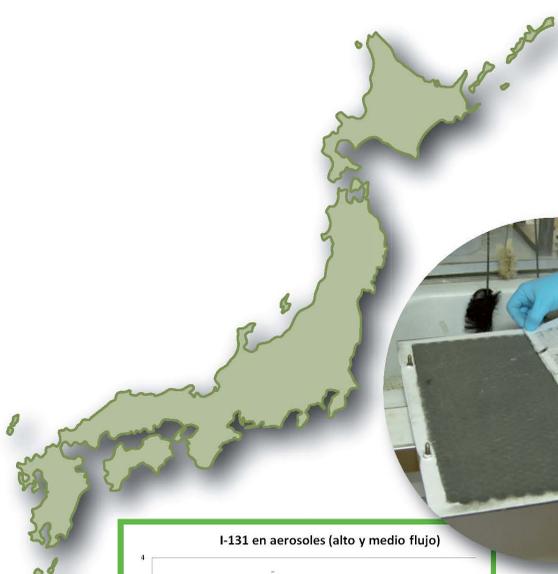


Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2011

CSN



Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	31/3-14/4/11	1-4/5/11	4-6/5/11	5-6/7/11	6-7/10/11
I-131	0,28	0,28	0,29	0,29	0,24
Cs-137	0,246	0,258	0,258	0,258	0,24
Cs-134	0,068	0,071	0,071	0,07	0,058

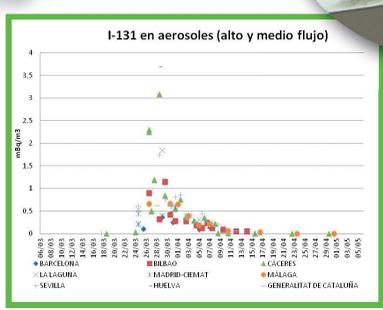
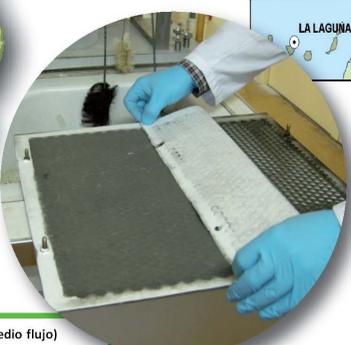
Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	14-21/5/11	22-28/5/11			
I-131	<0,0007	0,299			
Cs-137	0,2002	0,017			
Cs-134	<0,0002	0,015			

Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	28-30/5/11	30/7/3-1/4/11	1-4/10/11	4-6/10/11	6-8/10/11
I-131	0,36	0,55	0,44	0,44	0,36
Cs-137	0,277	0,293	0,261	0,261	0,234
Cs-134	0,024	0,034	0,048	0,048	0,024

Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	30-31/5/11	31/5-1/4/11	2-2/4/11	2-3/10/11	3-5/10/11
I-131	0,67	0,55	0,75	0,38	0,295
Cs-137	0,679	0,563	0,628	0,57	0,57
Cs-134	0,67	0,572	0,606	0,577	0,568

Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	1-2/10/11	2-3/10/11	3-4/10/11	5-6/10/11	6-7/10/11
I-131	0,657	0,369	0,461	0,446	0,274
Cs-137	0,689	0,366	0,375	0,326	0,232
Cs-134	0,29	0,168	0,168	0,228	0,146

Aerosoles alto flujo (mBq/m ³)					
Fecha	21-28/10/11	28-30/10/11	30/10-1/4/11	1-4/10/11	
I-131	0,137	1,051	0,61	0,407	
Cs-137	0,024	0,408	0,262	0,074	
Cs-134	0,023	0,162	0,059	0,074	



Programas de vigilancia
radiológica ambiental
Resultados 2011

Programas de vigilancia radiológica ambiental Resultados 2011

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

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

Colección
Informes Técnicos
35.2012



Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.28

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.

© Copyright 2013, 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-8953-2013

Impreso en papel



Se presenta aquí el decimocuarto informe anual correspondiente a los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental desarrollados durante el año 2011, acompañados 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 cumplimiento de las obligaciones del Estado español en esta materia. Otra de las obligaciones del CSN, en la cual se enmarca este documento, es informar periódicamente a la opinión pública sobre 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 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 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, disponiéndose 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 de Euratom^(1,2).

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 los mismos se incluye en los informes anuales 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 de los mismos obtenidos en la campaña de vigilancia del año 2011. Así mismo se presenta la proyección temporal de los valores radiológicos más representativos en los últimos veinte años para el caso de las centrales nucleares, entre diez y quince 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. Así mismo, 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 2011.

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, no siendo objeto de este informe la descripción de esta red y de sus resultados.

En este año hay que destacar que, como consecuencia del terremoto de 8,9 grados en la escala de Richter, ocurrido el 11 de marzo de 2011, en Japón tuvo lugar un accidente nuclear en Fukushima y el CSN puso en marcha un dispositivo especial de vigilancia para el seguimiento de la contaminación radiactiva que, como consecuencia del mismo, pudiera llegar a nuestro país. Este dispositivo se resume en el apartado 1.1 y los resultados obtenidos se comentan en los apartados en los que se describen cada uno de los programas de vigilancia realizados.

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/activities/Remdb.aspx> (pestaña "Public area").

Sumario

Introducción	7
Objetivos, alcance y desarrollo de la vigilancia radiológica ambiental	11
Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de las centrales nucleares y de otras instalaciones nucleares y radiactivas ...	17
Programas de vigilancia radiológica ambiental de ámbito nacional	113
Red de Estaciones Automáticas (REA)	179
Anexo	185
Índice de contenidos	189

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA
RADIOLÓGICA AMBIENTAL



1

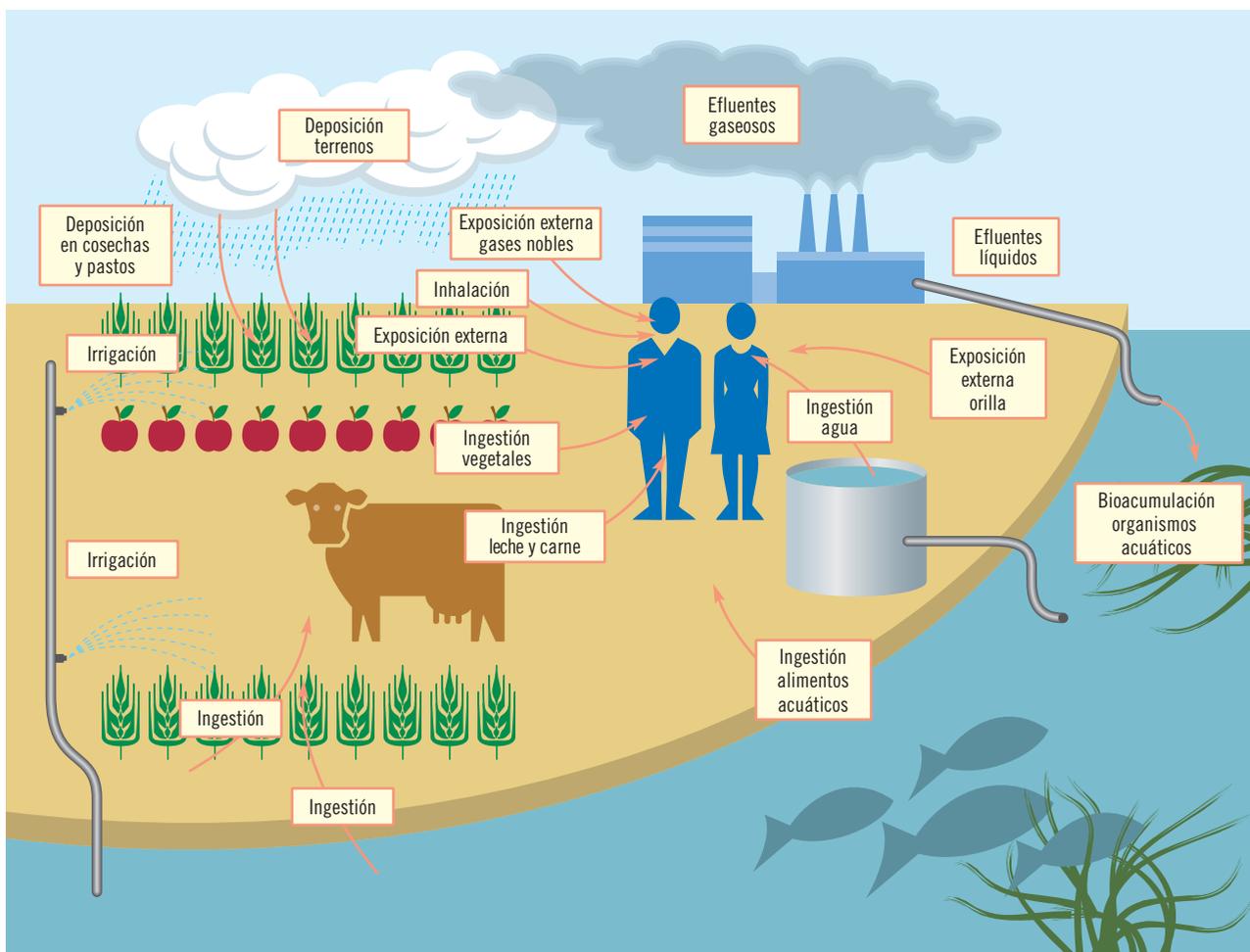
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- Detectar la presencia y vigilar la evolución de elementos radiactivos y de los niveles de radiación en el medio ambiente, determinando las causas de los posibles incrementos.
- Estimar el riesgo radiológico potencial para la población.
- Determinar, en su caso, la necesidad de tomar precauciones o 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 de 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 2000⁴.

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 la tasa de emisión del mismo por lo que, en principio, existirá concentración mientras exista emisión. Dadas las características de los vertidos, en condiciones normales de operación de las instalaciones, y si no existen otras causas externas (por ejemplo, el accidente de la central nuclear de Chernóbil), 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 la emisión continua del mismo al medio ambiente, pudiendo 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 (explosiones nucleares en la atmósfera, accidente de la central nuclear de Chernóbil).
- 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.

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 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		

En la figura 1.2 se presenta el número total de análisis efectuados en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los diferentes programas de vigilancia a los que se asocian.

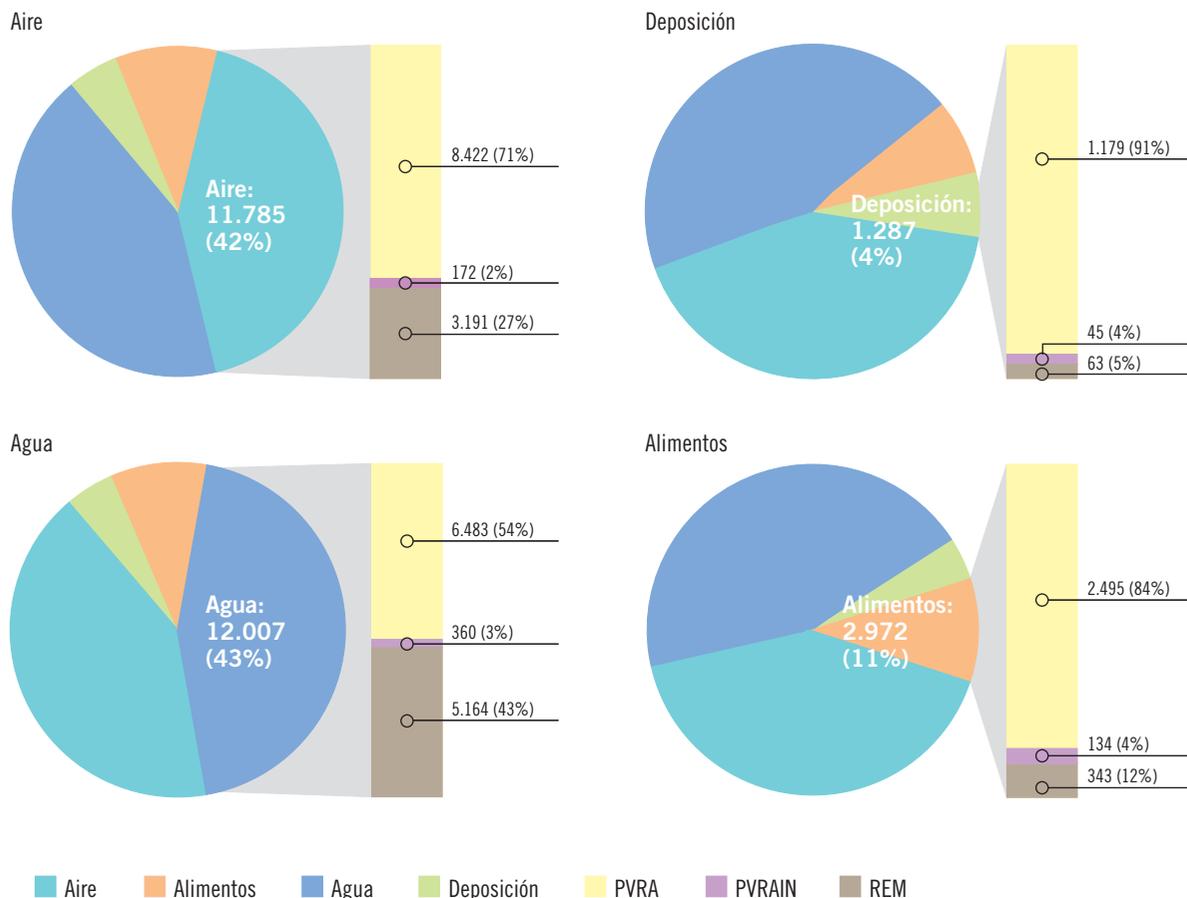
En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir, aquellas que indicarían de manera casi inmediata una alteración en los niveles de radiactividad ambiental.

En este caso, la frecuencia de muestreo en las vías integradoras y acumuladoras sería incrementada con objeto de 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 2011

Número de análisis realizados en cada vía



1. Dispositivo especial de vigilancia tras el accidente nuclear de Fukushima

El CSN puso en marcha un dispositivo especial para el seguimiento de la contaminación radiactiva procedente de los reactores accidentados en el emplazamiento de Fukushima. Para ello se tuvieron en cuenta: las estimaciones del término fuente a la atmósfera, considerando las emisiones producidas por las explosiones ocurridas entre el 12 y 22 de marzo por los tres reactores accidentados, los procesos de dispersión atmosférica a escala mundial y las capacidades de detección radiactiva disponibles en países desarrollados como España.

Teniendo en cuenta lo anterior, se podía esperar la detección de minúsculas cantidades de radiación, aunque sin peligro para la salud de las personas o el medio ambiente. No obstante, se llevó a cabo dicho dispositivo especial de vigilancia que en el caso de los programas rutinarios de vigilancia que son objeto de esta publicación consistió en:

- Un aumento de la frecuencia de muestreo y análisis de algunos tipos de muestras, como por ejemplo el caso de aerosoles en aire; el adelanto en la programación y recolección de ciertos tipos de muestras, como leche vegetales y otras.
- Comunicación de los resultados de los programas al CSN tan pronto como estuvieran disponibles.
- Seguimiento desde la Sala de Emergencia (Salem) de las redes de vigilancia en continuo REA (Red de Estaciones Automáticas del CSN) y de la RAR (Red de Alerta a la Radiactividad de Protección Civil).

En el desarrollo de este dispositivo especial participaron tanto los titulares de las instalaciones como los laboratorios que colaboran con el CSN en la ejecución de los programas de vigilancia radiológica ambiental.

En los capítulos siguientes se detallan y comentan los resultados obtenidos en los programas de vigilancia rutinarios, de los que como valoración general se puede concluir que en España:

- La contaminación radiactiva procedente de dicho accidente empezó a detectarse a partir del 23-24 de marzo, alcanzándose los valores máximos entre el 28 y el 30 de marzo, que fueron disminuyendo en fecha posteriores hasta alcanzar niveles por debajo del límite de detección.
- Como en el resto de países de nuestro entorno se detectó contaminación radiactiva principalmente por yodo-131, cesio-134 y cesio-137 en aire, leche, vegetales, y, en menor número de muestras, en agua de lluvia y suelo, y en algunos casos trazas de cesio-136, telurio-132 y yodo-132.
- En alimentos las concentraciones medidas fueron muy bajas y su ingestión daría lugar a dosis estimadas muy inferiores a los límites establecidos para la población.
- En general las concentraciones no representaron ningún riesgo para la salud.

Durante el dispositivo especial de vigilancia se informó de los resultados a las autoridades e instituciones nacionales y con los resultados remitidos por los laboratorios se elaboraron comunicados de seguimiento que fueron publicados en la web del CSN, desde la que se puede acceder a esta información a través del icono:

ESPECIAL SEGUIMIENTO JAPÓN

福島/Fukushima

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



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 corresponden a tres generaciones diferenciadas dentro del programa nuclear.

- 1ª generación. Centrales proyectadas en la década de los 60 cuya construcción se concluyó a finales de esa década o comienzos de los 70. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de Santa María de Garoña, José Cabrera (en fase de desmantelamiento) y Vandellós I (en fase de latencia).
- 2ª generación. Centrales proyectadas a comienzo de la década de los 70, cuya construcción se inició en la misma época y cuya explotación comercial se empezó al principio de los 80. 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. Proyectadas a finales de la década de los 70, se inició su construcción a partir de 1979 y su explotación a finales de la década de los 80. Corresponden a esta generación las centrales nucleares Vandellós II y Trillo.

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



En la tabla contenida en la figura 2.1 se resumen algunas de las características de las centrales nucleares y 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 2011. A la derecha de las mismas 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 componen el programa de cada instalación, supera el número recomendado en la Guía 4.1. Los casos en los que el número de estaciones es inferior a lo estable-

cido, son debidos a la necesaria adaptación del PVRA a los usos de la tierra y del agua propios del emplazamiento. En cualquier caso, estas adaptaciones son justificadas adecuadamente por la instalación, evaluadas por el CSN y aprobadas en su caso.

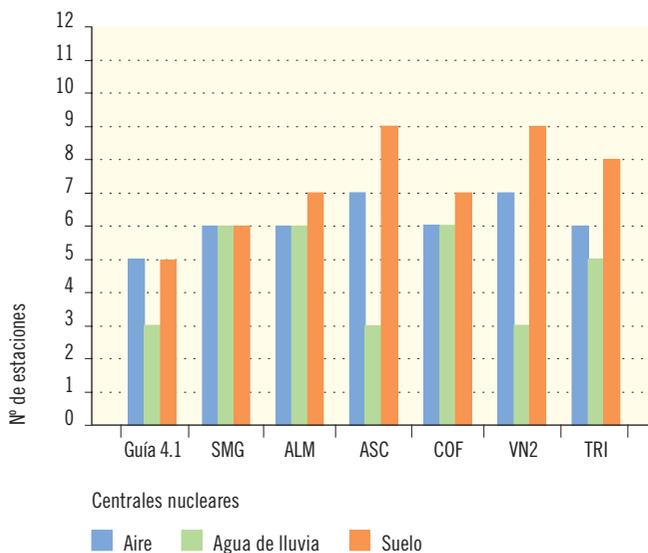
En la tabla 2.1 se presentan, para cada tipo de muestra, la frecuencia de muestreo y los tipos de análisis efectuados en los programas de vigilancia radiológica ambiental de las centrales nucleares.

Adicionalmente, y a raíz del suceso notificable ISN-AS1-127 de liberación de partículas radiactivas al exterior en la central nuclear de Ascó, se requirió a la instalación, entre otras medidas ya descritas en la publicación de los resultados de los PVRA de 2008, el incremento de la frecuencia de muestreo de algunas muestras del programa, así como la remisión al CSN de los resultados analíticos tan pronto como fuesen obtenidos. Este incremento en el número de muestras y análisis se ve reflejado en los datos de las figuras “b” de este epígrafe de resultados para sedimentos y organismos indicadores pertenecientes a la central nuclear de Ascó.

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2011

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.

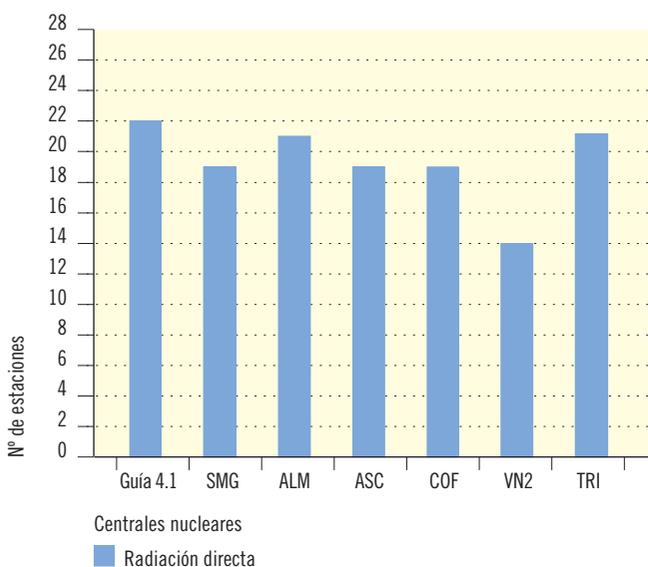
Suelo (deposición acumulada)

- 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 2011

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Radiación directa



Criterios Guía 4.1

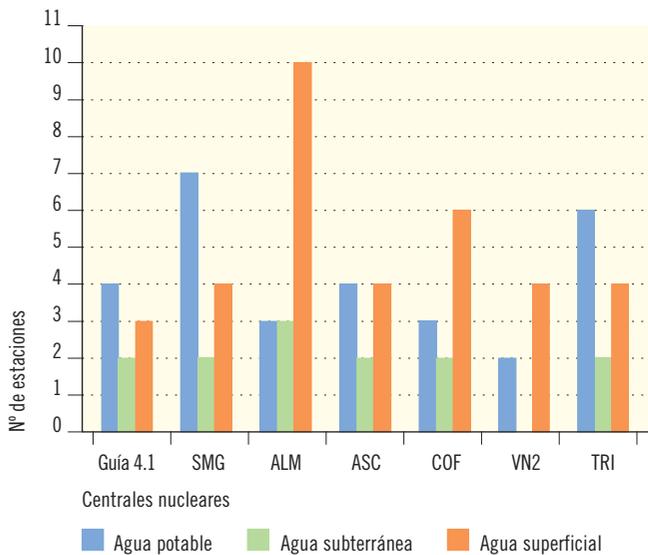
Radiación directa

- 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 2011

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.

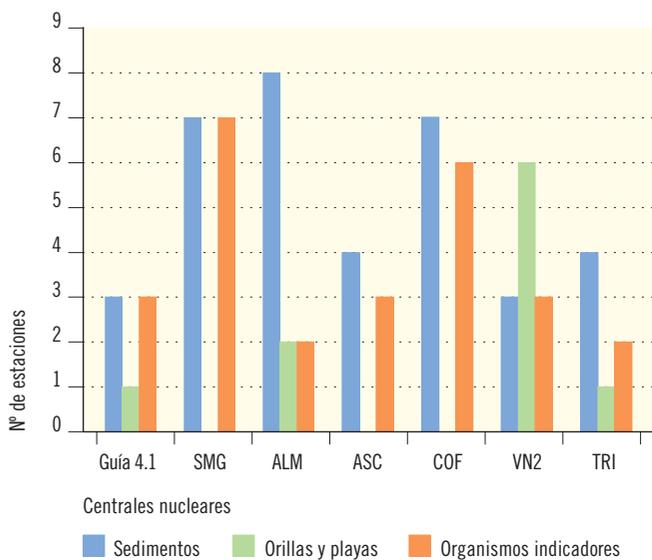
Agua superficial

- 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 2011

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 2011
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)

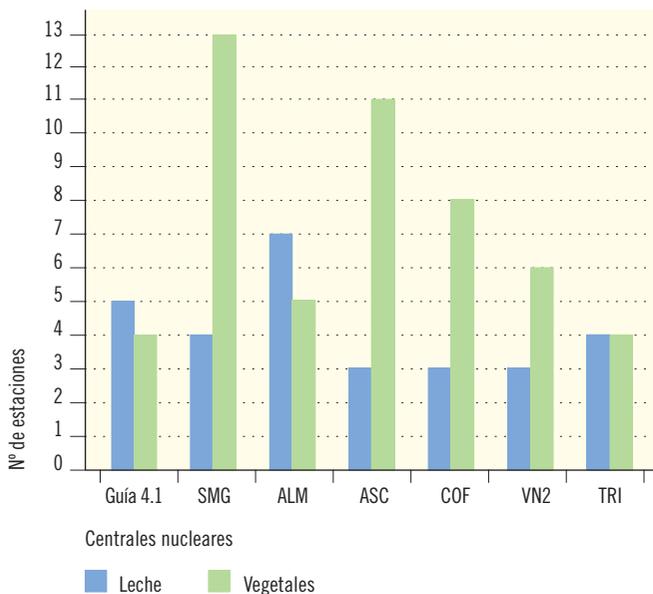
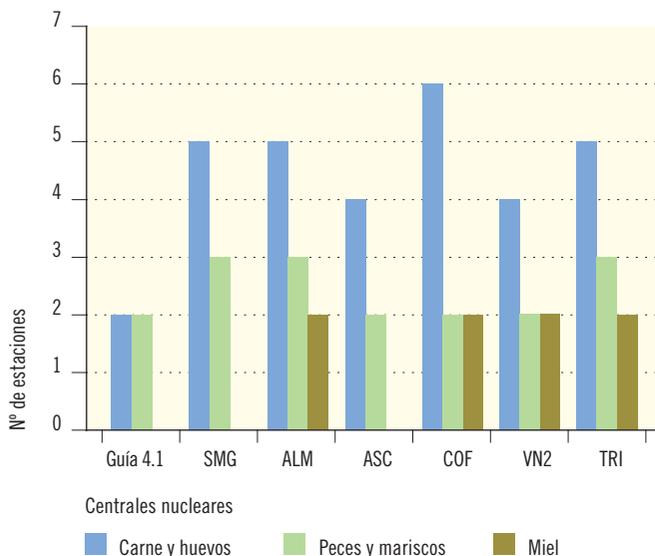


Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2011
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

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



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.

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 Sr-90 Espectrometría gamma I-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 Sr-90 H-3 Espectrometría gamma
Agua de lluvia	Muestreo continuo con recogida de muestra mensual	Sr-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 H-3 Espectrometría gamma
Suelos, sedimentos y organismos indicadores	Muestreo de suelo, anual, y sedimentos y organismos indicadores, semestral	Sr-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	Sr-90 Espectrometría gamma I-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 2011. 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 sobreestimados.
- 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 1990 a 2011. 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 2011, objeto principal de este documento, se proporciona una información más detallada (figuras "b"), indicando 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 aerosoles radiactivos en partículas de polvo en aire como de radioyodos, se realiza de modo continuo con cambio de los filtros cada semana.

Como se comenta en los apartados siguientes, debido al accidente de Fukushima, en dichas muestras se detectaron valores de cesio-137 y yodo-131, en ambos casos muy inferiores a los niveles de notificación establecidos para centrales nucleares, 0,2 y 0,4 Bq/m³, respectivamente, que representan los niveles de concentración de actividad por isótopo para muestras ambientales por encima del cual se puede derivar en la superación del valor establecido como restricción operacional de dosis (0,1 mSv/año) para la emisión de efluentes y que requeriría actuaciones por parte del titular.

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 proceder, 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.

El número de medidas con valores superiores al LID suele ser inferior al 10%. Entre las posibles causas de su detección en los aerosoles hay que considerar los procesos de resuspensión del poso radiactivo desde el suelo.

En la campaña de 2011 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 2011 no se han obtenido valores de emisores gamma artificiales superiores al LID, con la excepción de un valor de cesio-137 próximo al LID correspondiente a un filtro recogido en la central nuclear de Almaraz en el primer trimestre del año. Teniendo en cuenta que en España la nube radiactiva producida por el accidente de Fukushima afectó a finales del mes de marzo y, en primer término, al sudeste de la península ibérica este resultado se puede relacionar con el mismo.

Yodo

El control y seguimiento de los halógenos se lleva a cabo mediante el muestreo continuo de yodo 131, y su análisis con frecuencia semanal. El porcentaje de valores superiores al LID es habitualmente muy bajo. En la campaña del año 2011, en las fechas posteriores al accidente de Fukushima, se detectaron valores de actividad de yodo-131 superiores al LID en los PVRA de todas las centrales nucleares (figura 2.9a). El número de medidas con valores superiores al LID en las instalaciones se sitúa entre 20 y 30 (figura 2.9b) lo que supone un porcentaje de detección inferior al 10%. Esta detección en todos los casos se obtuvo en muestras recogidas en las últimas semanas del mes de marzo y durante el mes de abril.

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

Valores medios en la zona vigilada

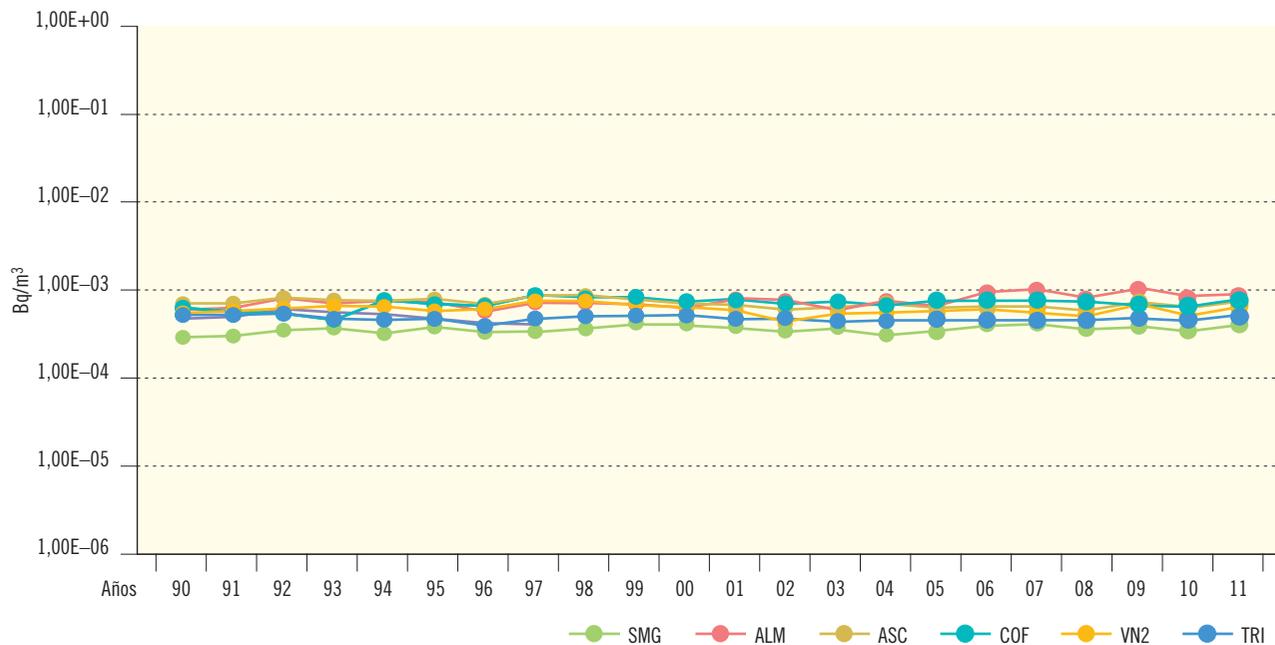
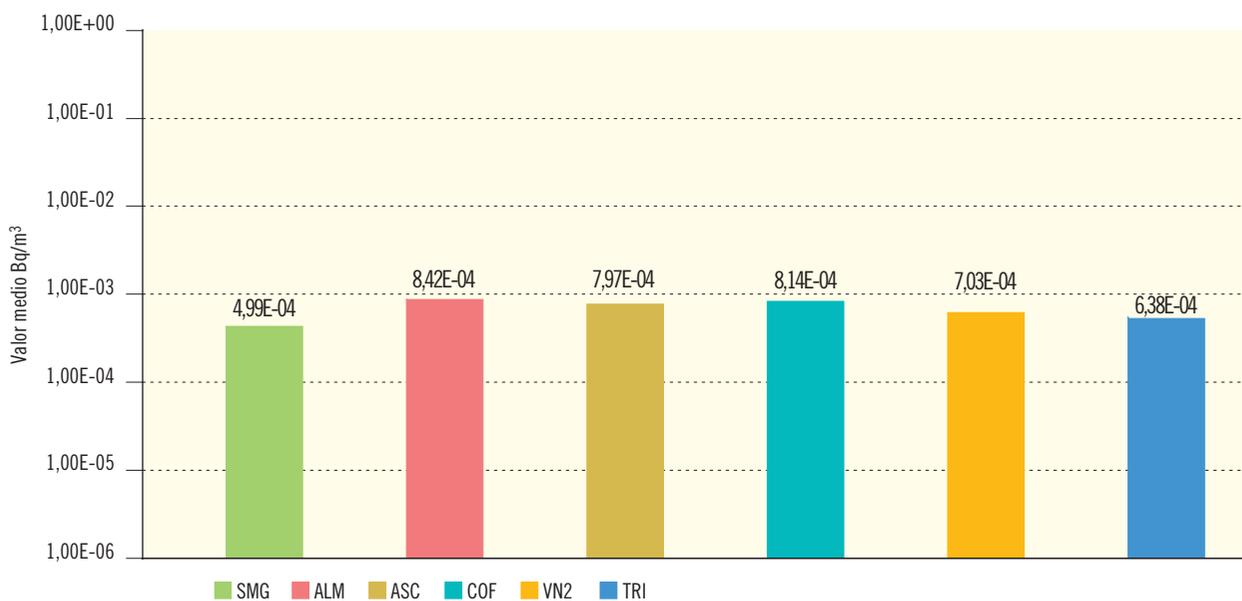


Figura 2.8b. Partículas de polvo en aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,89E-03	2,11E-03	2,67E-03	2,48E-03	2,61E-03	1,69E-03
Valor mínimo	8,17E-05	9,27E-05	2,31E-04	1,74E-04	1,60E-04	8,56E-05
Nº total de análisis	312	312	364	312	367	318
Nº de análisis > LID	312	309	364	312	367	315
Nº de análisis < LID	0	3	0	0	0	3

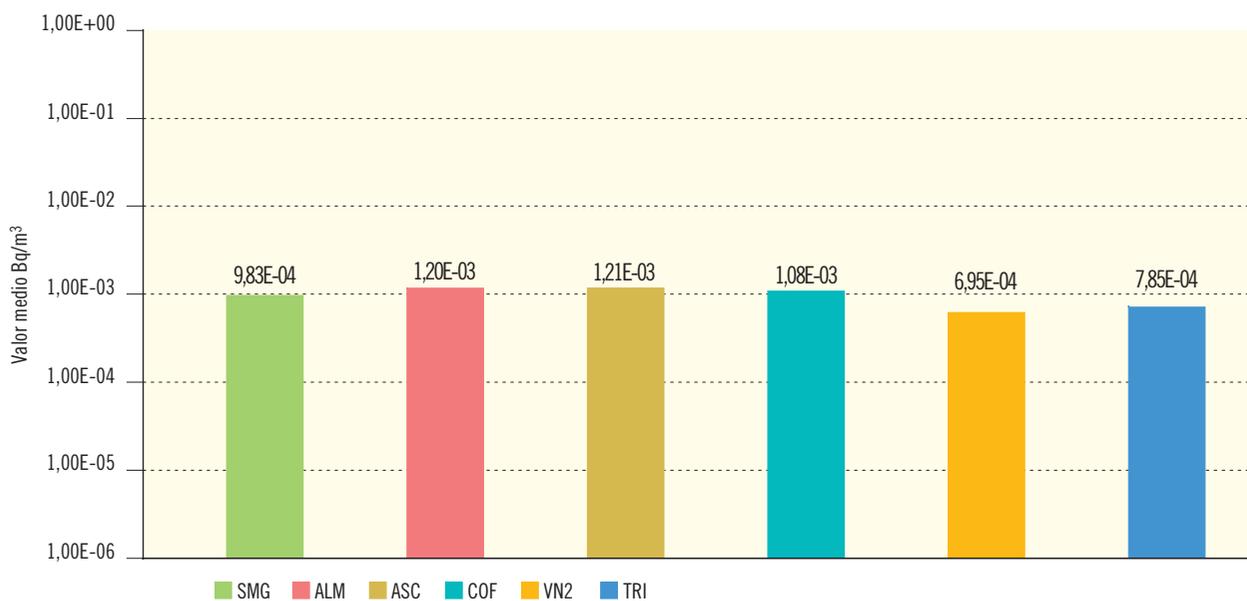
Figura 2.9a. Radioyodos en aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada



Figura 2.9b. Radioyodos en aire. Concentración de actividad I-131 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,16E-03	3,39E-03	2,39E-03	2,39E-03	2,50E-03	2,26E-03
Valor mínimo	1,08E-04	1,48E-04	2,07E-04	1,60E-04	6,00E-05	5,77E-05
Nº total de análisis	292	312	364	312	367	318
Nº de análisis > LID	20	24	27	22	30	23
Nº de análisis < LID	272	288	337	290	337	295

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 2.10a, 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 2.10b 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 2.10). Los valores medios obtenidos en la campaña de 2011 se mantienen similares a la anterior campaña.

1.2.3. Deposición

La vigilancia de la deposición como parte del PVRA tiene como objeto 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 deposición total 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

el mismo 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 2.11a y 2.11b 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 2011 los valores medios más elevados se han observado alrededor de la central nuclear Vandellós II. Los resultados son similares a los obtenidos en la vigilancia de ámbito nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones, y están comprendidos dentro del rango de los obtenidos en las campañas anteriores.

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 2.12b). Este isótopo, al igual que el estroncio-90, se detecta tanto en periodos preoperacionales como operacionales, siendo una de sus procedencias 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 2011 son similares a los de campañas anteriores (figura 2.12a).

En una muestra de suelo de la central nuclear de Vandellós II se ha detectado actividad de cobalto-60 con un valor ligeramente superior al LID (figura 2.13b). En la figura 2.13a se pueden observar algunos valores de este isótopo detectados en muestras de suelo recogidas y analizadas en campañas anteriores. El valor detectado en la campaña de 2011 se encuentra varios órdenes de magnitud por debajo del nivel de notificación asignado para este isótopo y tipo de muestra.

