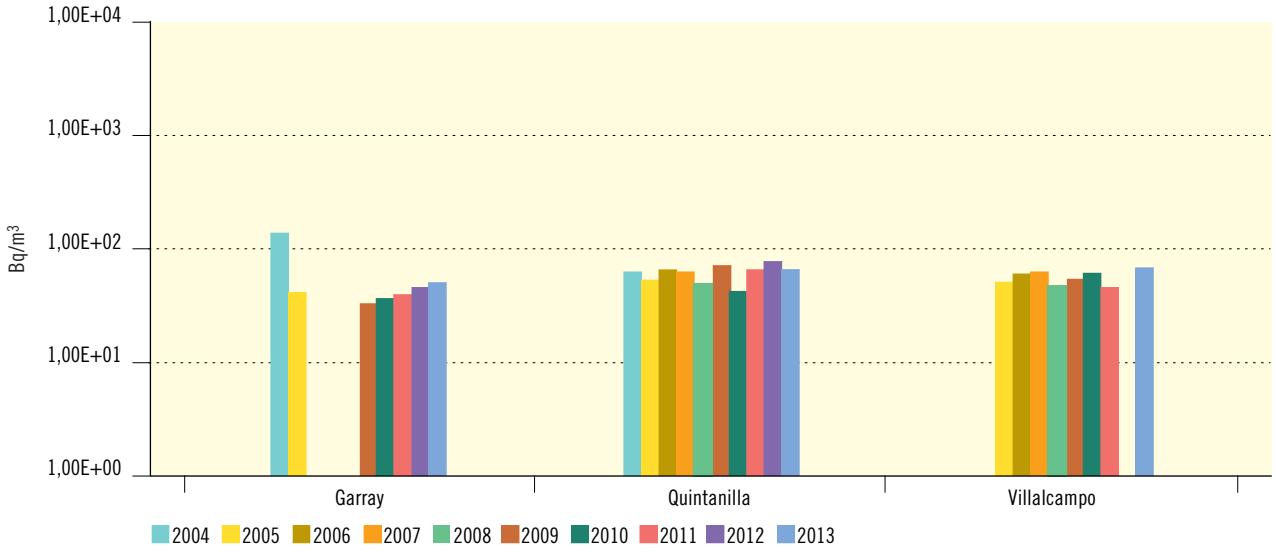
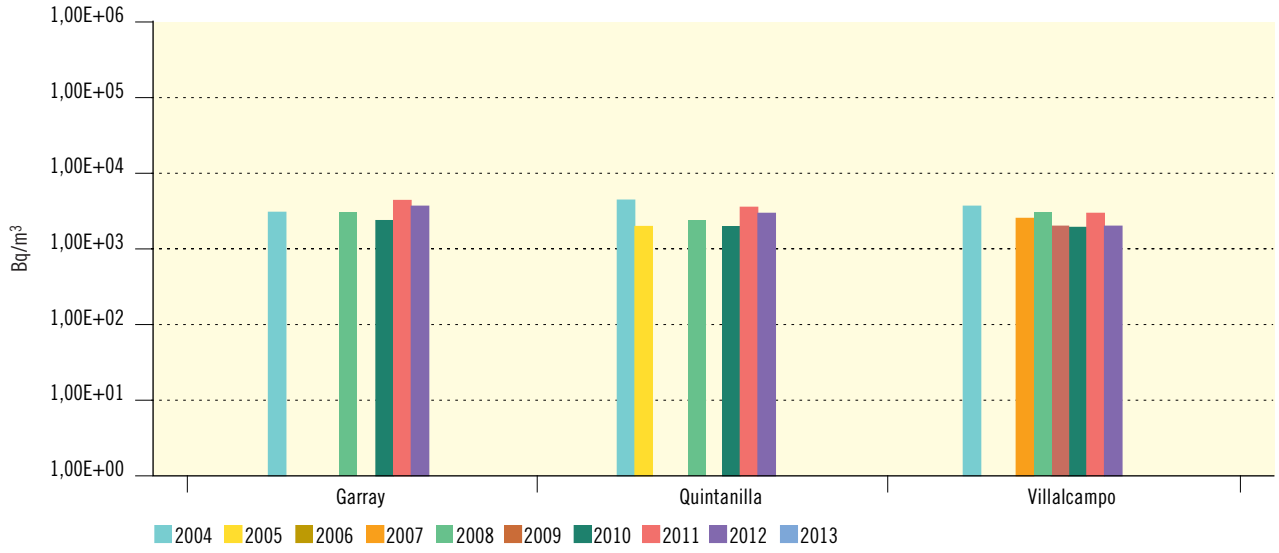


Figura 3.33. Río Duero

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.34. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

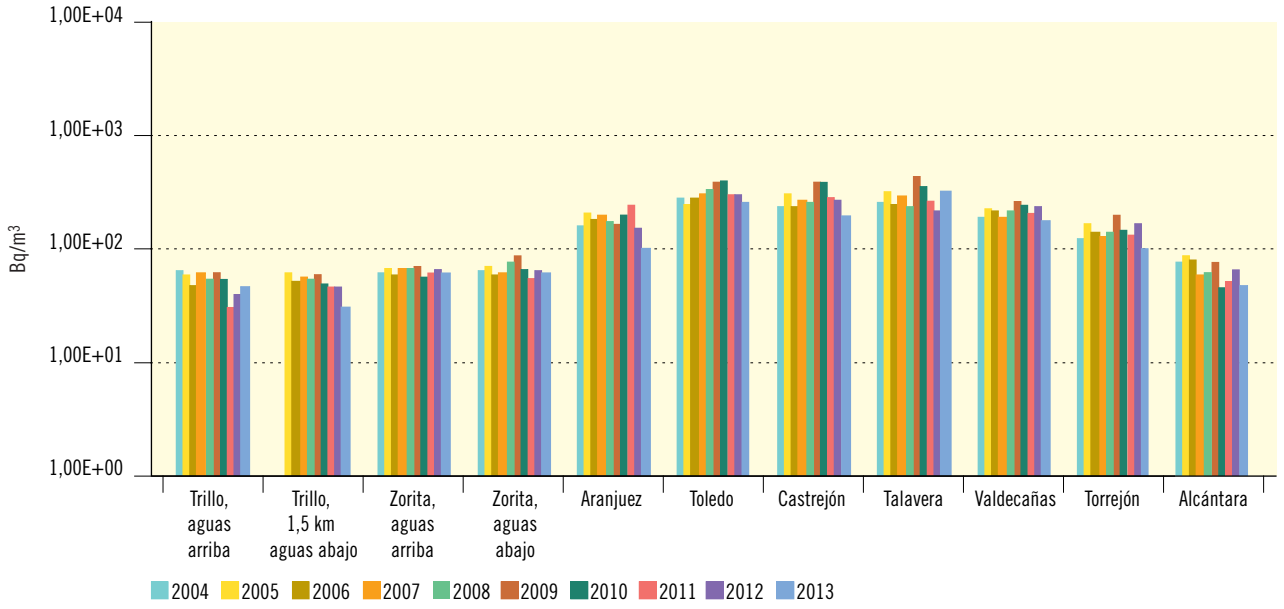


Figura 3.35 Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

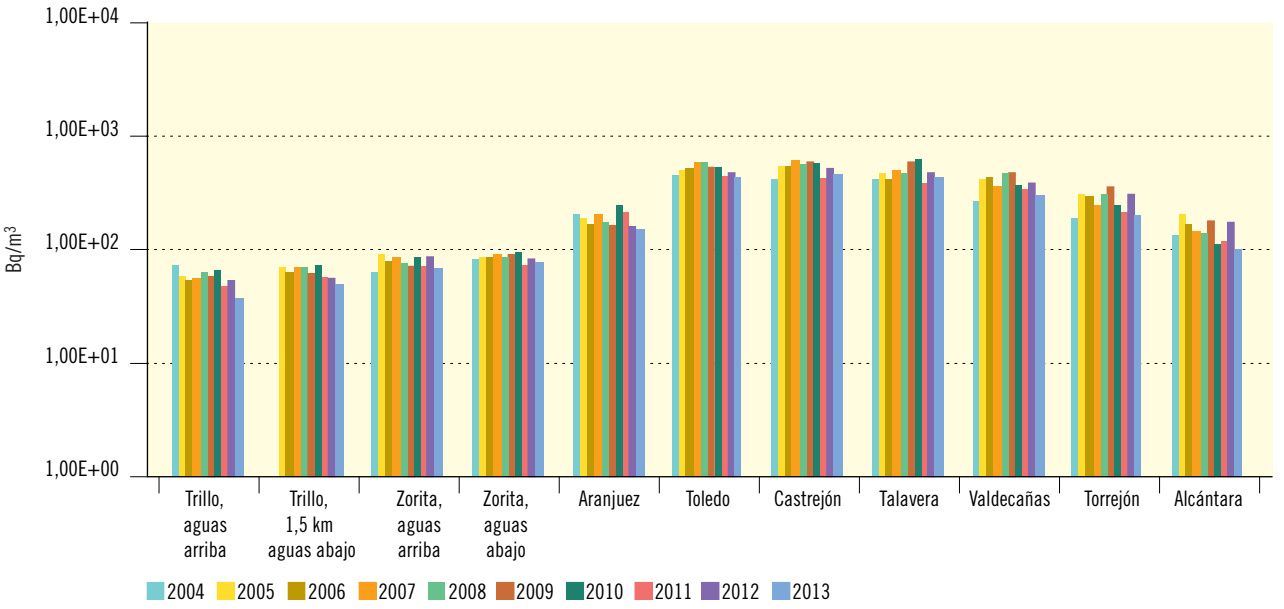


Figura 3.36. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

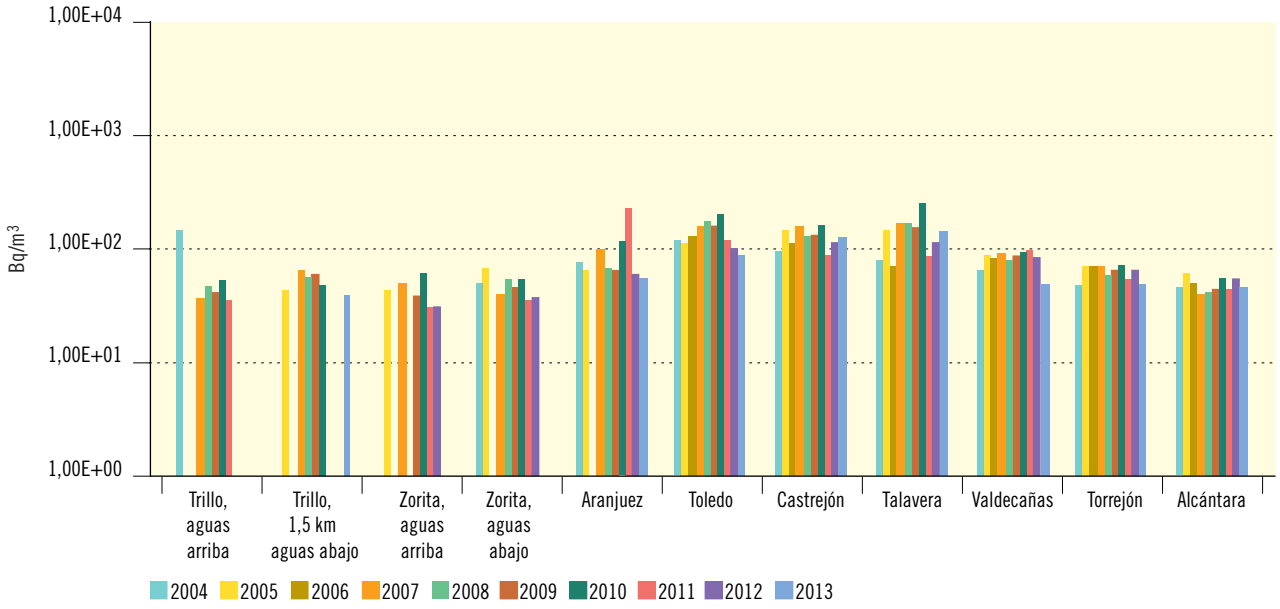
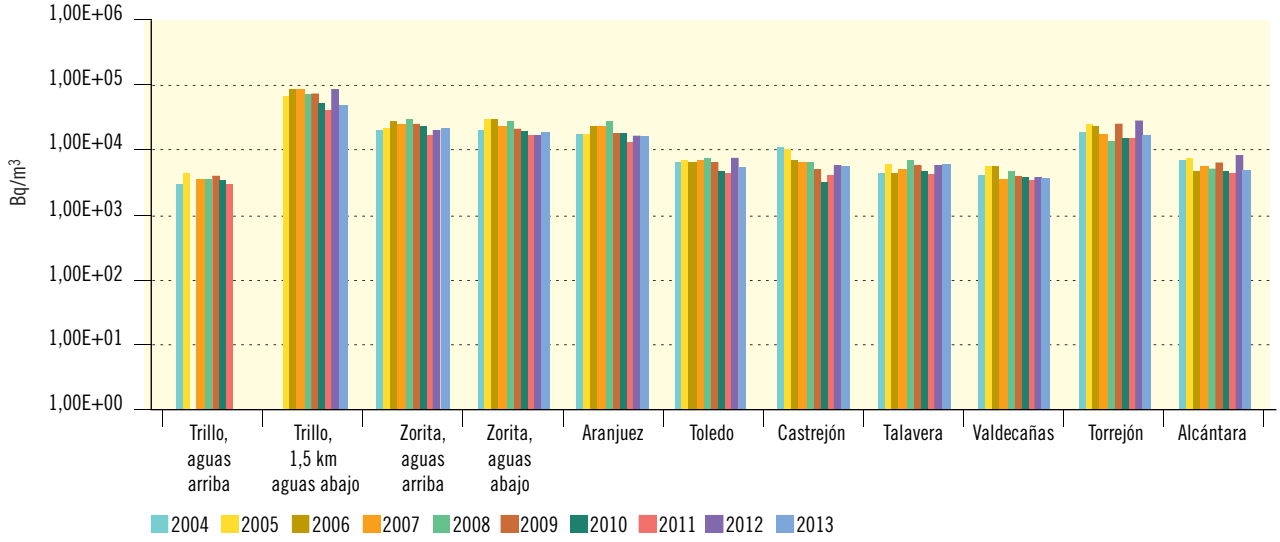


Figura 3.37. Río Tajo

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.38. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