Figura 2.10a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)

Valores medios en la zona vigilada

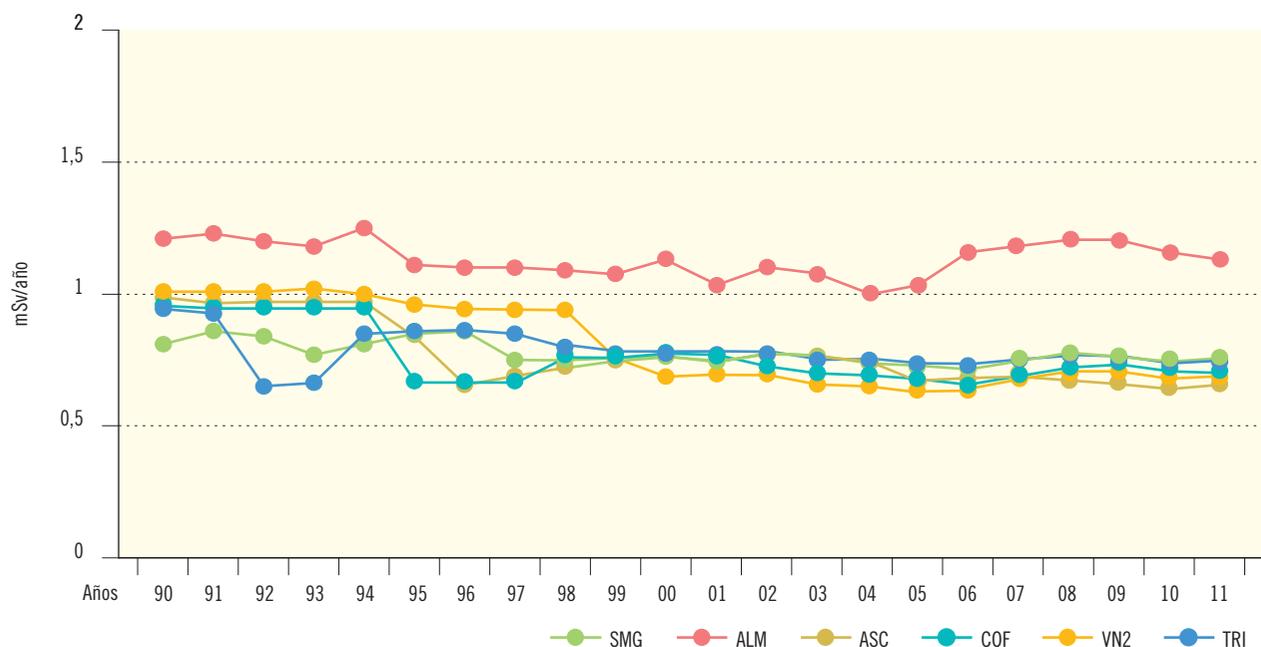
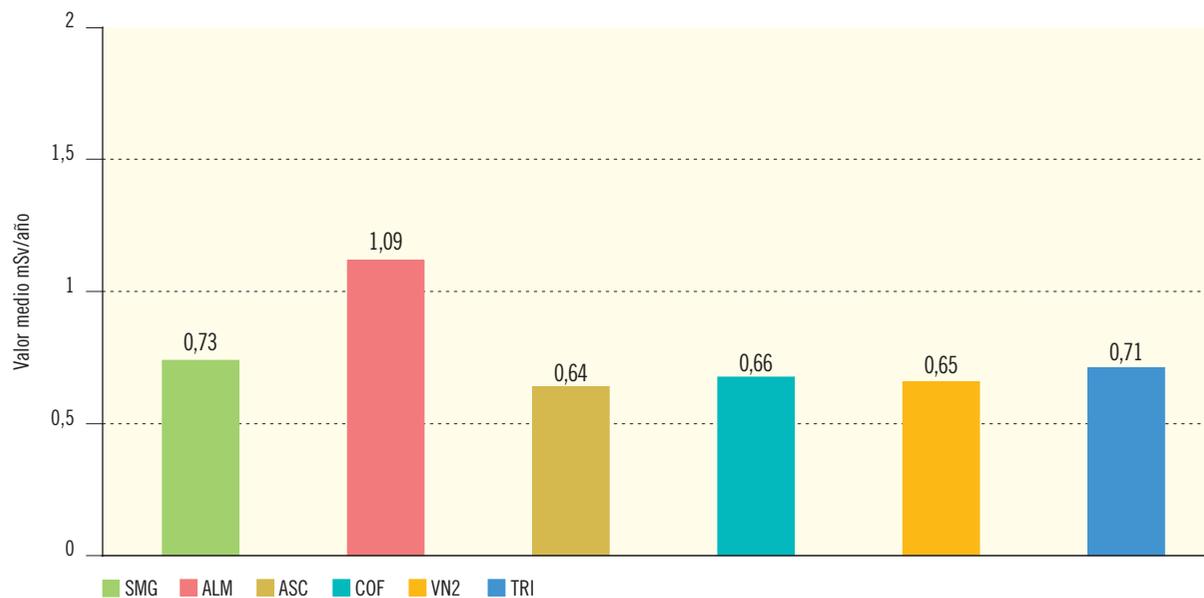


Figura 2.10b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,05	1,68	0,93	0,89	0,90	0,89
Valor mínimo	0,61	0,67	0,45	0,47	0,48	0,56
Nº total de análisis	228	83	76	76	56	84
Nº de análisis > LID	228	83	76	76	56	84
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0

Figura 2.11a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

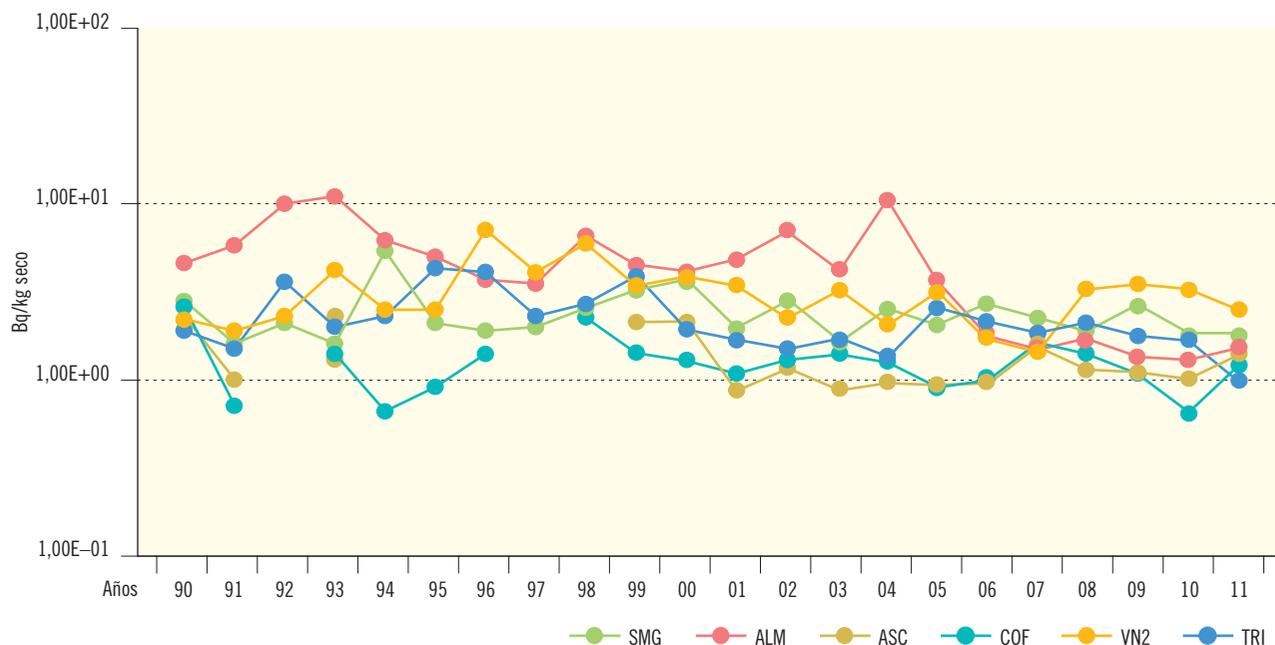
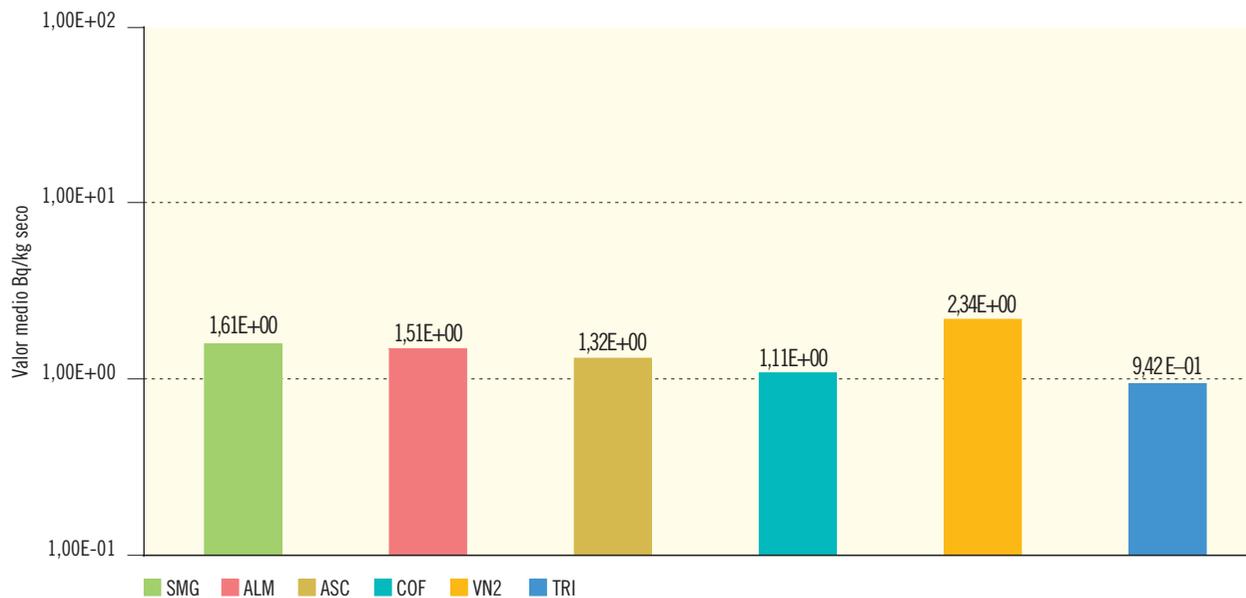


Figura 2.11b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,10E+00	3,03E+00	3,05E+00	2,32E+00	4,79E+00	1,30E+00
Valor mínimo	1,19E+00	8,80E-01	6,23E-01	6,13E-01	6,98E-01	6,03E-01
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	4	5	6	5	9	8
Nº de análisis < LID	2	2	3	2	0	0

Figura 2.12a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

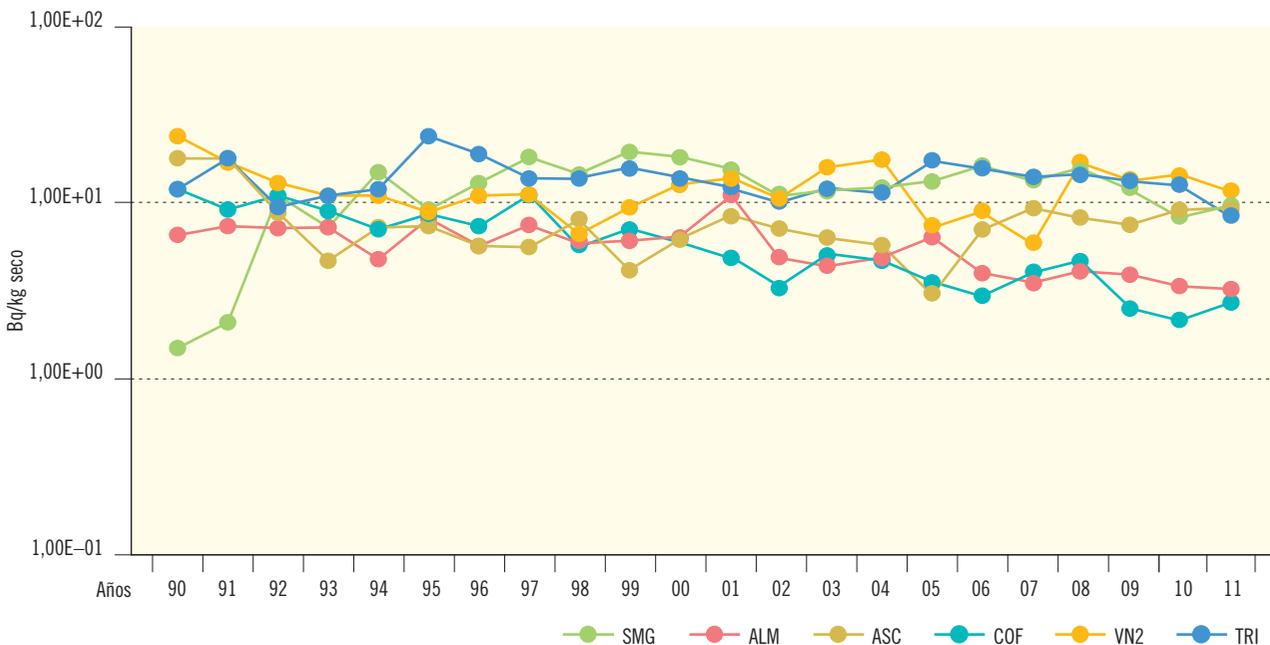
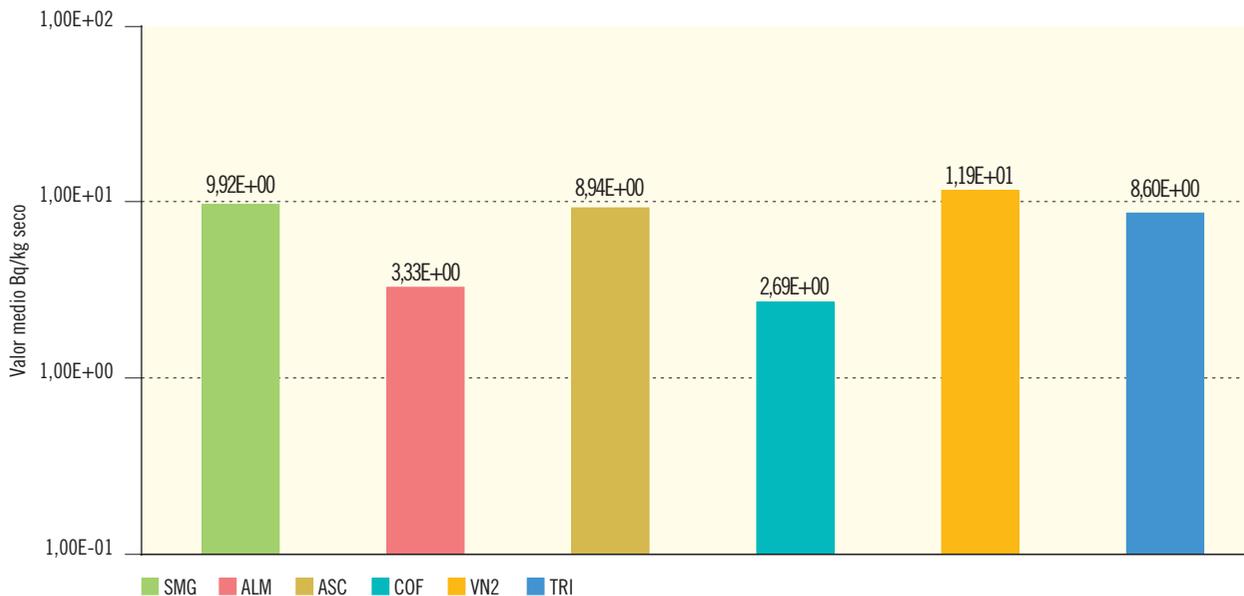


Figura 2.12b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,48E+01	9,35E+00	3,76E+01	6,24E+00	2,36E+01	1,42E+01
Valor mínimo	2,76E+00	6,67E-01	4,50E-01	7,78E-01	1,46E+00	3,97E+00
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	6	7	7	6	9	8
Nº de análisis < LID	0	0	2	1	0	0

Figura 2.13a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

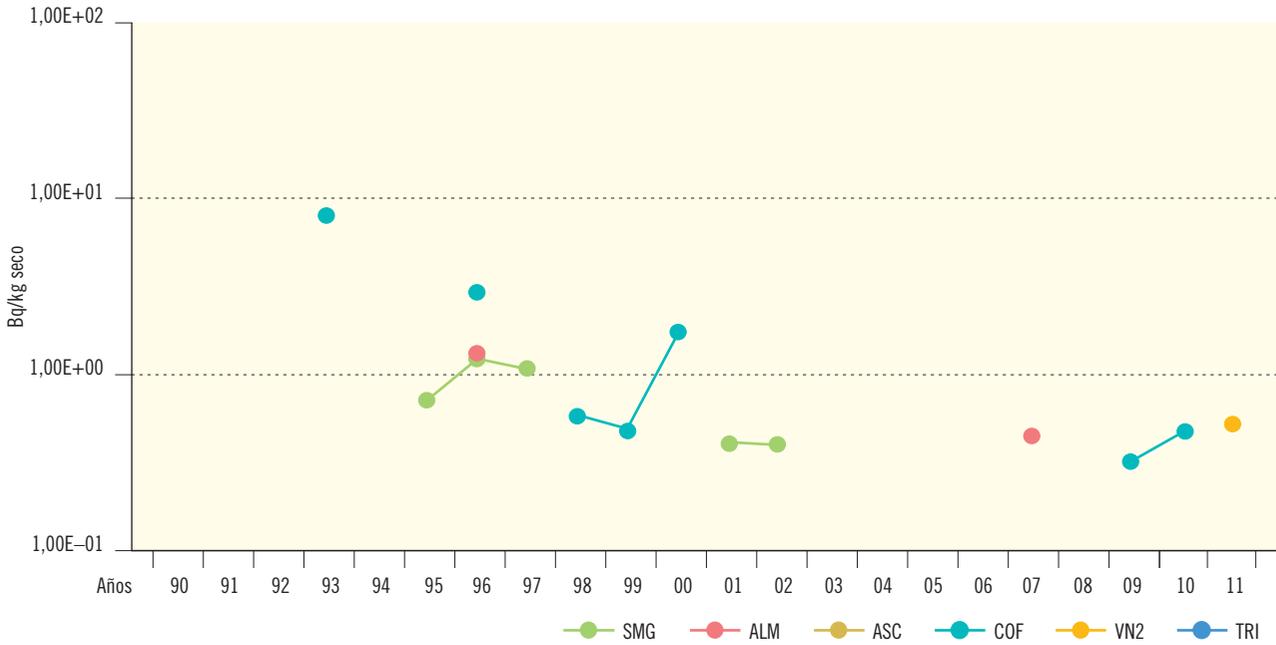
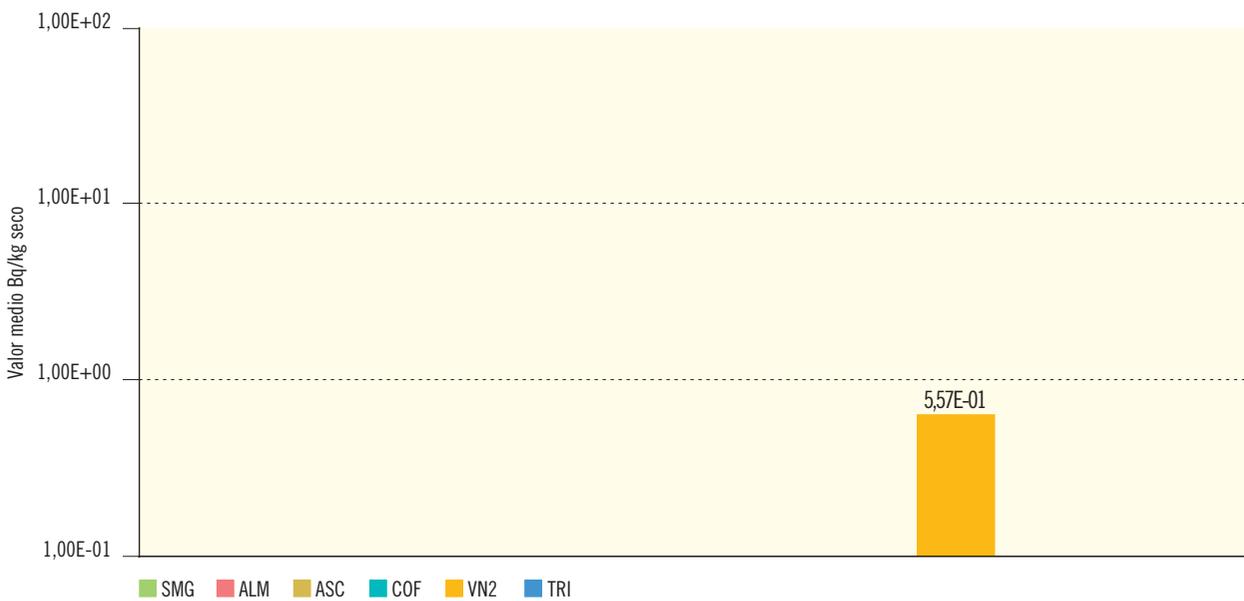


Figura 2.13b. Suelo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo					5,57E-01	
Valor mínimo					5,57E-01	
Nº total de análisis	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	1	0
Nº de análisis < LID	6	7	9	7	8	8

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 2.14a 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 el principal contribuyente en este índice de actividad. En general, los valores se mantienen bastante uniformes, siendo los niveles medios de la campaña del año 2011 similares a los obtenidos en años anteriores (figura 2.14b). 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, desciende en relación con los observados para la medida del índice de actividad beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente (figura 2.15a y 2.15b). Los valores medios obtenidos para este índice de actividad en 2011 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. Los valores obtenidos en 2011 son similares a los registrados en anteriores periodos (figura 2.16a y 2.16b).

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 (figura 2.17a y 2.17b).

Los valores de tritio en el año 2011 son similares a los de las campañas anteriores (figura 2.17a), si bien se observa una disminución en la concentración de tritio en la central Vandellós II respecto a la campaña del año 2010, lo que permite confirmar lo comentado en la publicación del año 2010 sobre este incremento, achacándolo a la simultaneidad entre el momento de muestreo y el del vertido de una de las tandas de los efluentes de la central, en el que el proceso de dilución no se hubiera completado.

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 2011 superan 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 2.18a y 2.18b, 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 2.19a y 2.19b 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 2011 se han detectado valores en los programas de las centrales de Almaraz, Ascó, Santa María de Garoña, Trillo y Vandellós II y estos han sido 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. Al igual

que en la campaña anterior, en el año 2011 no se ha detectado estroncio-90 en ninguna de las muestras de agua potable analizadas, por lo que se incluye representación gráfica.

Tritio. Los porcentajes de muestras que superan los LID son variables al igual que los valores medios anuales de concentración. Los valores obtenidos en 2011 son comparables a los de campañas anteriores (figura 2.20a). El mayor número de valores, y los más elevados, se obtienen en estaciones de muestreo de la central de Trillo que pueden verse afectadas por las descargas de efluentes líquidos que la central vierte en la cabecera del Tajo (figura 2.20b). Todos los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de variación de campañas anteriores. Ningún resultado excede el límite establecido en relación al tritio (100 Bq/l) en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad de las aguas de consumo humano.

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 Sr-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 2011 son similares a los de campañas anteriores (figura 2.21a y 2.21b).

Espectrometría gamma. Entre los radionucleidos de origen artificial que se detectan en sedimentos, se encuentran productos de fisión como 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 2011 se obtienen valores de cesio-137 en muestras de sedimentos de fondo en todas las centrales y de cobalto-60 en Santa María de Garoña, Almaraz, Ascó, Trillo y Cofrentes. En las figuras 2.22a, y 2.23a puede observarse que los valores medios anuales de cesio-137 y cobalto-60 se mantienen similares a los de años anteriores. En tres de las ocho muestras analizadas correspondientes a la central nuclear de Ascó, como en algunos períodos anteriores, este año se detectan

concentraciones de actividad de plata-110 metaestable con un valor medio de 0,54 Bq/kg seco, algo inferior al de la campaña de 2010 (0,74 Bq/kg seco). La instalación ha informado de que la presencia de este radionucleido se relaciona con la utilización de juntas de plata en algunos equipos y, para tratar de disminuir su concentración en los efluentes, ha introducido resinas específicas para la retención de este radionucleido.

Los sedimentos de orilla se vigilan en los PVRA de Almaraz, Vandellós II y Trillo. En el año 2011 únicamente se detecta la presencia de cesio-137 en los sedimentos de orilla de Vandellós II (figuras 2.24a y 2.24b).

Figura 2.14a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

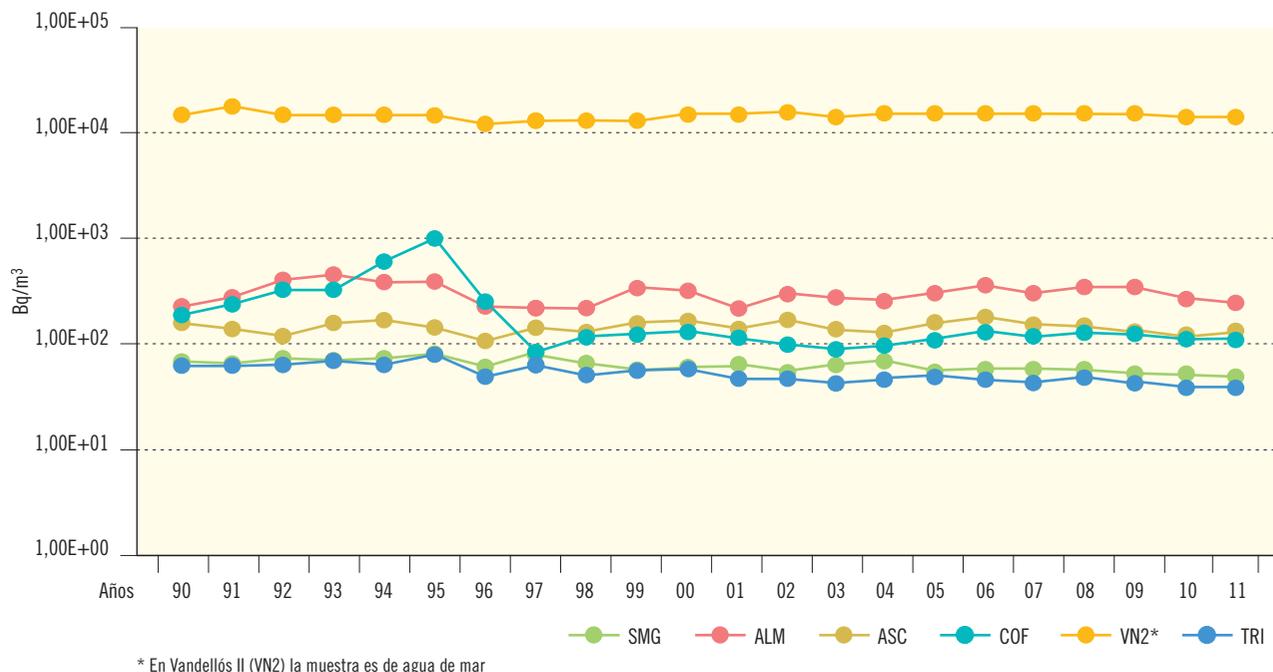
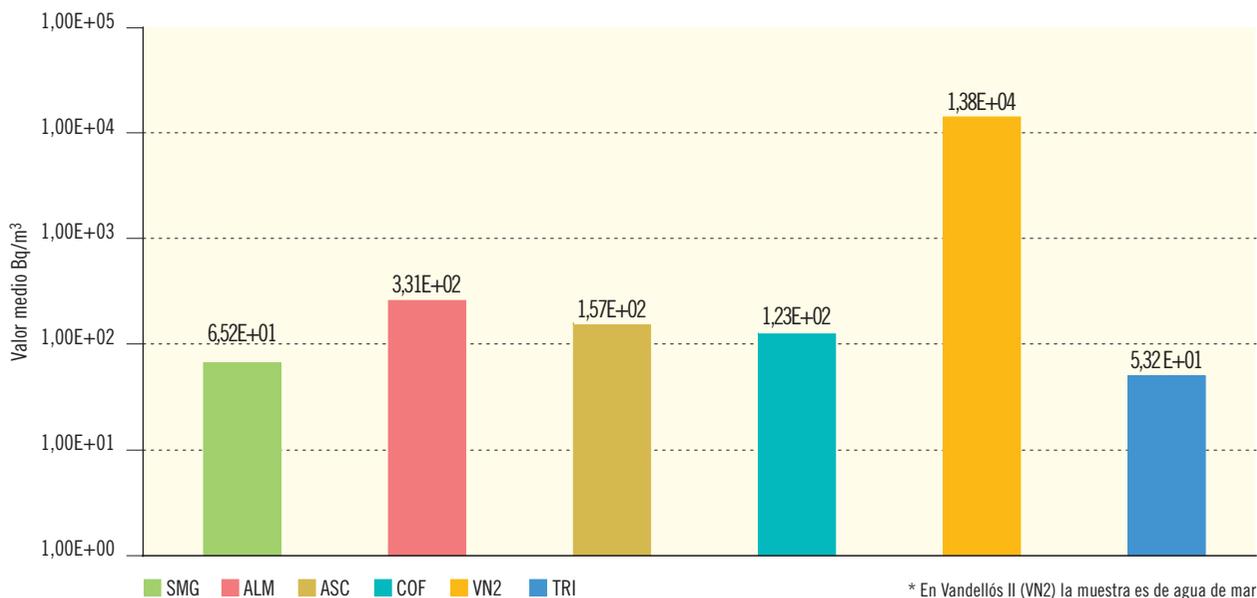


Figura 2.14b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	9,87E+01	5,36E+02	2,63E+02	2,35E+02	1,52E+04	8,21E+01
Valor mínimo	3,43E+01	2,23E+02	9,35E+01	5,99E+01	1,19E+04	3,52E+01
Nº total de análisis	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	16	108	16	72	16	45
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	3

Figura 2.15a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

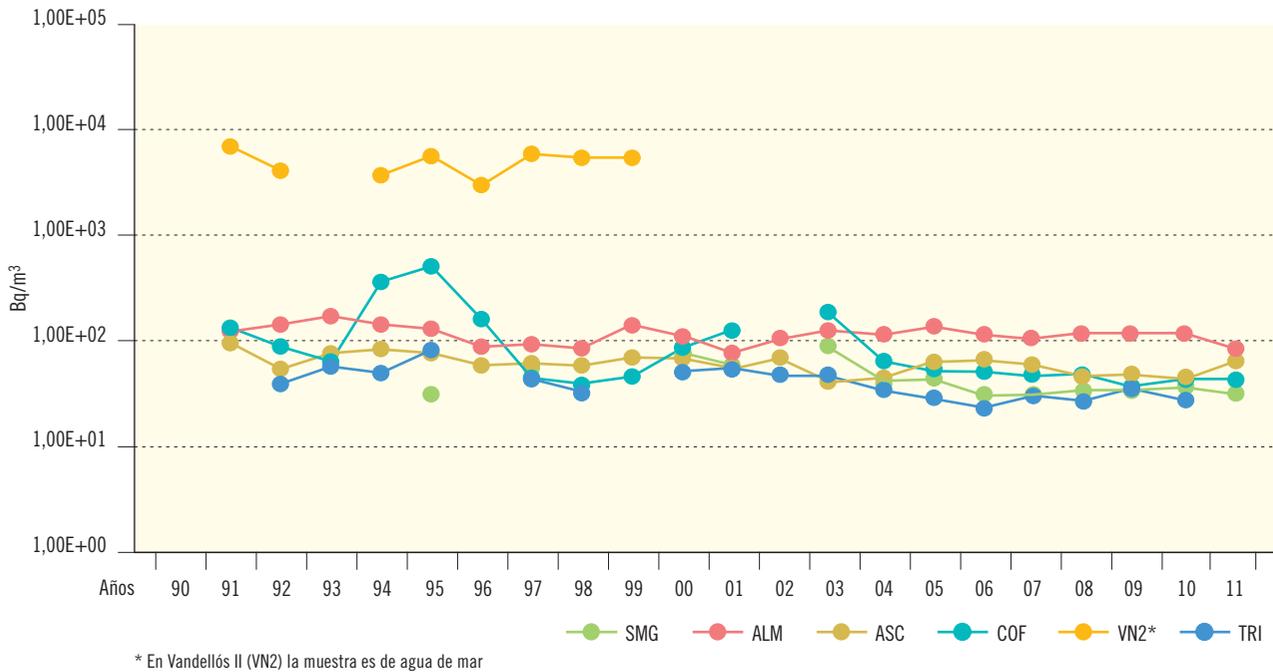
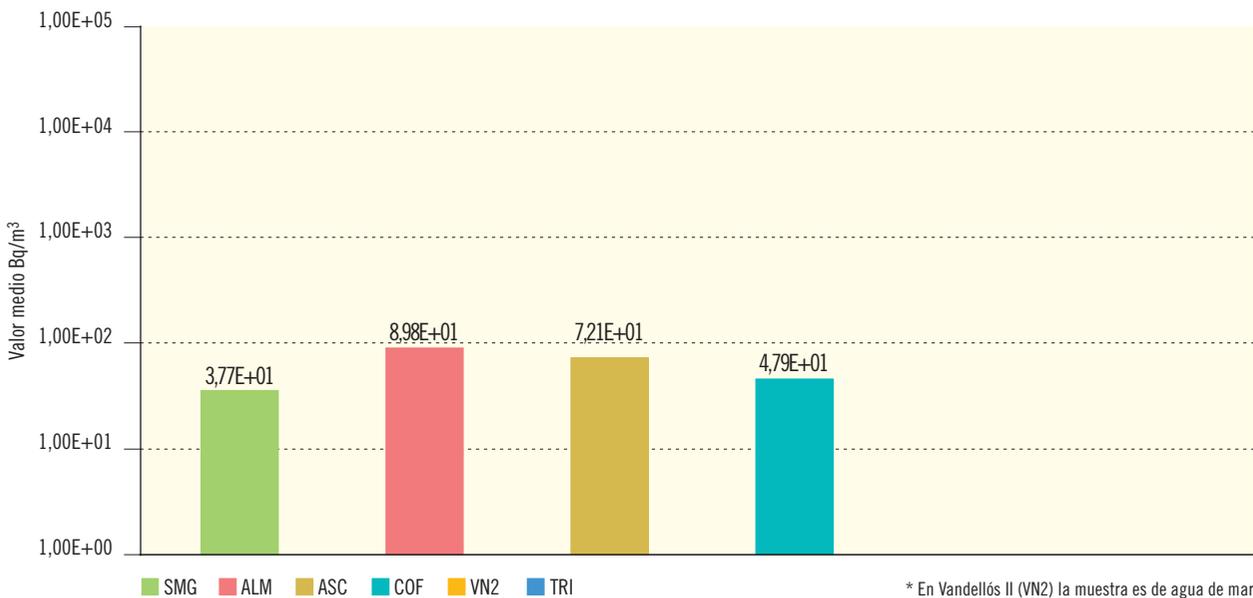


Figura 2.15b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	4,04E+01	2,82E+02	1,61E+02	6,65E+01		
Valor mínimo	3,55E+01	3,77E+01	4,40E+01	3,40E+01		
Nº total de análisis	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	3	97	8	13	0	0
Nº de análisis < LID	13	11	8	59	16	48

Figura 2.16a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

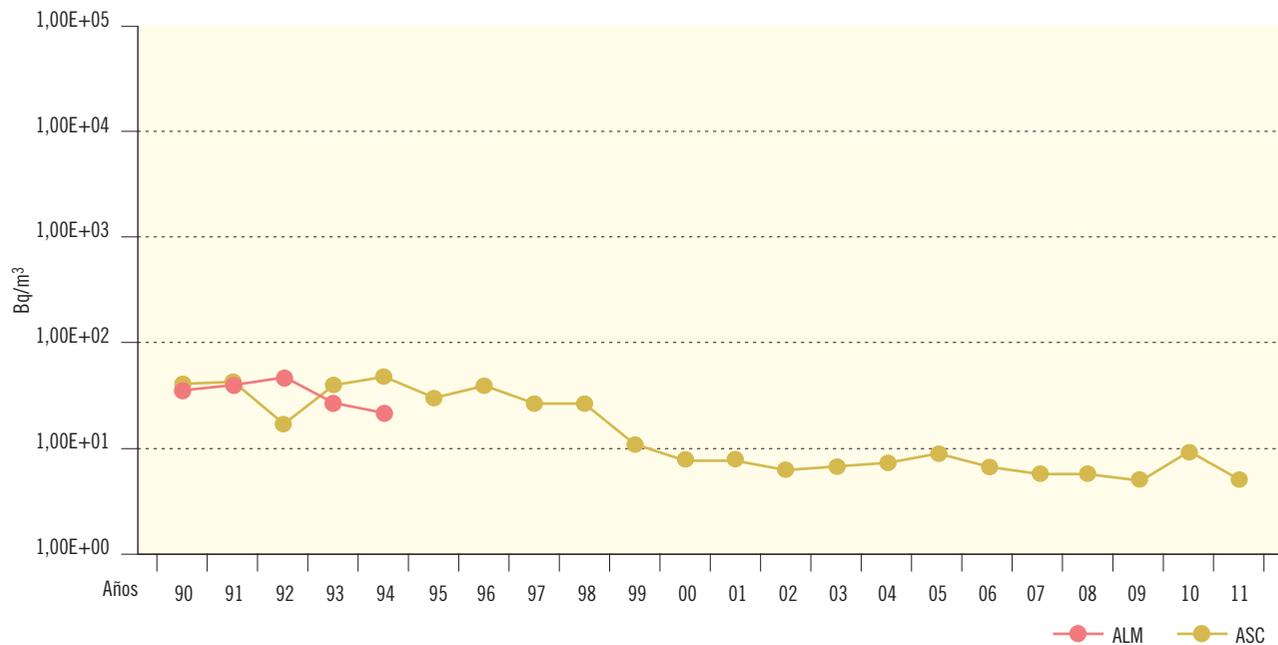
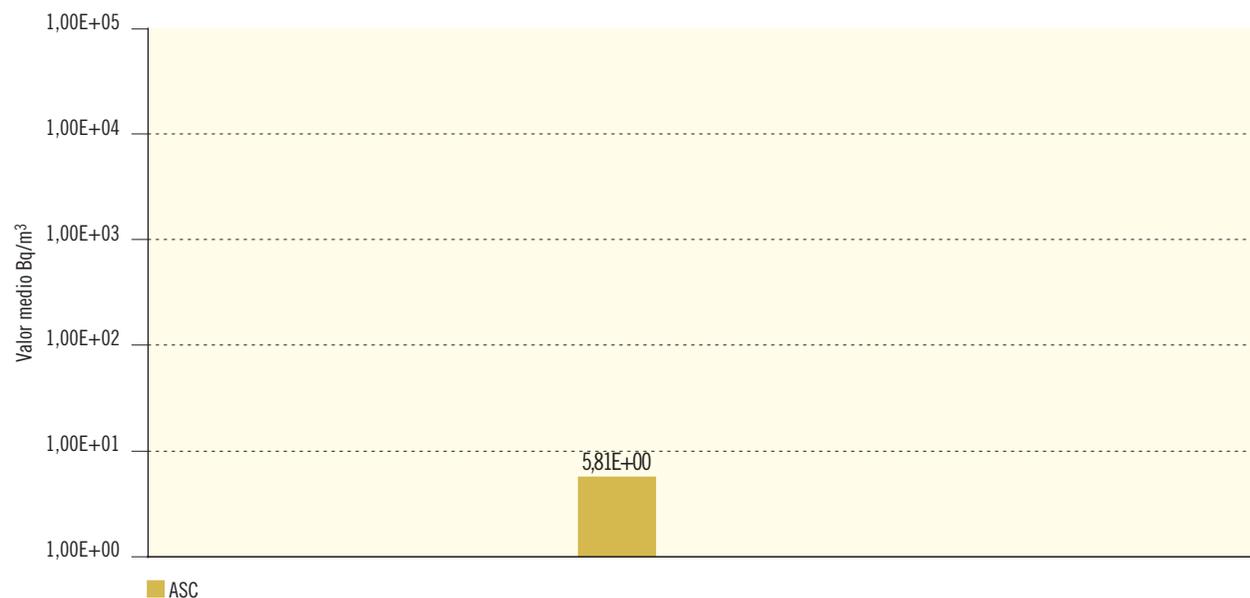


Figura 2.16b. Agua superficial. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			5,81E+00			
Valor mínimo			5,81E+00			
Nº total de análisis			16			
Nº de análisis > LID			1			
Nº de análisis < LID			15			

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

Valores medios en la zona vigilada

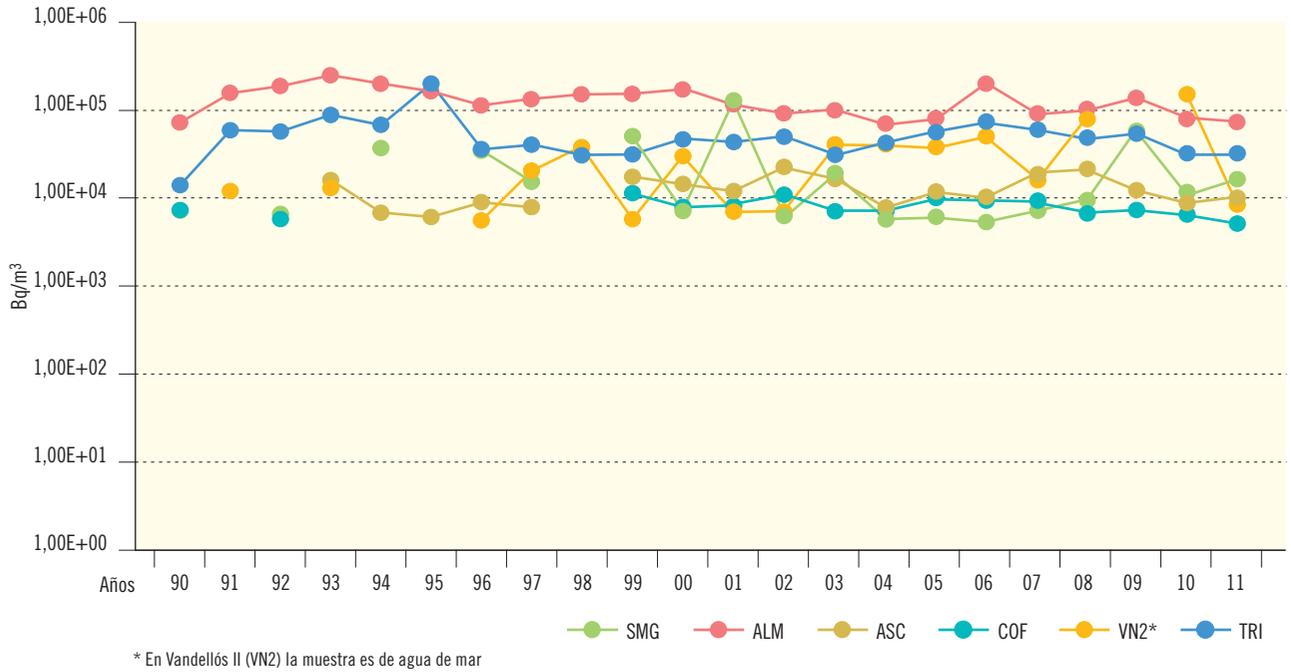
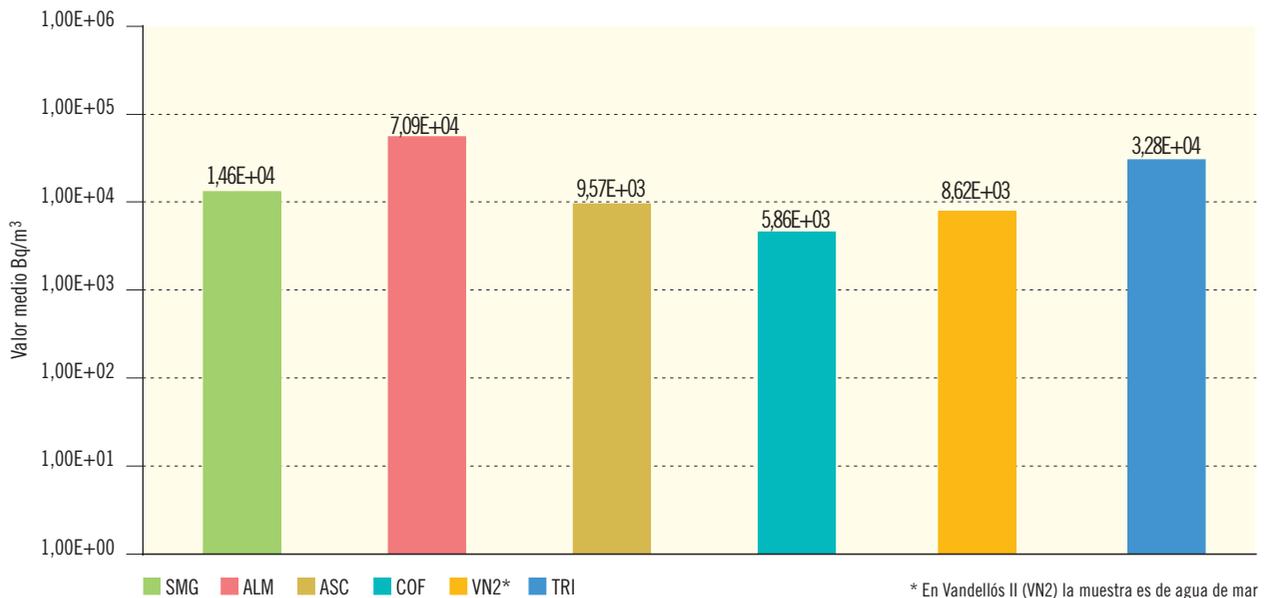


Figura 2.17b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	2,08E+04	1,68E+05	1,26E+04	7,49E+03	1,42E+04	6,40E+04
Valor mínimo	4,51E+03	9,73E+03	6,89E+03	4,55E+03	6,04E+03	2,46E+04
Nº total de análisis	48	60	16	24	16	16
Nº de análisis > LID	4	47	3	4	4	12
Nº de análisis < LID	44	13	13	20	12	4

Figura 2.18a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

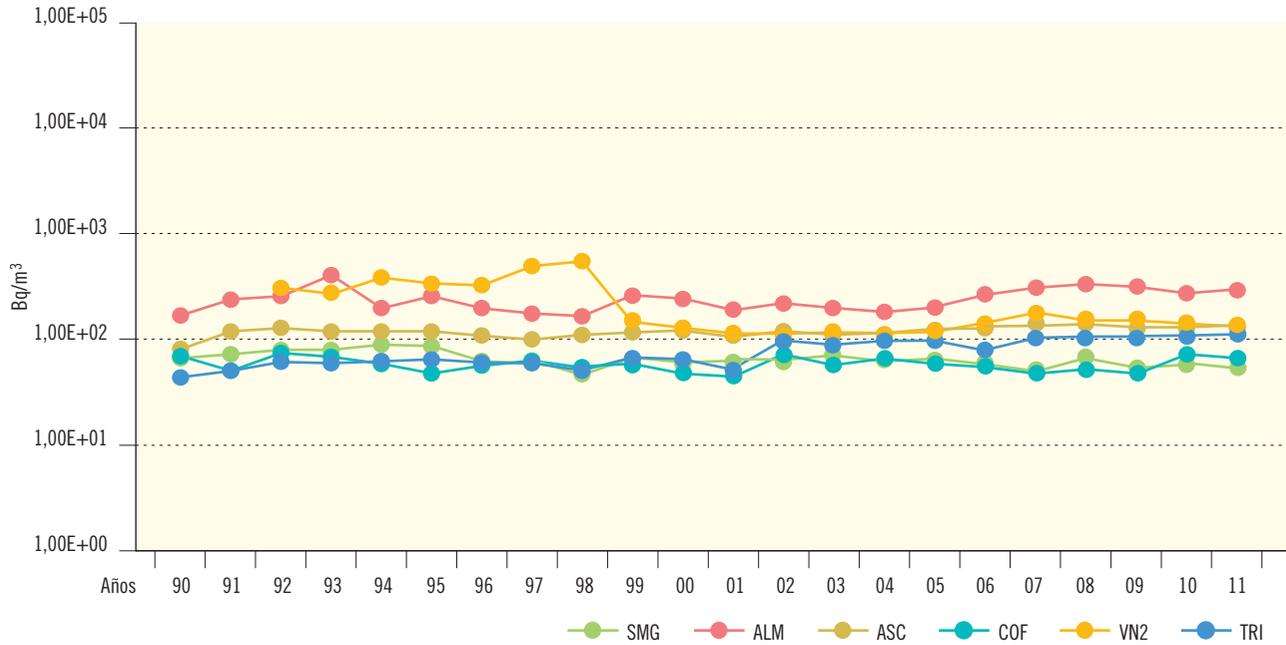
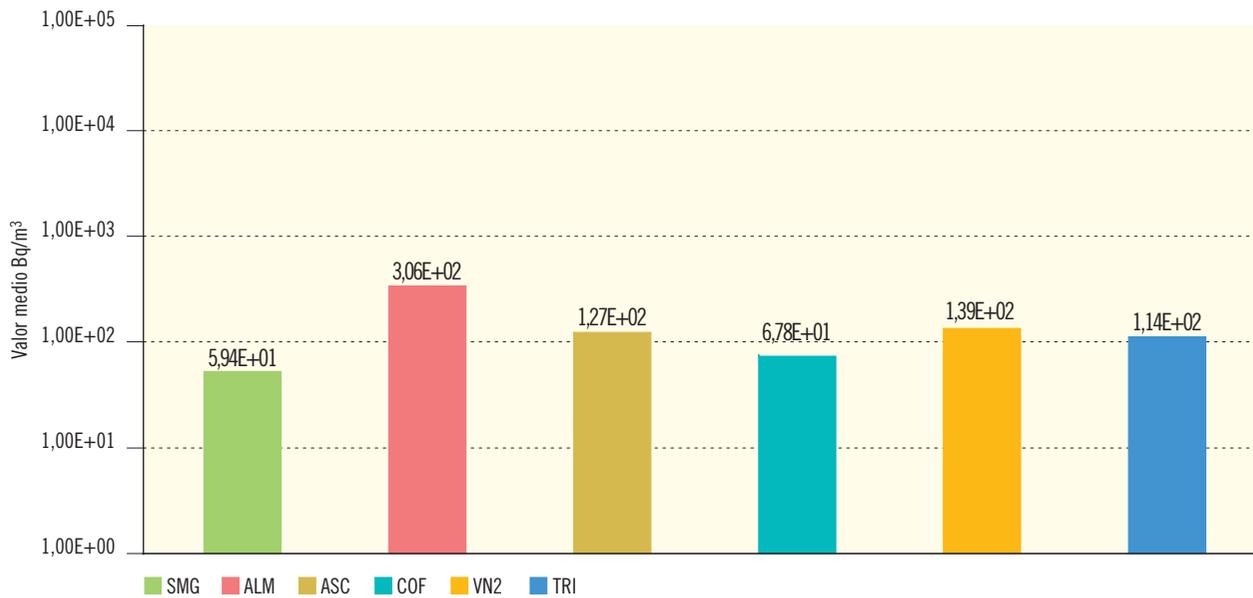


Figura 2.18b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,16E+02	4,24E+02	2,09E+02	9,47E+01	2,24E+02	4,19E+02
Valor mínimo	2,99E+01	6,68E+01	7,88E+01	3,85E+01	9,29E+01	4,40E+01
Nº total de análisis	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	18	25	48	5	4	22
Nº de análisis < LID	10	11	0	7	0	2

Figura 2.19a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

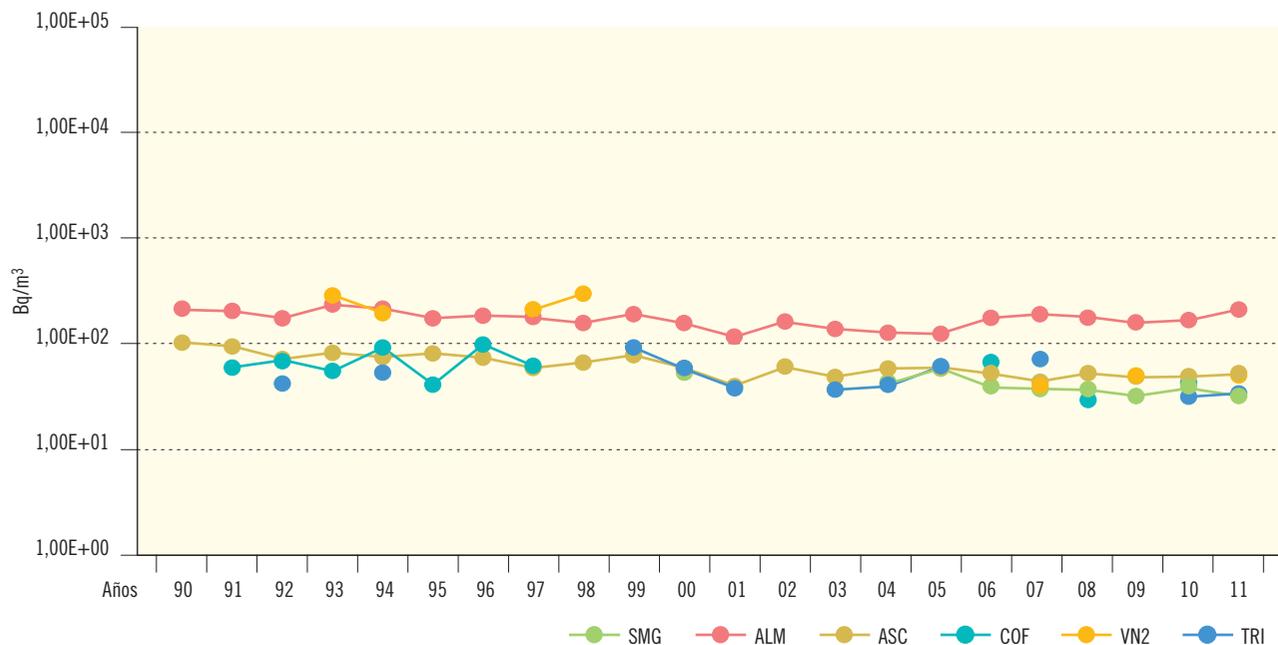
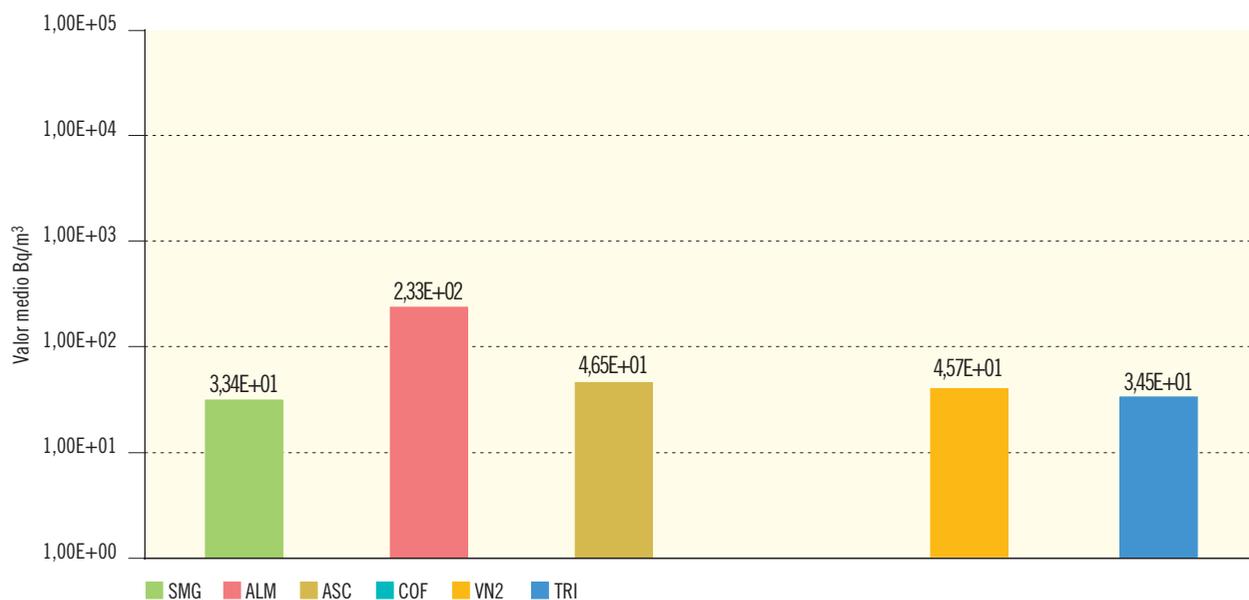


Figura 2.19b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,42E+01	3,74E+02	6,94E+01		4,57E+01	3,91E+01
Valor mínimo	3,26E+01	4,11E+01	3,32E+01		4,57E+01	2,98E+01
Nº total de análisis	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	2	16	14	0	1	2
Nº de análisis < LID	26	20	34	12	3	22

Figura 2.20a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

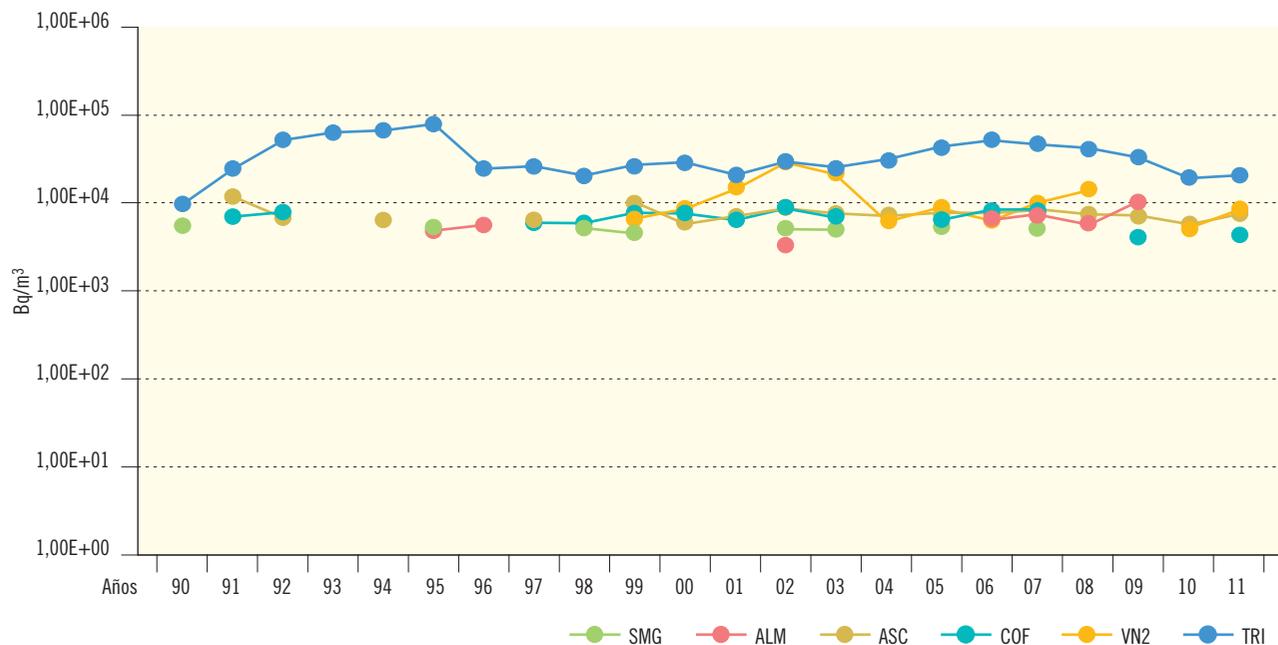
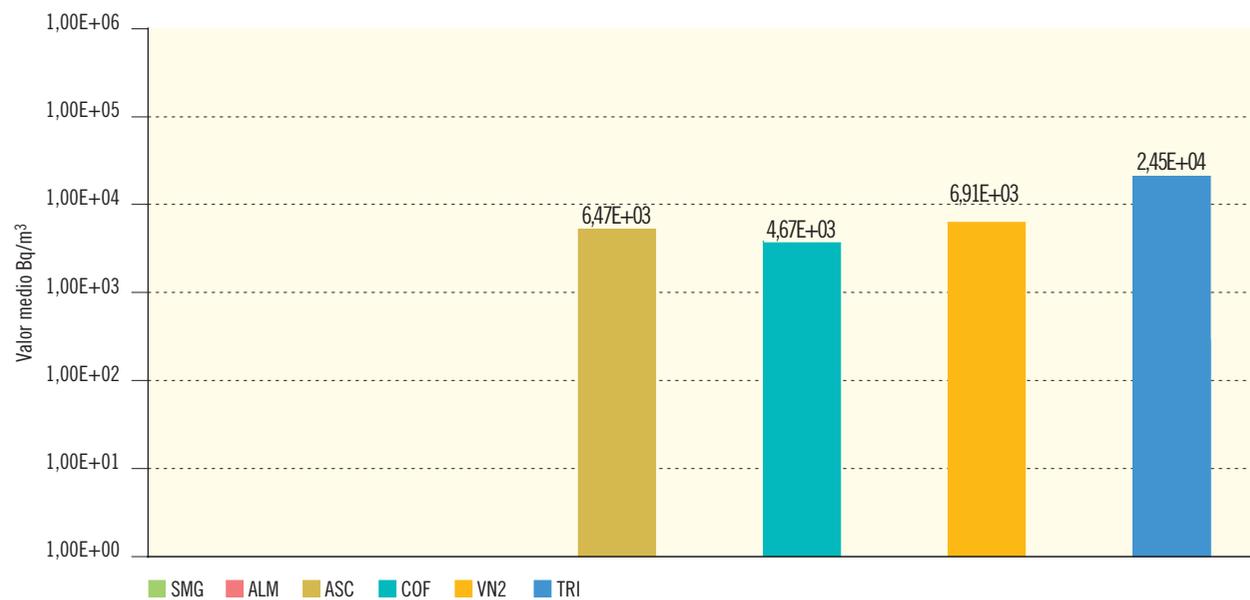


Figura 2.20b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			9,79E+03	5,04E+03	8,73E+03	3,09E+04
Valor mínimo			4,61E+03	4,29E+03	5,09E+03	8,52E+03
Nº total de análisis	28	12	16	12	4	24
Nº de análisis > LID	0	0	7	2	2	13
Nº de análisis < LID	28	12	9	10	2	11

Figura 2.21a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

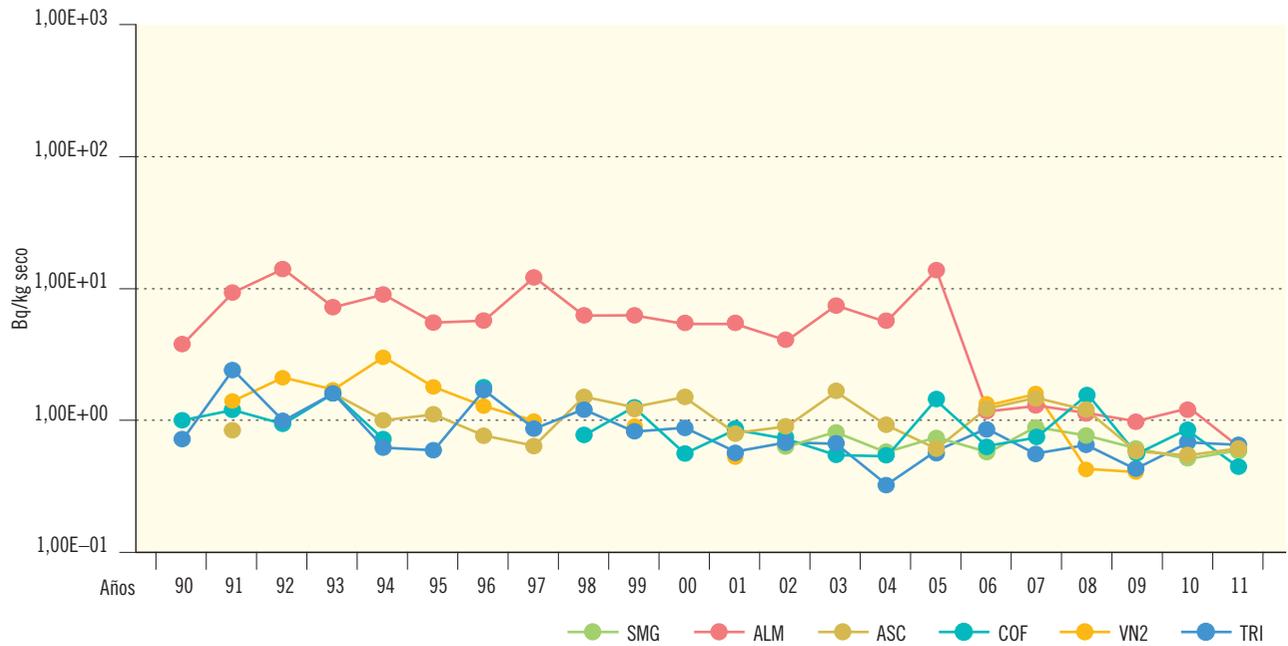
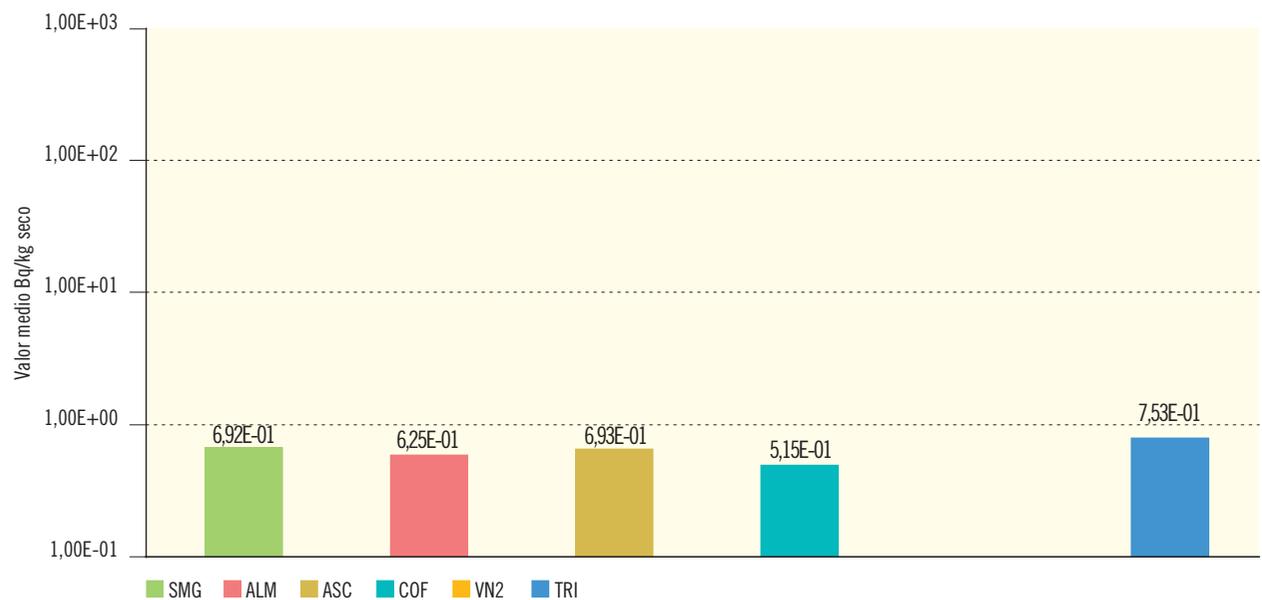


Figura 2.21b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,30E+00	1,00E+00	1,22E+00	7,51E-01		7,53E-01
Valor mínimo	3,89E-01	3,52E-01	5,42E-01	2,75E-01		7,53E-01
Nº total de análisis	14	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	4	8	6	6	0	1
Nº de análisis < LID	10	8	2	8	6	7

Figura 2.22a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

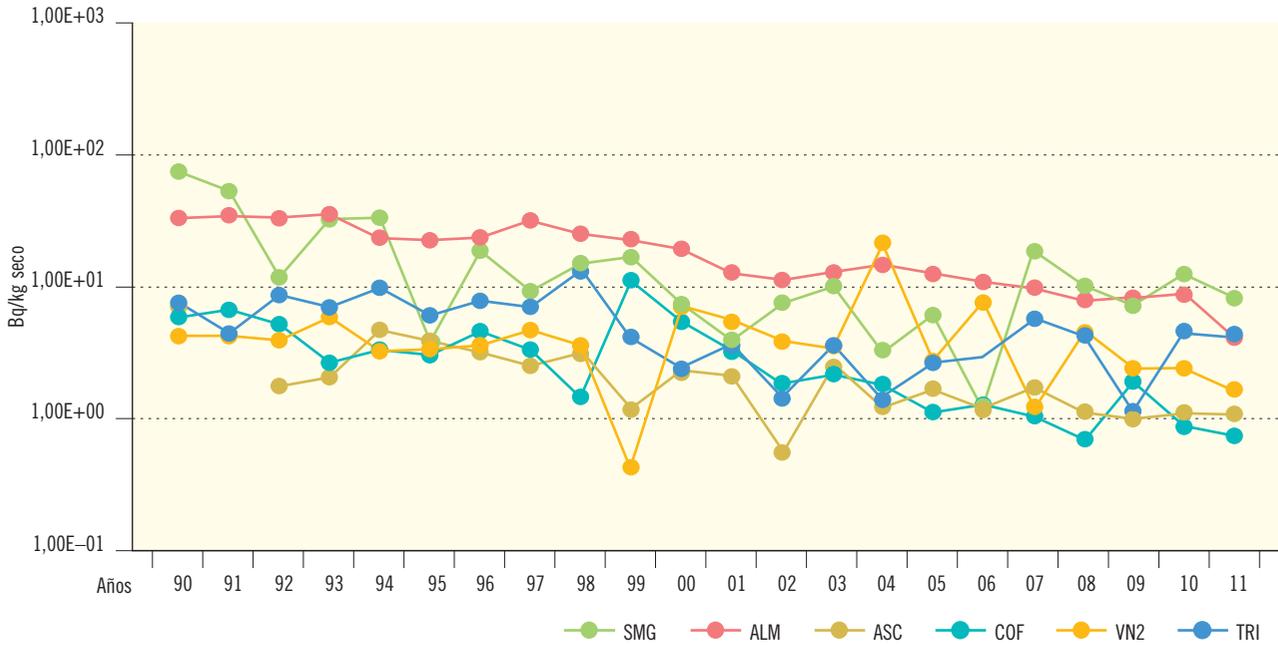
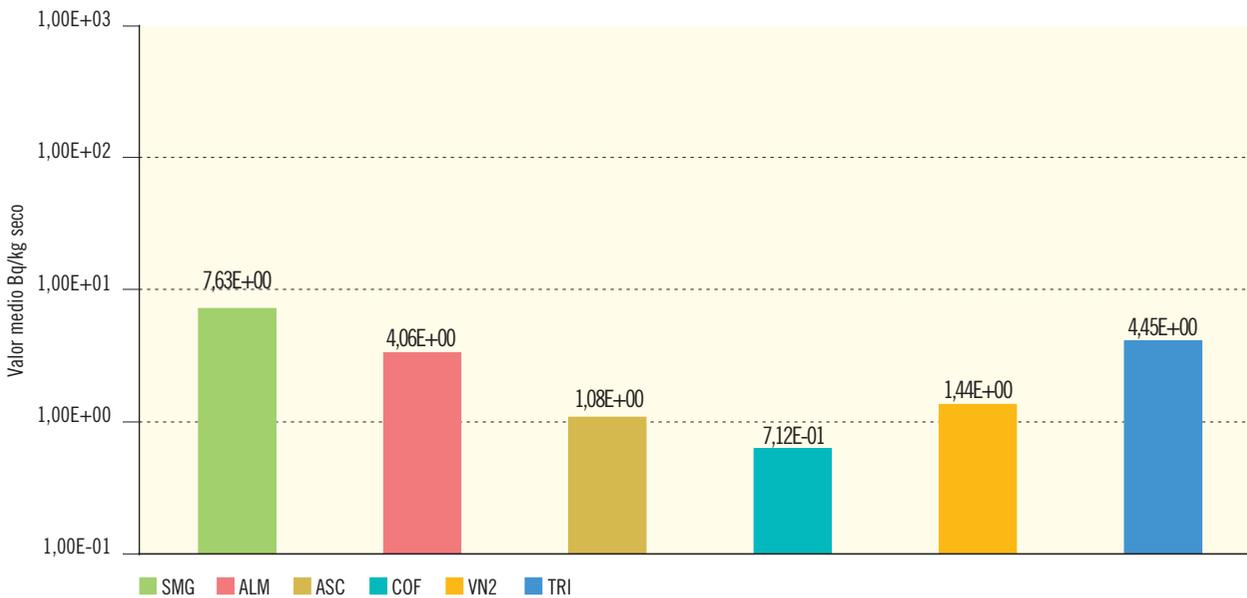


Figura 2.22b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,01E+01	1,01E+01	1,79E+00	1,48E+00	1,82E+00	1,05E+01
Valor mínimo	5,33E-01	4,10E-01	5,67E-01	3,53E-01	9,27E-01	4,47E-01
Nº total de análisis	14	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	8	11	8	11	4	4
Nº de análisis < LID	6	5	0	3	2	4

Figura 2.23a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

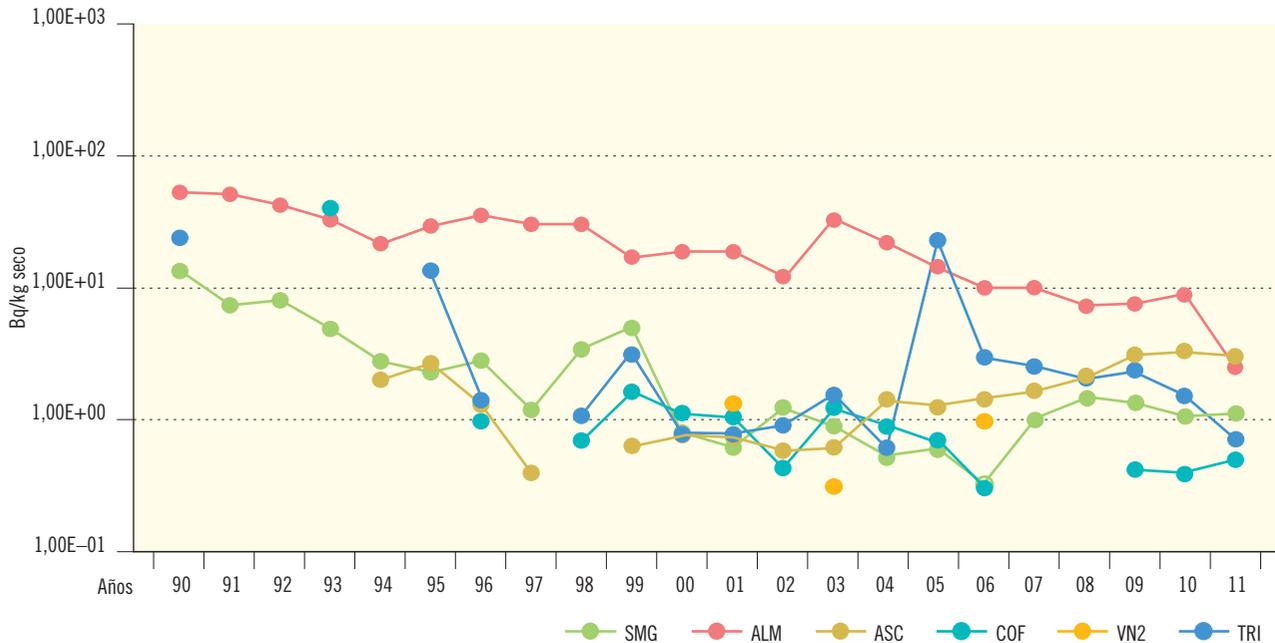
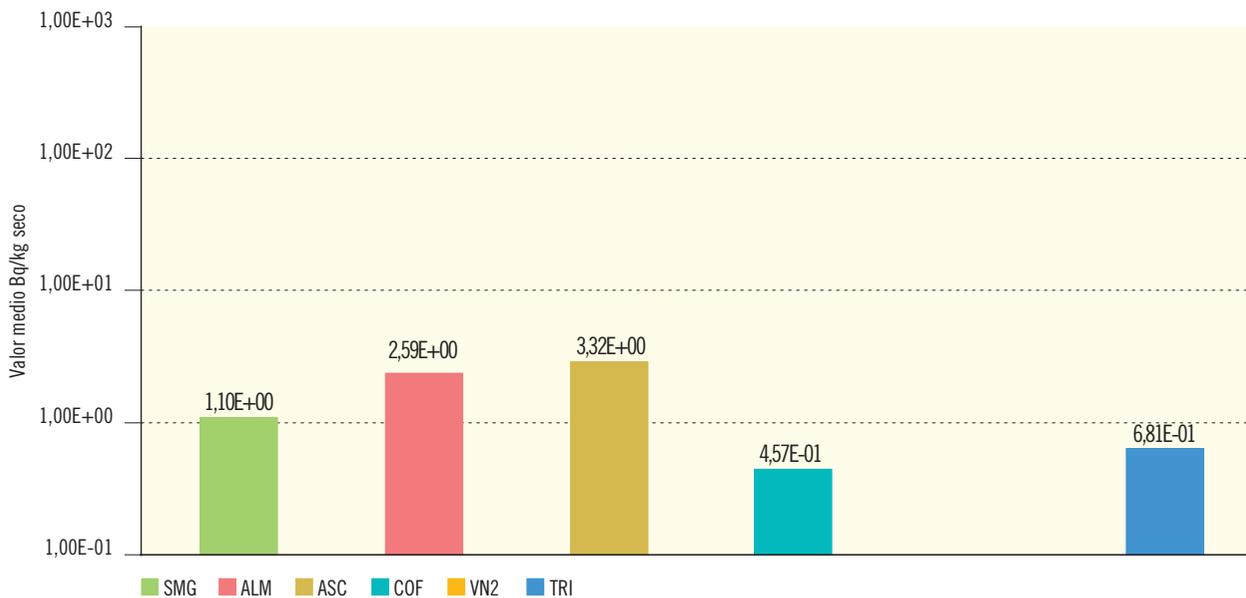


Figura 2.23b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,10E+00	6,78E+00	5,16E+00	5,59E-01		9,21E-01
Valor mínimo	1,10E+00	3,13E-01	4,52E-01	3,54E-01		4,87E-01
Nº total de análisis	14	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	1	6	6	2	0	4
Nº de análisis < LID	13	10	2	12	6	4

Figura 2.24a. Sedimentos de orilla. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

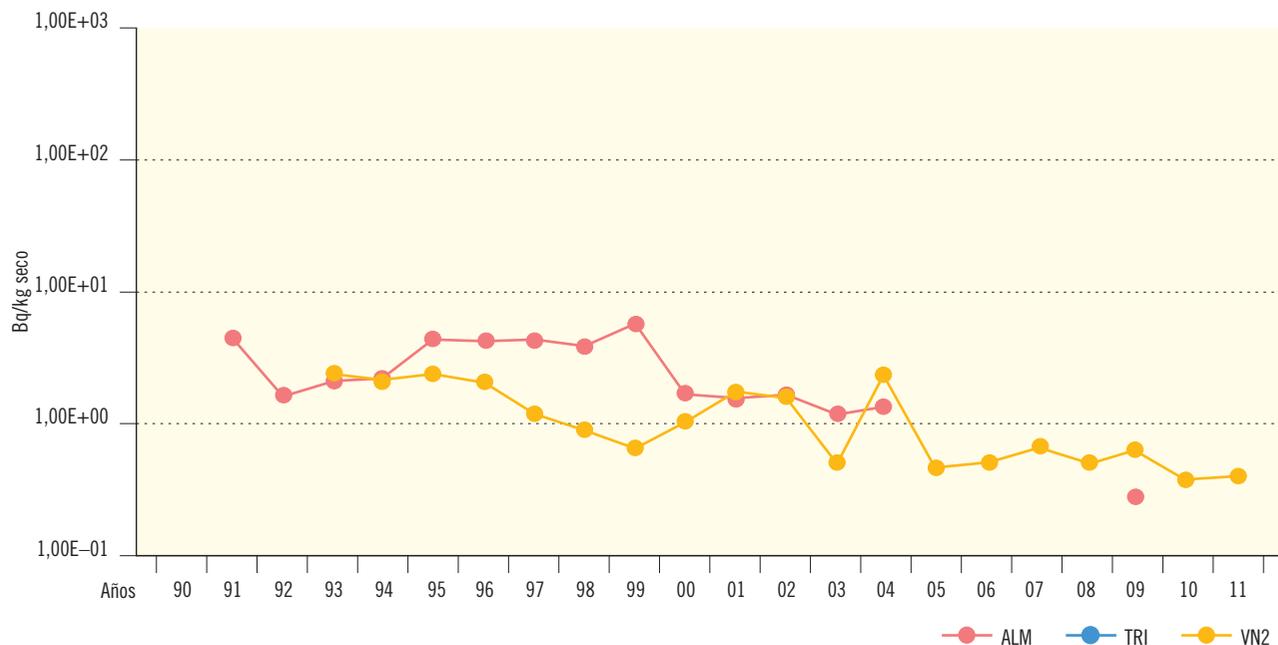
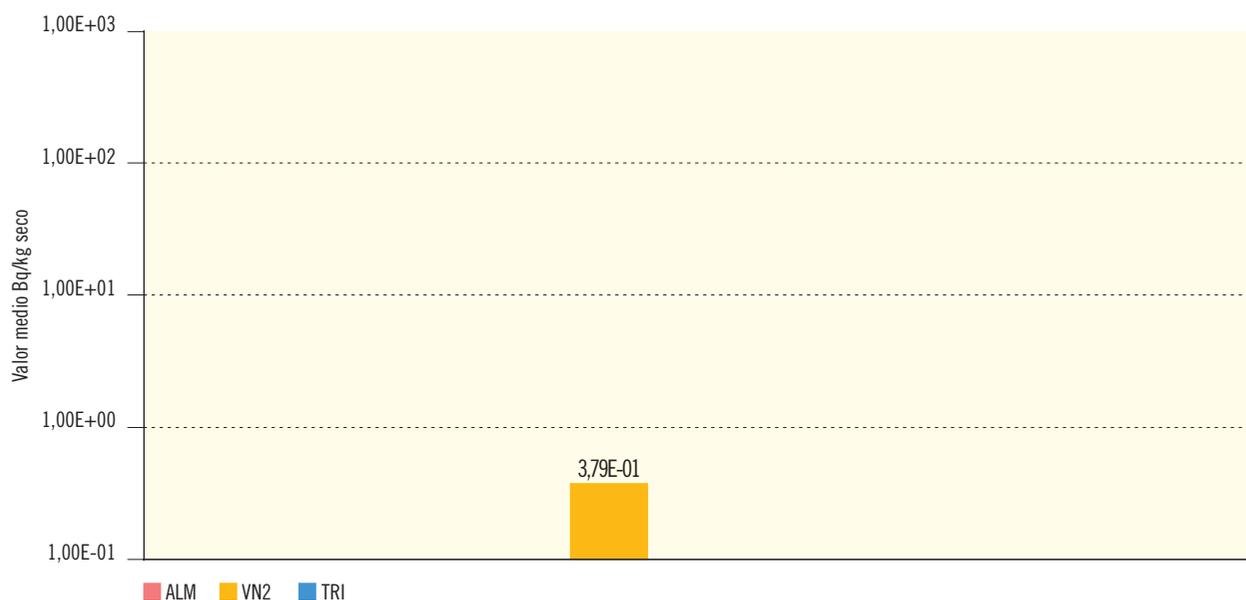


Figura 2.24b. Sedimentos de orilla. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	ALM	VN2	TRI
Valor máximo		4,97E-01	
Valor mínimo		2,61E-01	
Nº total de análisis	4	12	2
Nº de análisis > LID	0	2	0
Nº de análisis < LID	4	10	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 2011, 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 2011 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 (aguas arriba y aguas abajo), *Ceratophyllum* en la de Ascó (aguas arriba y aguas abajo) y *Posidonia oceanica* 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: planta de orilla sin identificar en Cofrentes, *Typha*

sp. en las centrales nucleares de Almaraz, Trillo y Cofrentes, *Scirpus sp* en Almaraz y Cofrentes (aguas abajo) y *Phragmites* en Cofrentes.

- Plantas terrestres. Criptógamas terrestres en Santa María de Garoña y muestras de retama spp en Almaraz.
- Musgos. Por sus características morfológicas y 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 (completos o concha).
- Fauna acuática. En esta campaña se han recogido muestras de mejillón cebrá en Santa María de Garoña.

Resultados

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2011 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 provienen del poso radiactivo, además de la aportación por el funcionamiento de la central, como ya se ha mencionado en otros apartados, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del punto de vertido, con porcentajes próximos al 100% 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 cobalto-58, cobalto-60 y otros de fisión como la plata-110

metaestable se produce de forma esporádica y casi exclusivamente en muestras recogidas aguas abajo de la instalación, y así ha ocurrido también en esta campaña de 2011 (figuras 2.25 a 2.29).

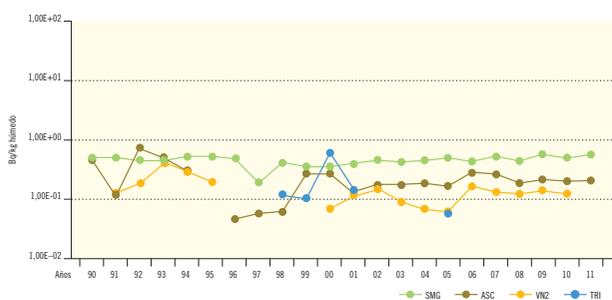
En 2011 también se ha detectado yodo-131 en dos muestras, en una planta acuática (fanerógama) y en un musgo acuático, en Santa María de Garoña. Otros

isótopos artificiales detectados en Santa María de Garoña han sido manganeso-54, presente en una planta acuática (fanerógama), y cesio-134, con valor superior al LID en una planta criptógama terrestre.

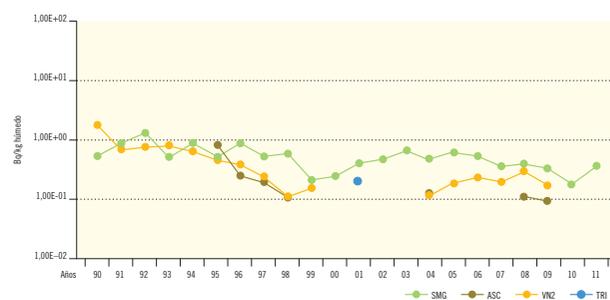
En esta campaña se han detectado niobonio-95 y zirconio-95 en una muestra de planta acuática (*Ceratophyllum*) de Ascó.