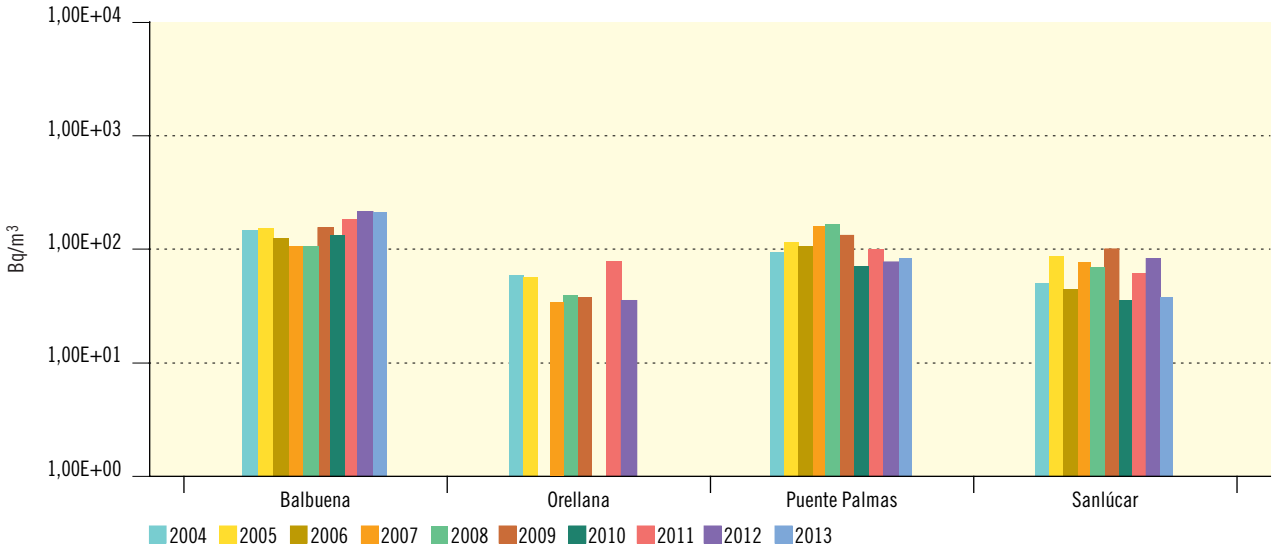


Figura 3.39. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

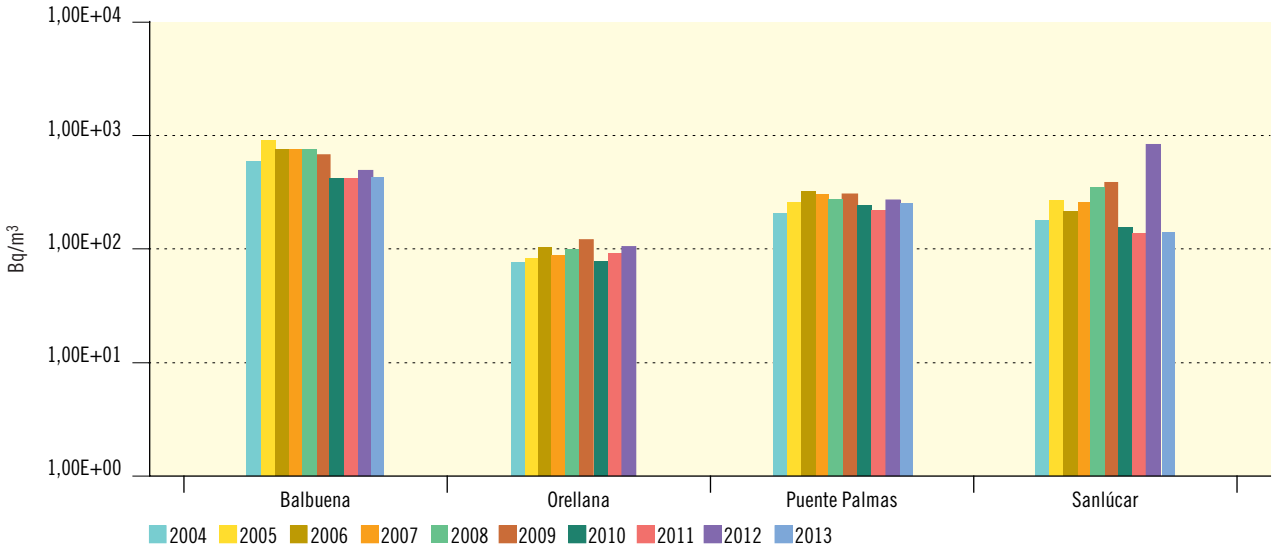


Figura 3.40. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

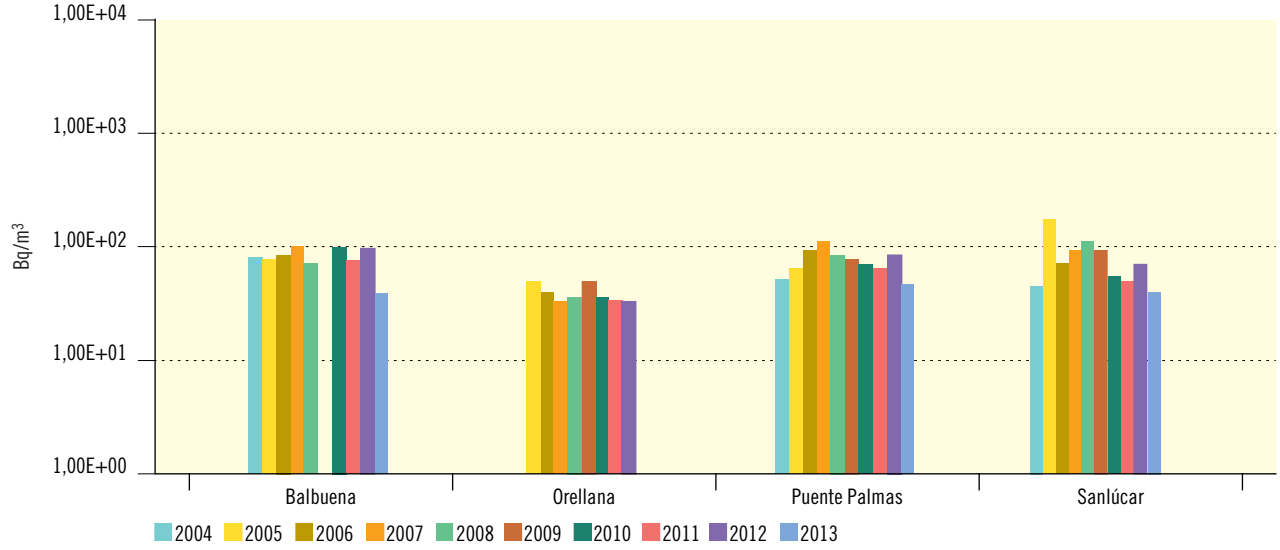
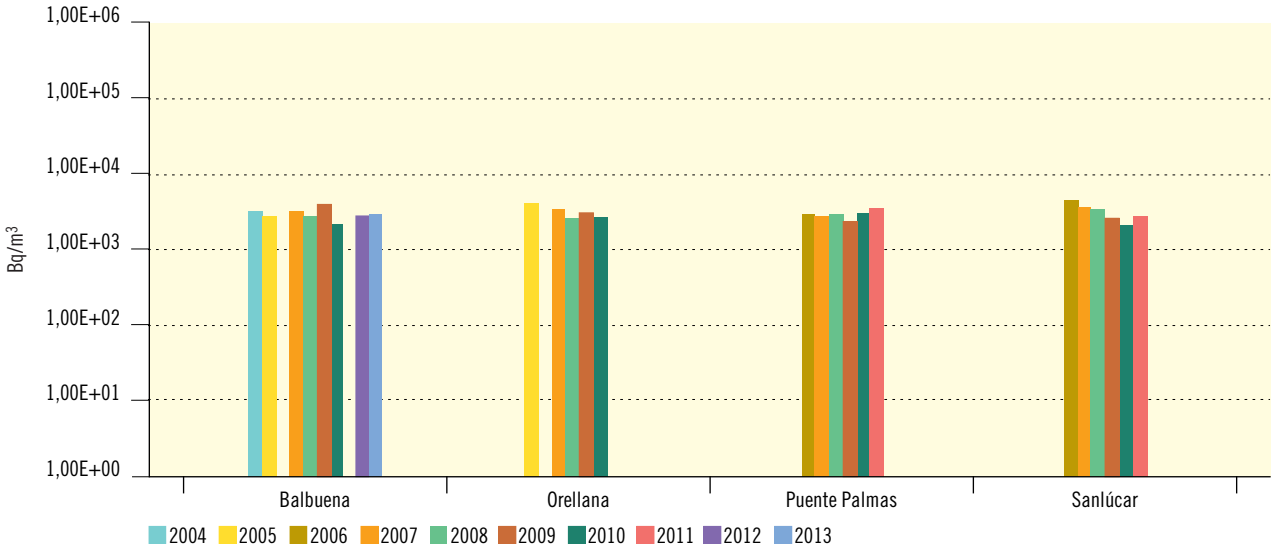