Figura 2.25a. Plantas acuáticas. Valores medios en la zona vigilada

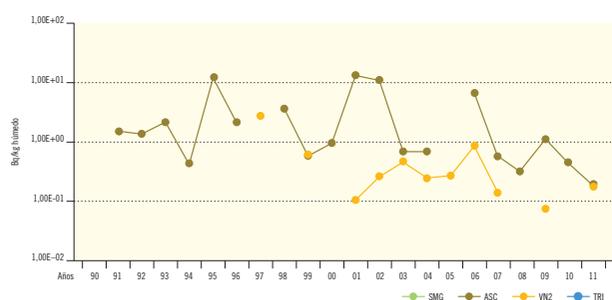
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



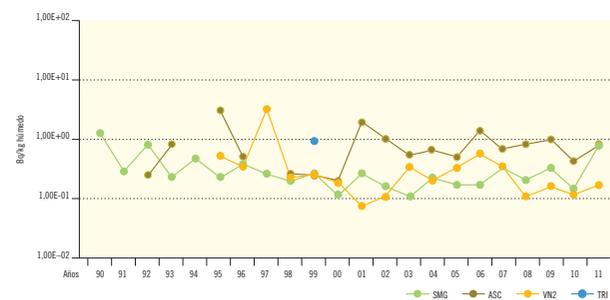
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



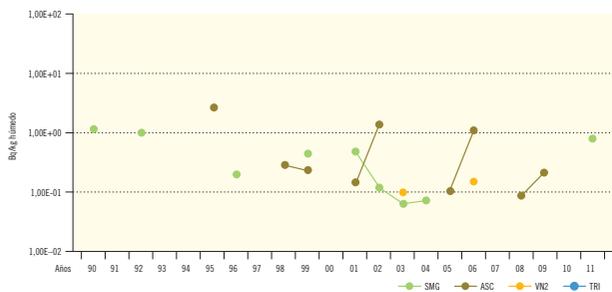
Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



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

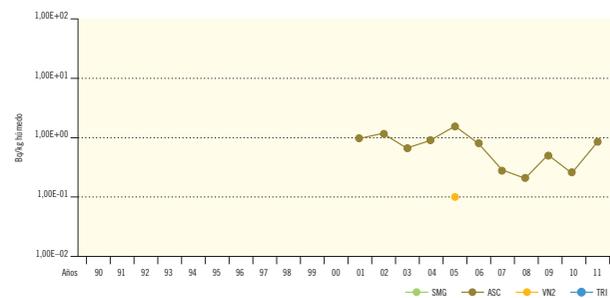
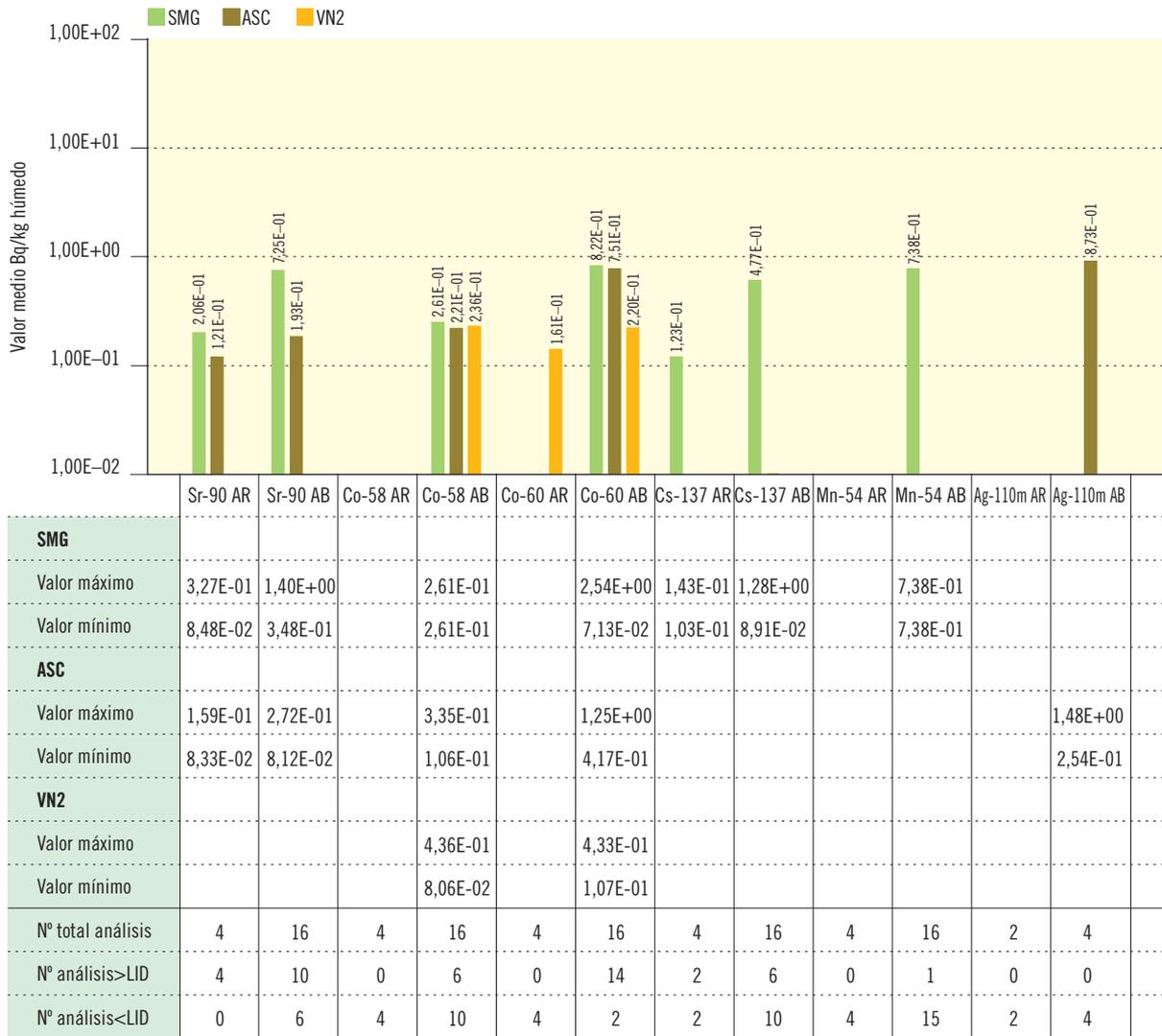


Figura 2.25b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

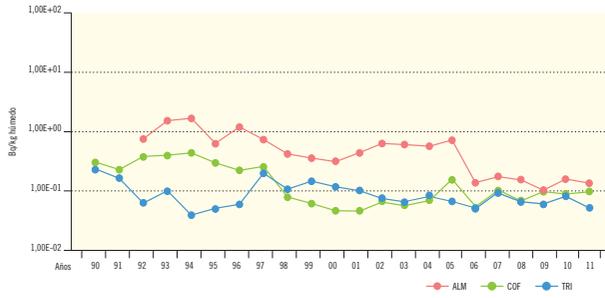
Valores de la campaña de 2011



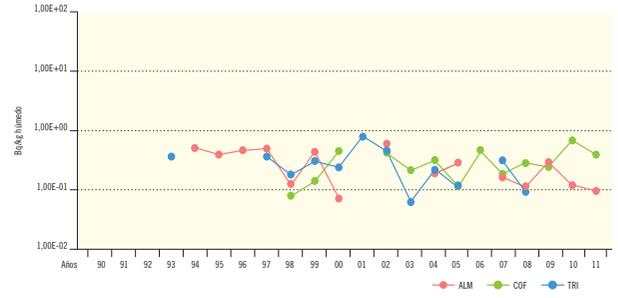
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.26a. 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 Co-60

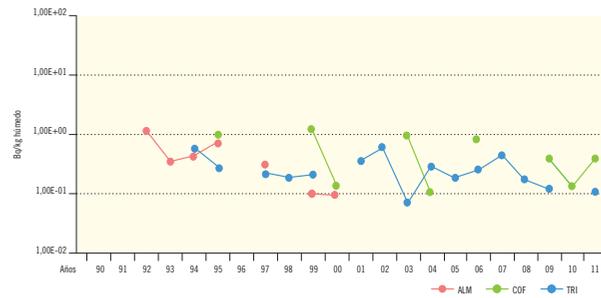
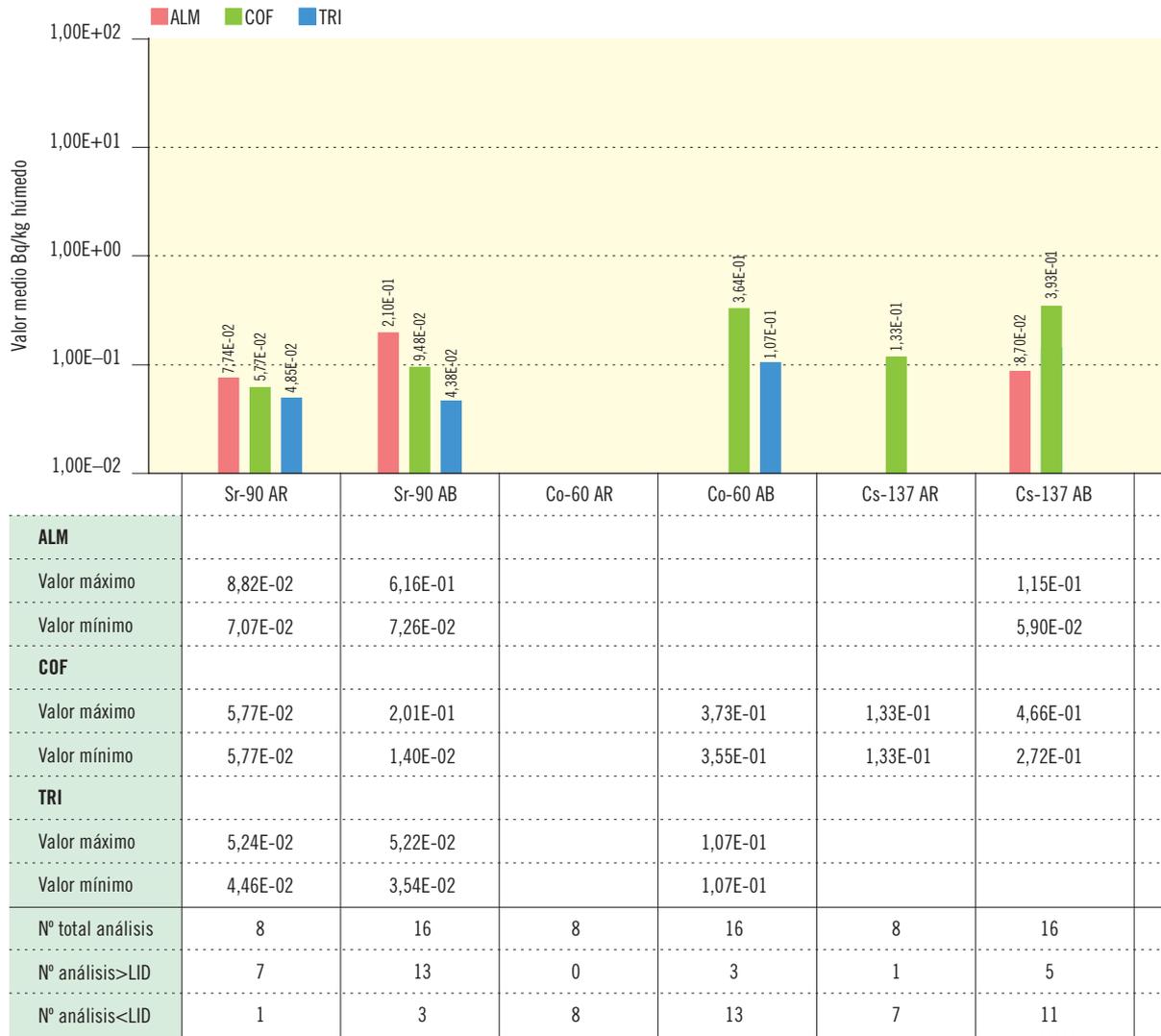


Figura 2.26b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.27a. Plantas terrestres. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

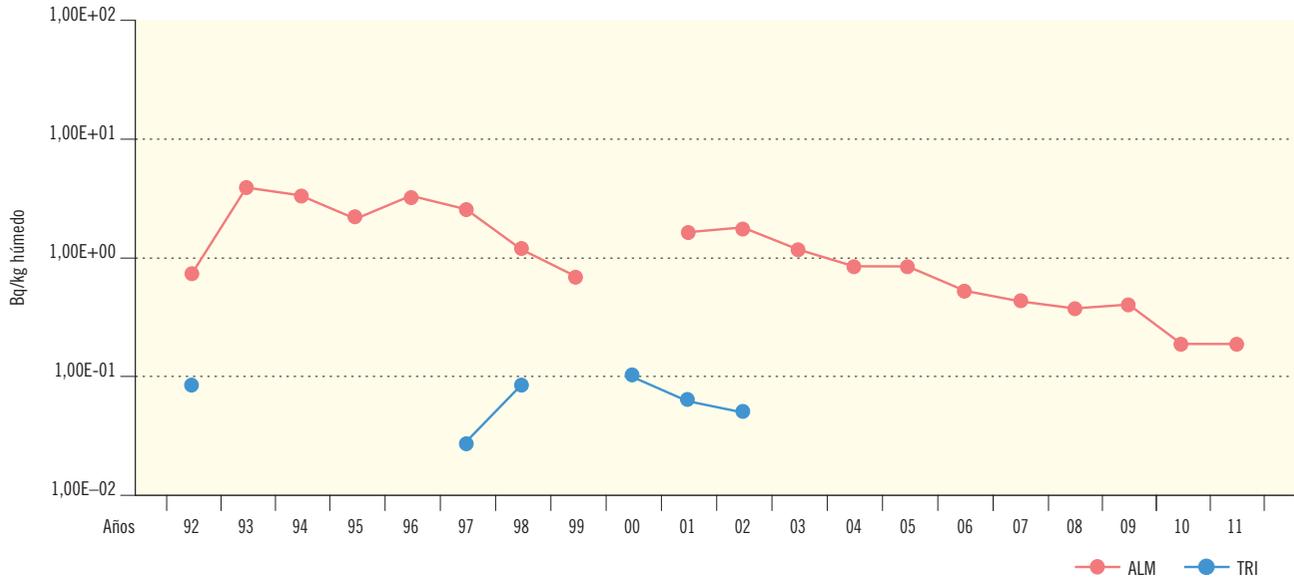
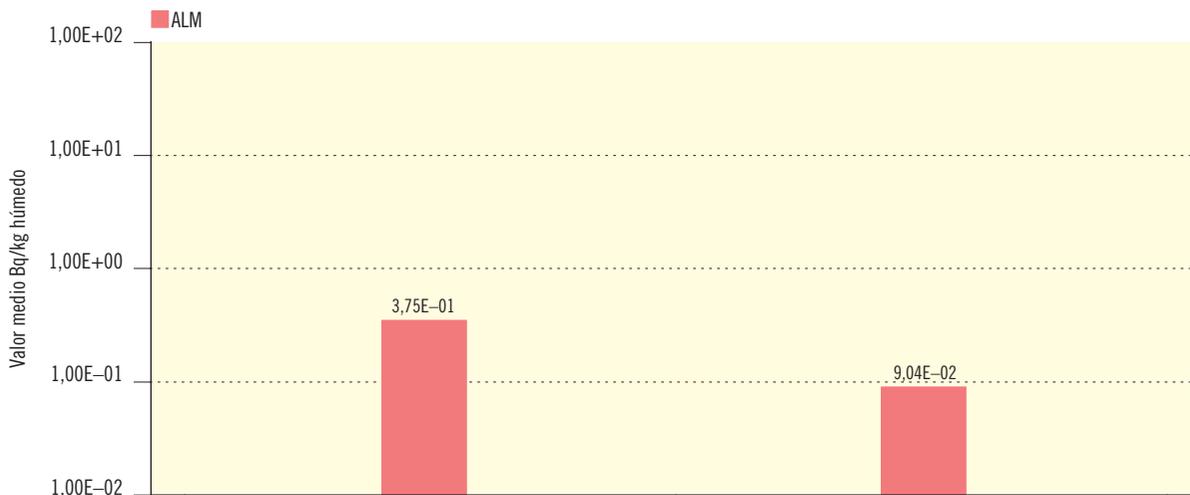


Figura 2.27b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011

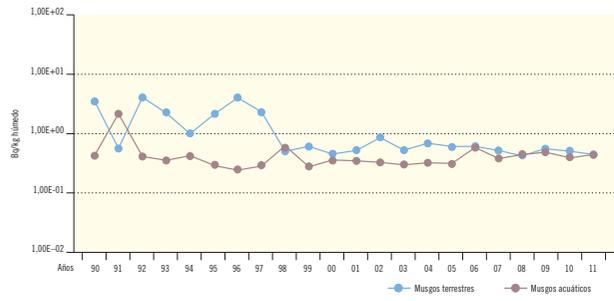


	Sr-90 AR	Sr-90 AB
ALM		
Valor máximo	6,97E-01	9,56E-02
Valor mínimo	5,19E-02	8,51E-02
Nº total análisis	2	2
Nº análisis>LID	2	2
Nº análisis<LID	0	0

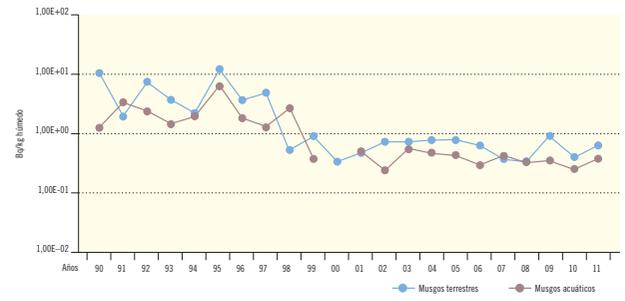
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.28a. Musgos. Central nuclear de 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

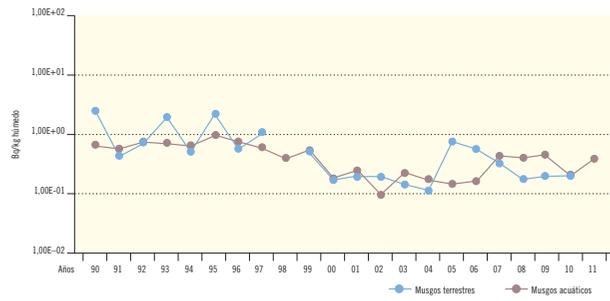


Figura 2.28b. Musgos. Central nuclear de Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.29a. Fauna terrestre. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

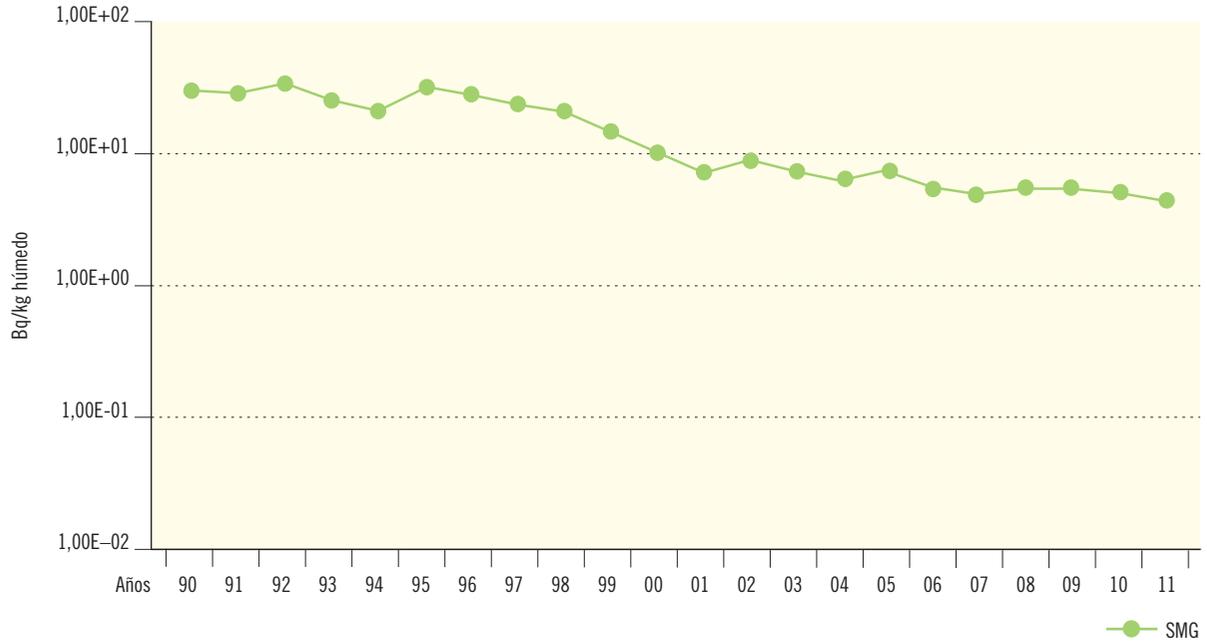
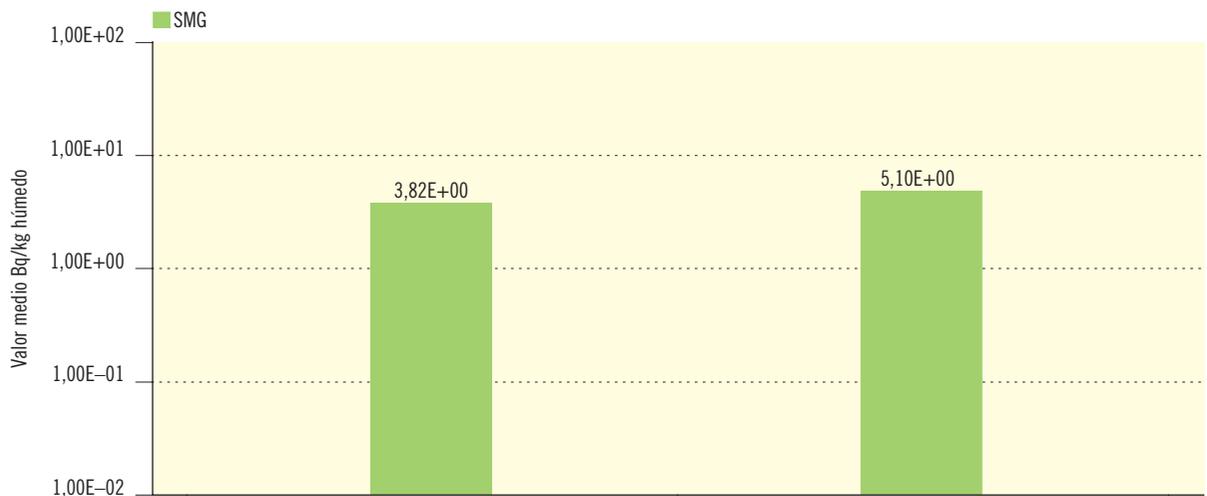


Figura 2.29b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



	Sr-90 AR	Sr-90 AB
SMG		
Valor máximo	6,09E+00	1,12E+00
Valor mínimo	1,26E+00	1,95E+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. En los resultados obtenidos en 2011, como consecuencia del accidente de Fukushima y en fechas próximas al mismo, se han detectado en algunas muestras resultados de yodo-131, cesio-134 y cesio-137.

En estas fechas, para las concentraciones en muestras de alimentos se tomaron como referencia las “Tolerancias máximas para alimentos” establecidas en los reglamentos de la Unión Europea⁵ en los que se impusieron las condiciones especiales para la importación de alimentos y piensos procedentes de Japón tras el accidente de Fukushima.

Los valores obtenidos en los PVRA de las centrales nucleares no superaron dichos niveles de tolerancia. Las concentraciones medidas, como consecuencia del accidente, fueron muy bajas y, en caso de ingestión de estos alimentos, las dosis estimadas a la que darían lugar son muy inferiores a los límites establecidos para la población.

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 fo-

rraje la frecuencia disminuye a mensual. La presencia de yodo-131 en leche es esporádica (figura 2.30a). En la presente campaña se ha detectado en todas las centrales, con un porcentaje de detección entre el 2% para Cofrentes y un 14% en Vandellós II (figura 2.30b). El periodo de detección ha sido el comprendido entre el 30 de marzo y el 26 de abril.

Los valores más elevados se han encontrado en las muestras del PVRA de la central nuclear de Almaraz: dos de leche de cabra y una de oveja. Esto se debe a que, como ya se ha comentado, la nube radiactiva procedente de Fukushima llegó a la península por el sudoeste y, por ello, en las muestras de este PVRA se observaron concentraciones ligeramente más elevadas (figura 2.30b).

Estroncio-90. Se detecta en bastantes muestras de leche de 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 2011. No se aprecian diferencias significativas entre los valores obtenidos en las estaciones de seguimiento y las testigo. Los niveles relativamente más elevados de estroncio-90 en leche se obtienen sistemáticamente en muestras recogidas en el entorno de la central de Almaraz, en consonancia con lo observado en las muestras de suelo. En relación con el tipo de leche, la leche de cabra mantiene niveles de actividad de estroncio-90 ligeramente más elevados (figura 2.31a y 2.31b).

Espectrometría gamma. Cesio-137 es el radionucleido de origen artificial que se observa ocasionalmente con valores superiores al LID en muestras de leche. En el año 2011 se detectó en 13 muestras, 12 de ellas en Almaraz y una en Santa María de Garoña. En Almaraz, 11 de las muestras con valores superiores al LID eran de leche de cabra, mientras que una era de leche de vaca. En Santa María de Garoña la muestra con valor superior a LID era de leche de vaca. La presencia de cesio-137 en un mayor número de muestras de leche de cabra se atribuye a su alimentación: ingieren en su dieta fracciones de la capa superficial del suelo. El rango de valores se encuentra dentro de los obtenidos en la campaña preoperacional y en las campañas operacionales anteriores. En los programas del resto de las centrales no se

⁵ Reglamento de la UE 297/2011 de 25 de marzo de 2011. Reglamento de la UE 961/2011 de 27 de septiembre que derogaba al anterior. Reglamento de la UE 284/2012 de 29 de marzo que deroga al anterior y Reglamento 996/2012 hasta 26 de octubre de 2012 que deroga al anterior y válido hasta 31 de marzo de 2014.

ha detectado la presencia de ningún emisor gamma durante el año 2011 (figura 2.32a y 2.32b).

En las medida de espectrometría gamma también se ha detectado yodo-131 en las siguientes muestras: dos muestras de leche de Almaraz (una de leche de oveja y otra de leche de cabra), en una muestra de leche de oveja de Ascó, en una muestra de leche de vaca de Santa María de Garoña y en dos muestras de leche de Trillo (una de leche de oveja y otra de leche de cabra). La detección de este radionucleido, entre la última semana de marzo y la segunda de abril, se asocia al accidente de Fukushima y las concentraciones detectadas por esta técnica de medida fueron muy similares a las obtenidas en el análisis específico de yodo-131 en las muestras recogidas en las mismas fechas.

Vegetales de hoja ancha

Estroncio-90. Los valores medios de concentración de actividad son variables entre las diferentes centrales y fluctúan a lo largo del tiempo; del mismo modo que ocurre con los valores de este isótopo en el suelo como ya se ha indicado. La proporción de detección se sitúa en torno al 100% de las muestras analizadas, observándose valores superiores al LID tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento, excepto en las muestras de Vandellós II, donde la recogida de muestras de cultivo de hoja ancha se incluyó por primera vez en la campaña del año 2005 y de momento no se ha detectado actividad por encima del LID (figura 2.33a y 2.33b).

Los valores medios obtenidos en 2011 en el resto de los emplazamientos, se encuentran dentro del rango de variación observado en las campañas de años anteriores.

Espectrometría gamma. Todos los valores obtenidos para los diferentes isótopos de origen artificial son habitualmente inferiores al LID excepto el cesio-137 que se observa ocasionalmente con valores superiores al mismo. En 2011 se detectó concentración de actividad de cesio-137 en dos muestras de acelgas de Almaraz (figura 2.34a y 2.34b).

El yodo-131, mediante análisis por espectrometría gamma, se ha detectado en el PVRA anterior, en dos

muestras de vegetales de hoja ancha (acelga y lechuga). Todas estas muestras se habían recogido en la primera quincena de abril y las concentraciones en los cultivos fueron próximas al LID.

El cesio-134 también se ha detectado en Almaraz, en dos muestras de lechuga.

La detección de estos radionucleidos se atribuye al paso de la nube radiactiva procedente de Fukushima.

Yodo-131. Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es esporádica y en este caso ha correspondido a cuatro muestras de acelgas y dos de lechugas correspondientes al PVRA de la central de Almaraz (figura 2.35a y 2.35b) que se recogieron en el mes de abril por lo que su presencia se relaciona con el accidente de Fukushima.

Vegetales de hoja no ancha

En este conjunto se agrupan 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 vegetales de hoja ancha.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2011 se mantienen en niveles similares a los obtenidos en las últimas campañas (figura 2.36a y 2.36b).

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 cesio-137 cuya detección es esporádica. En la campaña de 2011 no se encontró actividad de cesio-137 en una ninguna muestra.

Carnes, aves y huevos

Se agrupan 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 y en esta campaña se ha detectado en dos muestras de Almaraz, así como en una muestra de Cofrentes (figura 2.37a y 2.37b), con valores similares a los ya observados en periodos anteriores.

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 a cesio-137 (figura 2.38a). En la campaña de 2011 únicamente se ha obtenido un valor superior al LID en Trillo (figura 2.38b).

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 el organismo entero, salvo en el caso de la central de Almaraz en la que se analiza por separado la parte comestible (músculo) y la no comestible (espinas). 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 2011 el único isótopo artificial detectado ha sido zinc-65, en dos muestras de carpa recogidas en Almaraz, con valores de concentración próximos al LID.

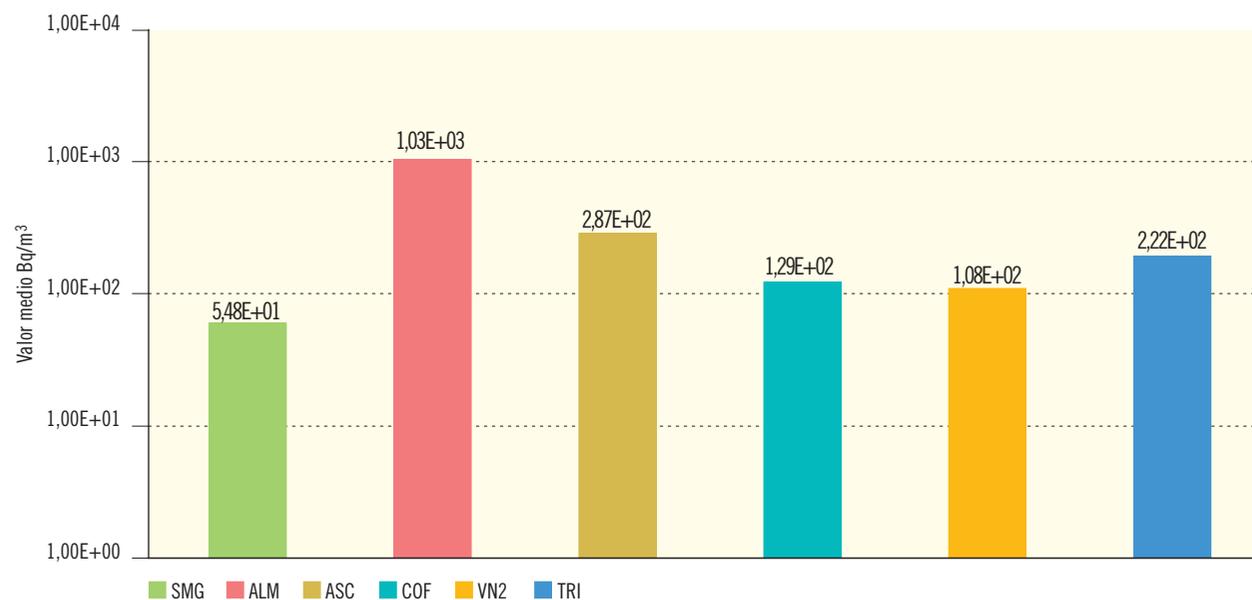
Figura 2.30a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada



Figura 2.30b. Leche. Concentración de actividad de I-131 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,93E+02	6,07E+03	1,06E+03	1,29E+02	5,79E+02	7,56E+02
Valor mínimo	9,16E+00	1,97E+01	1,53E+01	1,29E+02	1,53E+01	2,49E+01
Nº total de análisis	96	182	78	49	59	68
Nº de análisis > LID	6	20	9	1	8	8
Nº de análisis < LID	90	162	69	48	51	60

Figura 2.31a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

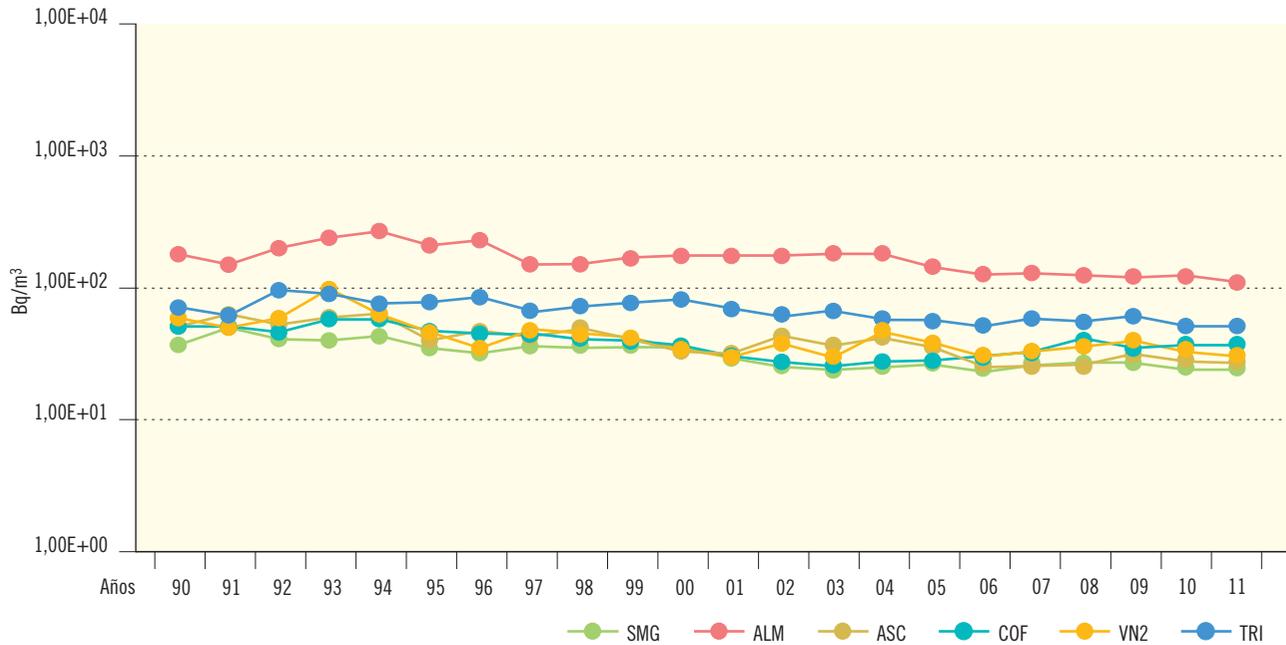
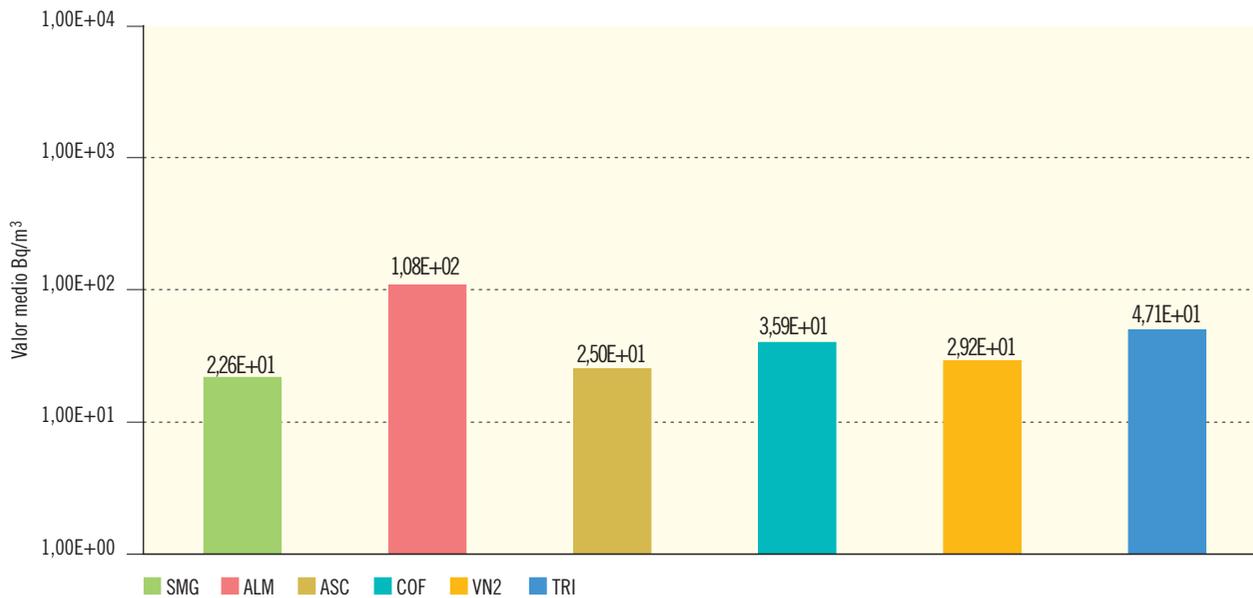


Figura 2.31b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,76E+01	4,49E+02	3,41E+01	6,06E+01	5,33E+01	7,93E+01
Valor mínimo	1,44E+01	1,52E+01	1,47E+01	2,03E+01	1,44E+01	2,23E+01
Nº total de análisis	48	91	36	30	32	41
Nº de análisis > LID	38	89	20	30	20	39
Nº de análisis < LID	10	2	16	0	12	2

Figura 2.32a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

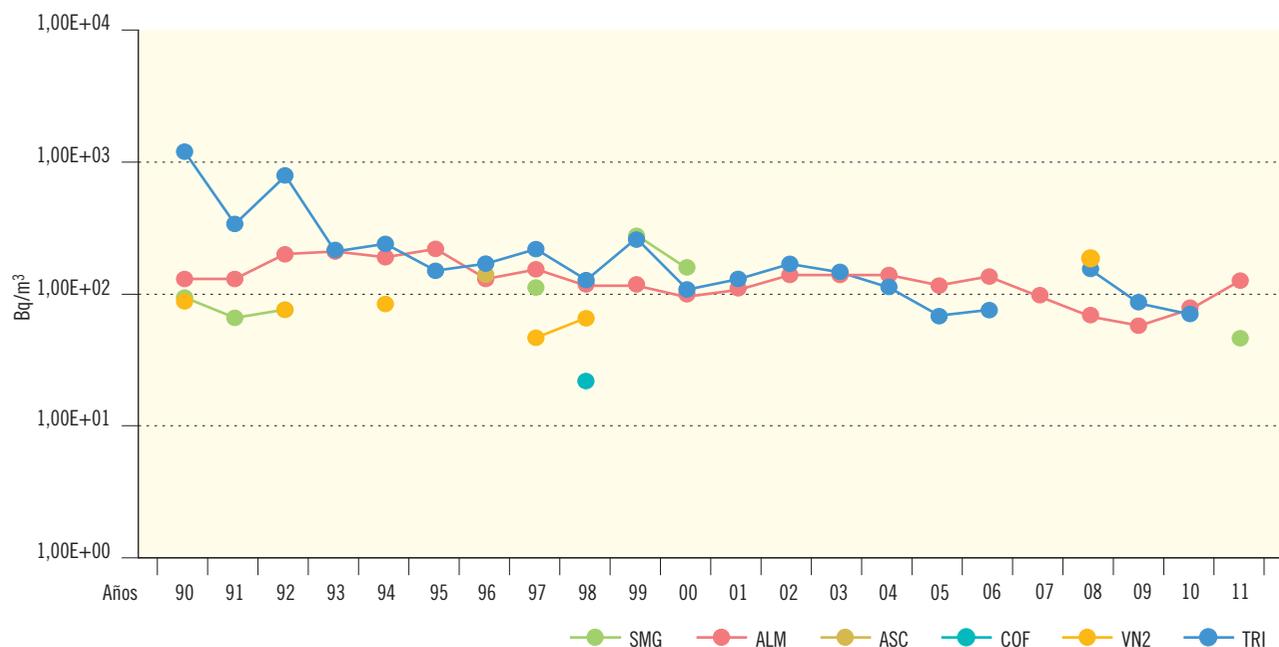
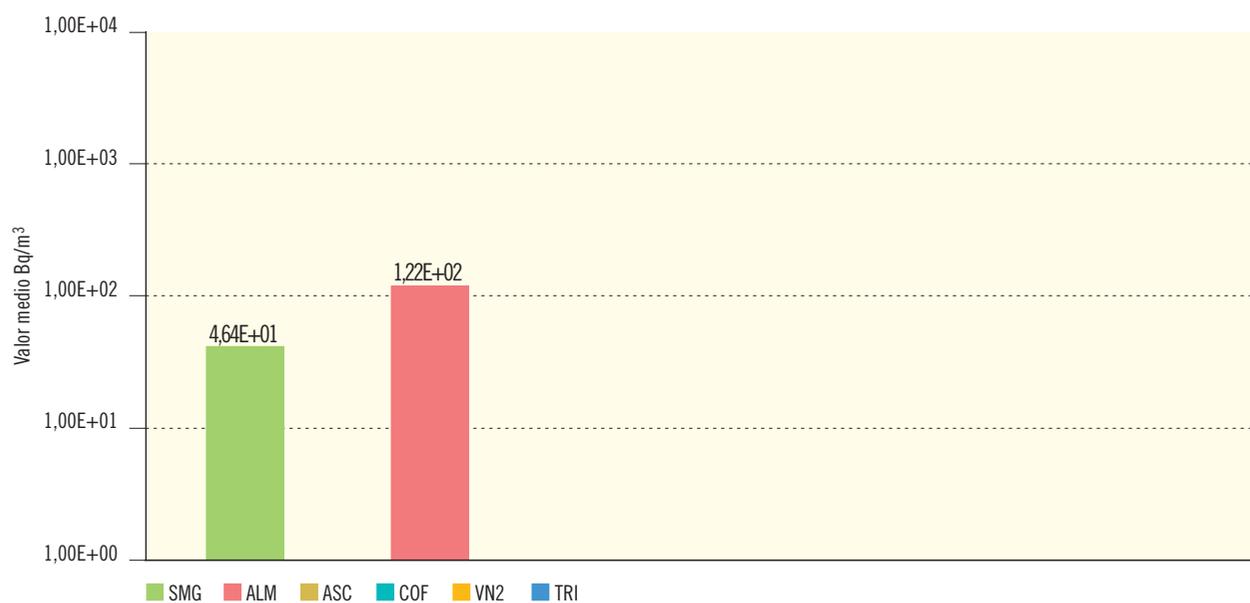


Figura 2.32b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,64E+01	3,41E+02				
Valor mínimo	4,64E+01	6,93E+01				
Nº total de análisis	48	91	36	30	32	41
Nº de análisis > LID	1	12	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	48	79	36	30	32	41

Figura 2.33a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

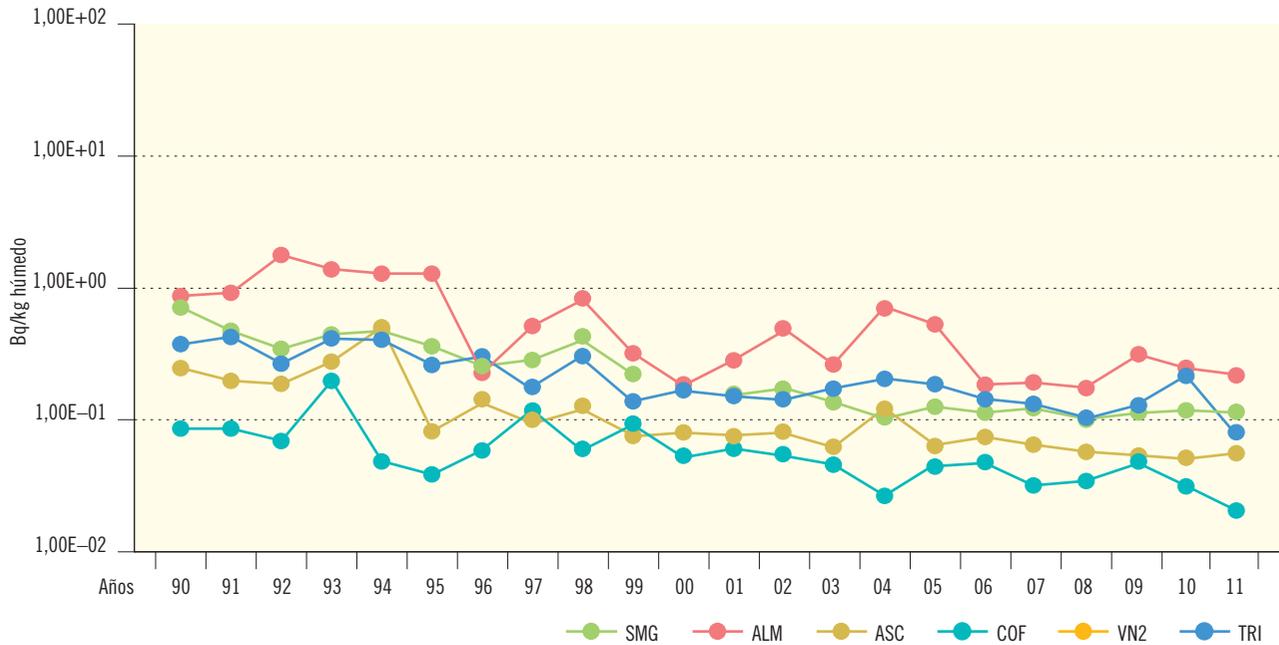
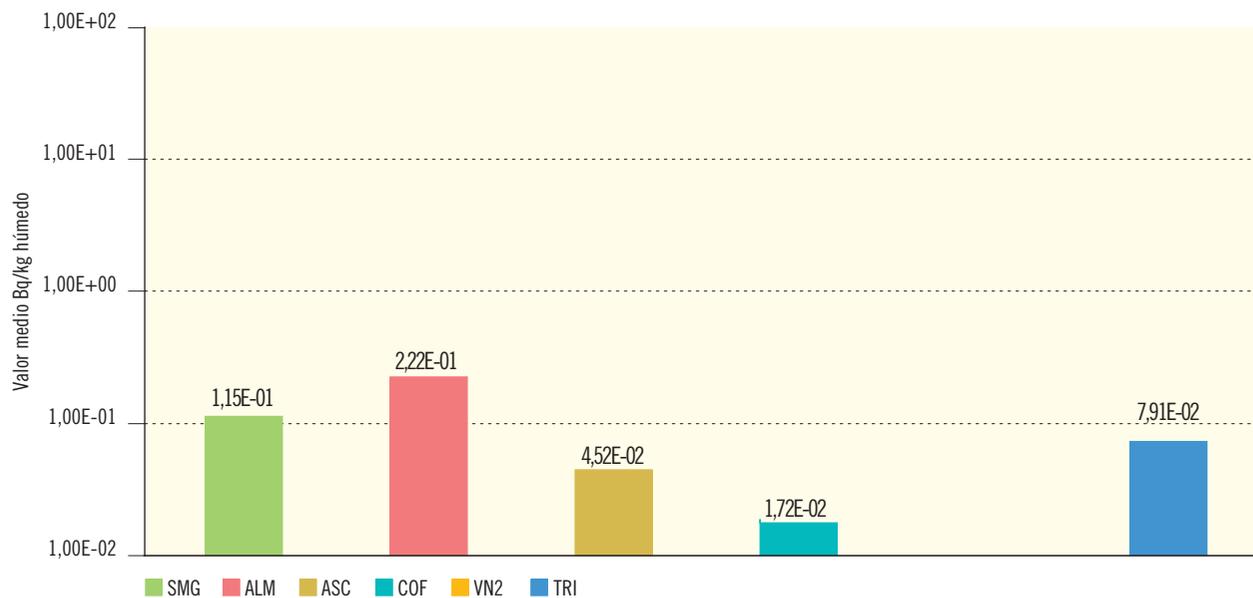