Figura 3.41. Río Guadiana

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadalquivir

Figura 3.42. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

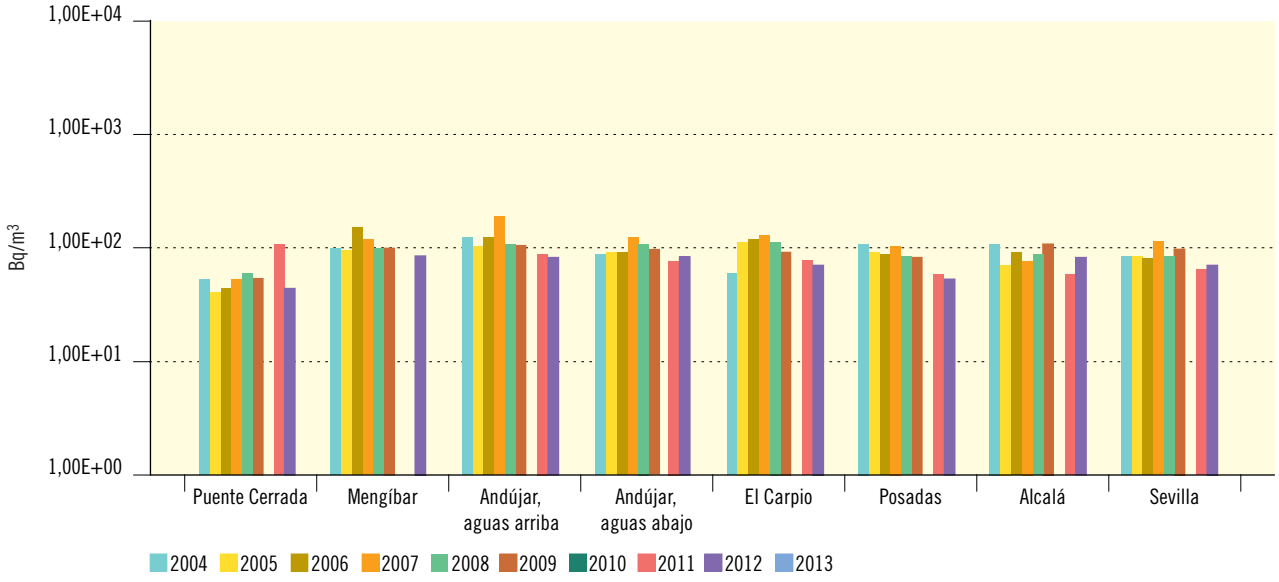


Figura 3.43. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

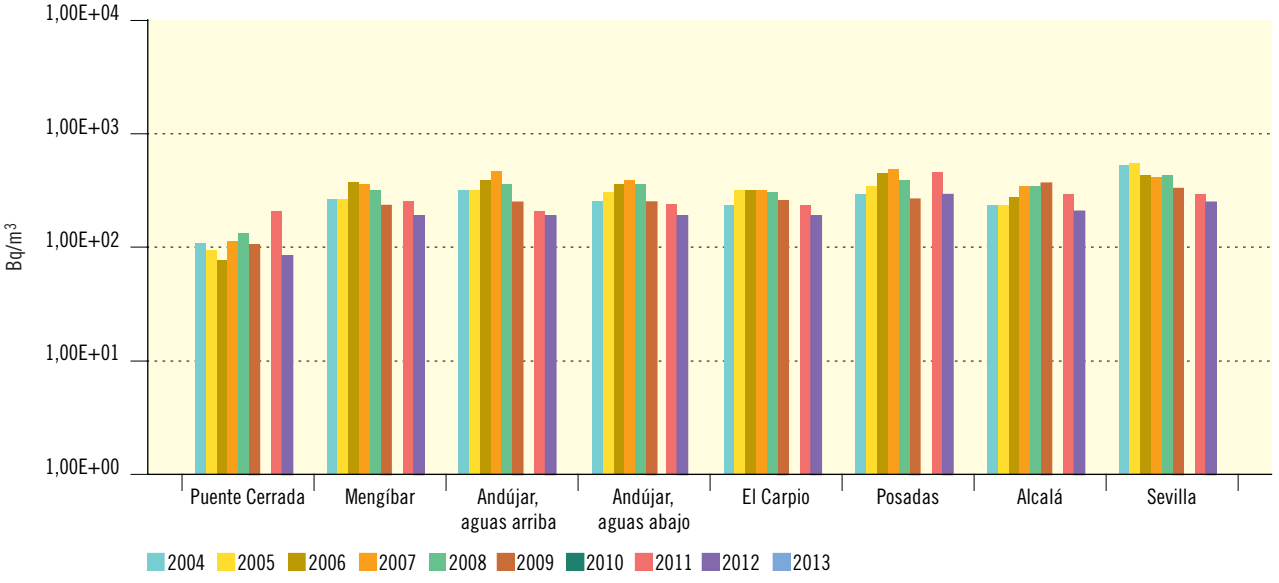


Figura 3.44. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

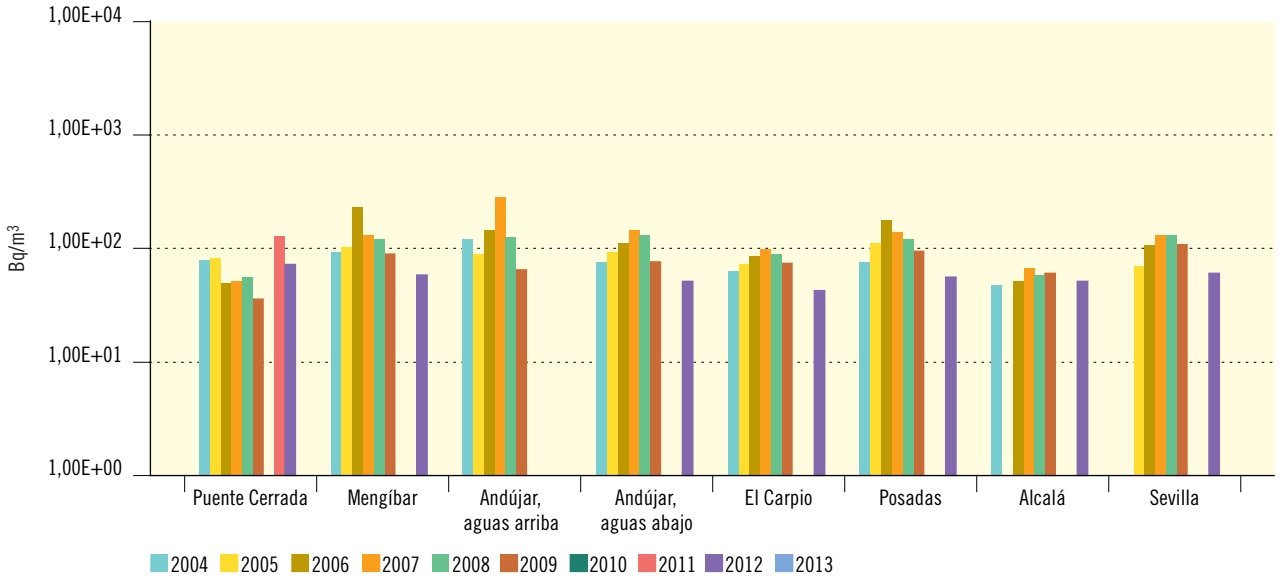
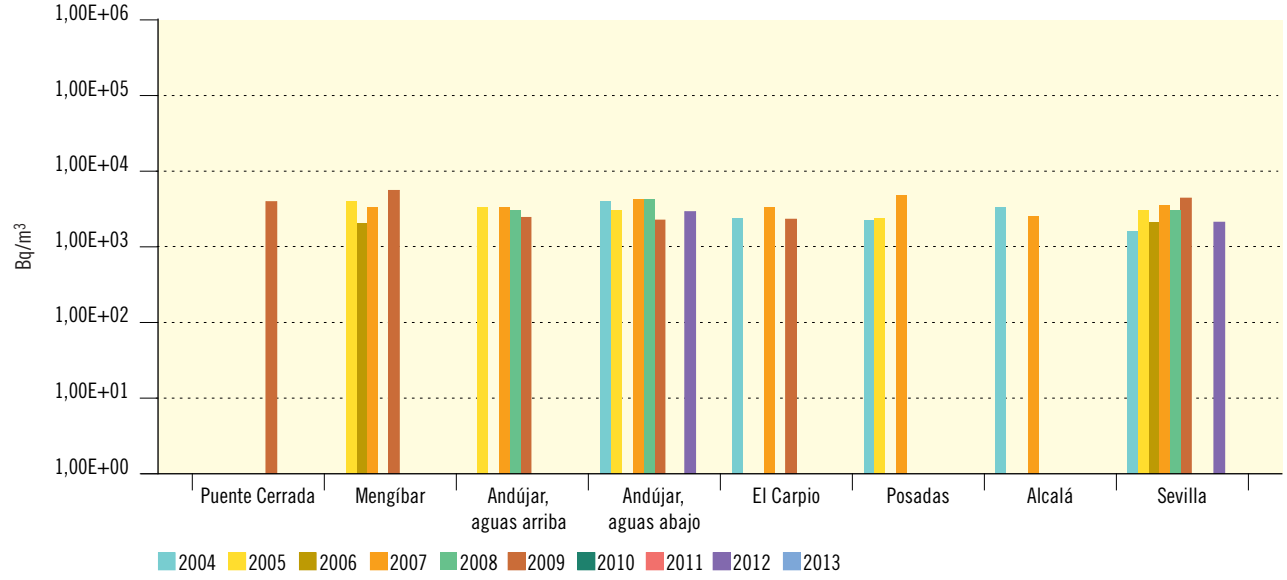


Figura 3.45. Río Guadalquivir

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Segura

Figura 3.46. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

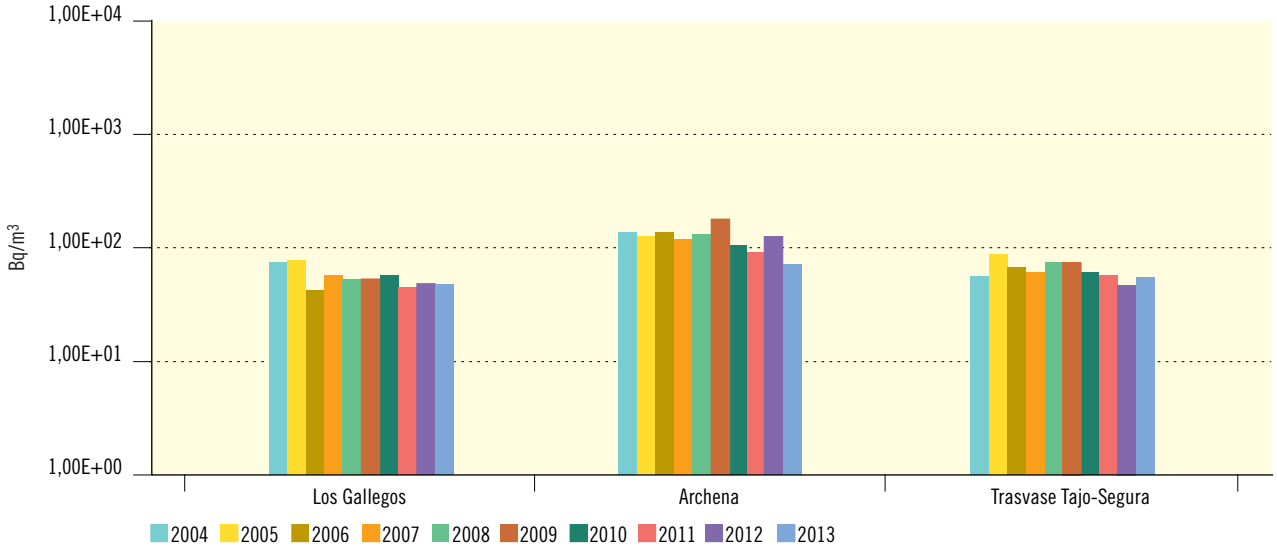


Figura 3.47. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

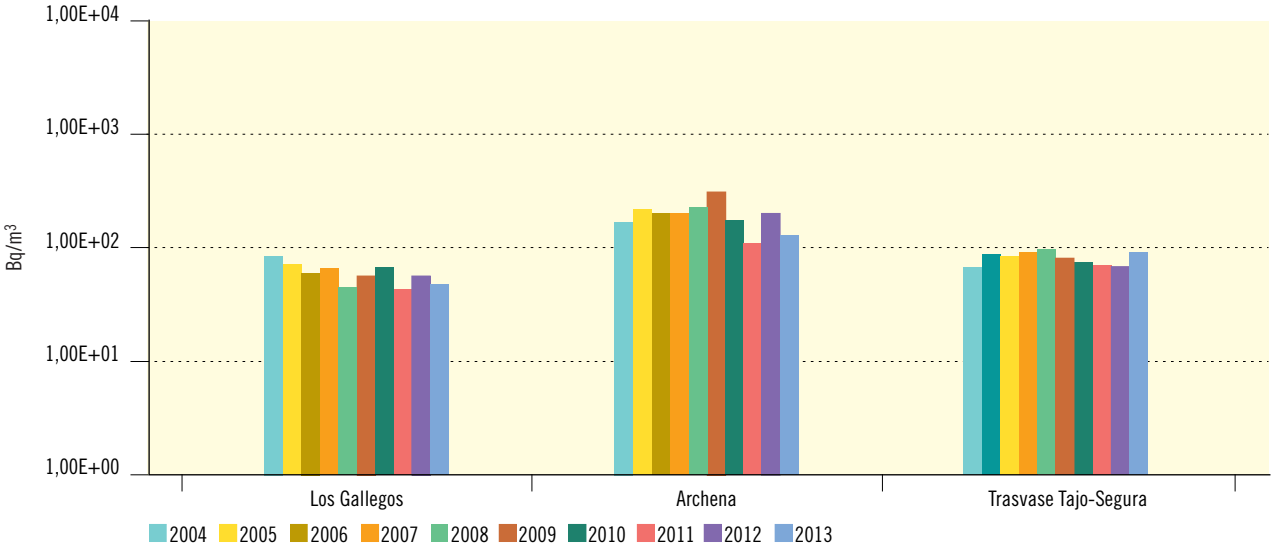


Figura 3.48. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

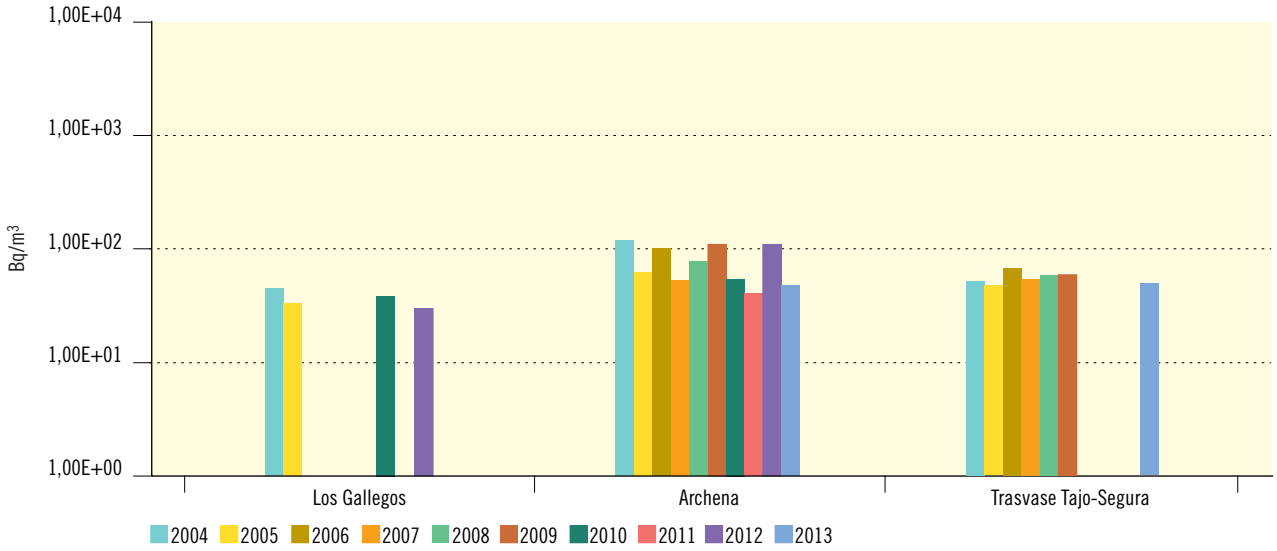
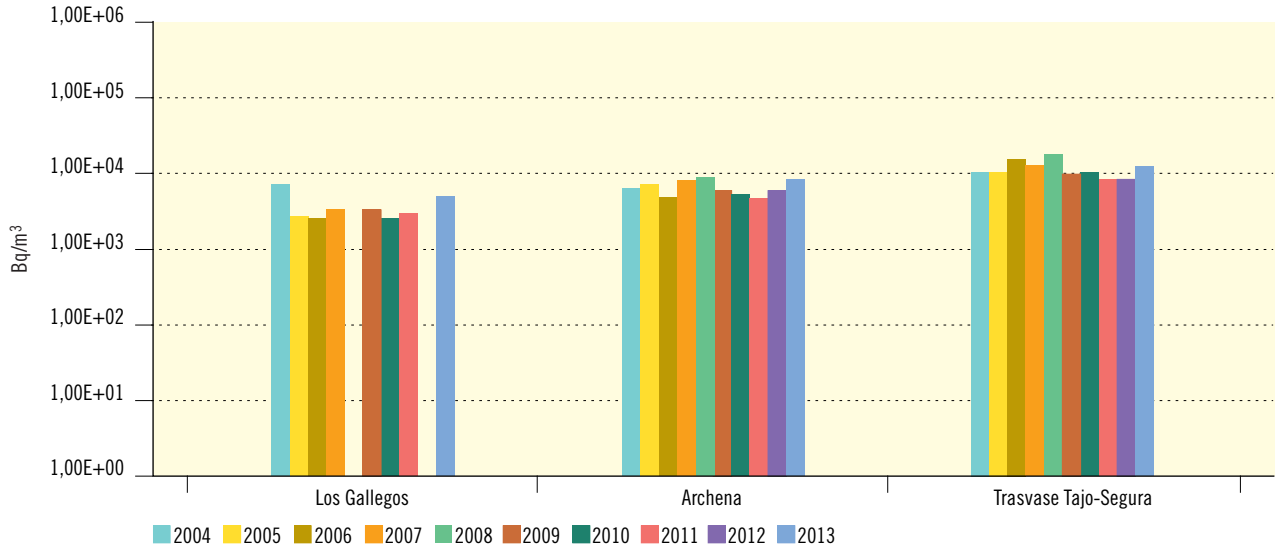


Figura 3.49. Río Segura

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Júcar

Figura 3.50. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

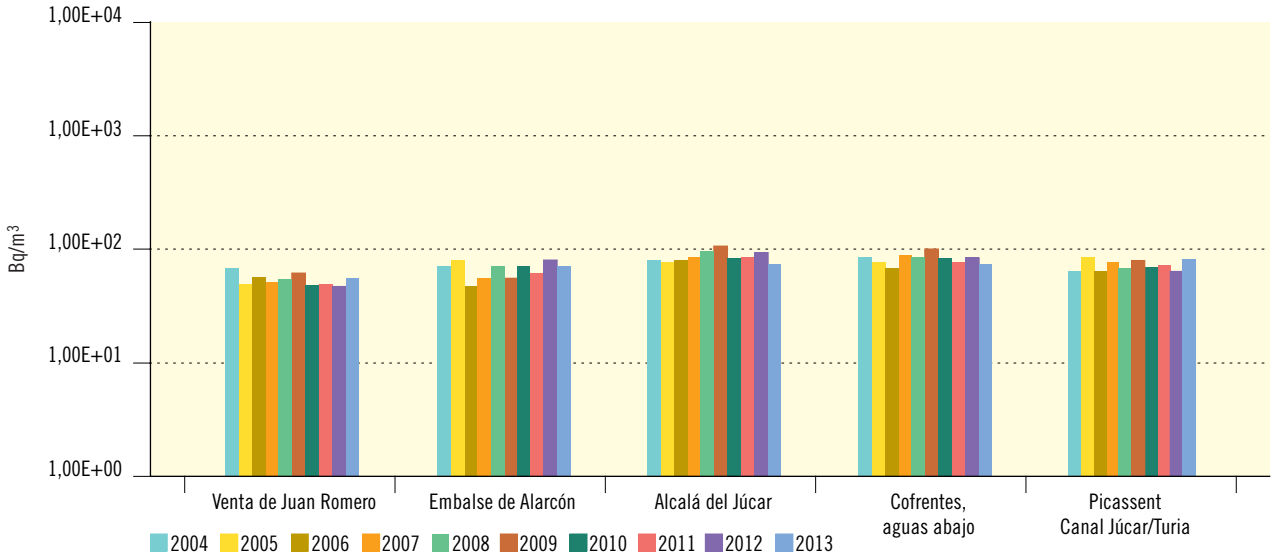


Figura 3.51. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

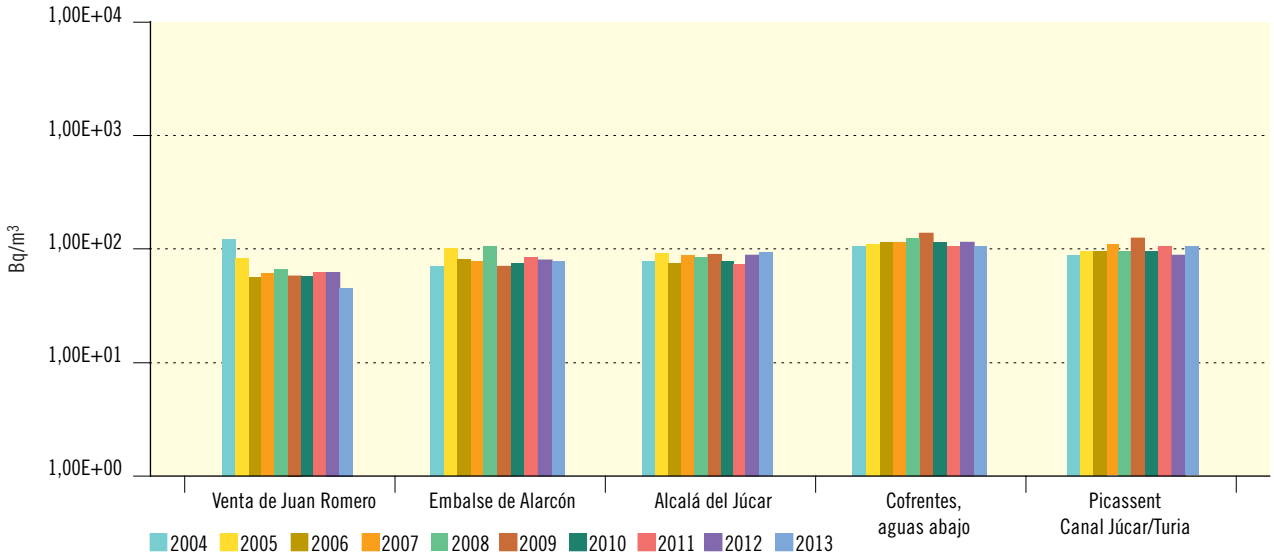


Figura 3.52. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

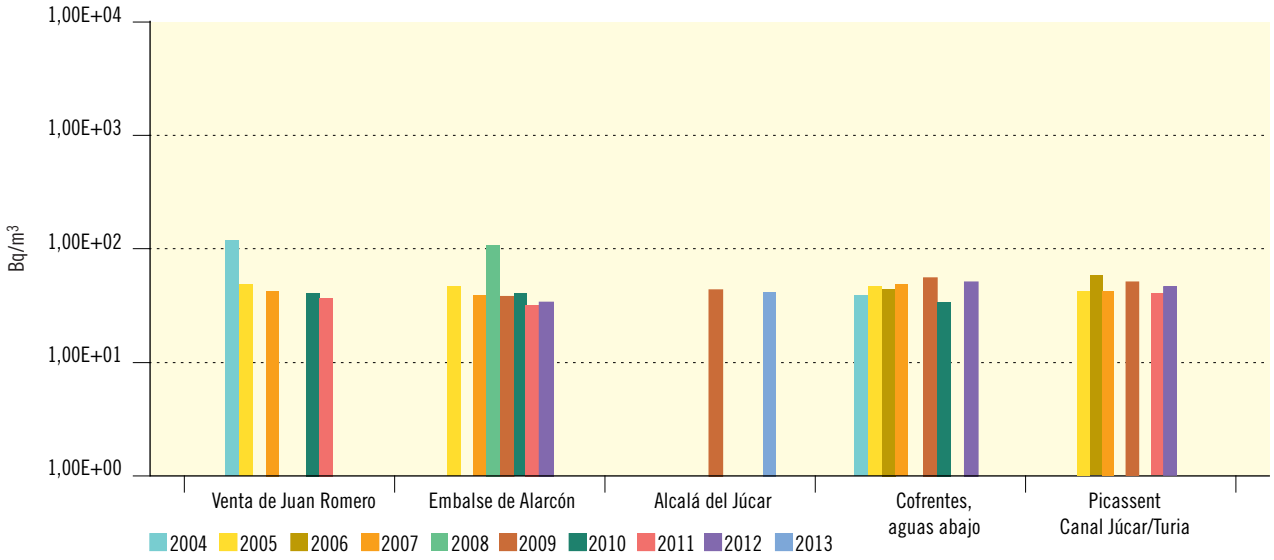
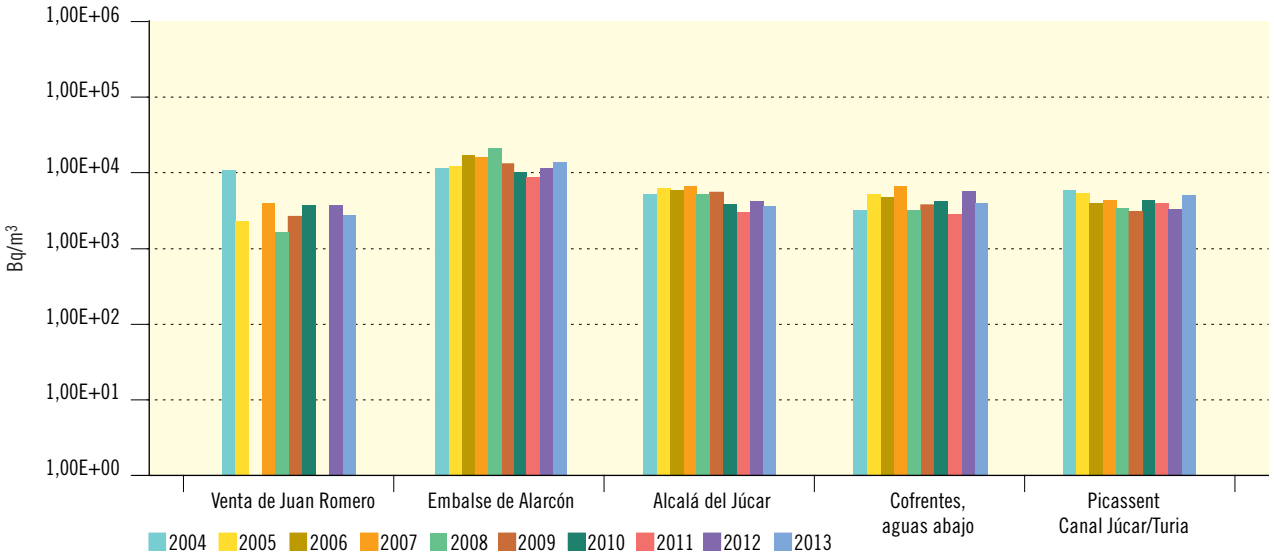


Figura 3.53. Río Júcar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Ebro

Figura 3.54. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

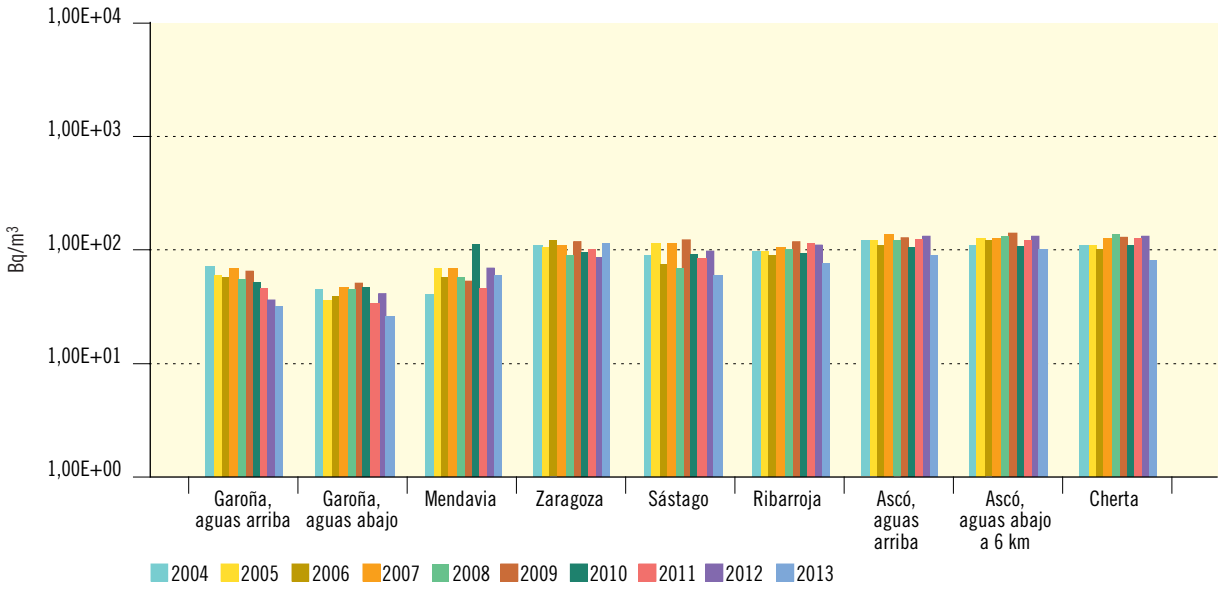


Figura 3.55. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

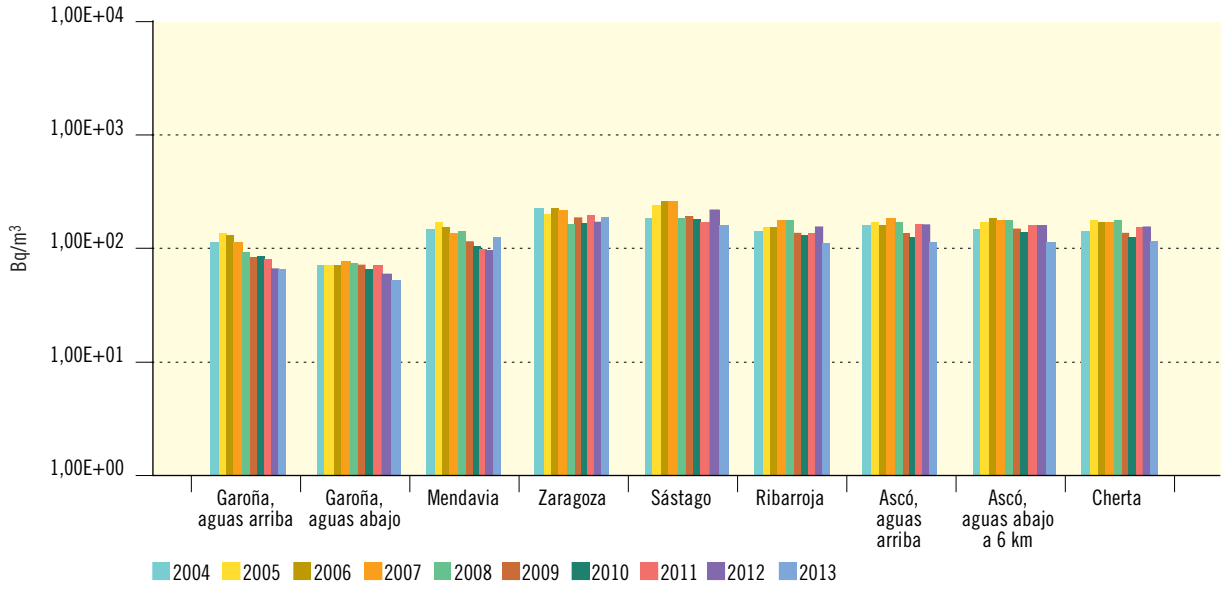


Figura 3.56. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

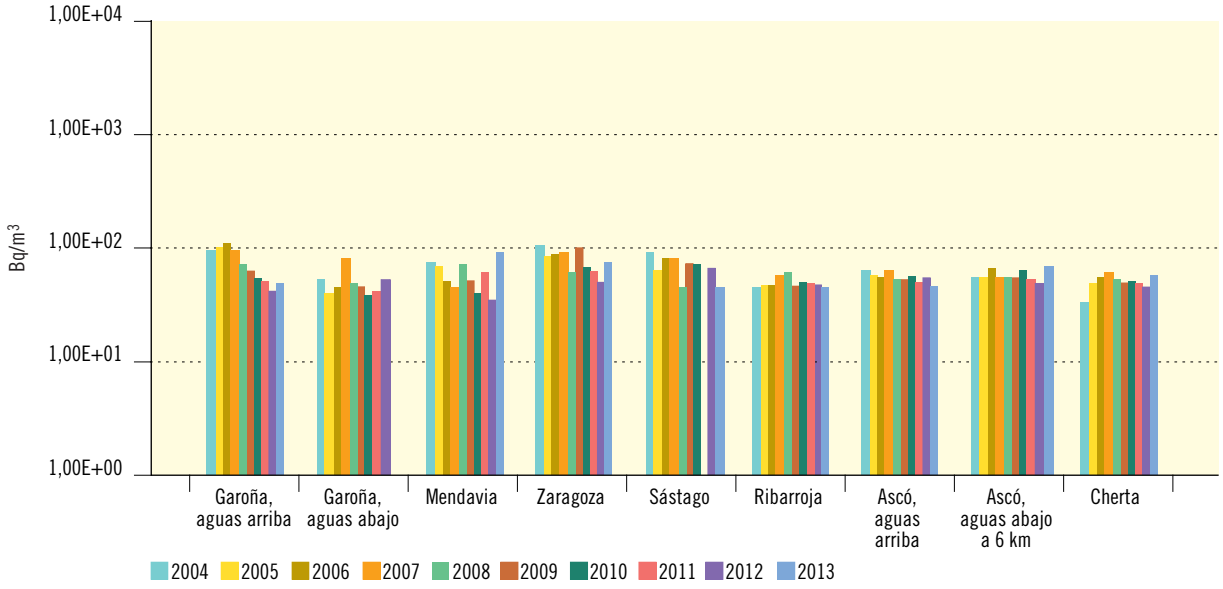
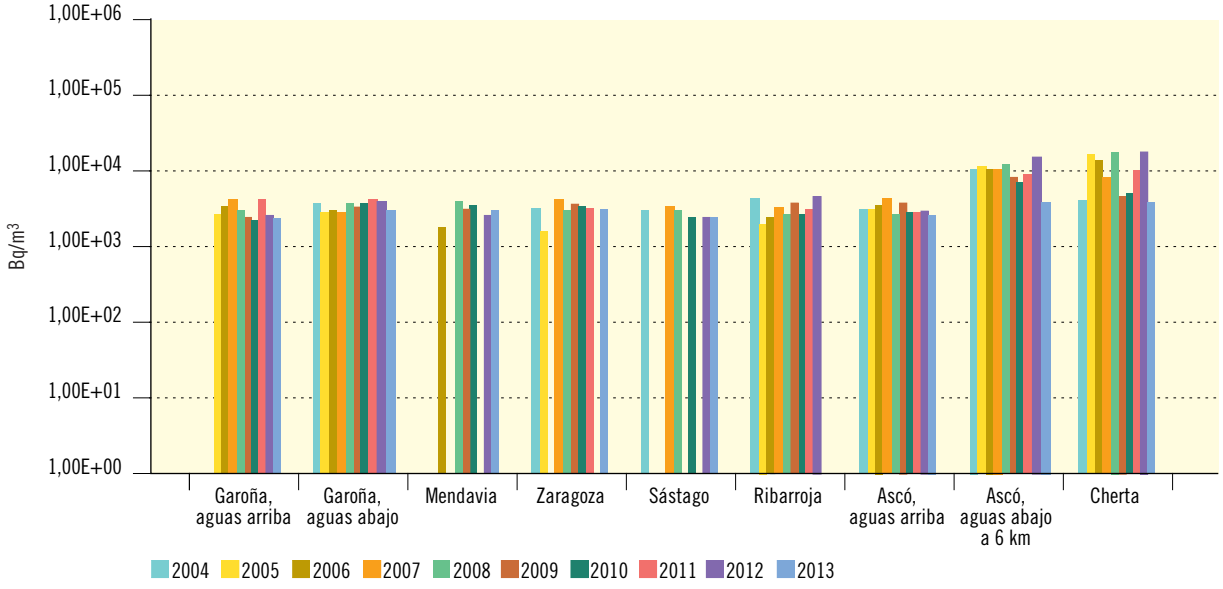