Figura 2.33b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,75E-01	6,23E-01	7,49E-02	1,74E-02		1,36E-01
Valor mínimo	1,76E-02	4,28E-02	2,03E-02	1,69E-02		2,84E-02
Nº total de análisis	22	11	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	21	11	7	2	0	8
Nº de análisis < LID	1	0	3	2	2	0

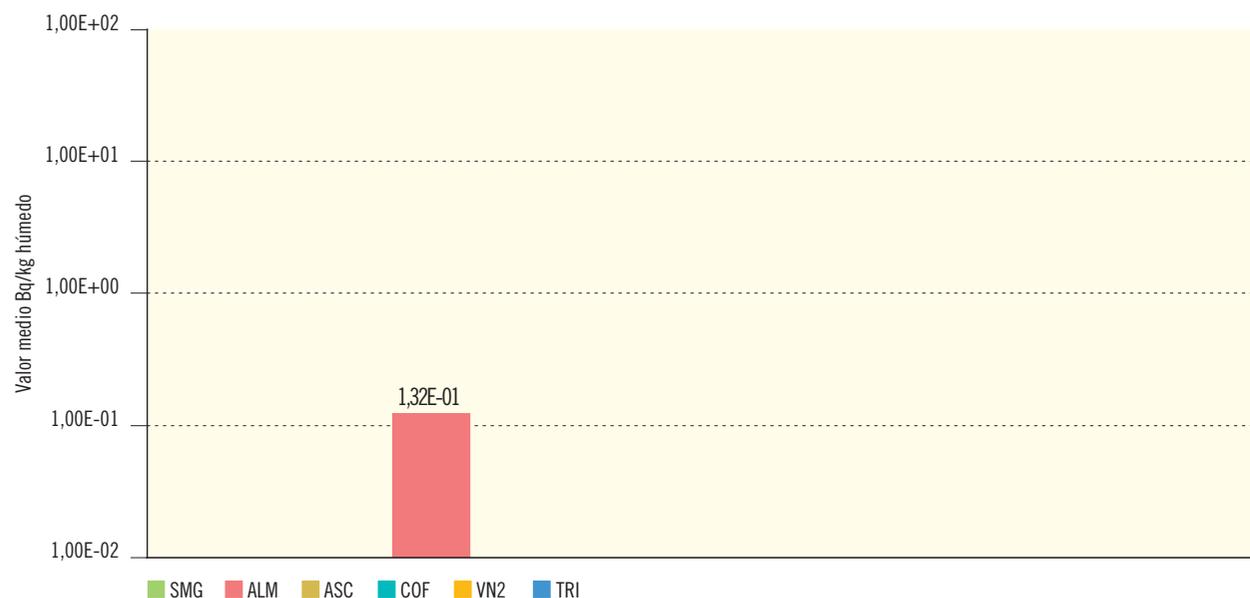
Figura 2.34a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada



Figura 2.34b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		1,36E-01				
Valor mínimo		1,28E-01				
Nº total de análisis	22	11	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	0	2	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	9	10	4	2	8

Figura 2.35a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

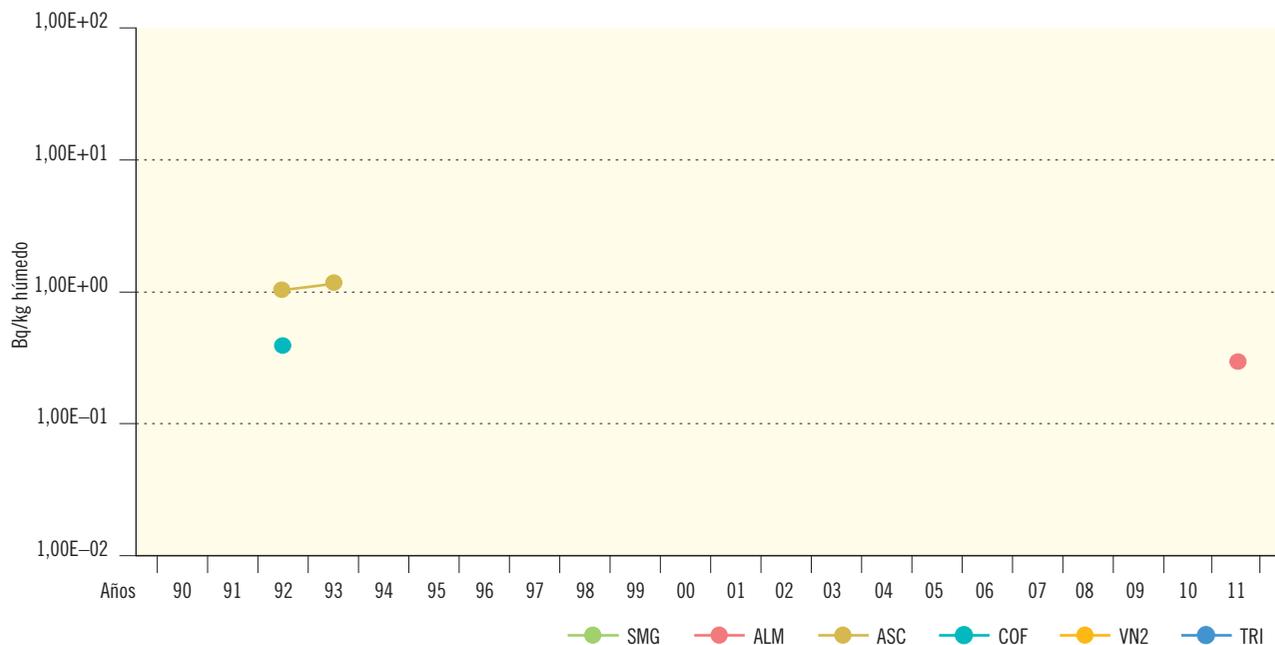
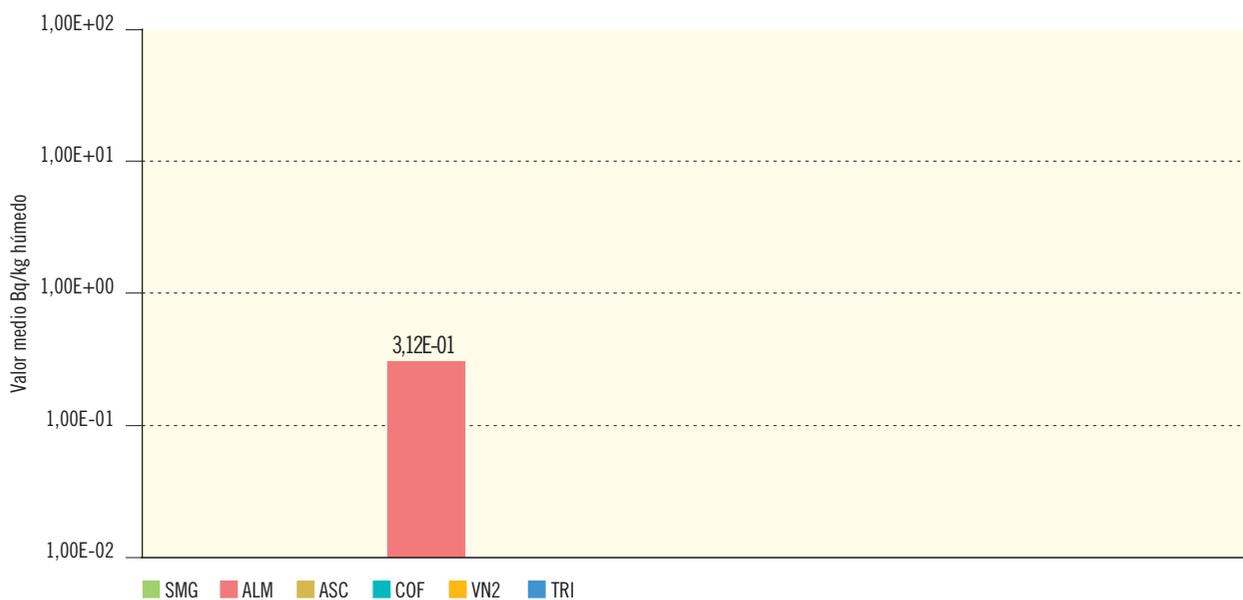


Figura 2.35b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de I-131 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		3,82E-01				
Valor mínimo		2,33E-01				
Nº total de análisis	22	11	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	0	7	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	4	10	4	2	8

Figura 2.36a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

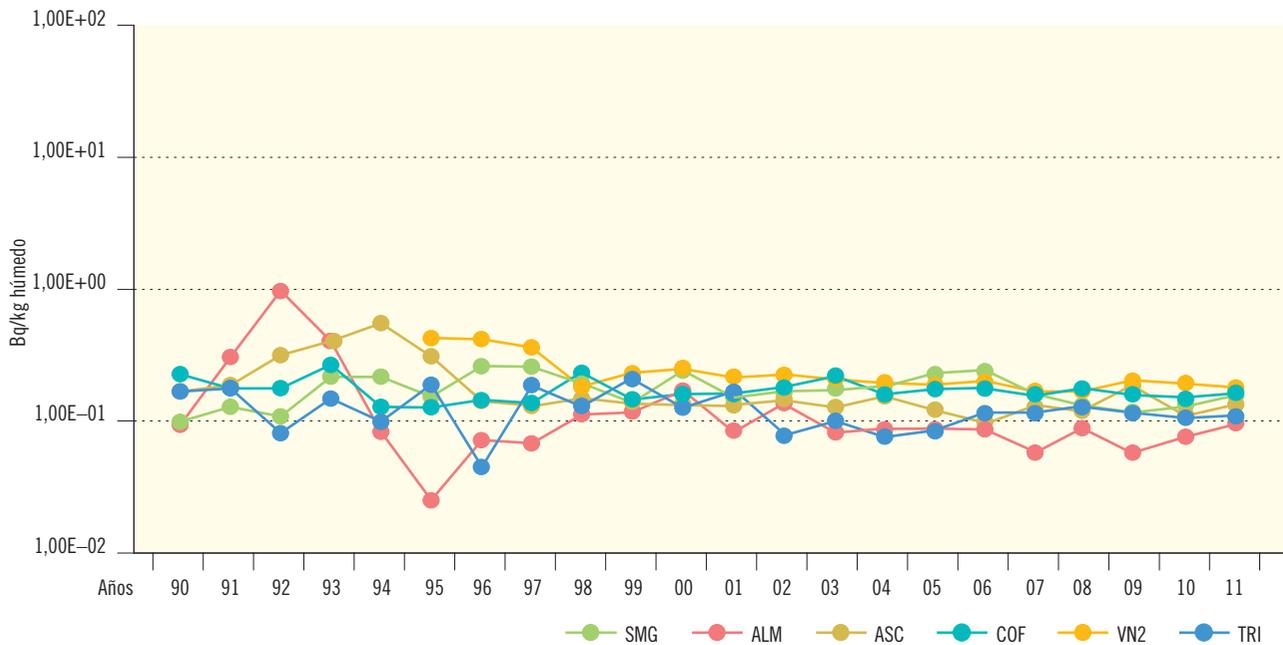
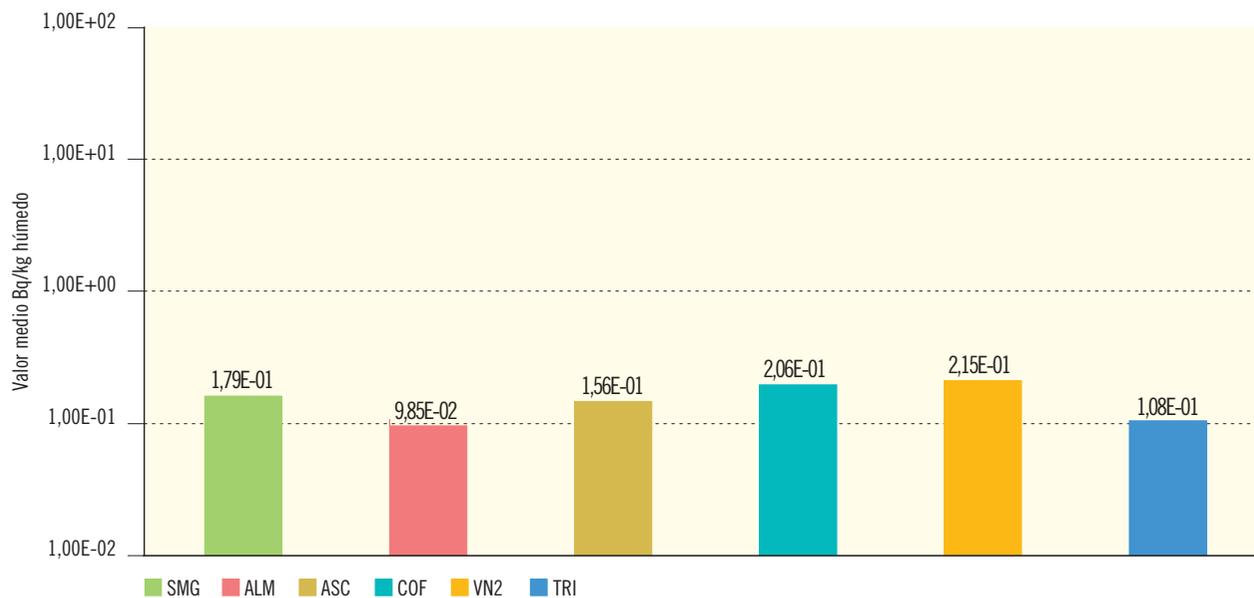


Figura 2.36b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,12E-01	2,82E-01	4,66E-01	4,15E-01	5,86E-01	2,97E-01
Valor mínimo	1,48E-02	1,53E-02	1,31E-02	3,64E-02	5,91E-01	1,60E-02
Nº total de análisis	25	17	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	14	11	6	11	7	8
Nº de análisis < LID	11	6	13	5	1	4

Figura 2.37a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

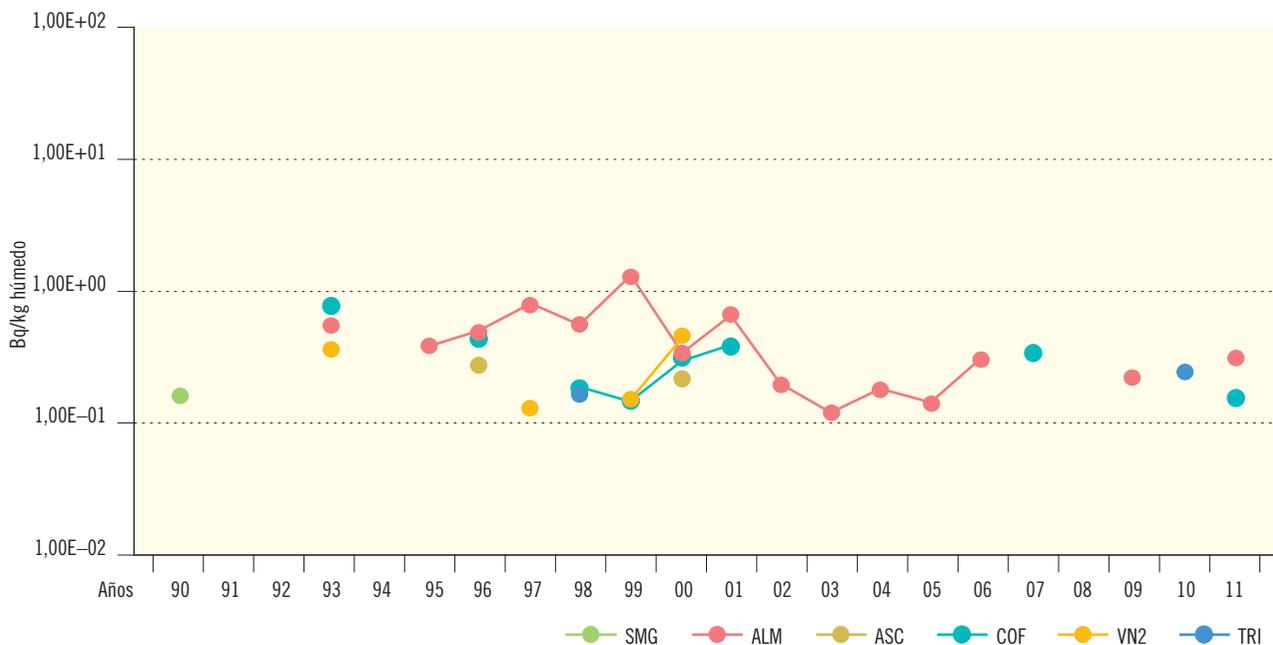
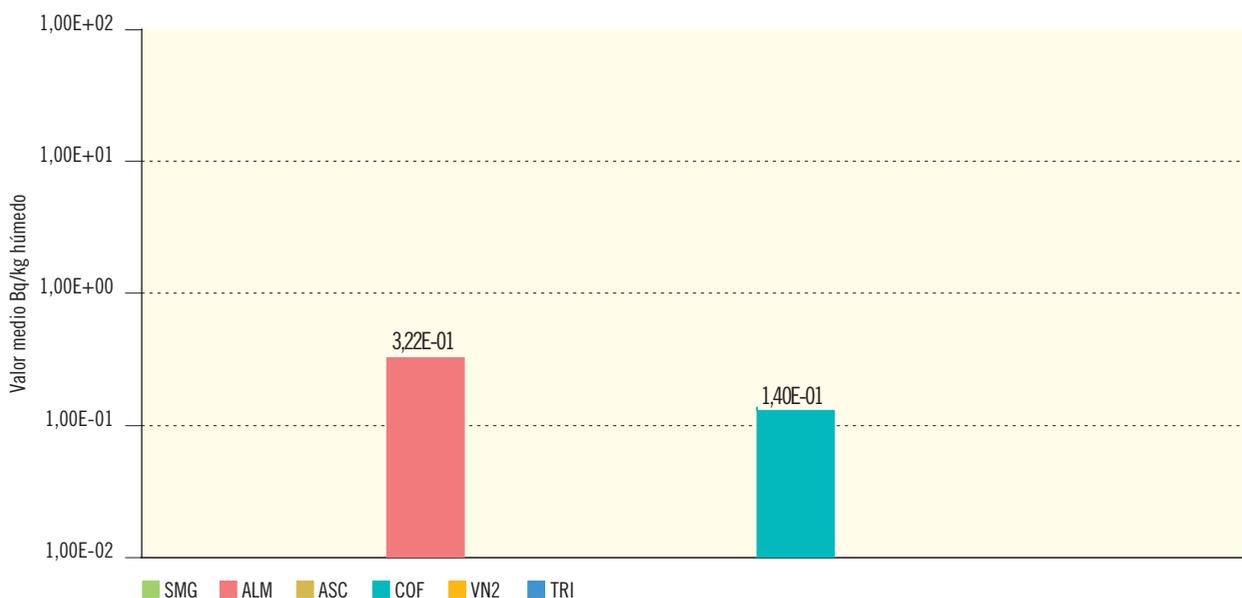


Figura 2.37b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		3,93E-01		1,40E-01		
Valor mínimo		2,51E-01		1,40E-01		
Nº total de análisis	8	29	8	16	4	16
Nº de análisis > LID	0	2	0	1	0	0
Nº de análisis < LID	8	27	8	15	4	16

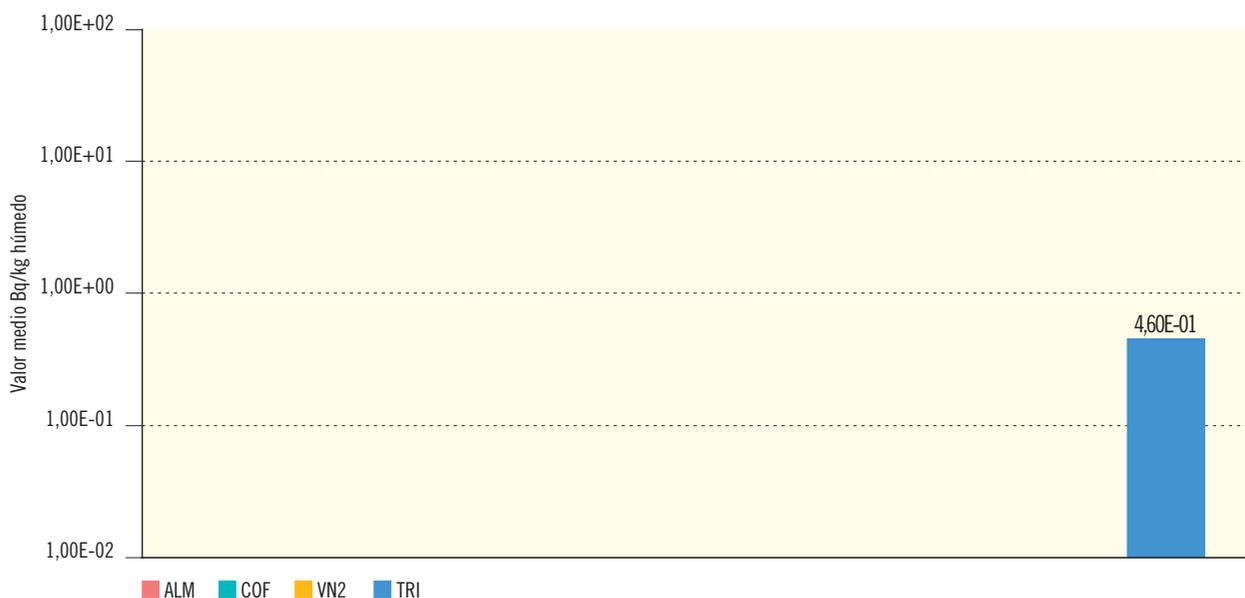
Figura 2.38a. Miel. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada



Figura 2.38b. Miel. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2011



Central nuclear	ALM	COF	VN2	TRI
Valor máximo				4,60E-01
Valor mínimo				4,60E-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

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 de 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 los EEUU 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 el agua en el emplazamiento. En la figura 2.39 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 2011. 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 14/1/85). Vigente 7ª prórroga de explotación provisional y de fabricación por OM 30/06/06
El Cabril	Sierra Albarrana (Córdoba)	Nuclear	Almacenamiento 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, agua subterránea, superficial y potable	Actividad β total y β resto (en agua superficial y potable) Actividad α total Espectrometría α de uranio (excepto en agua de lluvia y sondeos)	Actividad β total y β resto (en agua subterránea y superficial) 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 2.39. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

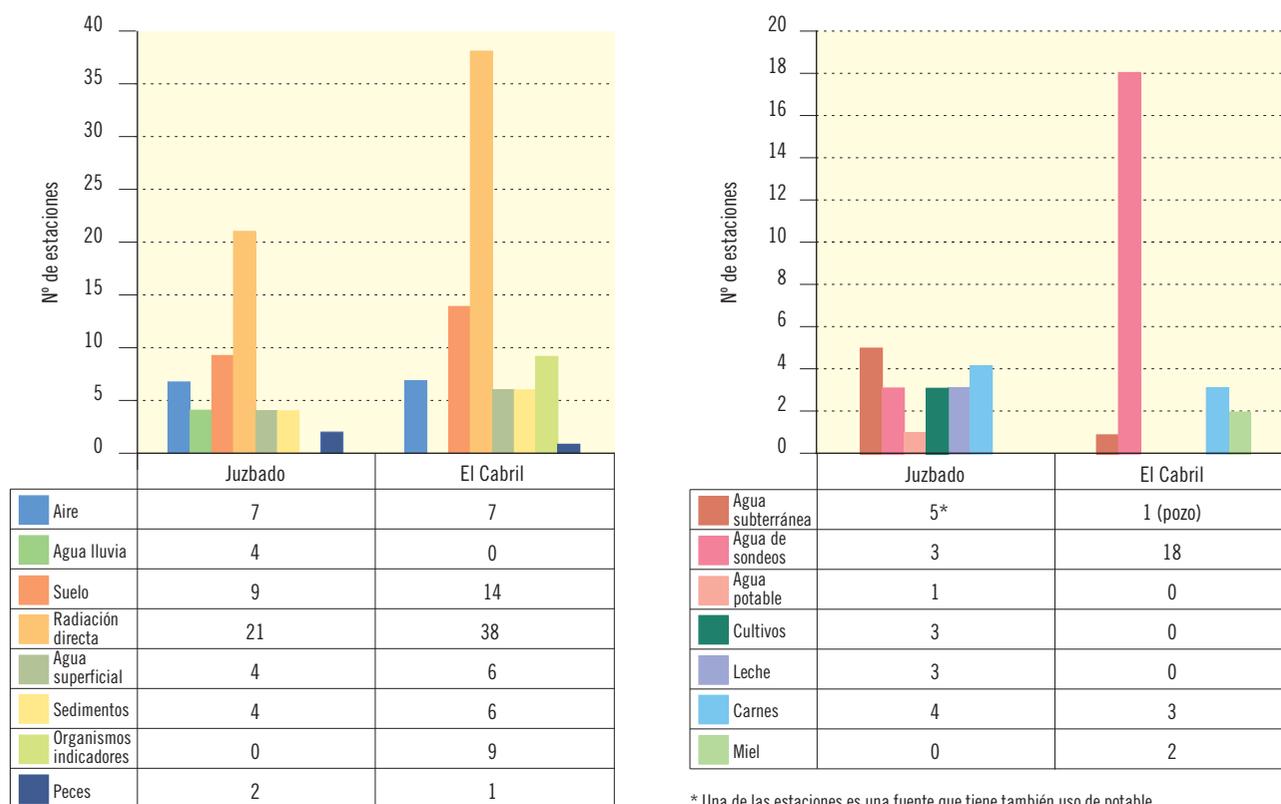
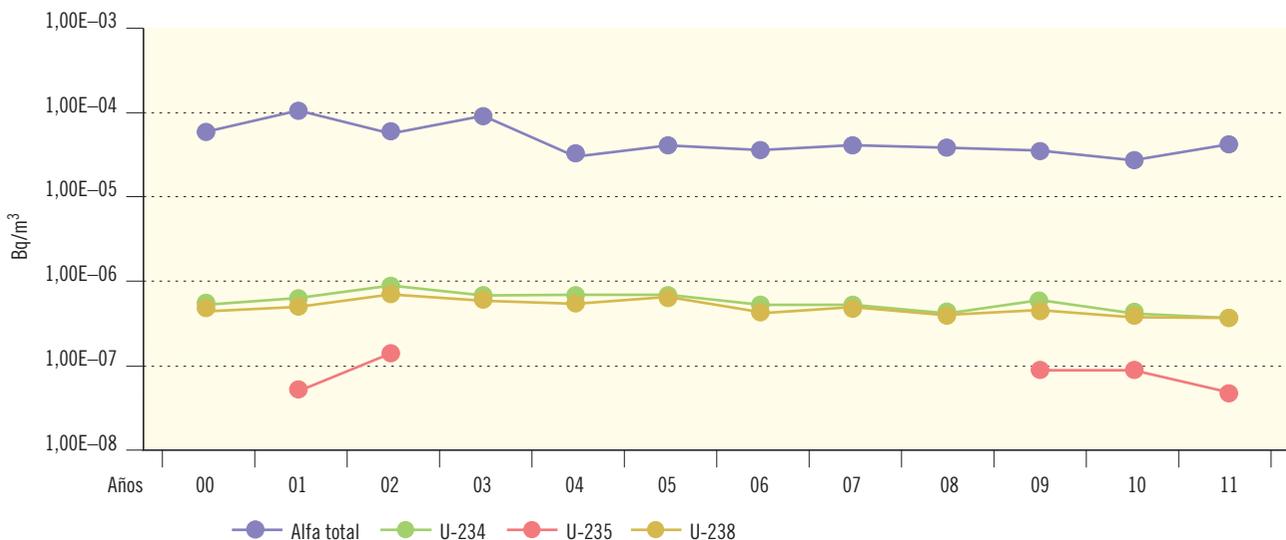


Figura 2.40. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m^3)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,71E-05	4,40E-07	4,40E-08	4,22E-07
Valor máximo	4,15E-04	8,90E-07	5,10E-08	7,70E-07
Valor mínimo	5,09E-06	2,70E-07	3,70E-08	2,40E-07
Nº total de análisis	363	7	7	7
Nº de análisis > LID	359	6	2	6
Nº de análisis < LID	4	1	5	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 emi-

sión 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 mide el índice de actividad alfa total y, anualmente, 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 2011 es cercano al 100% para el índice

Figura 2.41. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	8,48E-04		1,66E-03	3,82E-02
Valor máximo	2,45E-03		2,28E-03	4,79E-02
Valor mínimo	4,31E-05		1,22E-03	3,04E-02
Nº total de análisis	364	28	28	28
Nº de análisis > LID	364	0	28	28
Nº de análisis < LID	0	28	0	0

de actividad alfa total y para los isótopos de uranio, excepto los del uranio-235 para el cual se obtienen dos resultados superiores al LID, pero muy próximo a los valores de los LID obtenidos en las restantes medidas. Los valores medios del índice de actividad alfa total y de los isótopos de uranio se mantienen similares a los de anteriores periodos operacionales (figura 2.40).

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 acumulados 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, que se cambian cada dos o tres semanas. El muestreo de carbono-14 se lleva a cabo haciendo borboteo el aire a través de dos botellas de dos litros que contienen una disolución de Ba(OH)₂, cambiándose las botellas 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 2.41).

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

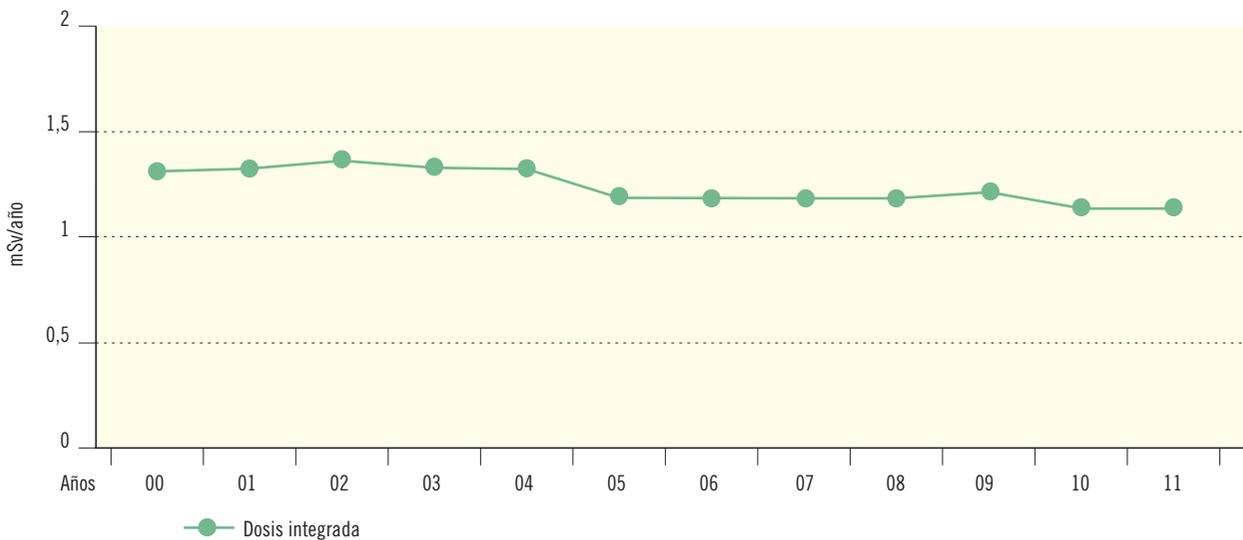
Los valores medios obtenidos son muy estables a lo largo de los años, observándose un ligero descenso desde la campaña de 2005 que se relaciona con modificaciones en el proceso de medida (figura 2.42).

El Cabril

El valor medio de la tasa de radiación gamma ambiental en 2011 se encuentra dentro del rango de años anteriores, obteniéndose valores muy estables a lo largo de los años (figura 2.43).

Figura 2.42. Juzbado. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

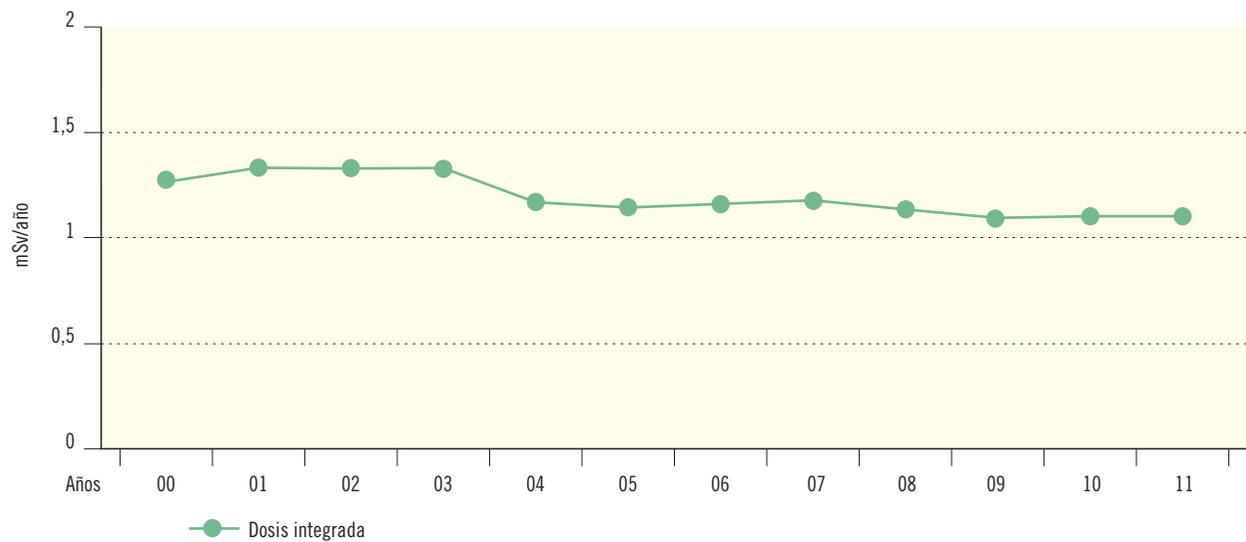
Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Dosis integrada
Valor medio	1,15
Valor máximo	1,61
Valor mínimo	0,83
Nº total de análisis	84
Nº de análisis > LID	84
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.43. El Cabril. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Dosis integrada
Valor medio	1,10
Valor máximo	1,58
Valor mínimo	0,76
Nº total de análisis	152
Nº de análisis > LID	152
Nº de análisis < LID	0

2.2.3. Deposición

El Cabril

Suelo: deposición total

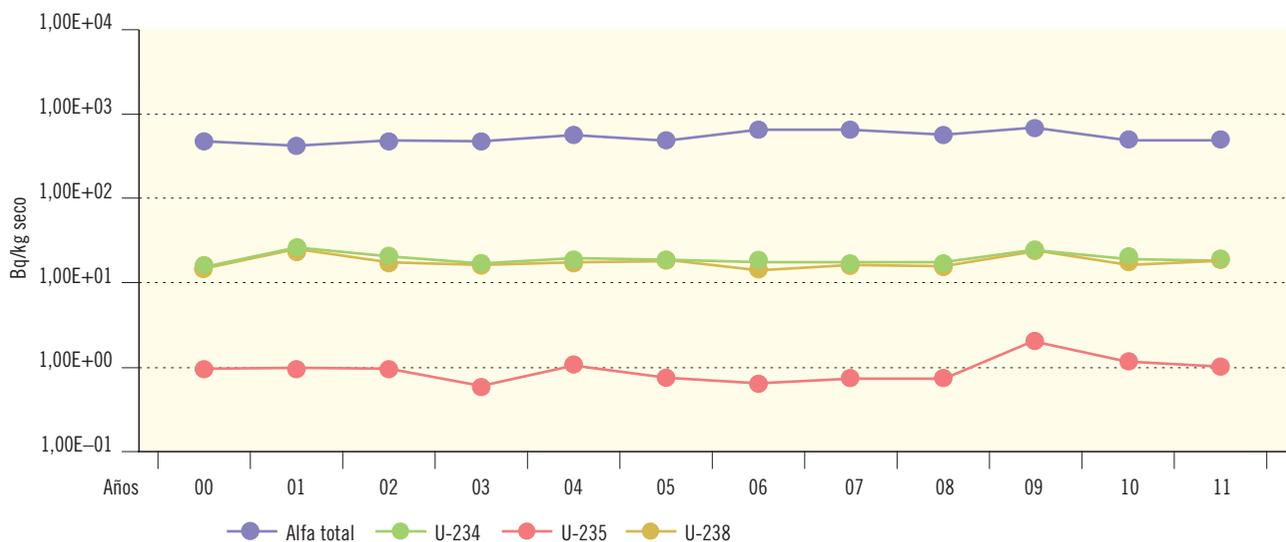
Juzbado

En cada muestra se determina el índice de actividad alfa total y se realiza un análisis isotópico de uranio. En el año 2011 el porcentaje de resultados superiores al LID es del 100% para todos los isótopos de uranio. Se observa que los valores se mantienen dentro del rango de las concentraciones históricas observadas (figura 2.44).

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 totalidad de las medidas realizadas. Los valores de concentración se mantienen similares a lo largo de los años (figura 2.45).

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

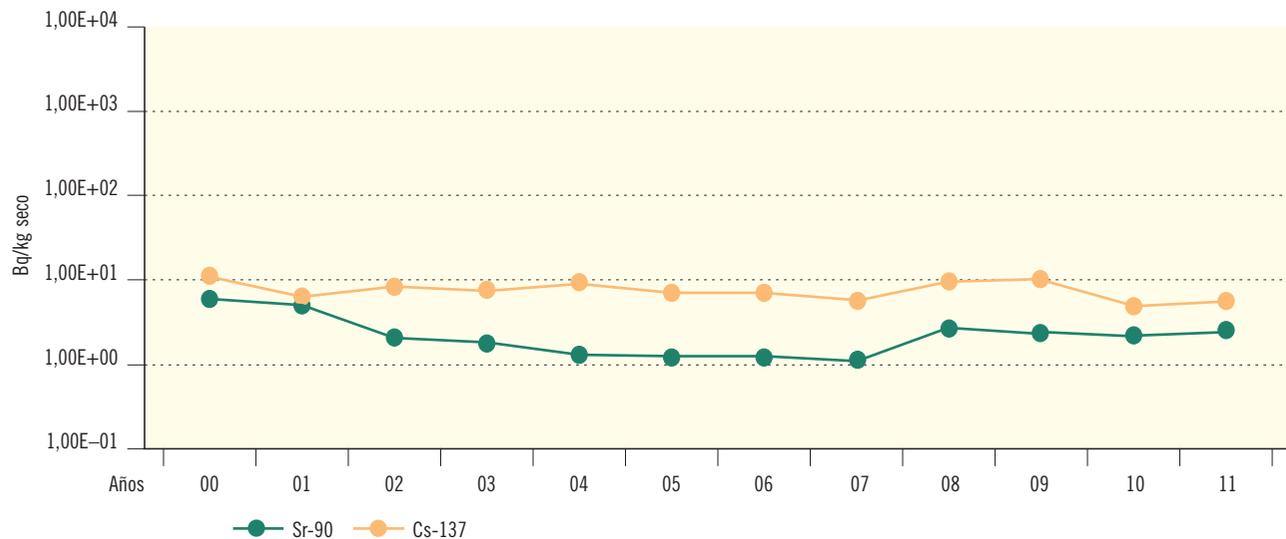
Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,89E+02	1,81E+01	9,74E-01	1,83E+01
Valor máximo	6,48E+02	4,10E+01	1,90E+00	3,90E+01
Valor mínimo	2,54E+02	6,20E+00	4,30E-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 2.45. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Sr-90	Cs-137
Valor medio	2,82E+00	6,10E+00
Valor máximo	6,35E+00	1,32E+01
Valor mínimo	1,06E+00	7,70E-01
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	14	14
Nº de análisis < LID	0	0

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. Aún tratándose de agua superficial, y desde un punto de vista conservador, en el caso de que la actividad alfa total supere un valor de 0,1 Bq/l, valor paramétrico fijado en el Real Decreto 140/2003 por el que se estable-

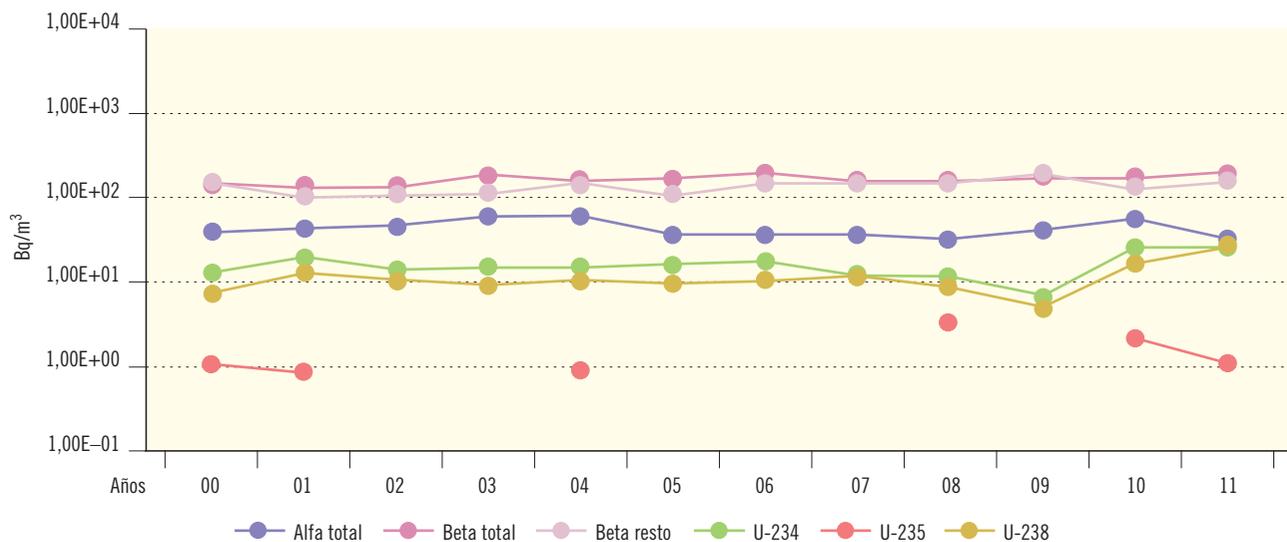
cen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, se realizaría un análisis isotópico de uranio.