Figura 3.57. Río Ebro

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Cuencas catalanas

Figura 3.58. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

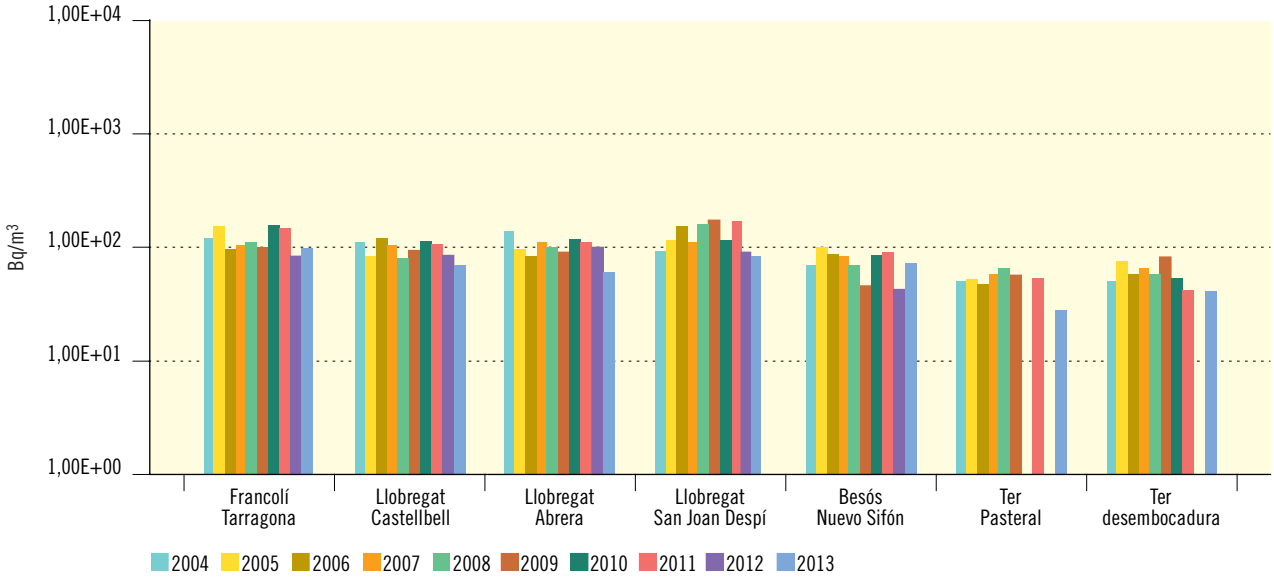


Figura 3.59. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta total

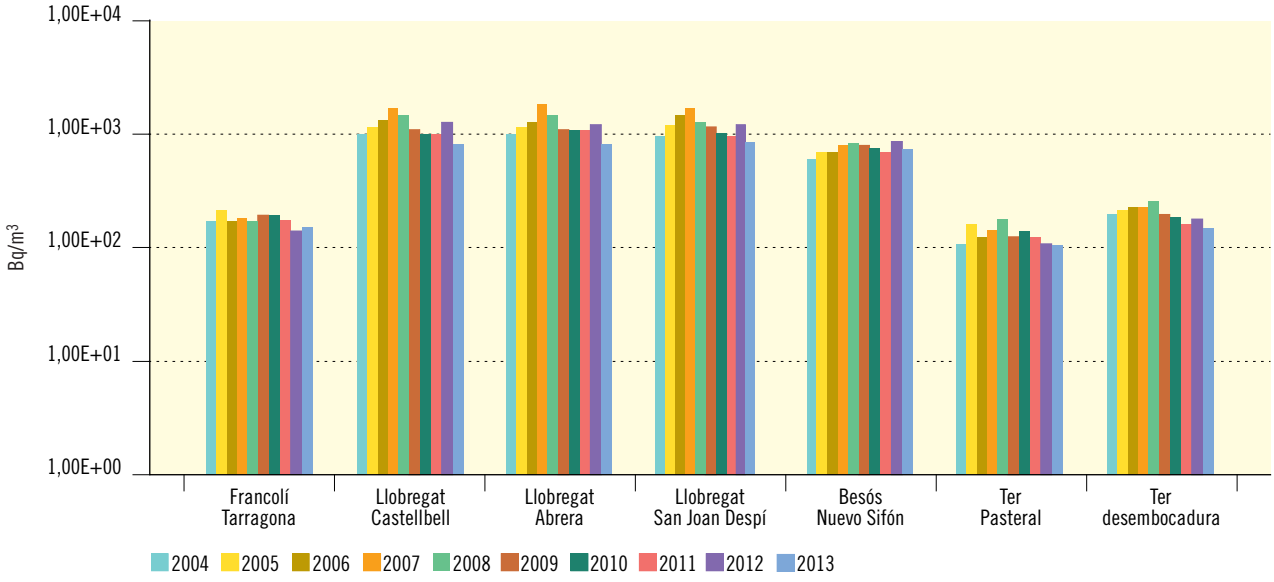


Figura 3.60. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

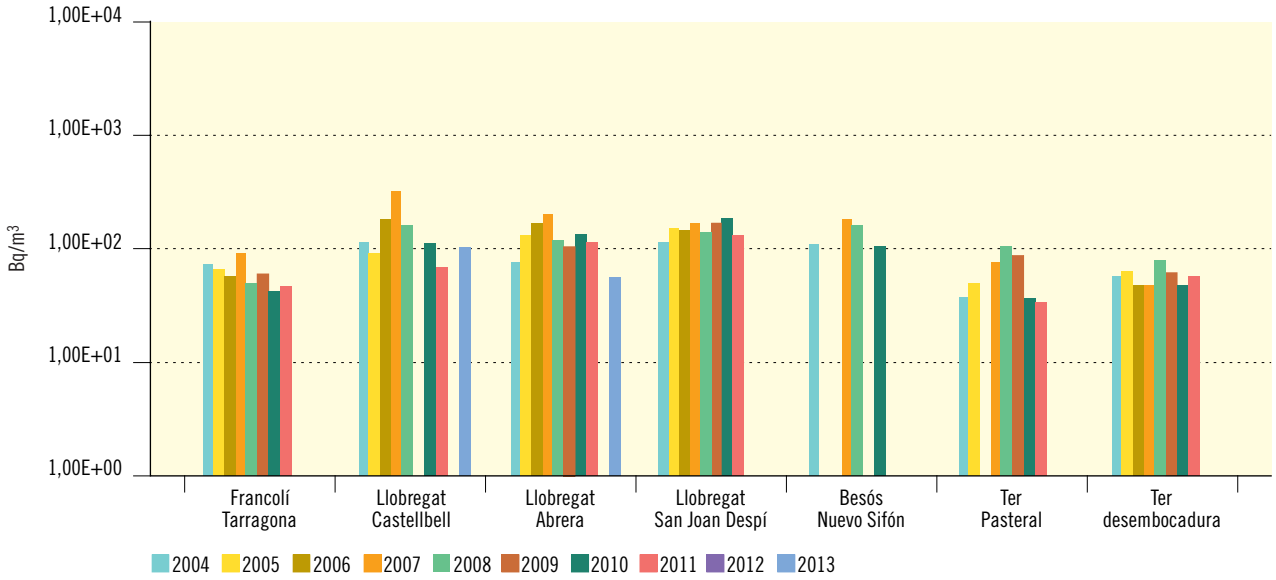


Figura 3.61. Cuencas catalanas

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

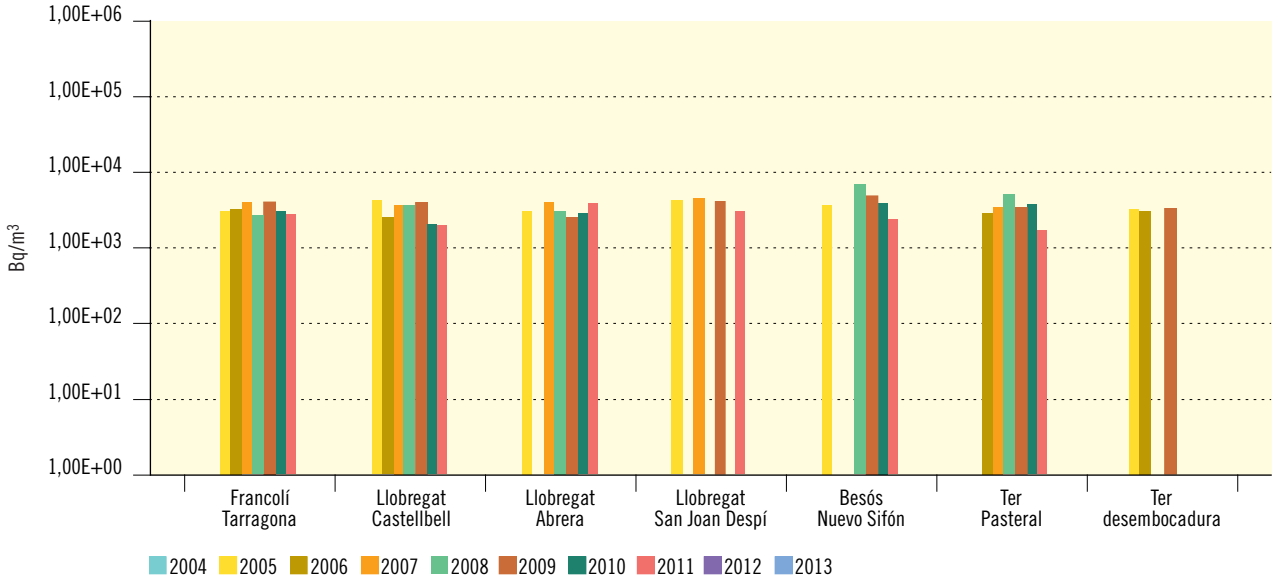


Figura 3.62a. Red de alta sensibilidad. Agua superficial

Evolución temporal de la actividad de Cs-137

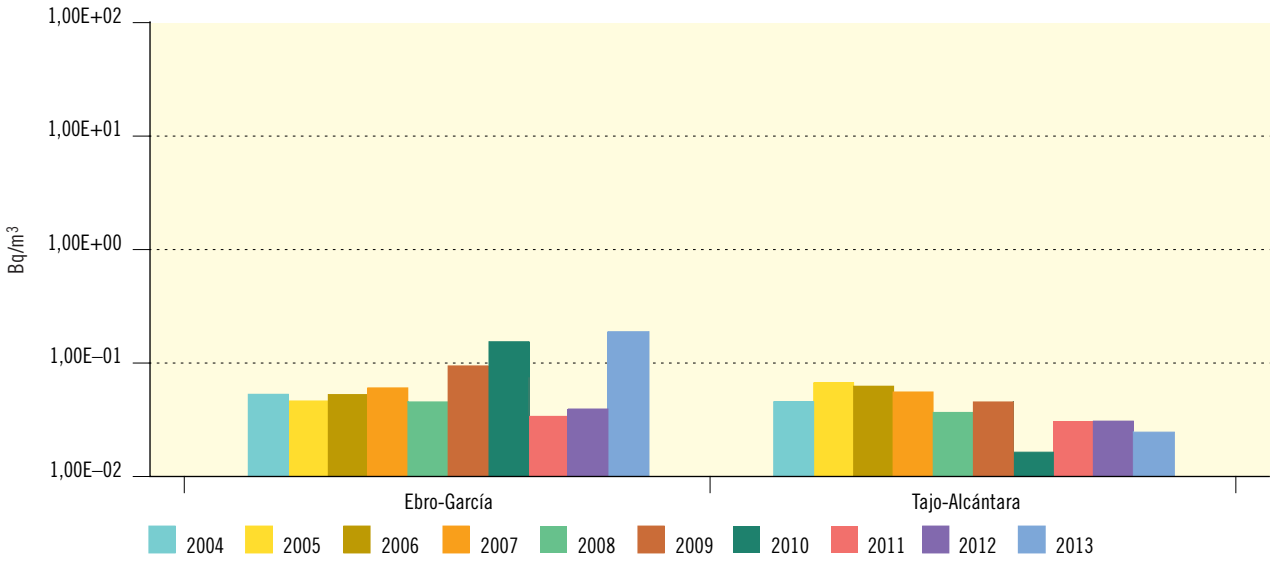
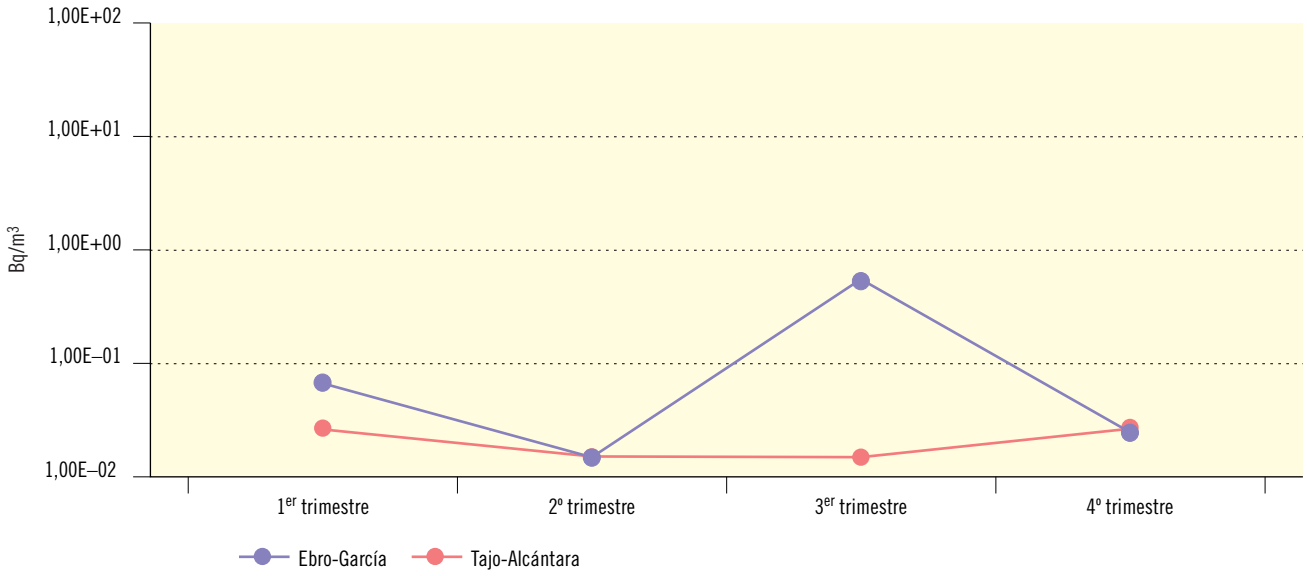


Figura 3.62b. Red de alta sensibilidad. Agua superficial. Concentración de actividad Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	Ebro-García	Tajo-Alcántara
Valor medio	1,61E-01	2,25E-02
Valor máximo	5,44E-01	3,00E-02
Valor mínimo	1,80E-02	1,70E-02
LID máximo	3,10E-02	1,80E-02
LID mínimo	1,40E-02	1,30E-02
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis >LID	4	4
Nº de análisis <LID	0	0

1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras

Estaciones de muestreo

Con el fin de vigilar la calidad del agua del litoral español desde el punto de vista radiológico se estableció una red de estaciones, seleccionadas de forma que por su localización y características pudieran ser representativas del litoral español (principales cabos, puertos y playas sometidas a corrientes marinas o situadas en desembocaduras fluviales).

En la tabla 3.4 figuran las 15 estaciones de muestreo que integran actualmente el programa de la red densa. Su situación a lo largo de las costas españolas se representa en la figura 3.63. Las últimas estaciones incorporadas al programa han sido el puerto de Tarragona en el año 1999, el puerto de Palma de Mallorca en el año 2000, el puerto de Las Palmas en la campaña de 2002 y Garrucha en la campaña de 2006.

Para desarrollar el programa de la red de alta sensibilidad se han seleccionado las estaciones de cabo de Ajo en el mar Cantábrico y cabo de Creus en el mar Mediterráneo.

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

El desarrollo del programa es muy similar a lo indicado en el apartado referido a las muestras de aguas continentales, con la particularidad de que para la recogida de muestras, que se realiza con frecuencia

Figura 3.63. Red de estaciones de muestreo de aguas marinas del CSN



Tabla 3.4. Estaciones de muestreo de agua de mar

Mar Cantábrico	Cabo de Ajo
Océano Atlántico	Cabo Ortegal Cabo Villano Cabo Silleiro Isla Cristina Puerto de Cádiz Estrecho de Gibraltar Puerto de Las Palmas de Gran Canaria
Mar Mediterráneo	Garrucha Puerto de Cartagena Cabo de San Antonio Puerto de Tarragona Puerto de Barcelona Puerto de Palma de Mallorca Cabo de Creus

trimestral, el Cedex cuenta con la colaboración de diversos organismos públicos: Dirección General de Costas, autoridades portuarias, Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima, etc. Las muestras de agua en superficie se toman a una distancia de 10 millas de la costa, excepto en los puertos marítimos indicados, donde las muestras se toman en la bocana.

El programa se puso en marcha en el año 1993 y realiza las mismas determinaciones analíticas que en las aguas continentales, aunque se aplican los procedimientos adecuados a las características salinas de las muestras de agua de mar.

Desde el año 2002 se realiza, además, la determinación de cesio-137 dentro del programa de la red de alta sensibilidad, con la utilización de procedimientos radioquímicos y partiendo, en este caso, de un volumen de agua de mar de 50 litros y un tiempo de medida de, aproximadamente, tres días.

Resultados

Los resultados se presentan gráficamente de acuerdo con los siguientes criterios:

- Valores medios históricos, considerando el periodo 2004 a 2013. La numeración de estas figuras se identifica con la letra "a".

- Información detallada de los valores obtenidos para la campaña de 2013. Se presentan con idéntica numeración que las anteriores, identificadas con la letra "b", y se representan gráficamente los valores medios en el programa de la red densa y los valores puntuales en el caso de la red de alta sensibilidad.

Para el cálculo de los valores medios se consideran solo los valores de concentración de actividad superiores al LID.

Para cada determinación analítica, el conjunto de valores resulta bastante homogéneo entre los puntos de muestreo y en cada uno de ellos, aunque en los últimos años se observa una ligera tendencia descendente en los valores del índice de actividad alfa total y de tritio (figuras 3.64 a 3.67). Además, en el tritio se obtienen valores ligeramente más elevados en alguno de los puntos situados en el mar Mediterráneo (figura 3.67). En la campaña de 2013 solo se detecta actividad beta resto en una de las muestras recogidas en el cabo Silleiro (figura 3.66).

En el programa de la red densa, como en años anteriores, no se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguna de las muestras analizadas. En todas las muestras analizadas para la red de alta sensibilidad (figura 3.68) se ha detectado cesio-137, con valores de concentración de actividad similares a los valores de fondo medidos en otras estaciones de la red espaciada de la red europea.

Figura 3.64a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

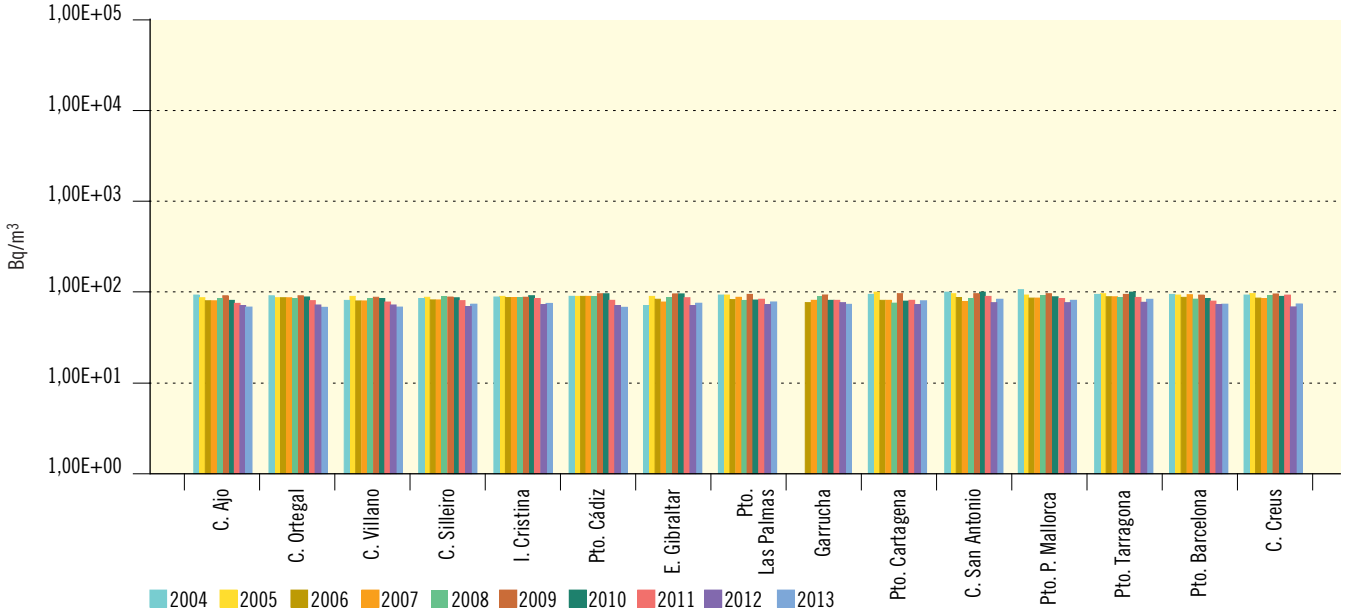
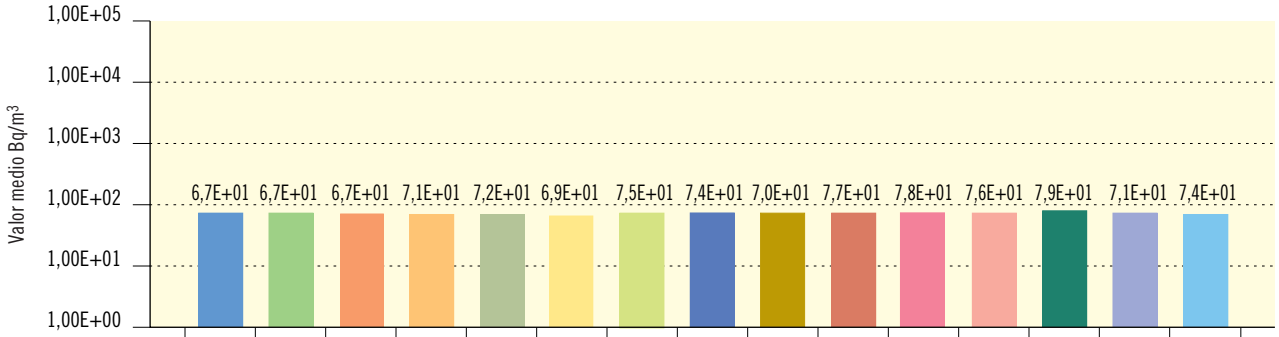


Figura 3.64b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	7,01E+01	7,33E+01	7,07E+01	7,20E+01	7,83E+01	7,75E+01	9,26E+01	7,88E+01	7,56E+01	9,30E+01	8,09E+01	7,71E+01	9,03E+01	7,37E+01	8,33E+01
Valor mínimo	6,48E+01	6,14E+01	6,29E+01	6,71E+01	6,73E+01	6,08E+01	6,60E+01	6,67E+01	6,28E+01	6,02E+01	7,40E+01	7,46E+01	7,40E+01	6,69E+01	5,80E+01
Nº total de análisis	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis >LID	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.65a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

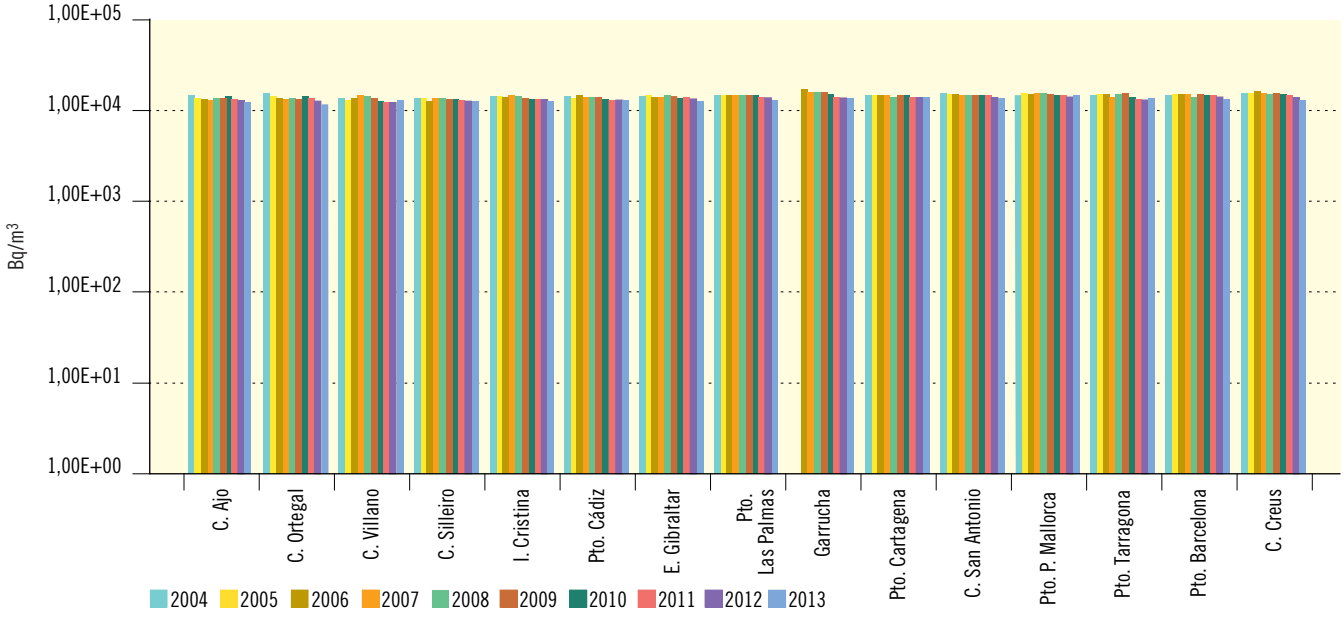
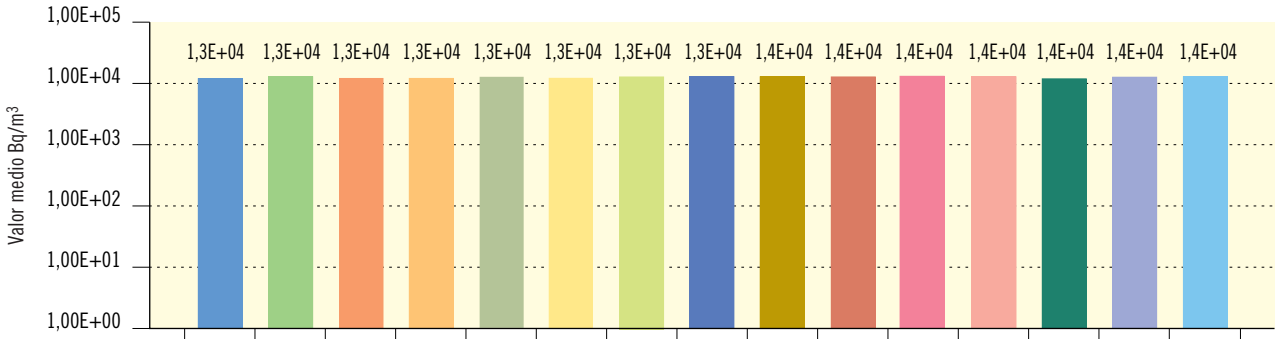


Figura 3.65b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,31E+04	1,30E+04	1,35E+04	1,39E+04	1,38E+04	1,38E+04	1,39E+04	1,37E+04	1,40E+04	1,45E+04	1,46E+04	1,49E+04	1,44E+04	1,45E+04	1,42E+04
Valor mínimo	1,26E+04	1,24E+04	1,32E+04	1,26E+04	1,22E+04	1,27E+04	1,29E+04	1,27E+04	1,32E+04	1,37E+04	1,38E+04	1,39E+04	1,31E+04	1,30E+04	1,37E+04
Nº total de análisis	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis >LID	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.66a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

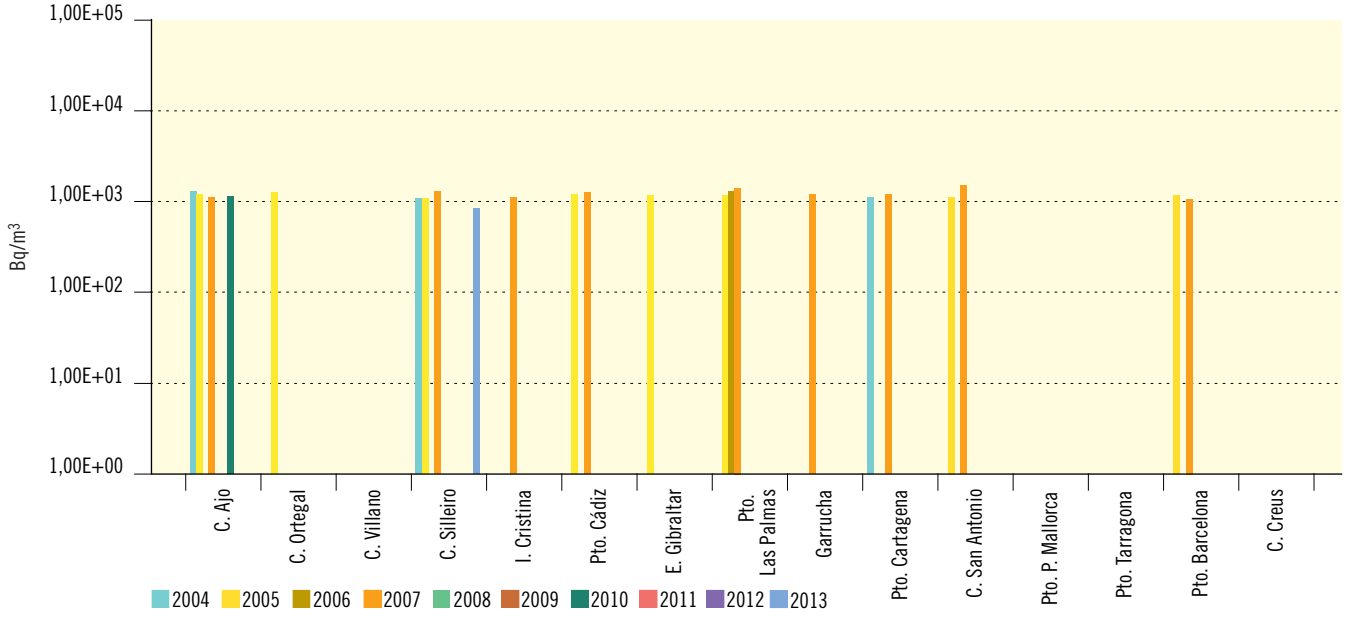
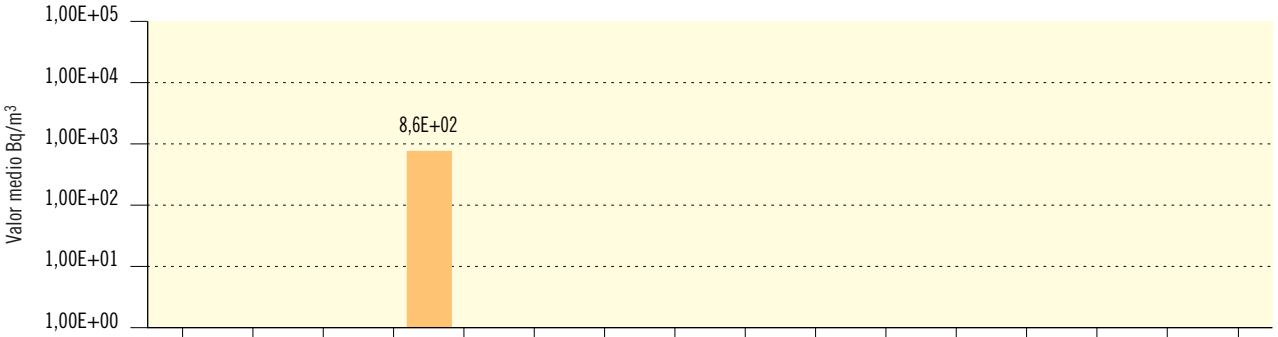