Dicha situación se dio en una muestra acumulada recogida en el mes de marzo en la estación localizada en el río Tormes, donde se ubica la captación de aguas de la fábrica (estación testigo). En esta muestra, con un criterio conservador ya que no se trata de agua para consumo humano, a partir de las concentraciones de los isótopos de uranio obtenidas, se calcula un valor para la dosis indicativa total que resulta inferior a la establecida en el real decreto mencionado.

Los valores medios de concentración de actividad alfa total e isótopos de uranio (figura 2.46) son similares a los de campañas anteriores.

Figura 2.46. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	3,83E+01	1,98E+02	1,62E+02	2,95E+01	1,03E+00	3,28E+01
Valor máximo	1,20E+02	5,39E+02	4,64E+02	3,70E+01	1,10E+00	3,90E+01
Valor mínimo	2,09E+01	7,74E+01	7,45E+01	2,20E+01	9,60E-01	2,60E+01
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	23	48	30	4	2	4
Nº de análisis < LID	25	0	18	0	2	0

El Cabril

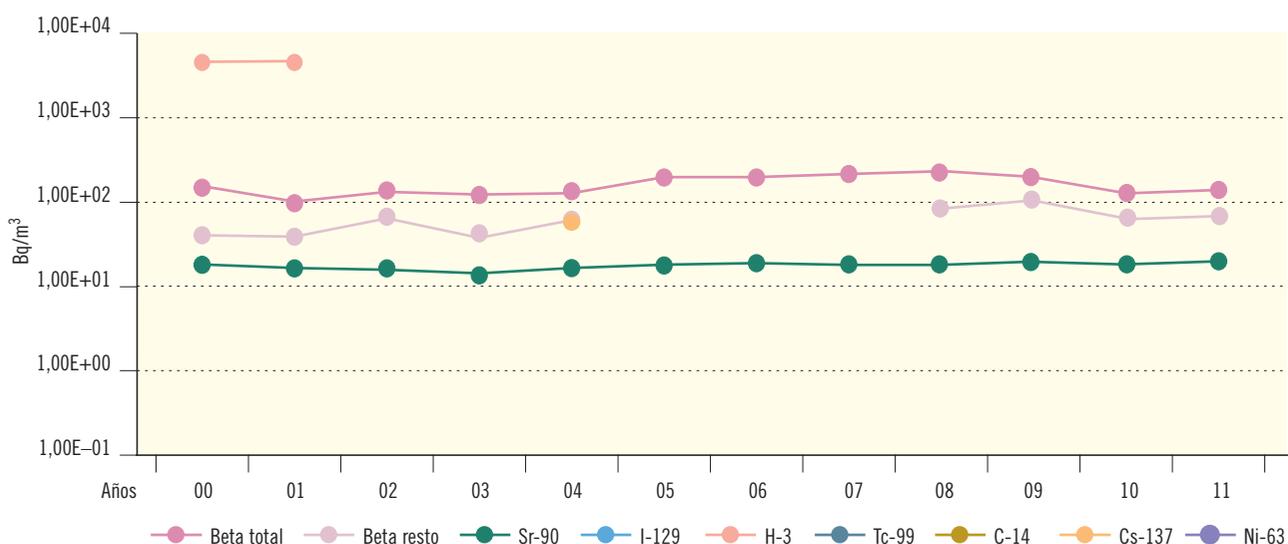
Las muestras de agua se recogen en seis estaciones, alejadas de la orilla, a ser posible en los puntos de máximo flujo y por debajo de la superficie, a unos 30-50 cm de profundidad, con frecuencia trimestral. En cada una de ellas se determinan los valores de concentración de actividad de los isótopos emisores gamma, índices de actividad beta total y beta resto,

tritio y carbono-14, y níquel-63, análisis que se han incluido desde el año 2005; y por último se determina la actividad del estroncio-90. 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 2.47).

Figura 2.47. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Beta total	Beta resto	Sr-90	H-3	I-129	C-14	Tc-99	Cs-137	Ni-63
Valor medio	1,22E+02	6,69E+01	2,54E+01						
Valor máximo	2,43E+02	9,60E+01	3,15E+01						
Valor mínimo	6,66E+01	4,29E+01	1,63E+01						
Nº total de análisis	23	23	23	23	7	23	7	23	23
Nº de análisis > LID	23	4	12	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	19	11	23	7	23	7	23	23

Agua potable

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

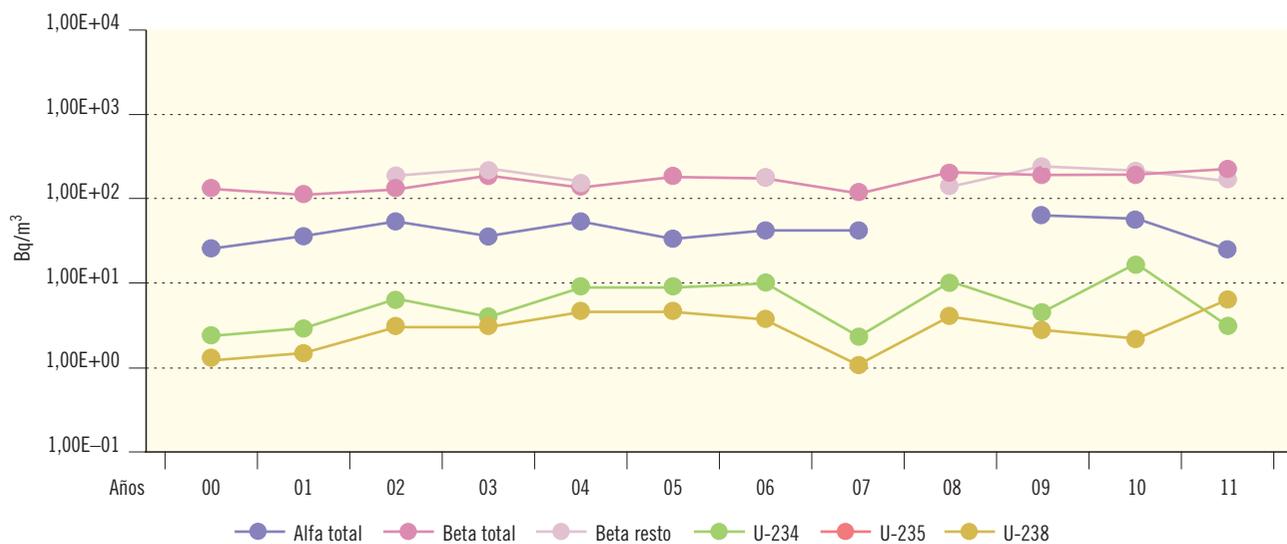
Juzbado

Se recogen muestras simples de agua 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 2.48, en la que no se representan los resultados de las muestras de la fuente, los valores medios obtenidos en 2011 para las determinaciones del índice de actividad alfa total, beta total y beta resto entran dentro de los rangos obtenidos en los años anteriores, al igual que los valores de uranio-234 y uranio-238. No se ha detectado uranio-235 por encima del límite inferior de detección en el año 2011.

En cuanto a la fuente vigilada, las concentraciones del índice de actividad alfa total no superan el valor de 0,1 Bq/l, establecido como límite en el Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano, y tan solo en uno de los análisis se ha superado el valor del LID.

Figura 2.48. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	2,63E+01	1,87E+02	1,48E+02	3,10E+00		7,10E+00
Valor máximo	2,63E+01	3,49E+02	2,69E+02	3,10E+00		7,10E+00
Valor mínimo	2,63E+01	1,02E+02	6,78E+01	3,10E+00		7,10E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	1	11	7	1	0	1
Nº de análisis < LID	11	1	5	1	2	1

Sedimentos de fondo

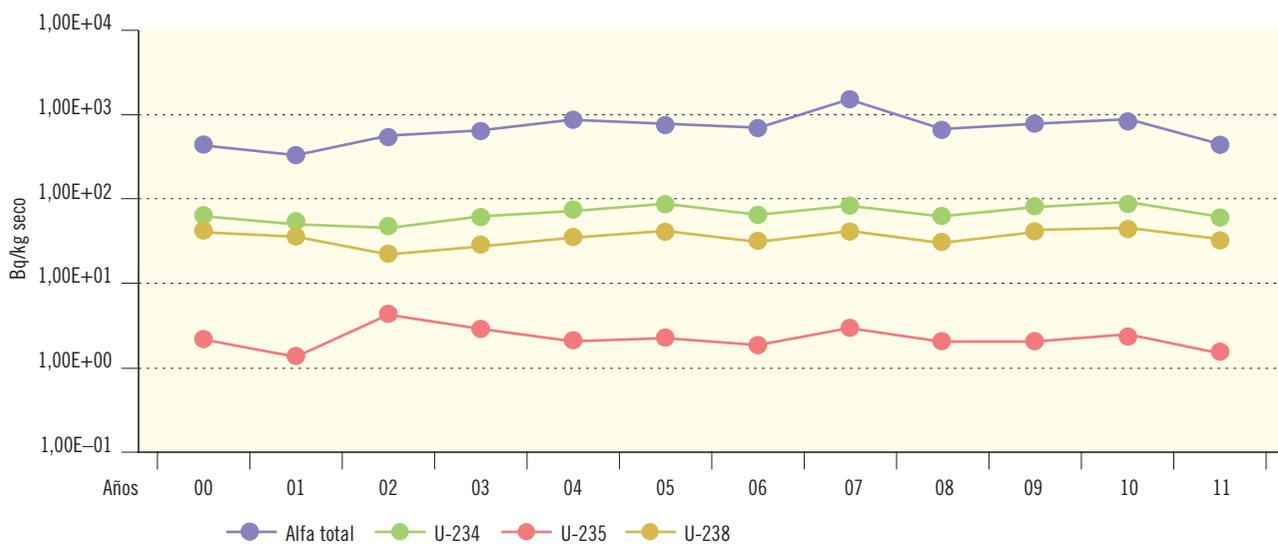
Juzbado

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%, como viene siendo habitual, y los valores medios correspondientes a la campaña de 2011 se encuentran dentro del rango de valores obtenidos anteriormente (figura 2.49).

Figura 2.49. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,58E+02	5,35E+01	1,69E+00	3,61E+01
Valor máximo	8,59E+02	9,60E+01	3,40E+00	7,00E+01
Valor mínimo	2,00E+02	1,20E+01	5,50E-01	7,20E+00
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

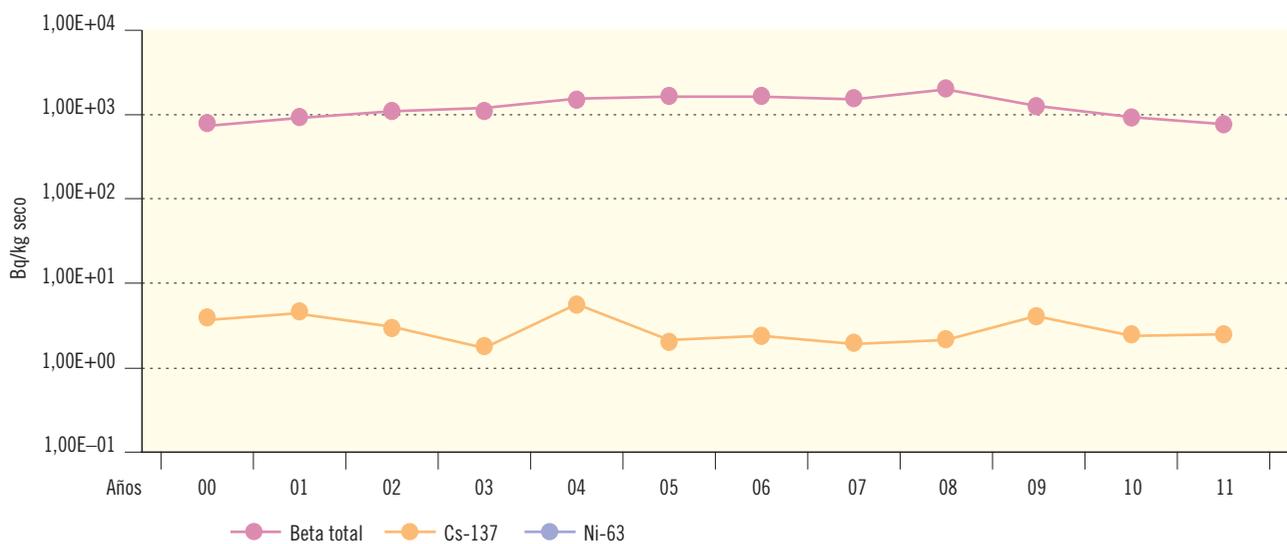
El Cabril

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 incluyó 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 espectro-

metría 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 2011, como es habitual, en todas las determinaciones analíticas (figura 2.50). Al igual que en periodos anteriores, no se ha detectado níquel-63 por encima del límite inferior de detección. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en las mismas, como es de esperar al no estar prevista en esta instalación la emisión de efluentes líquidos.

Figura 2.50. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Beta total	Cs-137	Ni-63
Valor medio	8,18E+02	2,73E+00	
Valor máximo	1,15E+03	5,90E+00	
Valor mínimo	5,56E+02	1,12E+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

Dentro de este tipo de muestra se recogen carnes de cerdo, oveja, ciervo y perdiz, dependiendo de las explo-

taciones ganaderas o cinegéticas existentes en cada zona vigilada.

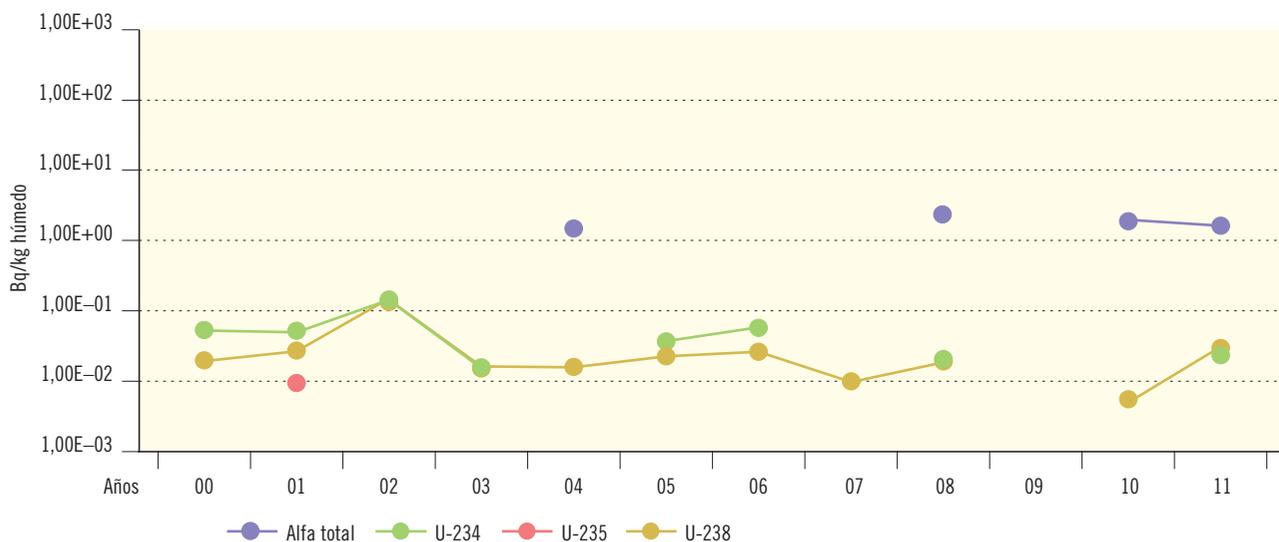
Juzbado

Se recogen muestras de cerdo y oveja en cinco 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 2011 los valores obtenidos son similares a los de años anteriores (figura 2.51).

Figura 2.51. Juzbado. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,58E+00	2,10E-02	-	2,60E-02
Valor máximo	1,93E+00	2,10E-02	-	2,60E-02
Valor mínimo	1,39E+00	2,10E-02	-	2,60E-02
Nº total de análisis	5	5	5	5
Nº de análisis > LID	3	1	0	1
Nº de análisis < LID	2	4	5	4

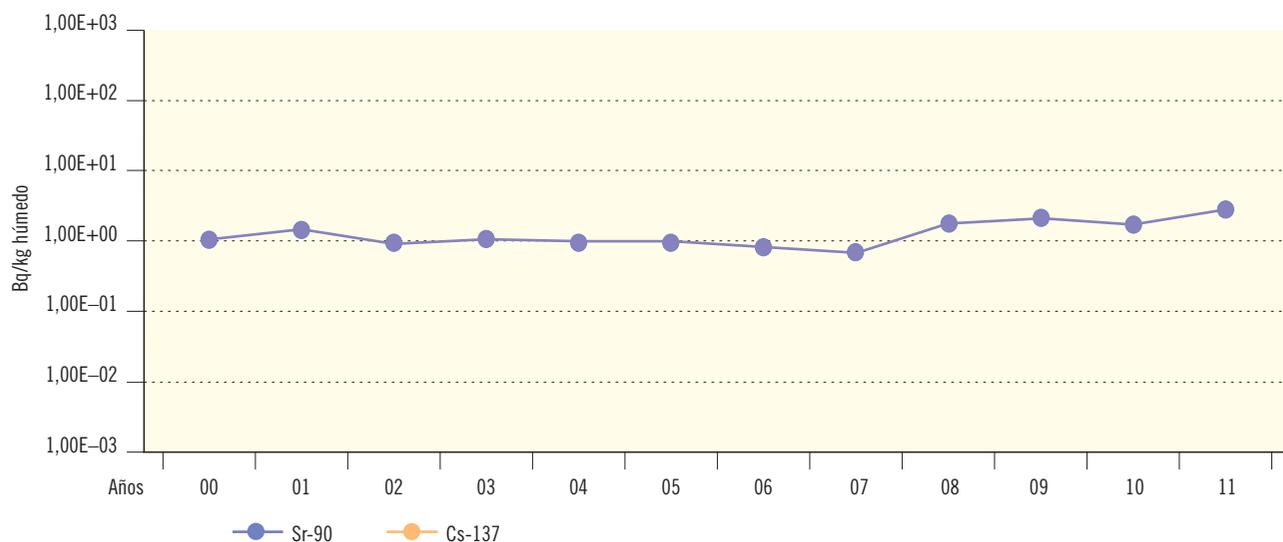
El Cabril

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 determi-

nación del 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. Estos valores son similares a los obtenidos en campañas anteriores (figura 2.52).

Figura 2.52. El Cabril. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Sr-90	Cs-137
Valor medio	3,12E+00	
Valor máximo	6,38E+00	
Valor mínimo	5,89E-01	
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	0
Nº de análisis < LID	0	4

Vegetales de consumo humano

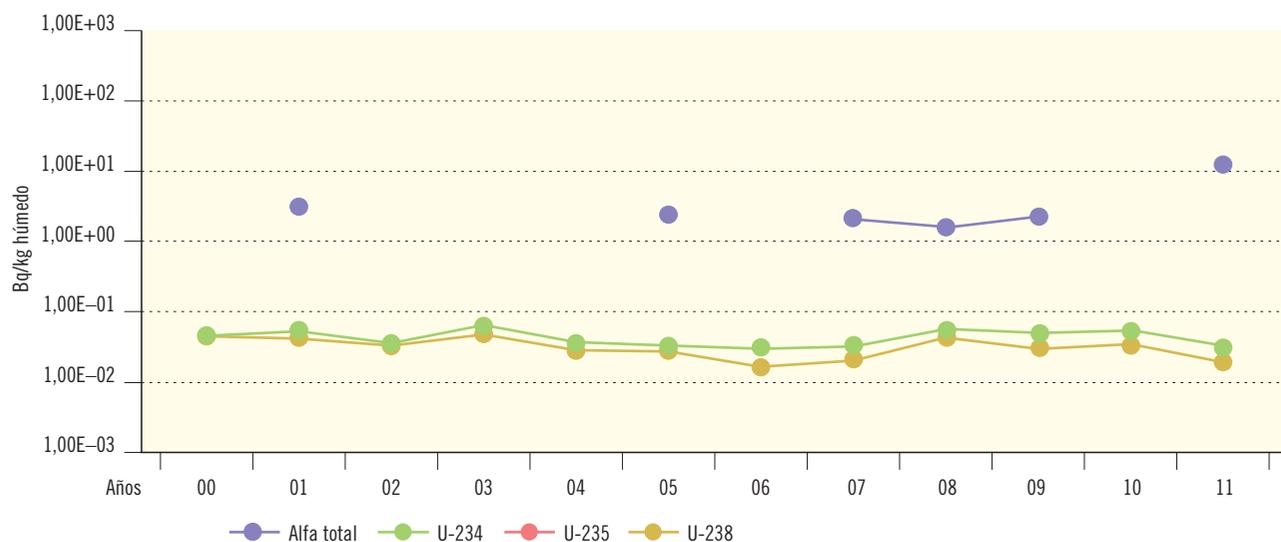
Juzbado

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 casi en todas las muestras que se mantienen similares a lo largo de los años, mientras que para las medidas del índice de actividad alfa total se detectan valores superiores al LID solo de forma esporádica. En el año 2011 uno de los valores de actividad alfa total, en vegetales de hoja no ancha, ha sido superior al LID. No se han detectado valores superiores al LID para uranio-235 en ninguna de las muestras analizadas (figuras 2.53 y 2.54).

Figura 2.53. Juzbado. Vegetales de hoja no ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

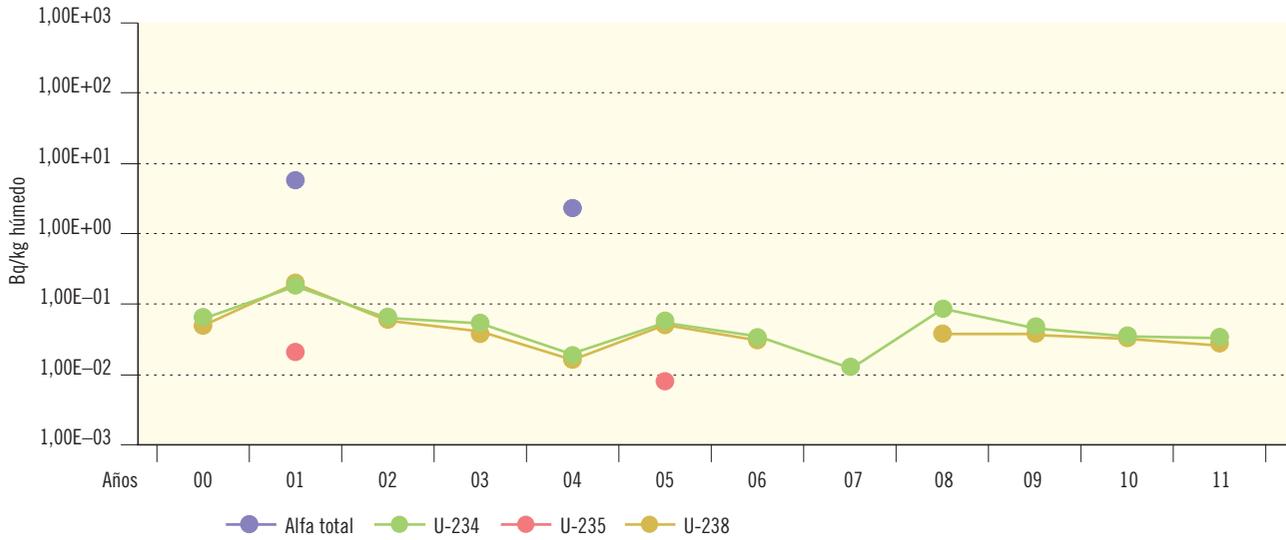
Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,37E+01	3,10E-02		2,15E-02
Valor máximo	1,37E+01	3,50E-02		2,50E-02
Valor mínimo	1,37E+01	2,70E-02		1,80E-02
Nº total de análisis	3	3	3	3
Nº de análisis > LID	1	2	0	2
Nº de análisis < LID	2	1	3	1

Figura 2.54. Juzbado. Vegetales de hoja ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		2,70E-02		2,20E-02
Valor máximo		3,20E-02		2,60E-02
Valor mínimo		2,20E-02		1,80E-02
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	2	0	2
Nº de análisis < LID	2	0	2	0

Peces

El Cabril

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. En las muestras de este año se obtienen valores de actividad de uranio-234 y uranio-238, ligeramente superiores a los de la campaña anterior, aunque dentro de los rangos obtenidos a lo largo del tiempo (figura 2.55).

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 2.56). En la espectrometría gamma, hasta la fecha, no se ha detectado ningún isótopo de origen artificial.

Figura 2.55. Juzbado. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	2,78E+00	2,25E-01		1,12E-01
Valor máximo	2,78E+00	2,80E-01		1,50E-01
Valor mínimo	2,78E+00	1,70E-01		7,30E-02
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	1	2	0	2
Nº de análisis < LID	1	0	2	0

Figura 2.56. El Cabril. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Sr-90	Cs-137
Valor medio	8,46E-01	
Valor máximo	8,46E-01	
Valor mínimo	8,46E-01	
Nº total de análisis	1	1
Nº de análisis > LID	1	0
Nº de análisis < LID	0	1

Leche

Juzbado

Se recogen muestras de leche de vaca en tres puntos con periodicidad trimestral, en las cuales se determinan el índice de actividad alfa total y las concentraciones de los isótopos de uranio. En 2011 se obtuvieron valores de actividad superiores al LID de los isótopos uranio-234 y uranio-238, similares a los encontrados con anterioridad a lo largo de las distintas campañas, aunque con una notable disminución de la concentración de uranio-238 (figura 2.57). No se detectan concentraciones de uranio-235 ni del índice de actividad alfa total.

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

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		1,70E+01		3,30E+00
Valor máximo		2,30E+01		3,30E+00
Valor mínimo		1,10E+01		3,30E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	0	2	0	1
Nº de análisis < LID	12	10	12	11

2.2.6. Organismos indicadores

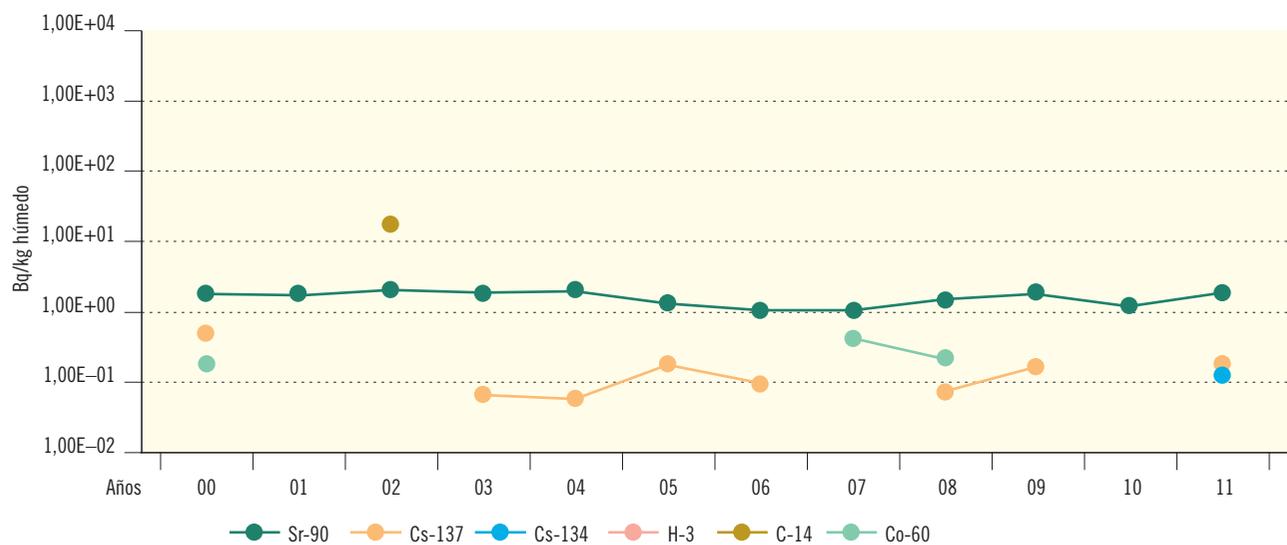
El Cabril

Se recogen anualmente muestras de plantas terrestres, elegidas de entre las existentes en la zona, en nueve puntos de muestreo y, para cada una de ellas, se determinan los isótopos estroncio-90, tritio y carbono-14, y se realiza una medida de los emisores gamma por espectrometría. En el año 2011 se obtuvieron valores de actividad de estroncio-90 en todas las muestras analiza-

das con niveles similares a los de campañas anteriores. En la medida de espectrometría gamma se obtuvieron valores de actividad de cesio-137 en siete muestras analizadas y en cinco de ellas, recogidas en el mes de mayo, se han detectado, por primera vez, valores de concentración de actividad de cesio-134; teniendo en cuenta la fecha de detección, la presencia de este radionucleido se puede relacionar con el accidente de Fukushima. Los resultados del resto de radionucleidos artificiales determinados en esta medida han sido inferiores al LID (figura 2.58).

Figura 2.58. El Cabril. Plantas terrestres. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2011	Sr-90	Cs-137	Cs-134	H-3	C-14	Co-60
Valor medio	1,89E+00	1,91E-01	1,34E-01			
Valor máximo	2,97E+00	2,83E-01	1,82E-01			
Valor mínimo	1,17E+00	1,00E-01	1,05E-01			
Nº total de análisis	9	9	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	7	5	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	2	4	9	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 algunas de las instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), la fábrica de uranio de Andújar (FUA), la central nuclear Vandellós I y la planta Quercus. La central nuclear José Cabrera se encuentra en situación de desmantelamiento.

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 2011, detallando 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 el 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 desarrollando un programa adaptado a las actividades de desmantelamiento acometidas durante el desarrollo del Plan de Desmantelamiento y Clausura. Esta ampliación del PVRA, en el que desde el año 2005 se incrementó a más del doble tanto el número de muestras como el de análisis, se ha mantenido durante el año 2011.

En las figuras 2.59 a 2.64 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2011.

Como se puede observar en la figura 2.59 en las muestras de aire se ha detectado el paso de la nube radiactiva procedente de Fukushima y en mayor medida en el muestreo realizado con el equipo de alto flujo, en la que observan además de cesio-137 y yodo-131 otros radionucleidos no detectados con anterioridad como cesio-134, cesio-136, telurio-132 y yodo-132. En una muestra de carne de ternera recogida en el mes de mayo se detectaron tanto cesio-137 como cesio-134, en ambos casos con valores próximos al LID.

Figura 2.59. Ciemat. Muestras de aire

Campaña 2011

Aire bajo flujo
<ul style="list-style-type: none"> 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
<ul style="list-style-type: none"> 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/m ³	>LID	<LID
Bajo flujo			
β total	7,47E-04	156	0
α total	1,35E-04	154	2
I-131	1,67E-03	14	142
H-3	2,32E-02	1	35
C-14	3,17E-02	3	0
Sr-90	<LID	0	12
Espectrometría γ			
Cs-134	6,86E-06	3	9
Cs-137	7,54E-06	4	8
Alto flujo			
Fe-55	<LID	0	4
Ni-63	<LID	0	4
Sr-90	1,69E-06	4	7
U-total (U-238)	5,21E-07	12	0
Pu-239+240	1,03E-08	3	9
Espectrometría α			
U-234	7,32E-07	12	0
U-235	3,27E-08	12	0
U-238	6,51E-07	12	0
Espectrometría γ			
Ra-226	6,46E-05	1	51
Cs-134	1,54E-05	8	44
Cs-136	3,62E-06	3	49
Cs-137	1,97E-05	12	40
I-131	1,79E-04	8	44
I-132	3,19E-06	2	50
Te-132	3,67E-05	2	50

Figura 2.60. Ciemat. Muestras de radiación directa y suelo

Campaña 2011

Radiación directa
<ul style="list-style-type: none"> 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	1,23E+00	23	0

Suelo
<ul style="list-style-type: none"> 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	2,04E+00	7	2
U-total (U-238)	3,66E+01	9	0
Pu-239+240	3,20E-01	7	2
Espectrometría α			
U-234	3,19E+01	9	0
U-235	1,44E+00	9	0
U-238	3,52E+01	9	0
Espectrometría γ			
Cs-137	6,35E+00	9	0
Ra-226	4,18E+01	9	0

Figura 2.61. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2011

Sedimentos de fondo
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 5 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, espectrometría α y espectrometría γ (anual acumulado), U-total (U-238) (trimestral)

Organismos indicadores
<ul style="list-style-type: none"> • 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), U-total (U-238) (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	4,74E+00	3	2
U-total (U-238)	4,75E+01	20	0
Espectrometría α			
U-234	5,27E+01	5	0
U-235	2,11E+00	5	0
U-238	4,98E+01	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	8,30E-01	5	0
Ra-226	3,13E+01	5	0

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	7,98E-01	16	1
U-total (U-238)	1,61E-01	65	3
Espectrometría α			
U-234	1,89E-01	17	0
U-235	9,33E-03	12	5
U-238	1,83E-01	17	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,42E-02	1	16
Ra-226	6,16E-01	7	10

Figura 2.62. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche
 Campaña 2011

Agua superficial
<ul style="list-style-type: none"> • 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 y H-3 (trimestral acumulado), I-131 (trimestral puntual), espectrometría α (anual acumulado)

Leche
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 2 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): I-131, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	3,74E+02	72	0
β resto	8,57E+01	4	68
α total	1,03E+02	72	0
H-3	<LID	0	24
I-131	3,90E+02	20	4
Sr-90	1,25E+02	6	18
U-total	7,66E+01	16	8
Espectrometría α			
U-234	6,38E+01	6	0
U-235	2,38E+00	6	0
U-238	5,51E+01	6	0
Espectrometría γ			
Ra-226	<LID	0	24

Análisis	Actividad Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
I-131	<LID	0	8
Sr-90	1,28E+02	5	3
Espectrometría γ			
Ra-226	<LID	0	8

Figura 2.63. Ciemat. Muestras de vegetales

Campaña 2011

Vegetales de hoja ancha	
<ul style="list-style-type: none"> • 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	2,68E-01	6	1
Espectrometría γ			
Ra-226	5,23E-01	2	5

Vegetales de hoja no ancha	
<ul style="list-style-type: none"> • 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 y espectrometría γ (anual) 	

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,01E-01	5	9
Espectrometría γ	<LID	0	14

Figura 2.64. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos

Campaña 2011

Carnes y aves	
<ul style="list-style-type: none"> • 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			
Cs-134	7,88E-02	1	1
Cs-137	1,36E-01	1	1

Huevos	
<ul style="list-style-type: none"> • 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 otorga 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 su 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. Características 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 2011 por cambio en el uso de las zonas de huerta seleccionadas. En las figuras 2.65 y 2.66 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña de 2011.

Figura 2.65. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial, de escorrentía y de pozo

Campaña 2011

Agua superficial				Agua de pozo			
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 2 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total y espectrometría α de uranio (trimestral) 				<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 10 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total y espectrometría α de uranio (trimestral) 			

Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID		Bq/m ³	>LID	<LID
β total	3,24E+02	8	0	β total	2,62E+03	43	0
β resto	2,86E+02	1	7	β resto	2,26E+03	32	11
α total	1,64E+02	2	6	α total	1,93E+03	41	2
Pb-210	7,70E+00	6	2	Pb-210	7,28E+00	28	14
Ra-226	4,22E+00	8	0	Ra-226	2,69E+00	23	20
Ra-228	<LID	0	8	Ra-228	<LID	0	43
Th-230	3,83E+01	8	0	Th-230	1,10E+02	43	0
U-total	8,60E+01	8	0	U-total	2,77E+03	43	0
Espectrometría α				Espectrometría α			
U-234	4,36E+01	8	0	U-234	1,45E+03	43	0
U-235	1,80E+00	3	5	U-235	9,68E+01	35	8
U-238	3,24E+01	8	0	U-238	1,52E+03	43	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): α total, β total, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-total y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID
β total	6,40E+02	3	0
β resto	5,78E+02	1	2
α total	3,57E+02	3	0
Pb-210	9,83E+00	2	1
Ra-226	1,61E+01	3	0
Ra-228	<LID	0	3
Th-230	5,52E+01	3	0
U-total	4,04E+02	3	0
Espectrometría α			
U-234	1,87E+02	3	0
U-235	1,30E+01	1	2
U-238	2,03E+02	3	0

Figura 2.66. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón

Campaña 2011

Exhalación de radón
<ul style="list-style-type: none"> • Número de puntos: 101 repartidos sobre la superficie del dique • Frecuencia: 1 vez al año (mes de agosto)

Análisis	Actividad mBq/m ² ·s	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Flujo Rn-222	6,45E+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 CO₂ 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, intensificándose los controles ambientales sobre zonas más cercanas a aquellas en 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 2011, supone también una reducción respecto al llevado a cabo durante la fase de desmantelamiento, suprimiéndose la recogida de algunos tipos de muestras como cultivos vegetales, y reduciéndose en otros casos el número de puntos de muestreo o su frecuencia de recogida o análisis.

En las figuras 2.67 a 2.71 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2011.

Figura 2.67. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa

Campaña 2011

Aire
<ul style="list-style-type: none"> • 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)

Radiación directa
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 8 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	7,40E-04	157	0
C-14	2,29E-02	4	0
H-3	1,58E-01	4	0
Sr-90	<LID	0	12
Espectrometría γ	<LID	0	12

Análisis	Actividad mSv/año	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radiación γ ambiental	5,85E-01	32	0

Figura 2.68. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo

Campaña 2011

Suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 5 • Frecuencia de muestreo: anual • Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Sr-90 (anual)

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	2,06E+00	5	0
Espectrometría γ Cs-137	3,82E+00	5	0

Figura 2.69. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Campaña 2011

Agua de mar
<ul style="list-style-type: none"> • 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).

Sedimentos de orilla (arena de playa)
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 3 • Frecuencia de muestreo: anual • Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
En superficie			
β total	2,21E+04	88	0
β resto	<LID	0	88
H-3	<LID	0	88
Pu-238	<LID	0	88
Am-241	<LID	0	88
Espectrometría γ	<LID	0	88
En profundidad			
Sr-90	<LID	0	10
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ	<LID	0	10

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	1,55E+00	3	0
Pu-238	<LID	0	3
Am-241	<LID	0	3
Espectrometría γ			
Cs-137	1,99E-01	1	2

Figura 2.70. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2011

Sedimentos de fondo				Organismos indicadores			
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 5 • Frecuencia de muestreo: semestral • Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral) 				<ul style="list-style-type: none"> • 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		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,21E+00	10	0	Sr-90	1,36E-01	3	7
Pu-238	<LID	0	10	Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10	Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ				Espectrometría γ			
Cs-137	1,12E+00	9	1	Cs-137	9,33E-02	4	6
				Co-60	1,18E-01	9	1

Figura 2.71. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces

Campaña 2011

Mariscos				Peces			
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 2 • Frecuencia de muestreo: semestral • Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral) 				<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 2 • Frecuencia de muestreo: semestral • Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral) 			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	8,57E-02	5	1	Sr-90	7,06E-02	1	5
Pu-238	<LID	0	6	Pu-238	<LID	0	6
Am-241	<LID	0	6	Am-241	<LID	0	6
Espectrometría γ				Espectrometría γ			
Cs-137	5,85E-02	1	5	Cs-137	8,07E-02	4	2

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 2011 la vigilancia establecida en el emplazamiento de la planta Quercus ha continuado sin modifi-

caciones 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 2.72 a 2.78 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante la campaña del año 2011. En el caso del agua potable, ocasionalmente y tal como ocurría en campañas anteriores, el índice de actividad alfa total alcanzó el valor paramétrico 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 radio-226, y plomo-210, se tiene un valor para la dosis indicativa total inferior al establecido en el Real Decreto mencionado, solo en una ocasión, la concentración de plomo-210 detectada en una muestra de la estación testigo supera ligeramente el valor establecido en el protocolo del Ministerio de Sanidad y Consumo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano.

Figura 2.72. Planta Quercus. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2011

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 Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	1,01E-04	317	0
U-total	<LID	0	24
Pb-210	2,62E-04	24	0
Ra-226	6,71E-06	9	15
Th-230	8,83E-06	3	21

Radiación directa	
• Número de estaciones:	22
• Frecuencia de muestreo:	trimestral
• Tipo de análisis (frecuencia):	radiación y ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad mSv/año	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radiación y ambiental	1,19E+00	88	0

Figura 2.73. Planta Quercus. Muestras de radón

Campaña 2011

Radón	
Rn-222	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 6 • Frecuencia de muestreo: semestral continuo y anual 	
Descendientes	
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 6 • Frecuencia: mensual 	

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Rn-222 (Bq/m ³)	2,36E+01	16	2
Descendientes (mWL)	2,88E+00	72	0

Figura 2.74. Planta Quercus. Muestras de agua superficial y potable

Campaña 2011

Agua superficial	
<ul style="list-style-type: none"> • 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 Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	8,63E+01	83	17
β total	1,09E+02	34	0
β resto	7,10E+01	18	16
U-total	1,15E+02	70	30
Pb-210	2,27E+01	14	2
Ra-226	1,39E+01	41	59
Th-230	2,13E+01	13	21
Espectrometría γ			
Pb-210	1,47E+02	3	15

Agua potable	
<ul style="list-style-type: none"> • 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 Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	6,45E+01	9	3
U-total	9,18E+01	8	4
Pb-210	5,87E+01	12	0
Ra-226	1,03E+01	10	2
Th-230	3,30E+01	4	8

Figura 2.75. Planta Quercus. Muestras de suelo y sedimentos

Campana 2011

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)

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	3,65E+02	11	0
U-total	5,23E+01	11	0
Espectrometría γ			
Pb-210	5,82E+01	11	0
Ra-226	5,25E+01	10	1
Th-230	<LID	0	11

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	2,42E+03	20	0
β total	2,05E+03	20	0
U-total	1,63E+03	20	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,64E+02	20	0
Ra-226	1,27E+02	12	8
Th-230	<LID	0	20

Figura 2.76. Planta Quercus. Muestras de organismos indicadores y peces

Campaña 2011

Organismos indicadores	
•	Número de estaciones: 2
•	Tipo de muestra: <i>Cladophora</i> , <i>Potamogetum</i> , <i>Scirpus</i> , peces completos
•	Frecuencia de muestreo: semestral
•	Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, espectrometría γ (Pb-210, Ra-226 y Th-230) y U-total, isotópico de uranio (semestral)

Potamogetum

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	3,49E+02	4	0
β total	2,99E+02	4	0
U-total	2,15E+01	4	0
Espectrometría γ			
Pb-210	2,56E+00	2	2
Ra-226	4,37E+00	2	2
Th-230	<LID	0	4

Scirpus

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	1,92E+02	4	0
β total	2,14E+02	4	0
U-total	2,80E+00	4	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,44E+01	4	0
Ra-226	7,84E+00	1	3
Th-230	<LID	0	4

Pez (músculo)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	1,49E+00	1	2
β total	1,69E+02	3	0
U-total	8,29E-01	2	1
Espectrometría γ			
Pb-210	<LID	0	3
Ra-226	<LID	0	3
Th-230	<LID	0	3

Cladophora

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	5,21E+02	2	0
β total	5,59E+02	2	0
U-total	2,93E+02	2	0
Espectrometría γ			
Pb-210	1,53E+01	2	0
Ra-226	2,22E+01	2	0
Th-230	<LID	0	2

Figura 2.77. Planta Quercus. Muestras de vegetales de consumo humano y animal

Campaña 2011

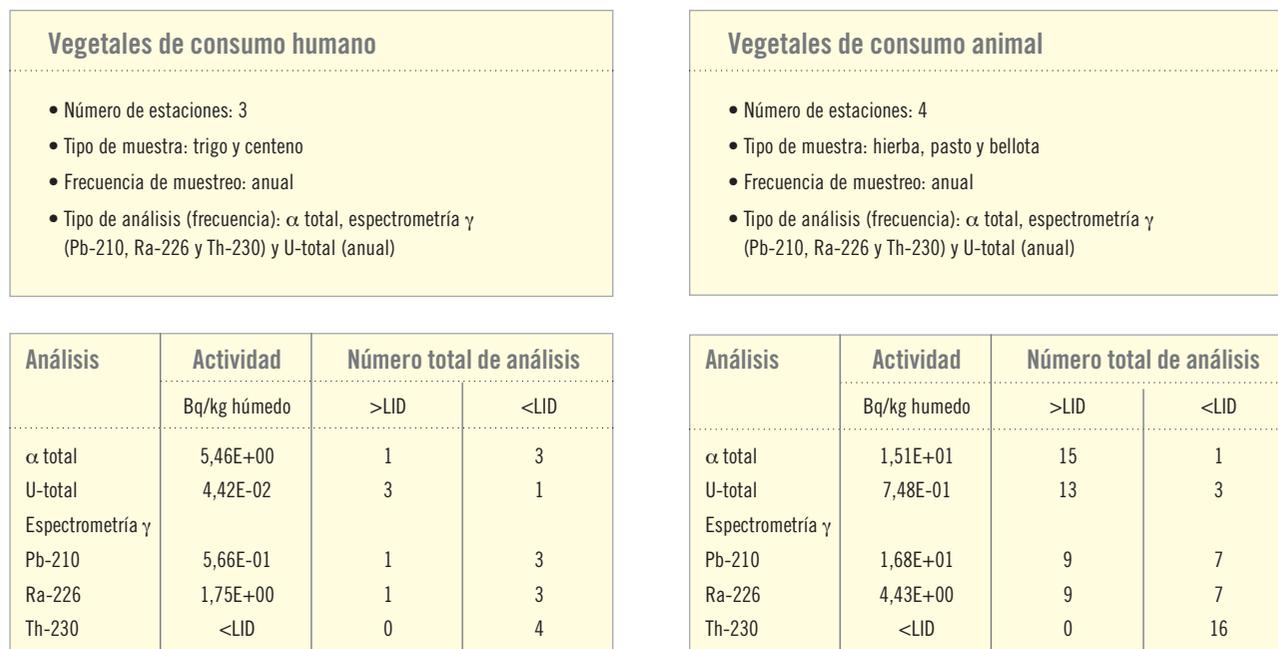
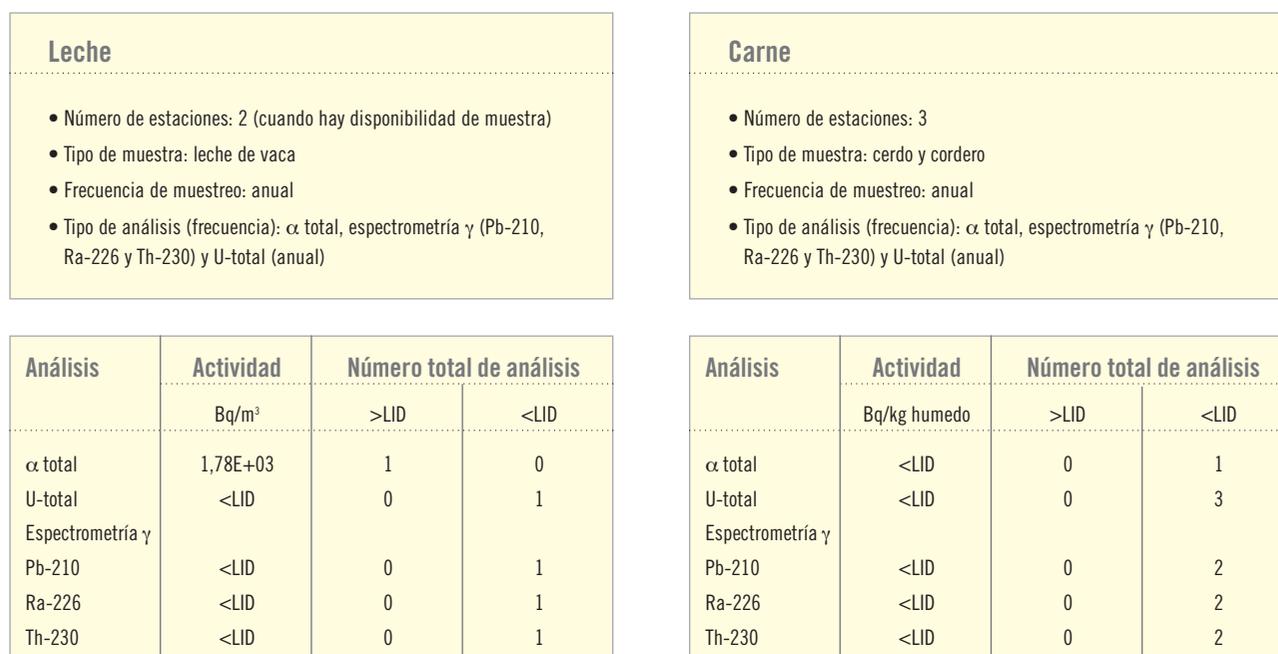


Figura 2.78. Planta Quercus. Muestras de leche y carne

Campaña 2011



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 MITyC 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, S.A. 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 encuentre en funcionamiento, ha seguido manteniendo el mismo programa de vigilancia que durante la fase de operación, completando 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 2.79 a 2.86 se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2011. 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 2.79. Central nuclear José Cabrera. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2011

Aire		Radiación directa	
<ul style="list-style-type: none"> • 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) 		<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 35 • Frecuencia de muestreo: trimestral • Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral) 	
Análisis	Actividad Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	7,21E-04	311	1
α total	1,24E-04	130	182
Fe-55	<LID	0	24
Ni-63	<LID	0	24
Sr-90	1,09E-05	4	20
Espectrometría γ	<LID	0	24
H-3	2,38E-03	12	0
C-14	3,36E-02	4	0

Análisis	Actividad mSv/año	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radiación γ ambiental	7,44E-01	139	0

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.80. Central nuclear José Cabrera. Muestras de suelo y agua de lluvia

Campaña 2011

Suelo				Agua de lluvia			
<ul style="list-style-type: none"> 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) 				<ul style="list-style-type: none"> 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		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID		Bq/m ³	>LID	<LID
Fe-55	<LID	0	10	Fe-55	<LID	0	60
Ni-63	<LID	0	10	Ni-63	<LID	0	60
Sr-90	3,87E+00	10	0	Sr-90	1,77E+01	2	58
Espectrometría γ				Espectrometría γ	<LID	0	60
Co-60	3,08E-01	1	9				
Cs-137	1,17E+01	10	0				

Figura 2.81. Central nuclear José Cabrera. Muestras de agua potable y agua subterránea

Campaña 2011

Agua potable				Agua subterránea			
<ul style="list-style-type: none"> Número de estaciones: 4 Frecuencia de muestreo: semanal Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ (mensual compuesto) y Sr-90, β total, β resto, H-3, Am-241*, Fe-55*, Ni-63* y Pu-238* (trimestral-compuesto) 				<ul style="list-style-type: none"> 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		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID		Bq/m ³	>LID	<LID
β total	7,97E+01	16	0	β total	2,23E+02	4	0
β resto	5,43E+01	2	14	β resto	1,34E+02	1	3
H-3	1,69E+04	8	8	H-3	<LID	0	4
Am-241	<LID	0	16	Am-241	<LID	0	4
Fe-55	<LID	0	16	Fe-55	<LID	0	4
Ni-63	<LID	0	16	Ni-63	<LID	0	4
Pu-238	<LID	0	16	Pu-238	<LID	0	4
Sr-90	<LID	0	16	Espectrometría γ	<LID	0	4
Espectrometría γ	<LID	0	48				

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.82. Central nuclear José Cabrera. Muestras de vegetales
 Campaña 2011

Vegetales de hoja ancha	
<ul style="list-style-type: none"> • 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	3,86E-01	5	0
Espectrometría γ	<LID	0	5

Vegetales de hoja no ancha	
<ul style="list-style-type: none"> • 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	1,46E-01	12	8
Espectrometría γ	<LID	0	20

Figura 2.83. Central nuclear José Cabrera. Muestras de leche, carne y huevos
 Campaña 2011

Leche	
<ul style="list-style-type: none"> • 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/m ³	>LID	<LID
Fe-55	<LID	0	72
Ni-63	<LID	0	72
Sr-90	4,91E+01	69	3
Espectrometría γ	<LID	0	72

Carne y huevos	
<ul style="list-style-type: none"> • 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 2.84. Central nuclear José Cabrera. Muestras de agua superficial y sedimentos de orilla

Campaña 2011

Agua superficial	
<ul style="list-style-type: none"> Número de estaciones: 4 Frecuencia de muestreo: mensual y proporcional continuo en 2 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 Bq/m ³	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	1,03E+02	36	0
β resto	6,21E+01	4	32
H-3	1,42E+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	
<ul style="list-style-type: none"> 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 Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>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	5,03E+00	2	0

Figura 2.85. Central nuclear José Cabrera. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2011

Sedimentos de fondo	
<ul style="list-style-type: none"> 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 Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Am-241	<LID	0	6
Fe-55	<LID	0	6
Ni-63	<LID	0	6
Pu-238	<LID	0	6
Sr-90	1,46E+00	6	0
Espectrometría γ			
Co-60	4,57E-01	1	5
Cs-137	1,58E+01	4	2

Organismos indicadores	
<ul style="list-style-type: none"> 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 Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Am-241	<LID	0	12
Fe-55	<LID	0	12
Ni-63	<LID	0	12
Pu-238	<LID	0	12
Sr-90	2,88E-01	12	0
Espectrometría γ			
Cs-137	2,38E-01	8	4

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

Figura 2.86. Central nuclear José Cabrera. Muestras de peces y miel

Campaña 2011

Peces
<ul style="list-style-type: none"> • 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)

Miel
<ul style="list-style-type: none"> • Número de estaciones: 2 • Frecuencia de muestreo: anual • Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Ni-63* (anual)

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>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	2,77E-01	9	1

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

*Análisis incluidos para determinar el posible impacto del desmantelamiento.

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 las mismas, 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 2011 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 de 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 de El Cabril y la FUA).

Se llevaron a cabo los programas aprobados para el año 2011, recogándose 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.

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 de acuerdo con las condiciones establecidas en los acuerdos.

La evaluación de los resultados correspondientes a la campaña de 2011 indica que son, en general, equivalentes a los obtenidos en los diferentes programas de vigilancia radiológica ambiental de las distintas instalaciones, sin desviaciones significativas.

En las fechas posteriores al accidente de Fukushima, principalmente a finales del mes de marzo y durante el mes de abril, se ha confirmado la presencia de radionúclidos asociados al mismo, con porcentajes de detección y valores similares a los de los PVRA.

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 de 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, disponiéndose de datos desde 1984. En el año 2000 fue modificada eliminándose la muestra de agua de lluvia e incluyéndose 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, constituida por muy pocos puntos de muestreo, donde se requieren unas medidas muy sensibles, 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 un 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 cuatro laboratorios adicionales que comenzaron a suministrar datos a partir del año 1998. En el año 2000 se incluyeron otros dos laboratorios para completar la red espaciada, que de nuevo ha sido 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 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 espaciada.

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 de Euratom. Los puntos de muestreo seleccionados se encuentran generalmente en el campus universitario o en las inmediaciones del laboratorio, si bien en el caso del suelo y la leche las

Tabla 3.1. Relación de laboratorios colaboradores en la REM

Comunidad autónoma	Laboratorio	C.I.	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. E. T. S. 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. E. T. S. 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. E. T. S. 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

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 instituciones encargadas del programa y consiste en la dieta completa de una persona durante cinco días seguidos.

La red espaciada 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, empezando a obtenerse los primeros resultados a lo largo de dicho año, y estando ya 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

2011. La frecuencia de muestreo y análisis de las muestras depende del medio a que pertenecen, siendo la vigilancia de la calidad del aire, como vehículo de transporte rápido de posibles contaminantes, 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. El muestreo se lleva a cabo de acuerdo con procedimientos escritos que básicamente se deben ajustar a los requisitos establecidos en los acuerdos.

Los análisis se realizan también de acuerdo con procedimientos escritos que garantizan los niveles de detección requeridos para estos programas.

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	
		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

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

- Isótopos naturales: ^7Be , ^{40}K , ^{208}Tl , ^{212}Pb , ^{214}Bi y ^{214}Pb .
- Isótopos artificiales: ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{67}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 espaciada, 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; e 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 requiriendo la participación de todos los laboratorios en las mismas.

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 de Euratom.

Adicionalmente a todas estas actuaciones, en el año 2011 a raíz del accidente de la central nuclear de Fukushima, y como se ha descrito en el apartado 1.1 de este informe, el CSN puso en marcha un dispositivo especial para el seguimiento de la contaminación radiactiva en España procedente de la central accidentada. Todos los laboratorios participantes en el programa de vigilancia de la atmósfera y medio terrestre, tanto en la red espaciada como en la red densa, colaboraron en dicho plan especial de vigilancia, analizando de forma inmediata las muestras de aire (aerosoles y cartuchos de yodo) y en algunos casos aumentando su frecuencia de muestreo y análisis, adelantando la recolección de otro tipo de muestras, como muestras de leche, y recogiendo algunas muestras adicionales no previstas en el programa, en particular muestras de vegetales, agua de lluvia o derivados lácteos. Todos los resultados se fueron comunicando al CSN tan pronto como estuvieran disponibles.

1.1.3. Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando un periodo de 10 años (2002-2011), la numeración de estas figuras se identifica con la letra “a”.

- Valores medios para la campaña del año 2011, 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 espaciada en las gráficas correspondientes al año 2011 (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.

Además, la representación gráfica de los resultados obtenidos en 2011 para las muestras de aire se ha completado para los principales isótopos artificiales que se detectaron entre los meses de marzo, abril y mayo de 2011, procedentes del accidente de la central nuclear de Fukushima. Tanto para la red densa como para la red espaciada, se han añadido gráficas con los valores puntuales de cesio-134, cesio-137 y yodo-131 obtenidos en el periodo afectado por Fukushima (desde el 20 de marzo al 30 de mayo).

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 correspondiente.

Los resultados que se presentan a continuación demuestran el buen funcionamiento de las redes de vigilancia de nuestro país, que permitieron detectar en tiempo real el paso de la nube radiactiva por nuestro territorio en el periodo que abarca desde el 23-24 de marzo hasta finales del mes de mayo, y recuperándose posteriormente los valores hasta niveles por debajo de los

límites de detección o característicos del fondo radiactivo que, según la información disponible de años anteriores, en general, se mantienen relativamente estables a lo largo de los distintos periodos y en los que también se observan ligeras variaciones entre los puntos que son atribuibles a las características radiológicas de las distintas zonas.

En todo caso, las concentraciones detectadas en relación con el accidente de Fukushima fueron muy bajas y similares a las obtenidas en otros países de nuestro entorno, y no representaron en ningún caso riesgo alguno sobre la salud del público o el medio ambiente.

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 m³/hora, realizándose el análisis de espectrometría gamma con periodicidad mensual sobre el conjunto de filtros acumulados en cada estación de muestreo. Las muestras correspondientes a la red espaciada se obtienen con equipos de alto flujo, con caudal de aspiración máximo de aproximadamente 900 m³/hora, analizándose por espectrometría gamma los filtros cada semana y realizándose medidas largas, durante unas 72 horas.

Durante el plan especial de seguimiento del accidente de Fukushima, el programa de la red densa mantuvo su frecuencia semanal de muestreo y análisis de las muestras, mientras que en el programa de la red espaciada se realizaron muestreos de duración variable, desde uno, dos, tres hasta los siete días habituales, disminuyendo también la duración de las medidas en aquellos casos que empleando tiempos de medida más cortos permitieran la detección de la contaminación procedente de Fukushima.

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 observan en los valores medios del año 2011, con valores similares a los

de las últimas campañas o ligeramente superiores en alguno de los puntos (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.

A partir del 22-24 de marzo de 2011, en las muestras recogidas con los equipos de alto flujo de las estaciones de la red espaciada se comenzó a detectar actividad de yodo-131 en primer lugar y cesio-137 después, inicialmente en las estaciones de Cáceres y Sevilla y posteriormente en todas las demás, en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a las que de forma esporádica se detectan en esas mismas estaciones (figuras 3.5 y 3.8). Simultáneamente, se detectó también actividad de cesio-134 (figura 3.7), isótopo no encontrado con anterioridad en las estaciones de la red espaciada de nuestro país, en concentraciones similares a las de cesio-137. Los valores máximos se registraron entre el 28 y 30 de marzo, disminuyendo progresivamente en fechas posteriores, hasta no encontrarse actividad de yodo-131 desde mediados del mes de mayo (figura 3.8), o desde finales del mismo mes para cesio-134 y cesio-137 (figuras 3.7 y 3.5c). De forma muy esporádica se detectaron algunas trazas de otros isótopos como plata-110 metaestable, cesio-136, teluro-132, teluro-129 y yodo-132.

Los equipos de bajo flujo utilizados en el programa de la red densa, donde habitualmente nunca se detecta la presencia de isótopos de origen artificial con actividad superior al LID, también registraron la contaminación procedente de Fukushima. En las medidas realizadas sobre las muestras semanales de cartuchos de carbón activo de todas las estaciones se detectó la presencia de

yodo-131, en este caso de yodo en forma gaseosa, y se alcanzaron valores aún más altos que los obtenidos para el yodo particulado hallado en las muestras de aerosoles de los equipos de alto flujo. Aunque en este caso se mantuvo la frecuencia semanal de recogida y análisis de muestras, y por lo tanto no se puede precisar exactamente la fecha de llegada de la nube radiactiva, el periodo afectado fue más corto, detectándose desde finales de marzo y disminuyendo progresivamente su concentración hasta finales del mes de abril, no observándose ya en ningún cartucho recogido durante el mes de mayo (figuras 3.9).

Los filtros de partículas de polvo recogidos semanalmente con los mismos equipos de bajo flujo no se analizan individualmente, sino que se acumulan los filtros correspondientes a cada mes, para medirse de forma agrupada y así obtener un volumen suficiente de muestra. En este caso tampoco se modificó esta frecuencia de análisis, y aunque en las medidas mensuales de alguna de las estaciones se detectó también la presencia de yodo-131, no se han incluido dichos valores ya que pueden estar afectados por la necesaria corrección por decaimiento de la actividad de las muestras.

Todos los valores hallados son coherentes con los obtenidos en los PVRA de las instalaciones descritos en anteriores capítulos de este informe, y como aquellos, para los tres isótopos principalmente detectados (yodo-131, cesio-134 y cesio-137) muy inferiores a los niveles de notificación para centrales nucleares, establecidos respectivamente en 0,4, 0,2 y 0,3 Bq/m³, que representan los niveles de concentración de actividad por isótopo para muestras ambientales por encima del cual se puede derivar en la superación del valor establecido como restricción operacional de dosis (0,1 mSv/año) para la emisión de efluentes y que requeriría actuaciones por parte del titular.

La detección de berilio-7, isótopo de origen cosmogénico incluido en la Recomendación de la UE como control cualitativo del método utilizado y que se produce prácticamente en la totalidad de las muestras, fue similar a la de años anteriores, con valores de concentración varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID. En las gráficas se representan los resultados semanales correspondientes a la red espaciada (figura 3.6).

Deposición

A raíz del accidente de Fukushima, como parte del dispositivo especial de vigilancia, el muestreo de esta vía de exposición se complementó con muestras adicionales de agua de lluvia, recogidas entre el 30 de marzo y el 6 de abril por cinco laboratorios pertenecientes a la REM. En los resultados de la medida de espectrometría gamma el único radionucleido artificial detectado fue el yodo-131, con valores consistentes con los registrados en esas fechas para otras muestras.

Suelo (deposición total)

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 2011 son similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto (figura 3.10).

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 2011 los niveles más altos de estroncio-90 se presentan en Málaga y La Laguna (figura 3.11).

Espectrometría gamma (cesio-137). La concentración de cesio-137 en suelo, procedente del poso radiactivo, resulta generalmente más elevada en Granada, El Ferrol, Oviedo y Valencia, tendencia que se mantiene en los resultados del año 2011 (figura 3.12). No se aprecia ningún incremento que pueda relacionarse con la deposición de la nube procedente del accidente de Fukushima.

Agua

Agua potable

Índice de actividad alfa total. En el año 2011 se ha superado el límite establecido para el índice de actividad alfa total en el Real Decreto 140/2003 relativo a la Calidad de Agua de Consumo Humano (100 Bq/m³) en

11 muestras de La Laguna (figura 3.13). Como en años anteriores, se ha procedido a la realización de análisis adicionales de varias de estas muestras de agua para la 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 2011 son similares a los del año anterior en cada punto y destacan con los valores más altos La Laguna, Barcelona y 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 de Agua de Consumo Humano (1.000 Bq/m³) (figura 3.14).

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 3.15).

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 es la que ha presentado el valor más alto en esta campaña (figura 3.16).

Tritio. Este radionucleido se mide en las muestras correspondientes a la red espaciada y en el año 2011, 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 de Agua de Consumo Humano (100.000 Bq/m³) (figura 3.17).

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 espaciada 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 2011 se ha detectado únicamente en muestras del laboratorio de Madrid (figura 3.18).

Alimentos

Dentro del dispositivo especial puesto en marcha a raíz del accidente de Fukushima, se recogieron vegetales de hoja ancha por parte de seis laboratorios y en la medida de espectrometría gamma se detectó yodo-131 con concentraciones muy inferiores a los valores establecidos por la Unión Europea para esta situación concreta⁶.

Leche

Los seis laboratorios donde se analizan muestras de leche recogen las muestras en las zonas de mayor producción lechera del país. Además de las muestras habituales que corresponden a leche de vaca, en el año 2011 se recogieron algunas muestras adicionales de leche de cabra o diversos derivados lácteos (yogures, queso, ...). En algunas de ellas se detectó actividad de yodo-131 atribuible al accidente de Fukushima, siempre en concentraciones muy bajas y coherentes con los valores obtenidos en otros programas.

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,

⁶ Reglamento de la UE 297/2011 de 25 de marzo de 2011. Reglamento de la UE 961/2011 de 27 de septiembre que derogaba al anterior. Reglamento de la UE 284/2012 de 29 de marzo que deroga al anterior y Reglamento 996/2012 hasta 26 de octubre de 2012 que deroga al anterior y válido hasta 31 de marzo de 2014.

que fueron confirmados con el análisis cruzado de muestras entre laboratorios (figura 3.19).

Espectrometría gamma (cesio-137). La presencia de este isótopo se asocia también al 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, los valores más altos de cesio-137 en leche se dan en El Ferrol, y tanto este laboratorio como el de Cantabria presentaron un ligero incremento en las muestras del mes de abril que podría relacionarse con el paso de la nube procedente del accidente de Fukushima. Hasta ahora no se han detectado valores por encima del LID en las muestras de Oviedo y Sevilla (figura 3.20).

Dieta tipo

Estroncio-90. Se detecta actividad de estroncio-90 con valores muy bajos en muchas de las muestras de dieta

tipo analizadas (figura 3.21), 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 Sevilla, y en varios de los de la red densa. Los valores de concentración son bastante homogéneos en cada trimestre y entre los distintos puntos, resultando del orden de los más bajos registrados en otros países de la UE (figura 3.22).

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 espaciada (figura 3.23). Para su determinación se utilizan metodologías de espectrometría de masas y medida con acelerador o bien otras técnicas de centelleo líquido, alcanzando niveles de detección mucho más bajos con la primera de ellas. Los valores de carbono-14 en el año 2011 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

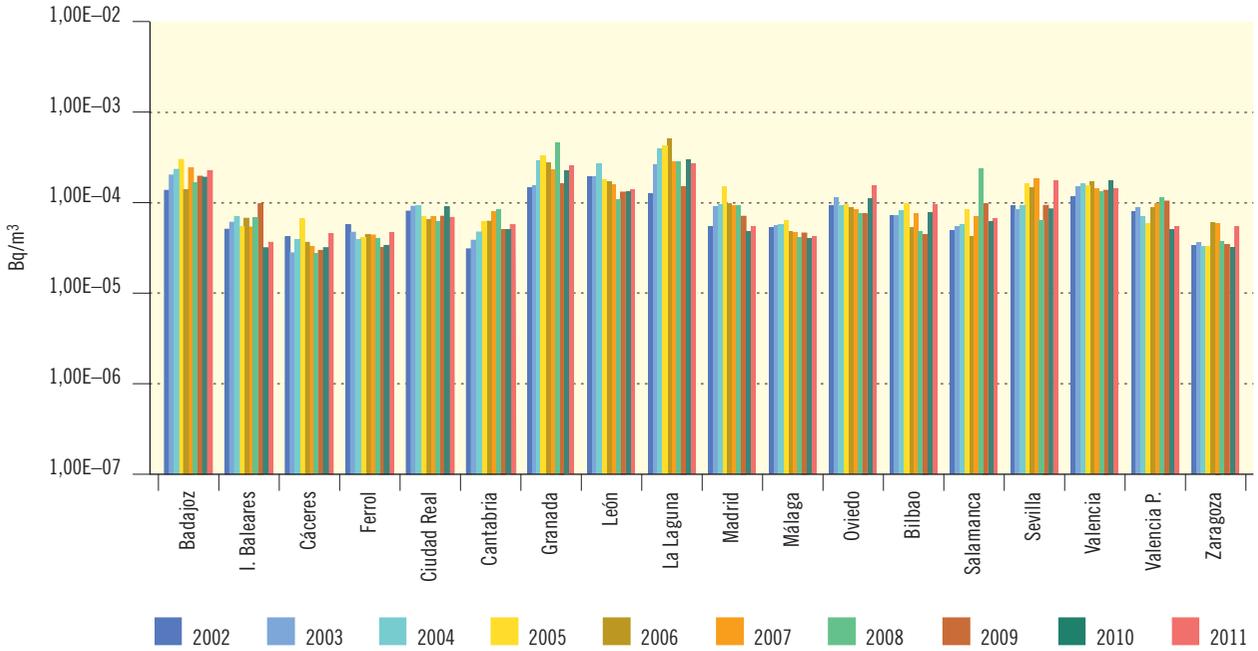


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011

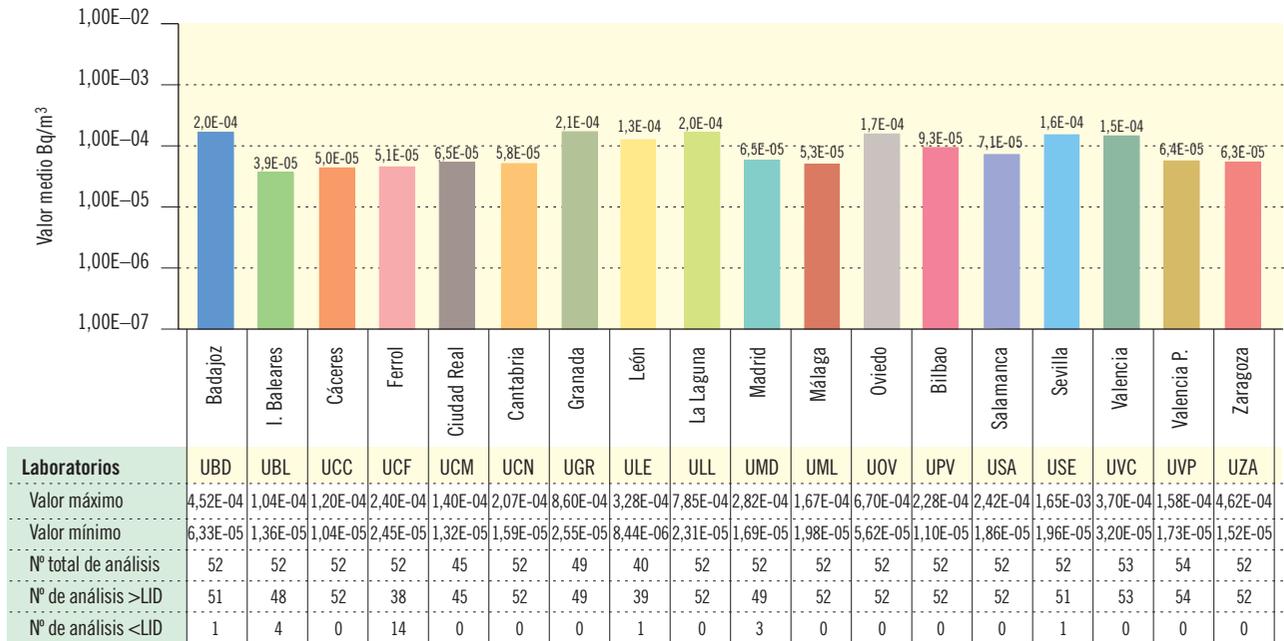


Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

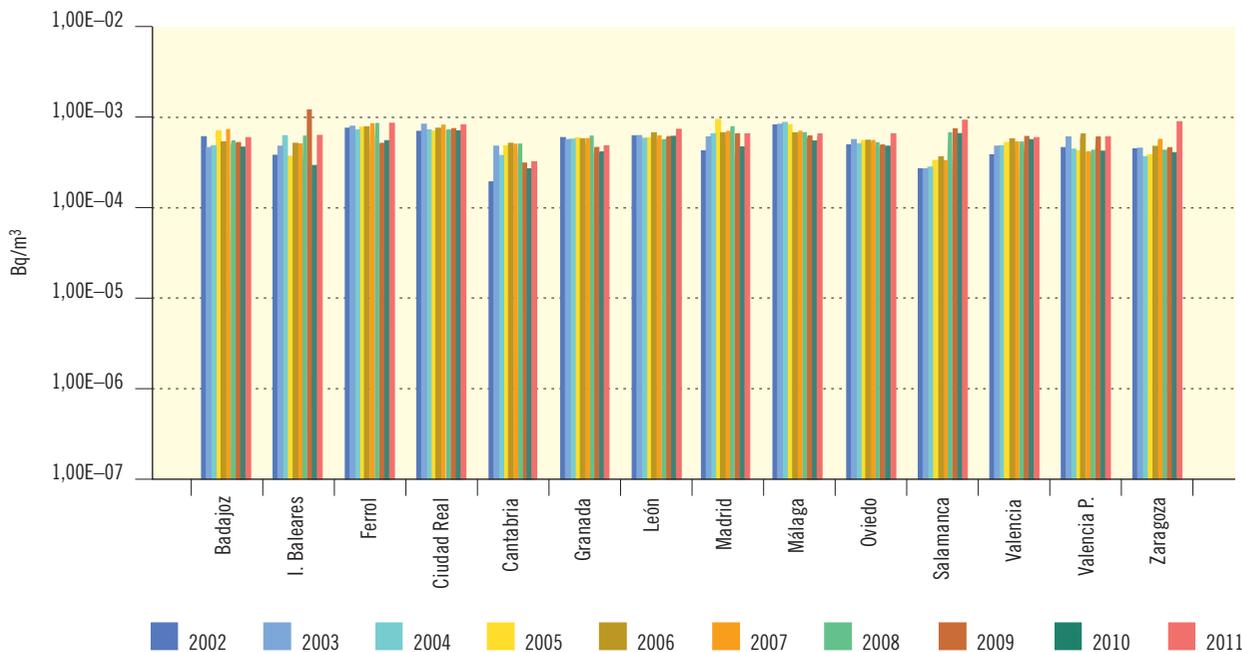


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011

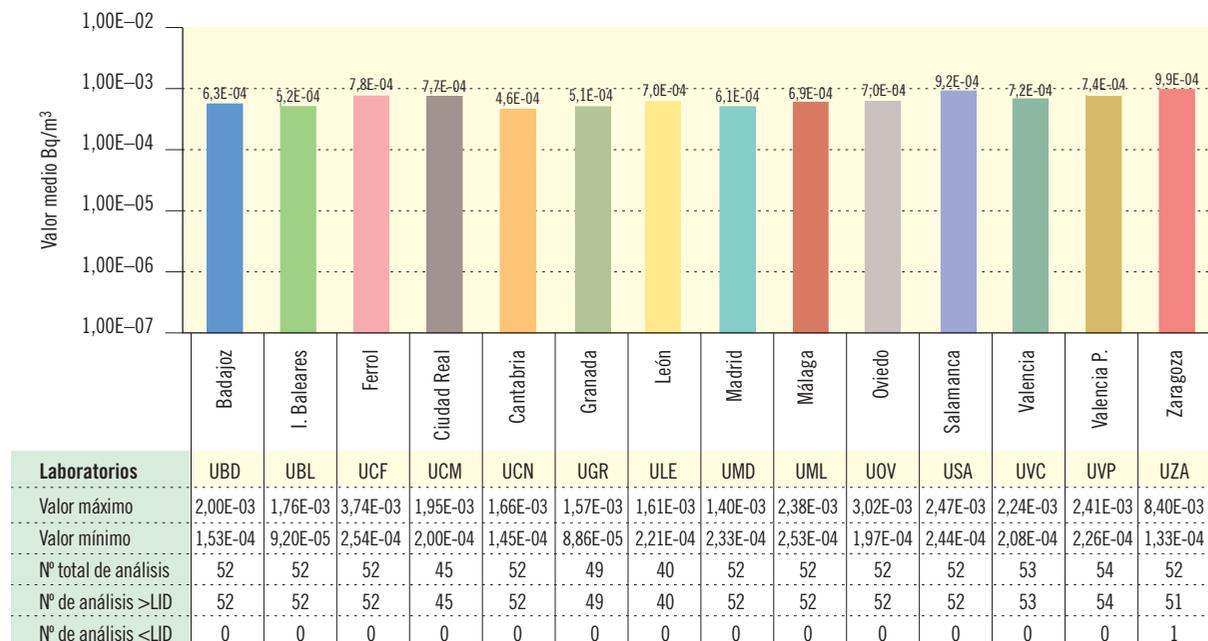


Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

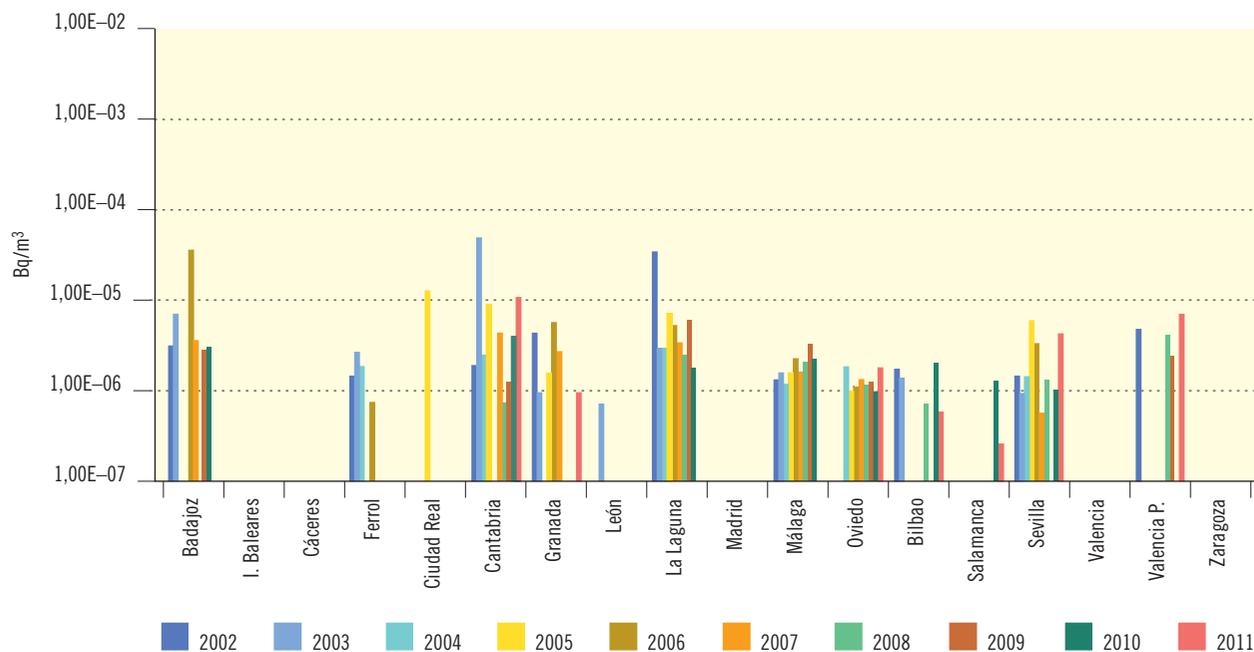


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011

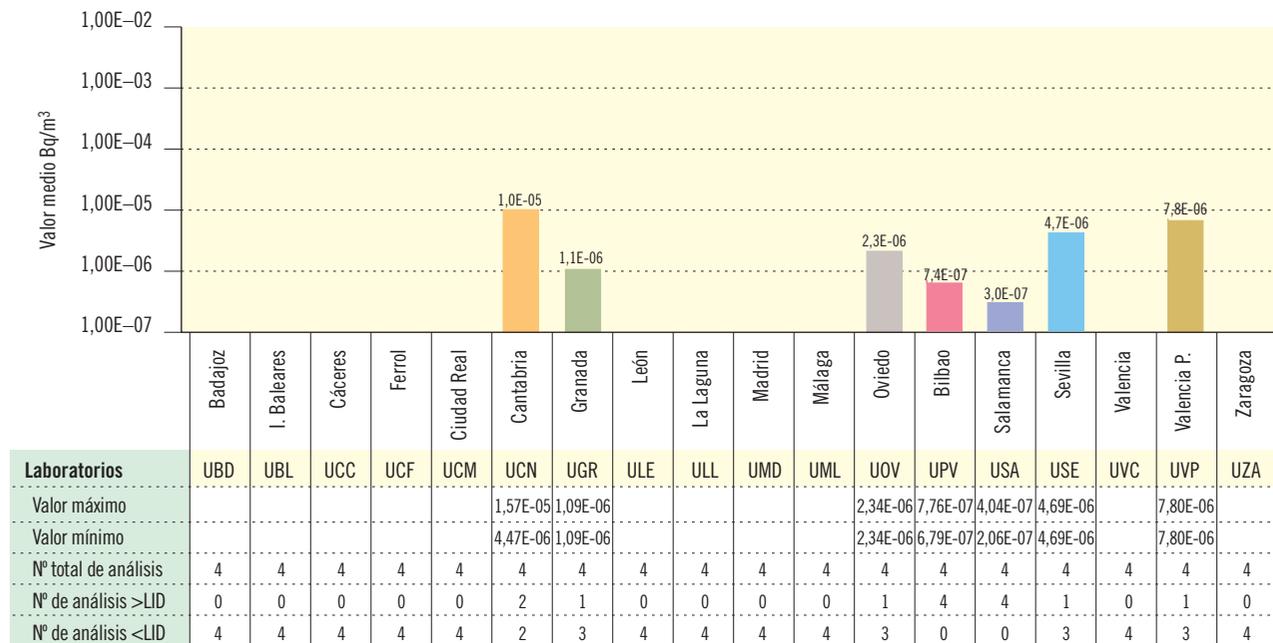


Figura 3.5a. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

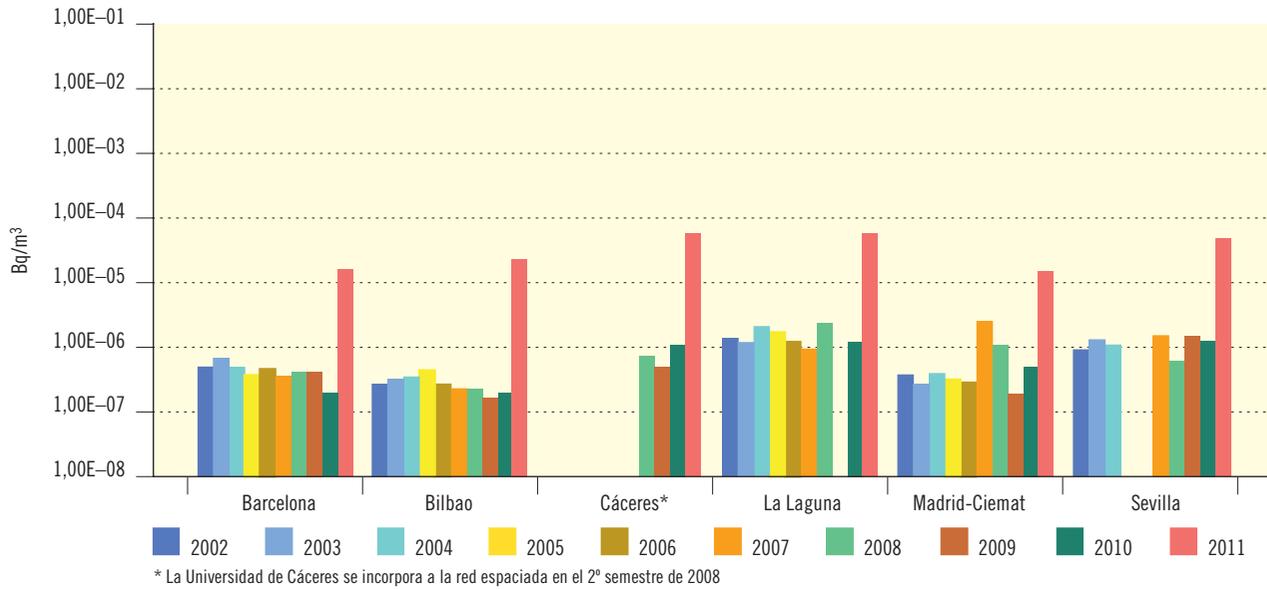
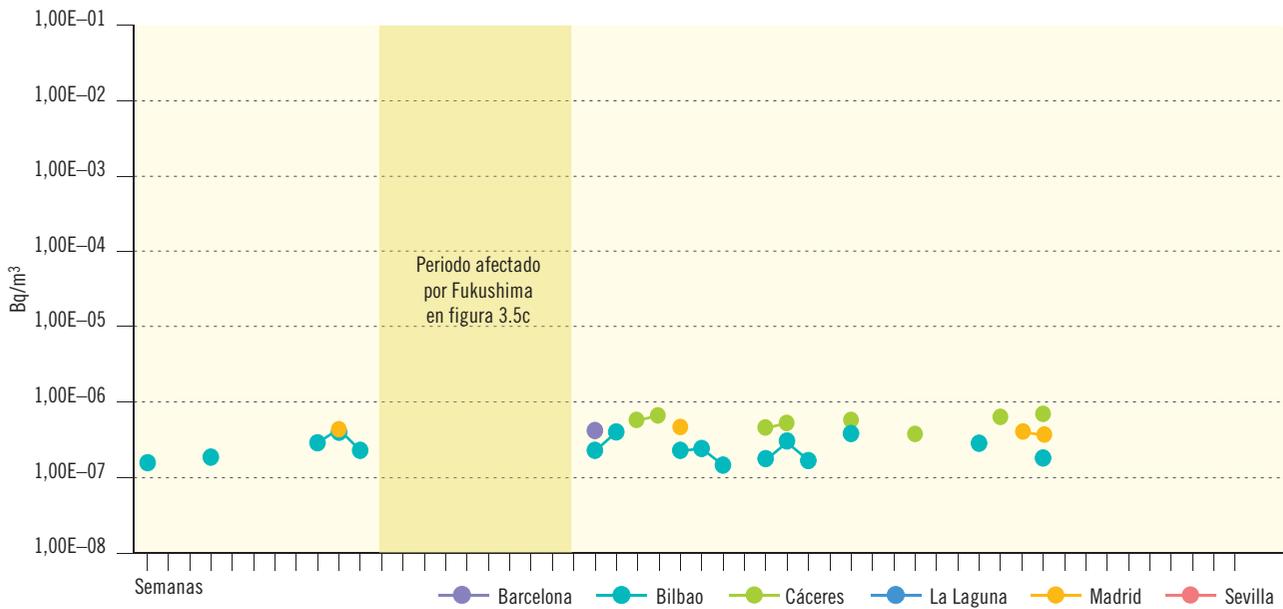


Figura 3.5b. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,40E-05	1,76E-05	5,96E-05	6,34E-05	1,24E-05	5,70E-05
Valor máximo	4,86E-05	1,16E-04	6,92E-04	4,08E-04	8,47E-05	3,00E-04
Valor mínimo	3,26E-07	1,48E-07	3,59E-07	9,99E-07	2,02E-07	7,27E-07
LID máximo	5,59E-06	2,79E-05	6,05E-05	6,62E-06	1,23E-06	5,38E-05
LID mínimo	2,11E-07	1,11E-07	1,30E-07	3,84E-07	1,51E-07	4,88E-07
Nº total de análisis	60	62	63	58	52	65
Nº de análisis >LID	17	36	24	11	12	16
Nº de análisis <LID	43	26	39	47	40	49

Figura 3.5c. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Campaña de 2011. Periodo afectado por Fukushima

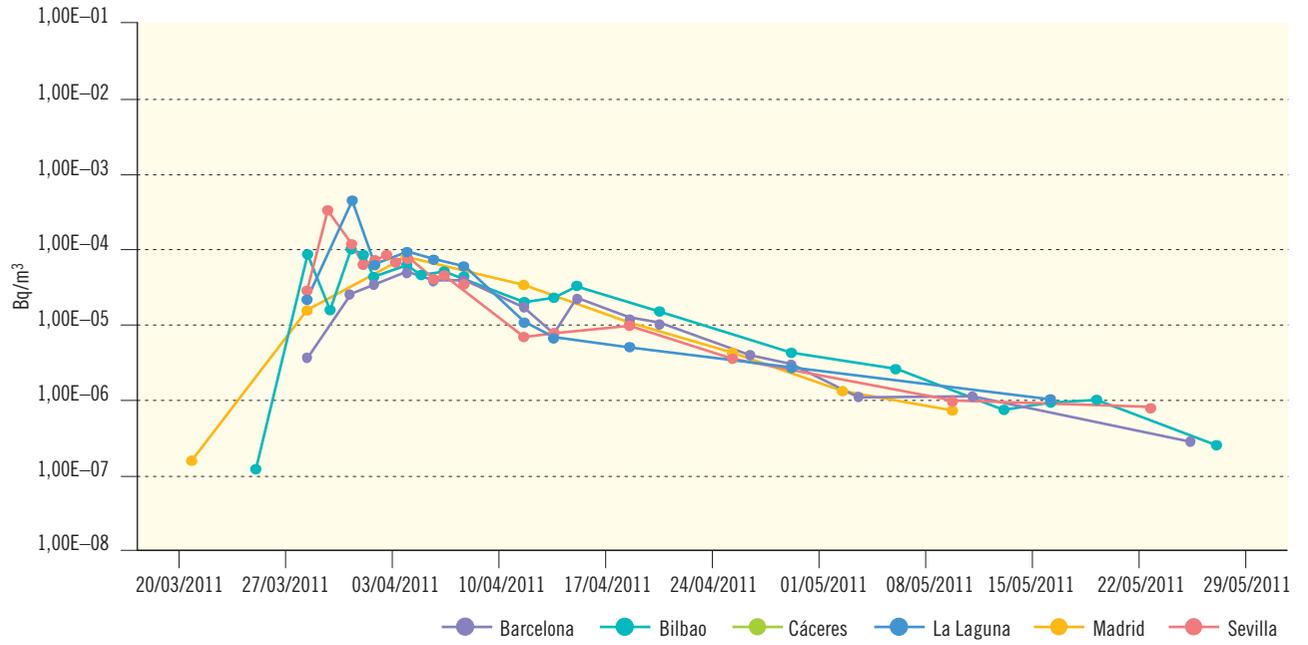


Figura 3.6a. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Be-7

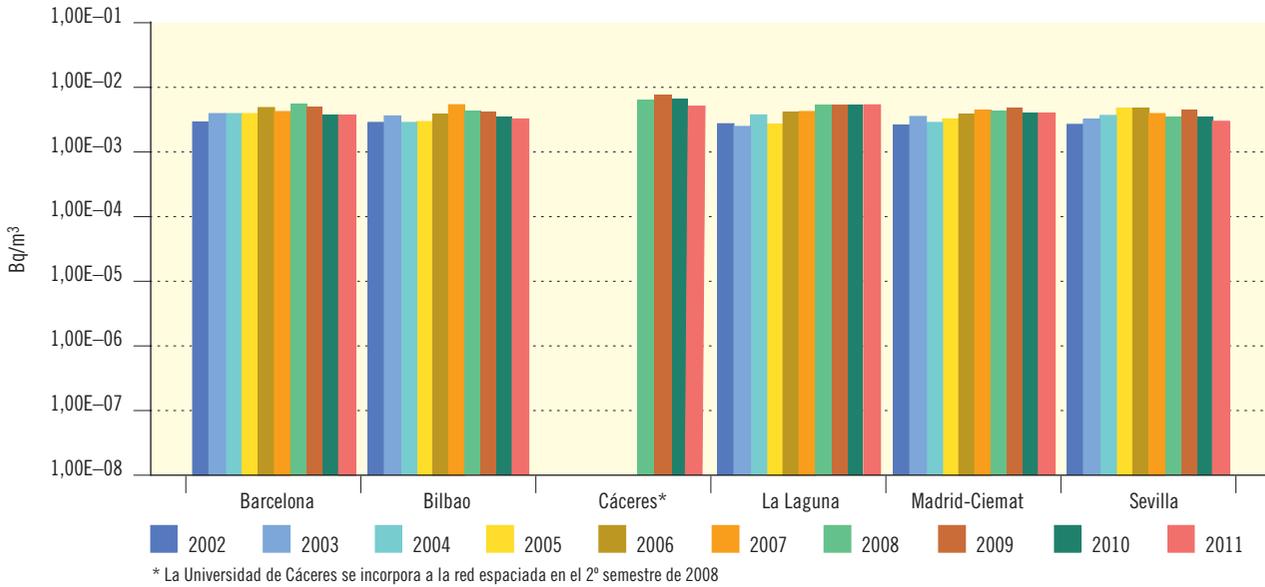
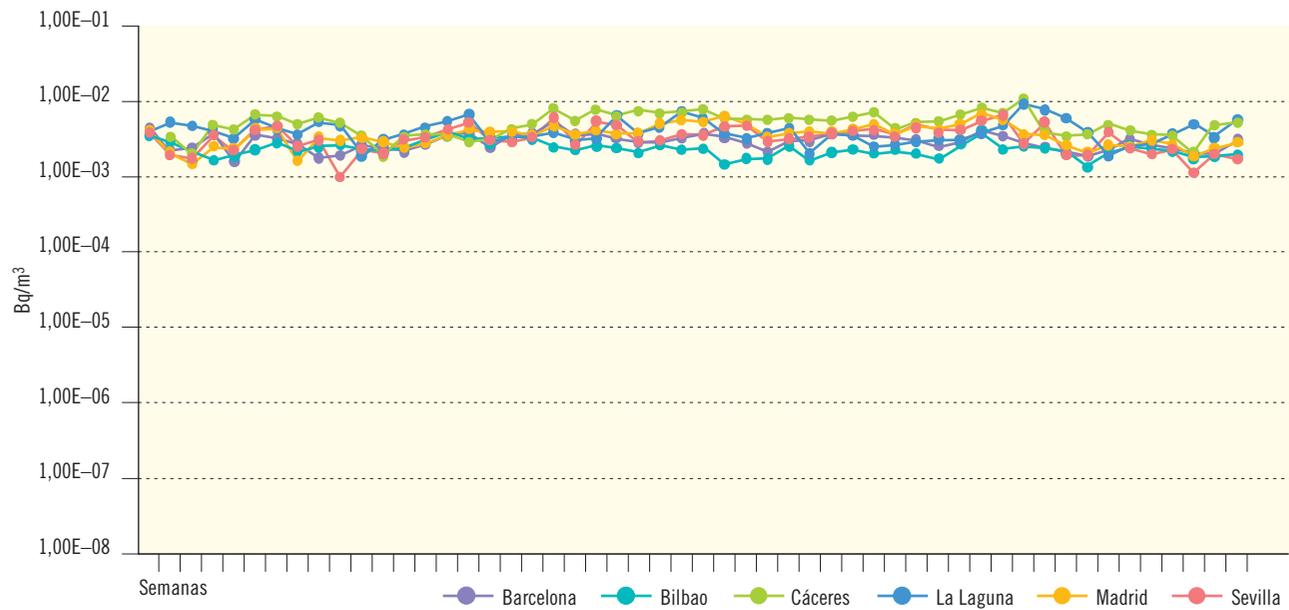


Figura 3.6b. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

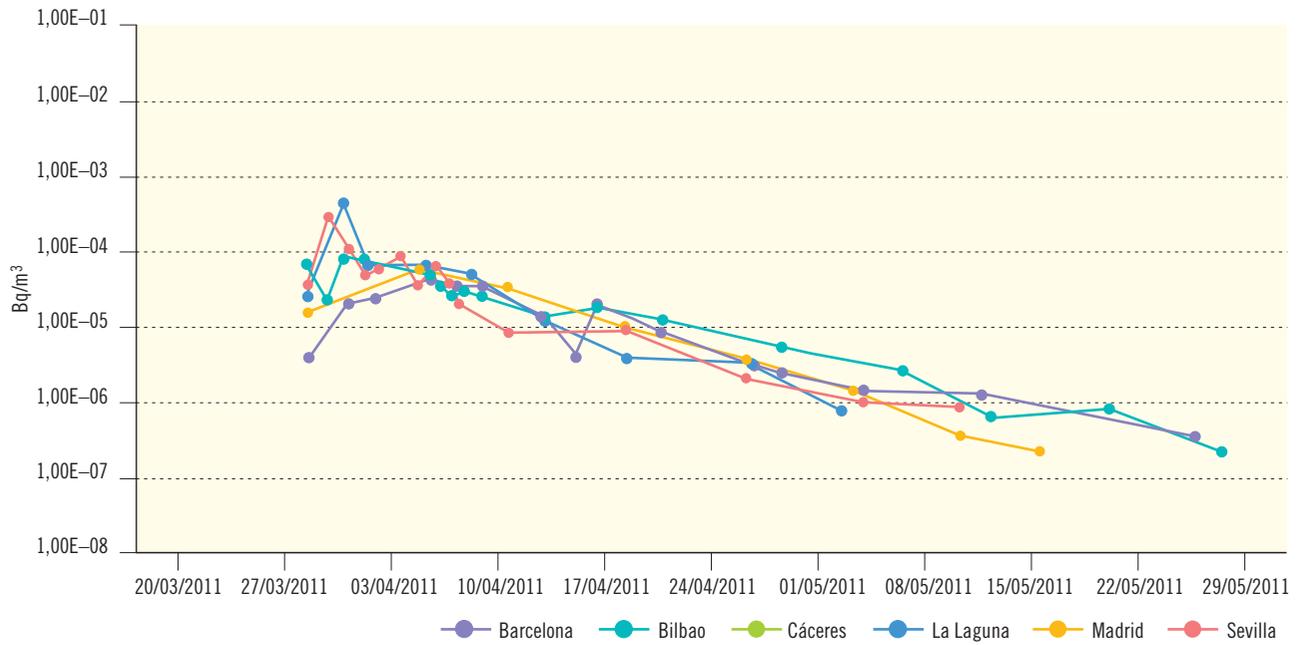
Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,67E-03	3,13E-03	5,44E-03	4,77E-03	4,09E-03	3,84E-03
Valor máximo	6,17E-03	6,29E-03	1,28E-02	9,30E-03	7,63E-03	6,83E-03
Valor mínimo	1,86E-03	1,49E-03	1,87E-03	2,29E-03	1,71E-03	1,01E-03
LID máximo	5,05E-05	2,41E-04	6,26E-04	6,77E-05	1,28E-05	3,00E-04
LID mínimo	2,64E-06	1,57E-06	1,30E-06	4,57E-06	2,59E-06	7,25E-06
Nº total de análisis	60	62	63	58	52	65
Nº de análisis >LID	60	62	63	58	52	65
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0

Figura 3.7. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

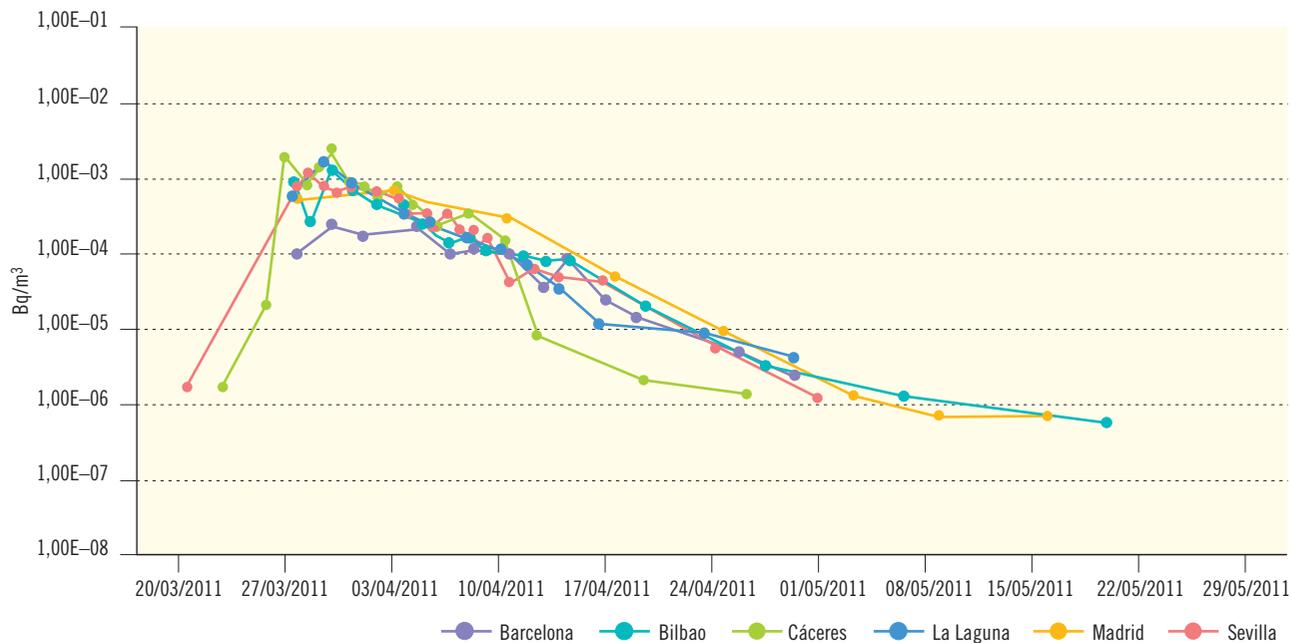
Concentración de actividad de Cs-134 (Bq/m³). Campaña de 2011. Periodo afectado por Fukushima



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,44E-05	2,78E-05	9,90E-05	6,62E-05	1,55E-05	6,02E-05
Valor máximo	4,84E-05	8,95E-05	6,18E-04	3,82E-04	7,06E-05	2,96E-04
Valor mínimo	3,37E-07	2,28E-07	1,31E-06	7,89E-07	2,43E-07	8,36E-07
LID máximo	8,25E-06	4,27E-05	2,86E-05	5,02E-06	9,50E-07	2,93E-05
LID mínimo	3,07E-07	8,77E-08	1,01E-07	4,92E-07	1,56E-07	4,59E-07
Nº total de análisis	60	62	63	58	52	65
Nº de análisis >LID	16	20	14	10	8	16
Nº de análisis <LID	44	42	49	48	44	49

Figura 3.8. Red espaciada. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

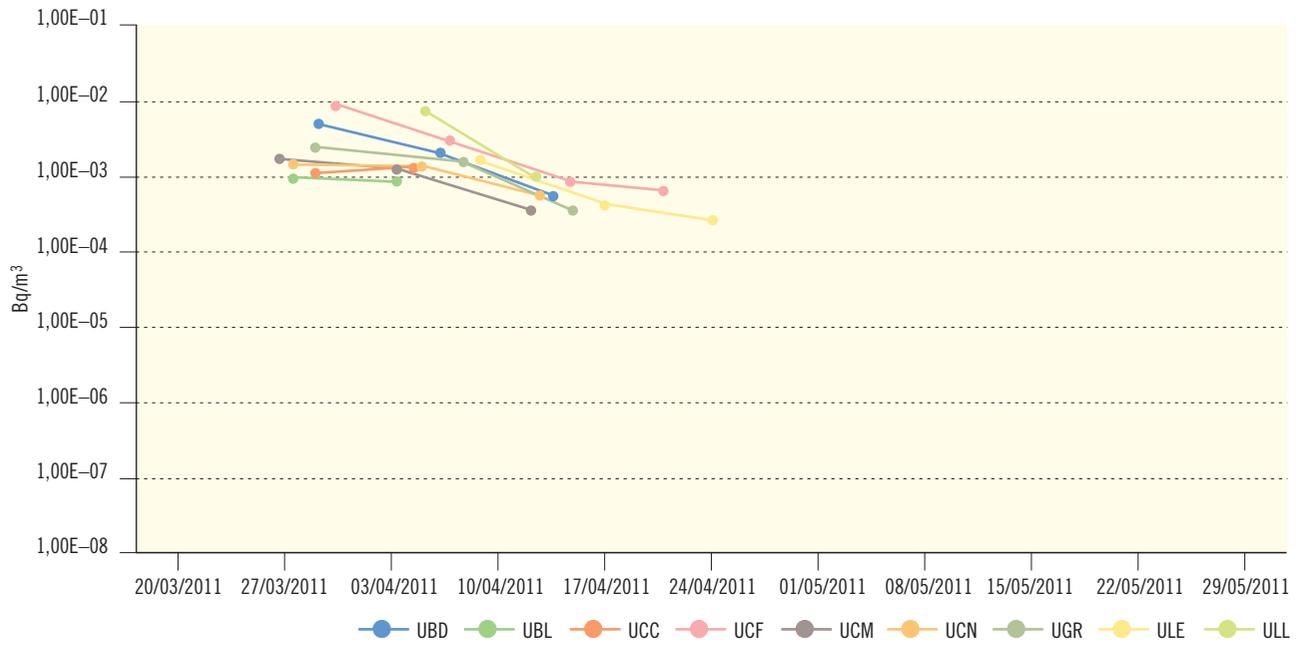
Concentración de actividad de I-131 (Bq/m³). Campaña de 2011. Período afectado por Fukushima



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,19E-04	2,13E-04	6,55E-04	3,52E-04	1,79E-04	3,37E-04
Valor máximo	3,60E-04	1,15E-03	3,09E-03	1,85E-03	5,91E-04	1,74E-03
Valor mínimo	3,46E-06	6,05E-07	1,63E-06	2,47E-06	8,34E-07	2,02E-06
LID máximo	3,95E-05	3,47E-05	7,13E-04	8,36E-06	2,31E-05	6,45E-05
LID mínimo	1,02E-06	3,81E-07	7,80E-08	5,02E-07	2,31E-07	1,39E-06
Nº total de análisis	60	62	63	58	52	65
Nº de análisis >LID	13	20	17	12	8	23
Nº de análisis <LID	47	42	46	46	44	42

Figura 3.9. Red densa. Cartuchos de carbón activo

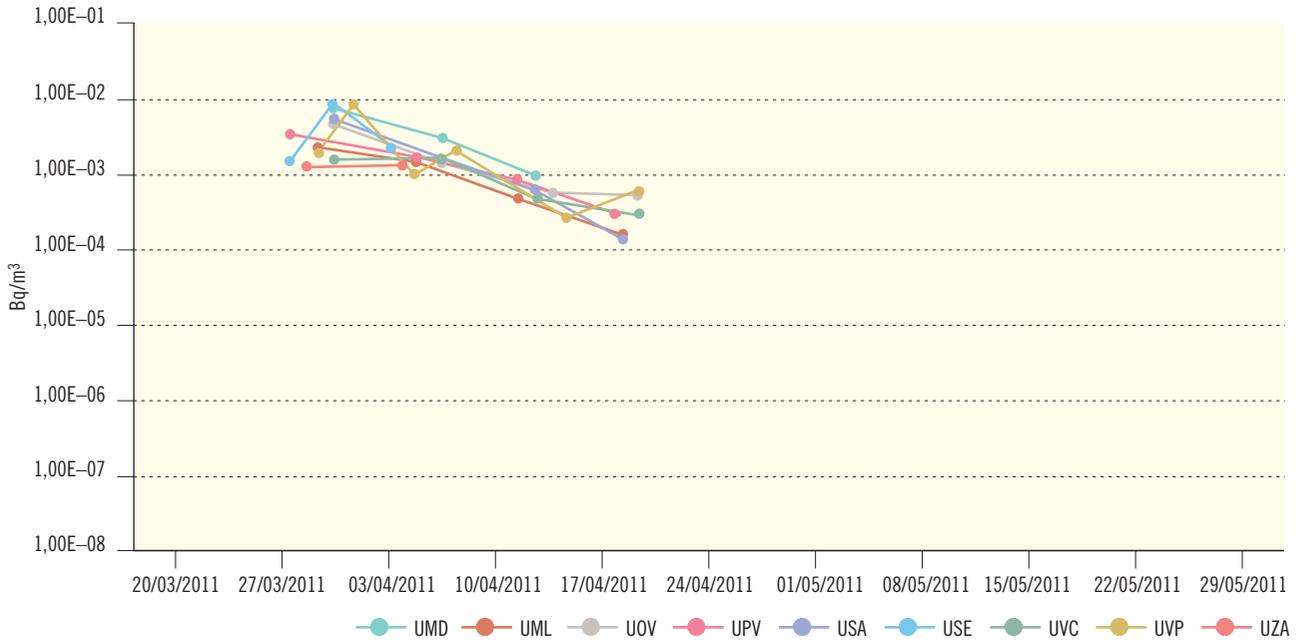
Concentración del índice de actividad I-131 (Bq/m³). Campaña de 2011. Periodo afectado por Fukushima



Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL
Valor máximo	5,74E-03	1,10E-03	1,61E-03	9,88E-03	1,89E-03	1,72E-03	2,63E-03	1,94E-03	6,65E-03
Valor mínimo	7,11E-04	8,69E-04	1,15E-03	6,24E-04	3,81E-04	6,28E-04	3,91E-04	2,88E-04	1,30E-03
Fecha del máximo	30/03/2011	29/03/2011	05/04/2011	31/03/2011	28/03/2011	29/03/2011	30/03/2011	08/04/2011	04/04/2011
Fecha del mínimo	13/04/2011	04/04/2011	29/03/2011	20/04/2011	11/04/2011	12/04/2011	13/04/2011	22/04/2011	11/04/2011

Figura 3.9. Red densa. Cartuchos de carbón activo (continuación)

Concentración del índice de actividad I-131 (Bq/m³). Campaña de 2011. Periodo afectado por Fukushima



Laboratorios	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	6,73E-03	3,10E-03	3,64E-03	3,42E-03	4,29E-03	8,31E-03	2,30E-03	7,21E-03	1,90E-03
Valor mínimo	7,85E-04	2,01E-04	4,04E-04	3,40E-04	1,82E-04	2,00E-03	3,30E-04	2,71E-04	1,81E-03
Fecha del máximo	31/03/2011	30/03/2011	30/03/2011	28/03/2011	31/03/2011	31/03/2011	30/03/2011	31/03/2011	28/03/2011
Fecha del mínimo	13/04/2011	20/04/2011	19/04/2011	19/04/2011	20/04/2011	28/03/2011	20/04/2011	14/04/2011	04/04/2011

Figura 3.10a. Suelo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

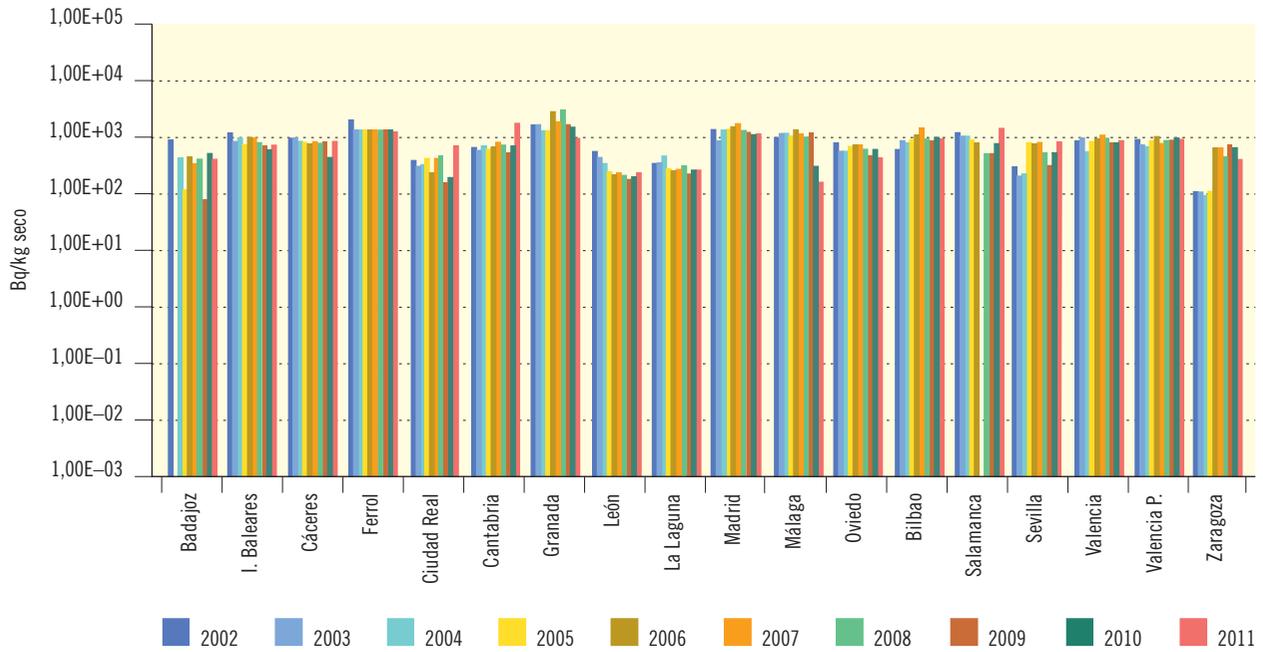


Figura 3.10b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011

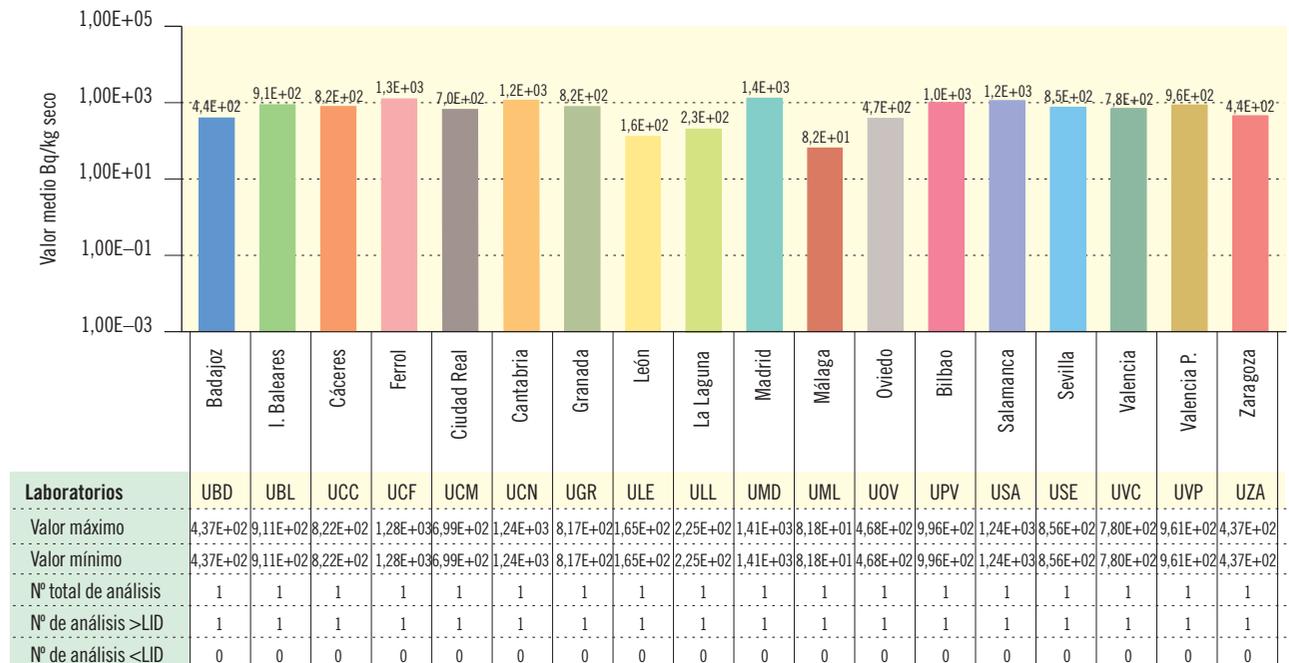


Figura 3.11a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

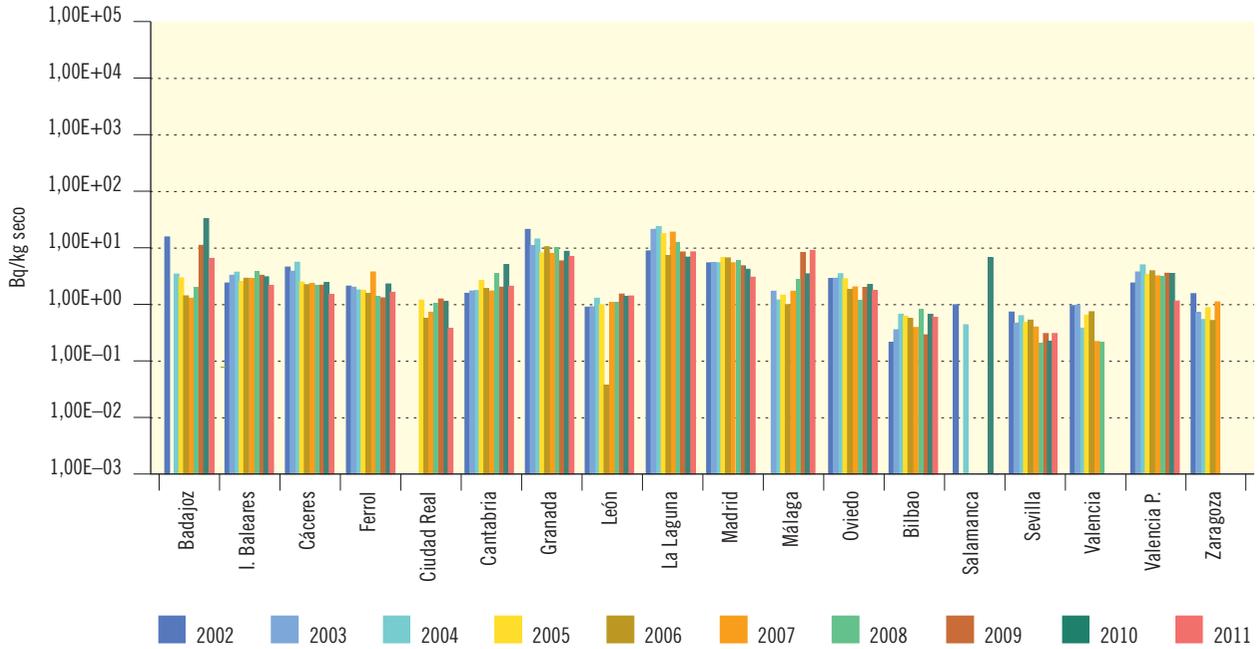


Figura 3.11b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011

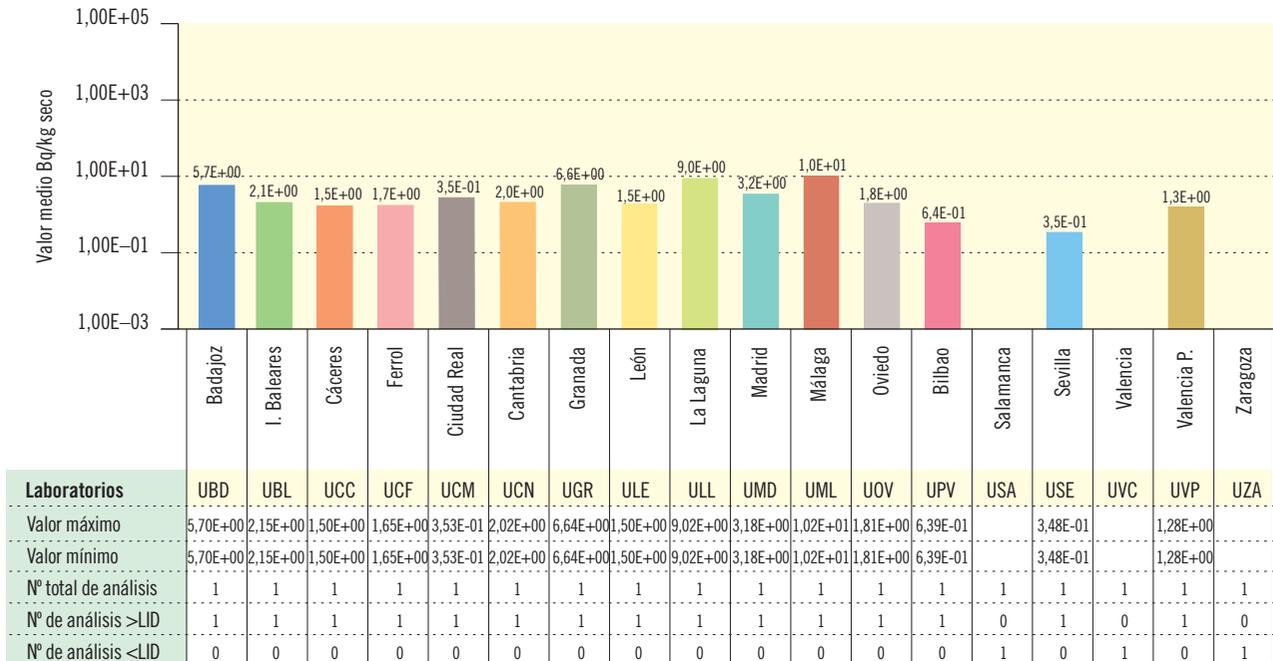


Figura 3.12a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

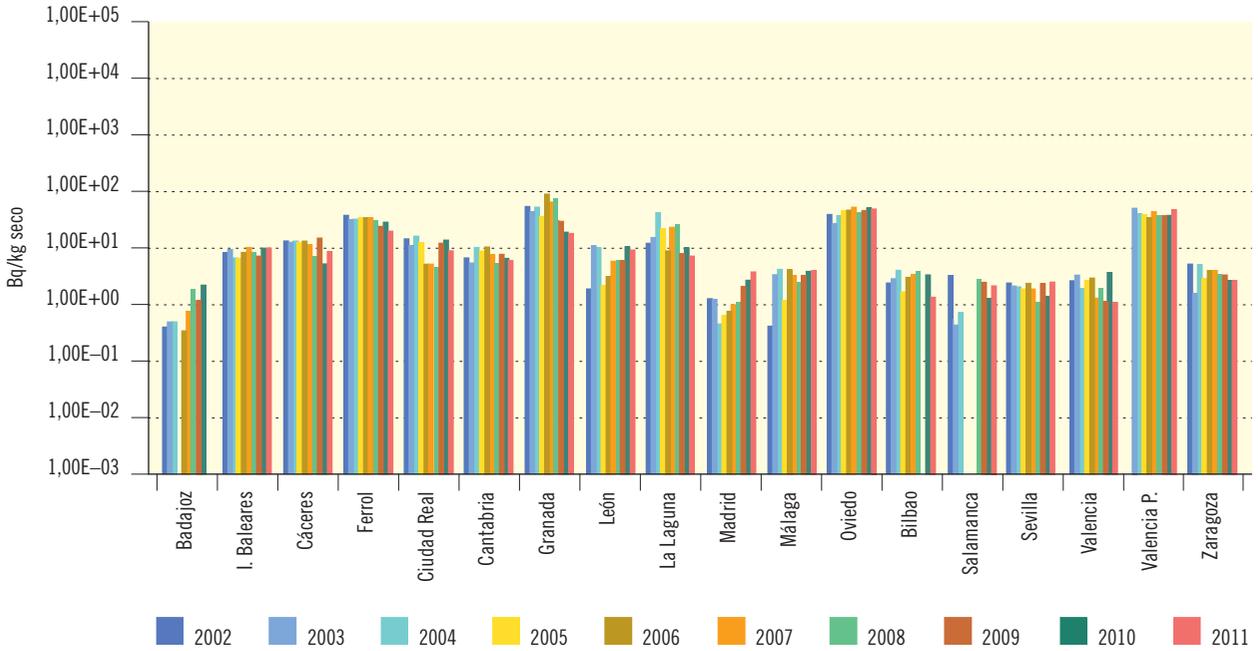


Figura 3.12b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2011

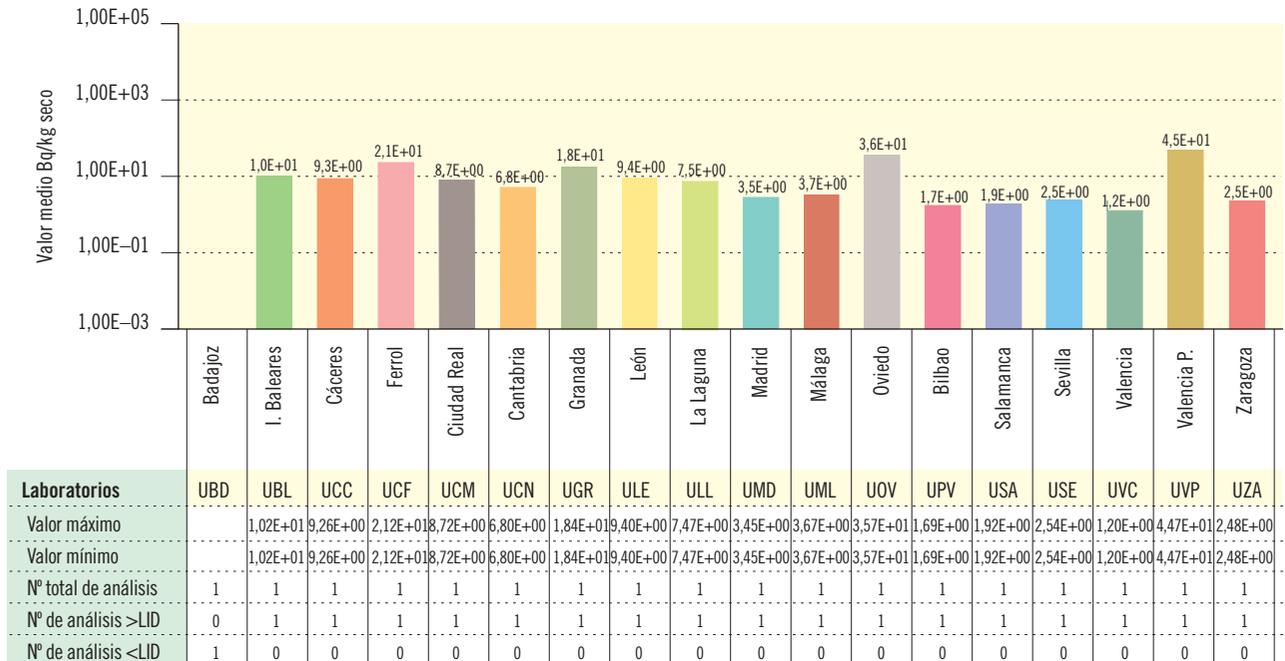


Figura 3.13a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

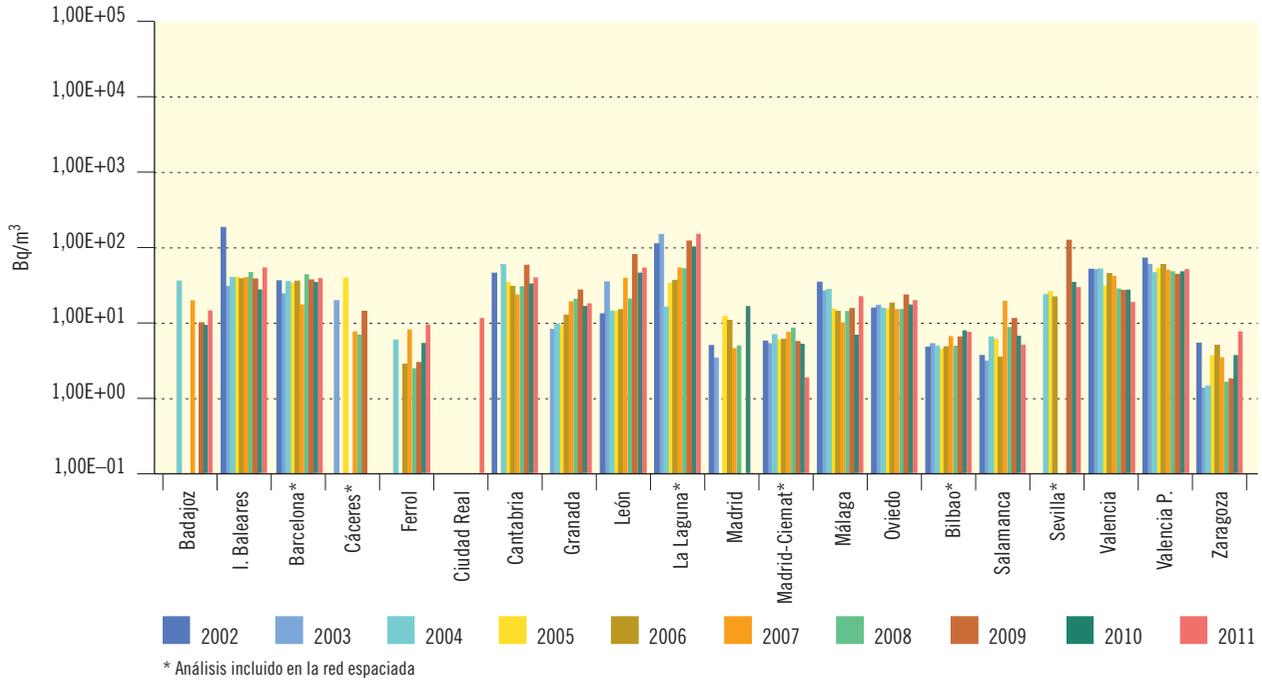