Figura 3.66b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo				8,57E+02											
Valor mínimo				8,57E+02											
Nº total de análisis	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis >LID	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis <LID	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4

Figura 3.67a. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

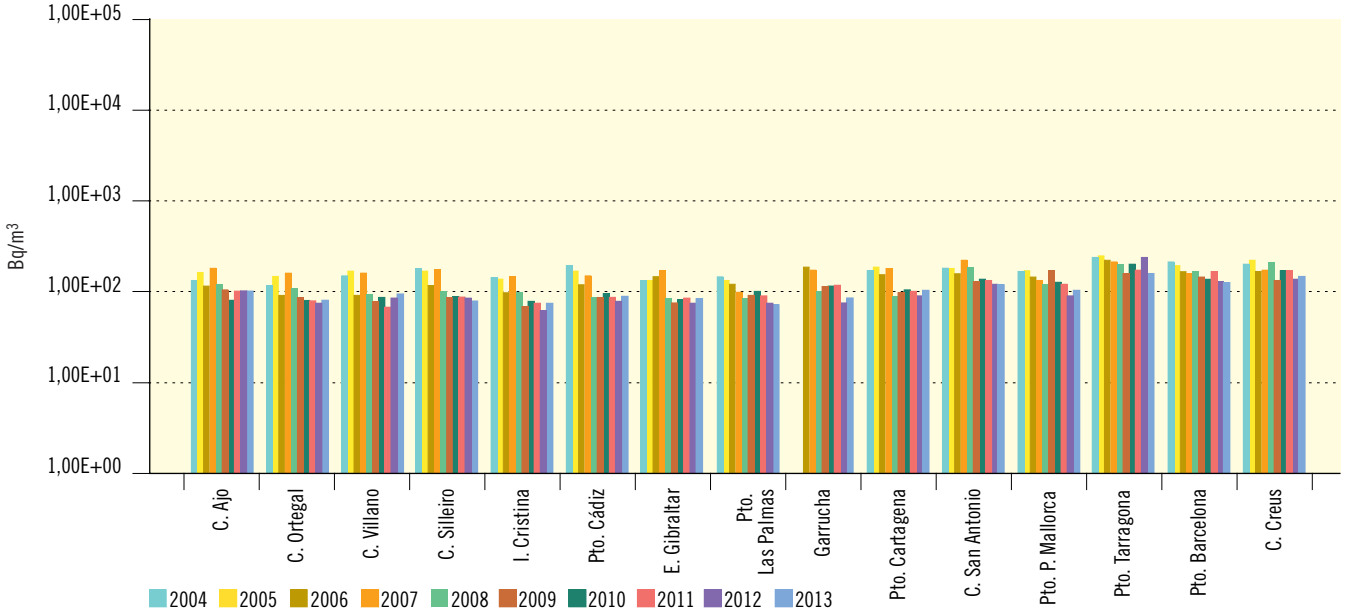
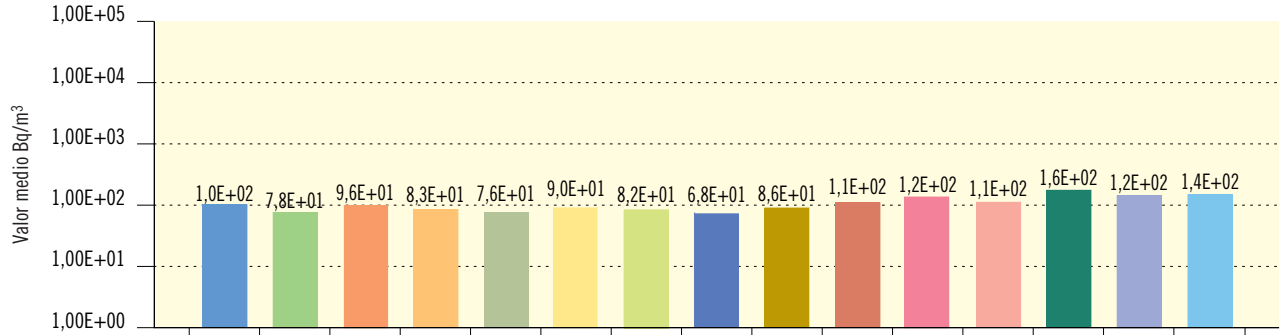


Figura 3.67b. Agua de mar. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,16E+02	8,61E+01	1,08E+02	9,80E+01	9,25E+01	1,09E+02	1,07E+02	8,15E+01	9,94E+01	1,18E+02	1,34E+02	1,31E+02	2,08E+02	1,44E+02	1,81E+02
Valor mínimo	7,84E+01	7,02E+01	8,17E+01	6,16E+01	5,94E+01	7,89E+01	6,80E+01	6,30E+01	7,40E+01	9,52E+01	1,04E+02	8,19E+01	1,20E+02	1,11E+02	1,03E+02
Nº total de análisis	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis > LID	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.68a. Red de alta sensibilidad. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

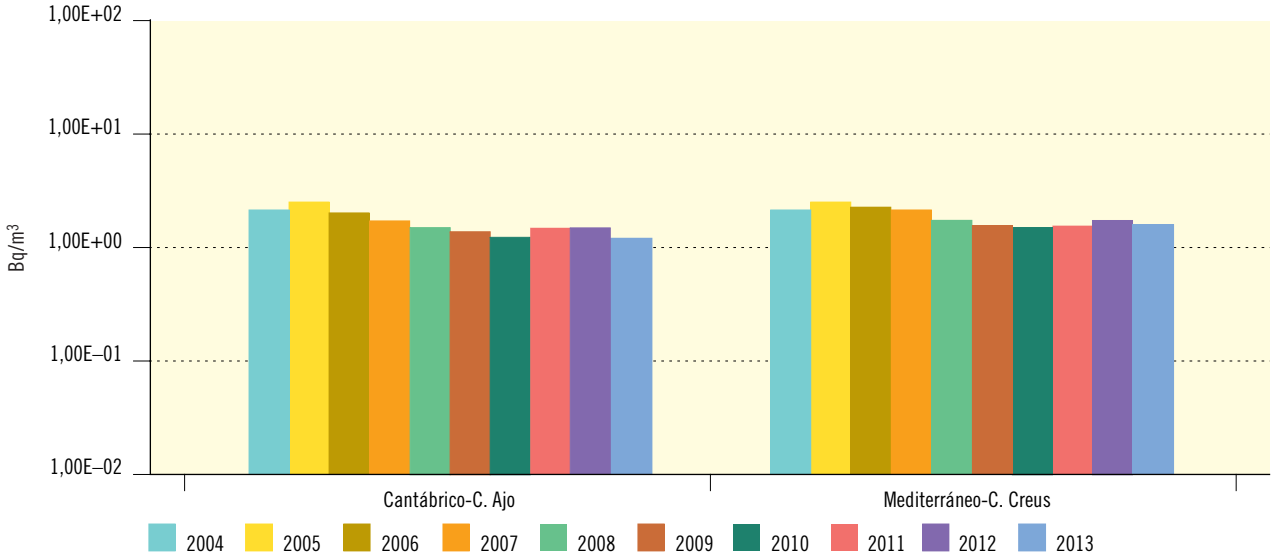
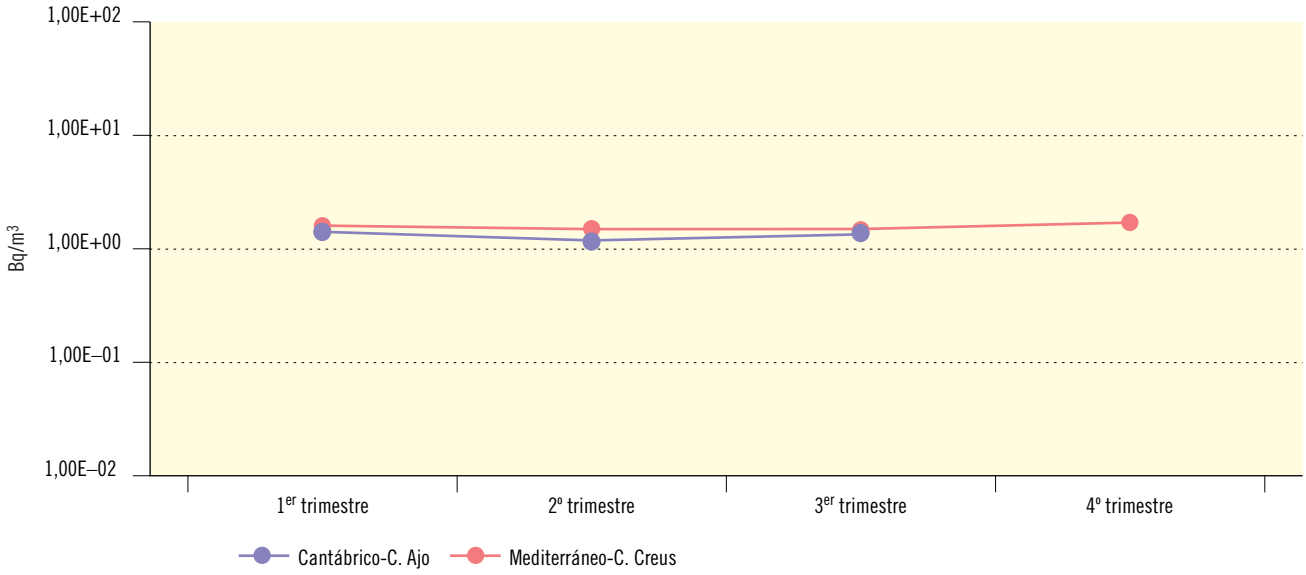


Figura 3.68b. Red de alta sensibilidad. Agua de mar. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2013



Estación	Cantábrico-C. Ajo	Mediterráneo-C. Creus
Valor medio	1,36E+00	1,62E+00
Valor máximo	1,42E+00	1,72E+00
Valor mínimo	1,27E+00	1,48E+00
LID máximo	2,14E-01	2,32E-01
LID mínimo	1,88E-01	1,85E-01
Nº total de análisis	3	4
Nº de análisis > LID	3	4
Nº de análisis < LID	0	0

RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)

4

1. Estaciones automáticas

La Red de Estaciones Automáticas tiene por objetivo la vigilancia en tiempo real de la radiactividad en la atmósfera. Está integrada por 24 estaciones distribuidas por todo el territorio nacional y por una estación situada en Portugal, que comparte emplazamiento con la estación portuguesa de Penhas Douradas.

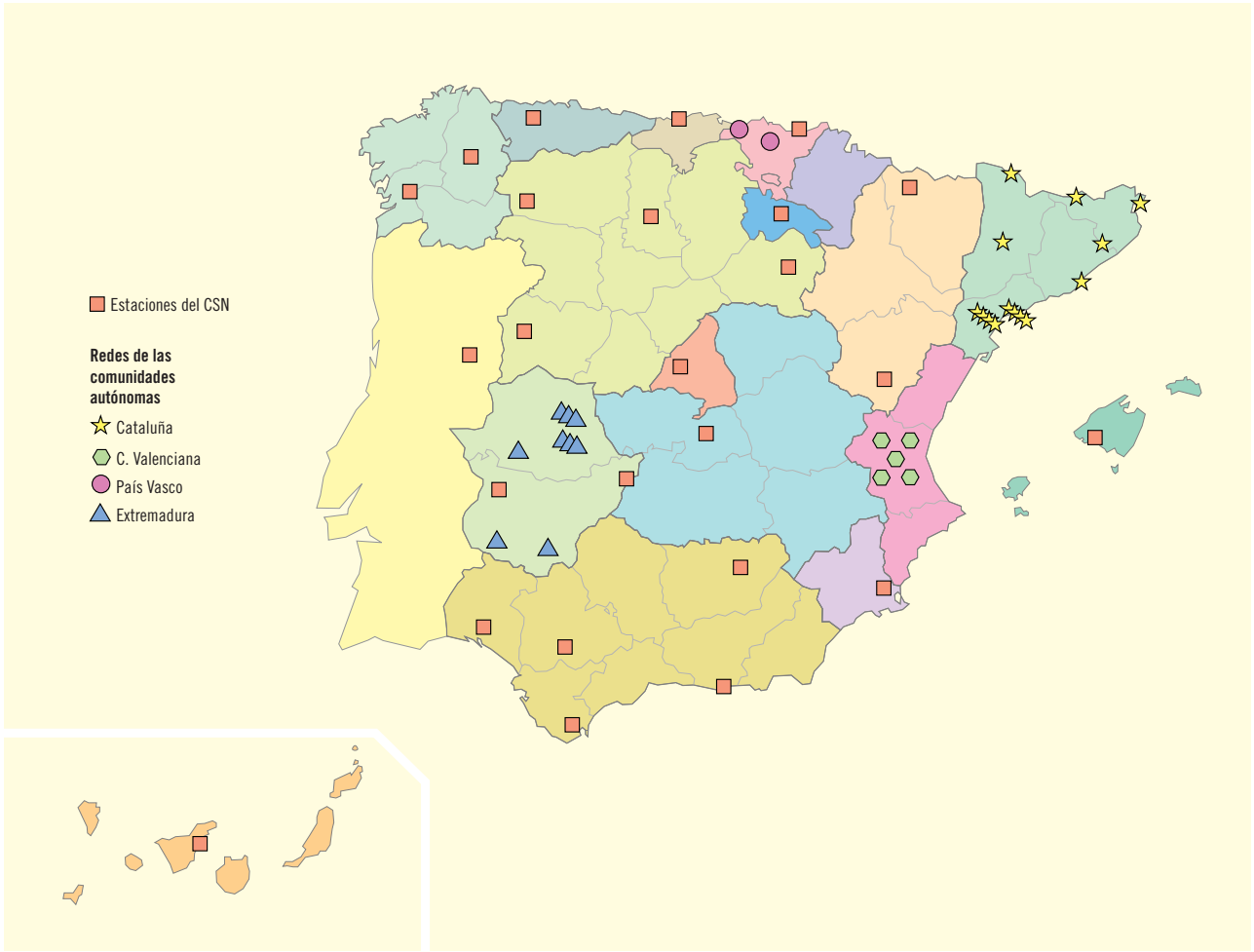
La recepción, gestión y análisis de los datos obtenidos en las estaciones se hace desde el Centro de Supervisión y Control (CSC) situado en la Sala de Emergencias (Salem) del CSN. Esto permite el seguimiento permanente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por la REA.

A través de acuerdos específicos en esta materia, el CSN tiene acceso a los datos de estaciones de las redes automáticas de vigilancia de las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña, País Vasco y Junta de Extremadura.

Después de más de 20 años de operación de la REA, se ha decidido, como en gran número de países de nuestro entorno, acometer una modernización de la red, teniendo en cuenta los avances tecnológicos disponibles en la actualidad tanto desde el punto de vista del equipamiento radiométrico como de las conexiones y comunicaciones automáticas con la Salem.

En este proceso de modernización se tendrán en cuenta los resultados de los estudios realizados por el Grupo Técnico de Renovación de la REA, así como los

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental (Revira)
Red de Estaciones Automáticas (REA)



resultados de los proyectos de investigación sobre el funcionamiento de diferentes tipos de detectores, que están llevando a cabo varias universidades españolas.

También se está realizando un análisis de la renovación que diversos países europeos están acometiendo en sus redes automáticas de vigilancia radiológica.

En este proceso de modernización además se considerarán las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima en relación con las redes de vigilancia para situaciones de emergencia.

En la figura 4.1 se presenta la ubicación de estas estaciones.

2. Diseño de la REA

Las estaciones de la REA, por acuerdo entre la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet) y el CSN, se sitúan junto a estaciones automáticas de Aemet y comparten, en la mayoría de ellas, infraestructura y sistema de comunicaciones.

Cada una de las estaciones se compone de:

- Una estación radiológica automática (ERA).
- Un discriminador selectivo de comunicaciones.

Además, junto a la estación radiológica automática se sitúa una estación meteorológica automática (EMA) de Aemet.

Cada estación dispone de la instrumentación necesaria para medir las variables que se indican en la tabla 4.1.

La red ha alcanzado un alto nivel de disponibilidad. Las pérdidas ocasionales de datos se han producido por causas diversas relacionadas con las comunicaciones, trabajos de mantenimiento, cambio de emplazamiento o circunstancias ajenas a la red.

En la página web del CSN (http://www.csn.es) se facilita información sobre el valor medio diario y el valor medio mensual de la tasa de dosis gamma medida en cada una de las estaciones automáticas de la red del CSN y de las redes valenciana, catalana, extremeña y vasca. También se dispone de un archivo histórico de estos datos para consultas sobre periodos de tiempo más extensos.



El CSN participa en el programa de intercambio de datos de las redes automáticas de vigilancia radiológica de la Unión Europea, Programa EURDEP (European Union Radiological Data Exchange Platform) y remite, diariamente, los datos de las estaciones automáticas de vigilancia radiológica: la información se encuentra disponible a través de Internet en la dirección https://eurdep.jrc.ec.europa.eu.

Tabla 4.1

Variables radiológicas	Variables meteorológicas
Tasa de dosis gamma (γ)	Velocidad del viento
Concentración de actividad alfa (α)	Dirección del viento
Concentración de actividad beta (β)	Temperatura del aire
Concentración de actividad de I-131	Humedad relativa del aire
Concentración de actividad de radón	Precipitación
	Presión atmosférica

3. Resultados

Los resultados de las medidas realizadas en todas las estaciones muestran valores característicos del fondo radiológico ambiental. En la tabla 4.2 se recogen los valores medios de tasa de dosis obtenidos en el año 2013 en cada una de las estaciones de la red.

Tabla 4.2. Red de Estaciones Automáticas

Año 2013

Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora	Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora
1. Agoncillo (Rioja)	0,13	23. Tarifa (Cádiz)	0,12
2. Andújar (Jaén)	0,10	24. Tenerife	0,11
3. Autilla del Pino (Palencia)	0,12	25. Teruel	0,12
4. Herrera del Duque (Badajoz)	0,18	26. Cofrentes (Red valenciana)	0,14
5. Huelva	0,10	27. Cofrentes Central (Red valenciana)	0,13
6. Jaca (Huesca)	0,13	28. Pedrones (Red valenciana)	0,13
7. Lugo	0,13	29. Jalance (Red valenciana)	0,16
8. Madrid	0,19	30. Cortes de Pallás (Red valenciana)	0,16
9. Motril (Granada)	0,11	31. Almadraba (Red catalana)	0,11
10. Murcia	0,11	32. Ascó (Red catalana)	0,12
11. Oviedo (Asturias)	0,11	33. Bilbao (Red vasca)	0,08
12. Palma de Mallorca	0,09	34. Vitoria (Red vasca)	0,08
13. Penhas Douradas (Portugal)	0,24	35. Almaraz (Red extremeña)	0,13
14. *Ponferrada (León)	0,13	36. Cáceres (Red extremeña)	0,09
15. Pontevedra	0,17	37. Fregenal (Red extremeña)	0,08
16. Quintanar de la Orden (Toledo)	0,15	38. Malcocinado (Red extremeña)	0,10
17. Saelices el Chico (Salamanca)	0,16	39. Miravete (Red extremeña)	0,11
18. San Sebastián (Guipúzcoa)	0,09	40. Navalmoral (Red extremeña)	0,11
19. Santander	0,11	41. Romangordo (Red extremeña)	0,13
20. Sevilla	0,09	42. Saucedilla (Red extremeña)	0,12
21. Soria	0,14	43. Serrejón (Red extremeña)	0,10
22. Talavera la Real (Badajoz)	0,11	44. Talayuela (Red extremeña)	0,12

* Al final de diciembre de 2012 la estación de la REA ubicada en Almázcara fue trasladada a Ponferrada.

ANEXO

I. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2013

1. Instalaciones en explotación

1.1. Centrales nucleares[1]

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	S.M. Garoña[2]	Trillo	Vandellós II
Gases nobles	1,45E+13	3,36E+13	1,35E+11	6,87E+12	ND	2,50E+11	4,80E+10
Alfa total	7,17E+04	1,46E+03	1,82E+03	5,98E+04	1,02E+04	ND	ND
Ag-110m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co-58	ND	4,63E+03	1,46E+06	5,16E+04	ND	ND	7,07E+07
Co-60	3,64E+05	2,71E+06	3,27E+06	2,32E+06	6,96E+05	ND	2,35E+07
Cs-134	ND	3,69E+03	ND	ND	ND	ND	ND
Cs-137	6,75E+05	1,21E+06	1,06E+06	6,93E+05	ND	ND	5,40E+04
C-14	2,89E+11	1,64E+11	1,88E+11	5,23E+11	4,64E+09	6,75E+10	2,03E+11
H-3	2,68E+12	7,85E+11	2,69E+11	1,01E+12	5,23E+11	5,93E+11	4,82E+11
I-131	ND	ND	ND	6,22E+07	3,48E+05	ND	5,25E+05
Mn-54	ND	ND	ND	1,25E+06	4,33E+05	ND	1,89E+06
Sr-90	1,63E+04	2,31E+04	4,70E+04	2,36E+06	1,15E+05	ND	ND
Otros radionucleidos	9,87E+01	1,47E+06	2,69E+06	1,03E+09	ND	ND	6,26E+07

1 ND: no detectado. 2 En cese definitivo de explotación desde el 6 de julio de 2013.

1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	El Cabril
Alfa total	8,03E+04	1,00E+04
Beta total	–	5,74E+04
Actividad gamma	–	ND
H-3	–	5,96E+08
C-14	–	9,52E+06

2. Instalaciones en fase de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia

2.1. Centrales nucleares

2.1.1. Central nuclear Vandellós I

	Vandellós I
Am-241	2,29E+02
Co-60	1,25E+02
Cs-137	1,48E+02
Sr-90	2,95E+02
C-14	1,25E+02
Otros radionucleidos	5,45E+03

La central se encuentra en fase de latencia. A lo largo del año 2013, en concreto en los meses de mayo y diciembre, se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos para mantener la atmósfera interior del cajón en depresión.

2.1.2. Central nuclear José Cabrera

La central se encuentra en fase de desmantelamiento desde el día 1 de febrero de 2010, fecha en la que se aprobó que Enresa asumiera la titularidad de la instalación e iniciara su desmantelamiento. A lo largo del año 2013 se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos al medio ambiente como consecuencia de las tareas de desmantelamiento realizadas.

	José Cabrera[1]
Co-60	2,24E+05
Cs-137	1,43E+06
H-3	4,04E+09
Otros radionucleidos	ND

[1] ND: no detectado.

2.2. Instalaciones del ciclo del combustible

2.2.1. Planta Quercus

Debido al cese de las actividades productivas no se han generado efluentes gaseosos radiactivos a lo largo del año 2013.

2.3. Centros de investigación

2.3.1. Ciemat

Como consecuencia de las tareas realizadas en el marco del Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat (Proyecto PIMIC), en el año 2013 se han liberado efluentes radiactivos gaseosos pero su actividad ha sido siempre inferior al límite de detección.

II. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2013

1. Instalaciones en explotación

1.1. Centrales nucleares[1]

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	S.M. Garoña[2]	Trillo	Vandellós II
Alfa total	ND	ND	ND	ND	8,17E+04	ND	2,57E+06
Ag-110m	2,14E+08	1,44E+08	2,05E+08	ND	ND	7,44E+06	2,13E+07
Co-58	6,83E+08	3,49E+08	2,96E+09	4,36E+06	1,30E+06	7,04E+06	7,80E+08
Co-60	8,41E+08	3,63E+08	2,05E+09	7,89E+07	2,53E+07	6,53E+07	2,69E+09
Cs-134	8,31E+08	1,43E+08	2,10E+07	3,36E+06	2,12E+06	3,12E+06	2,60E+07
Cs-137	7,34E+08	2,09E+08	6,02E+07	2,81E+07	1,32E+07	1,10E+07	8,95E+07
H-3	4,45E+13	8,06E+12	7,77E+12	5,19E+11	4,21E+11	1,82E+13	2,48E+13
I-131	1,00E+07	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn-54	5,92E+07	1,44E+07	6,92E+07	1,43E+07	3,60E+06	3,70E+06	7,44E+07
Sr-90	7,40E+06	6,89E+08	3,70E+07	3,20E+06	3,94E+05	ND	7,63E+06
Otros radionucleidos	2,29E+09	1,83E+09	2,45E+09	1,32E+08	1,40E+07	1,62E+08	3,57E+09

1 ND: no detectado. 2 En cese definitivo de explotación desde el 6 de julio de 2013.

1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

1.2.1. Fábrica de combustible de Juzbado

	Fábrica de Juzbado
Alfa total	1,50E+07

1.2.2. Centro de almacenamiento de residuos de baja y media actividad El Cabril

El Cabril es una instalación que está licenciada con condición de vertido nulo para los efluentes radiactivos líquidos, por lo que no está previsto que en condiciones normales de operación se efectúen descargas al exterior de líquidos contaminados.

2. Instalaciones en fase de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia

2.1. Centrales nucleares

2.1.1. Central nuclear Vandellós I

La central se encuentra en fase de latencia. A lo largo del año 2013 no se han producido emisiones de efluentes radiactivos líquidos al medio ambiente.

2.1.2. Central nuclear José Cabrera

La central se encuentra en fase de desmantelamiento desde el día 1 de febrero de 2010, fecha en la que se aprobó que Enresa asumiera la titularidad de la

instalación e iniciara su desmantelamiento. A lo largo de 2013 se han efectuado vertidos de efluentes radiactivos líquidos como consecuencia de las tareas de desmantelamiento realizadas.

	José Cabrera
Co-60	1,54E+07
Cs-137	1,20E+07
Fe-55	4,77E+06
H-3	1,55E+10
Otros radionucleidos	1,47E+07

2.2. Instalaciones del ciclo del combustible

2.2.1. Planta Quercus

Los efluentes radiactivos líquidos se han originado como consecuencia del tratamiento, para su acondicionamiento y vertido, de las aguas de corta y de los líquidos sobrenadantes del dique de estériles.

	Planta Quercus
Alfa total	7,34E+06

2.3. Centros de investigación

2.3.1. Ciemat

	Ciemat[1]
Co-60	ND
Cs-137	1,07E+04
H-3	ND
Sr-90	ND
Otros radionucleidos	2,10E+04

1 ND: no detectado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 3

SUMARIO 5

1. OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL . . . 7

2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y DE OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS 13

1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares en operación 14

1.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 15

1.2. Resultados 20

1.2.1. Aire 20

1.2.2. Radiación directa 24

1.2.3. Deposición 24

1.2.4. Agua 27

1.2.5. Organismos indicadores 40

1.2.6. Alimentos 50

2. Vigilancia alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación 59

2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 59

2.2. Resultados 59

2.2.1. Aire 61

2.2.2. Radiación directa 63

2.2.3. Deposición 65

2.2.4. Agua 67

2.2.5. Alimentos 72

2.2.6. Organismos indicadores 79

3. Vigilancia alrededor de instalaciones nucleares y radiactivas en situación de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia 80

3.1. Ciemat 80

3.1.1. Características de la instalación 80

3.1.2. Descripción y resultados del PVRA 80

3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) 85

3.2.1. Características de la instalación 85

3.2.2. Descripción y resultados del PVRA 85

3.3. Vandellós I 87

3.3.1. Características de la instalación 87

3.3.2. Descripción y resultados del PVRA 87
3.4. Planta Quercus 91
3.4.1. Características de la instalación 91
3.4.2. Descripción y resultados del PVRA 91
3.5. José Cabrera 96
3.5.1. Características de la instalación 96
3.5.2. Descripción y resultados del PVRA 96
4. Vigilancia Radiológica Independiente del CSN en el entorno de las instalaciones 101
4.1. Programas de Vigilancia Radiológica Independientes realizados directamente por el CSN 101
4.2. Programa de Vigilancia encomendado a la Generalidad de Cataluña 101
4.3. Programa de Vigilancia encomendado a la Generalidad Valenciana 102
4.4. Resultados 102
3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL 103
1. Red de Estaciones de Muestreo (REM) 104
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre 104
1.1.1. Estaciones de muestreo 105
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 105
1.1.3. Resultados 108
— Aire 109
— Suelo 109
— Agua 110
— Leche 110
— Dieta tipo 111
1.2. Vigilancia del medio acuático 131
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales 131
— Estaciones de muestreo 131
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 132
— Resultados 133
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras 156
— Estaciones de muestreo 156
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 156
— Resultados 157
4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) 163
1. Estaciones automáticas 164
2. Diseño de la REA 165
3. Resultados 166
ANEXO 167
I. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2013 168
II. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2013 169

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2013

Colección Informes Técnicos
41.2014

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR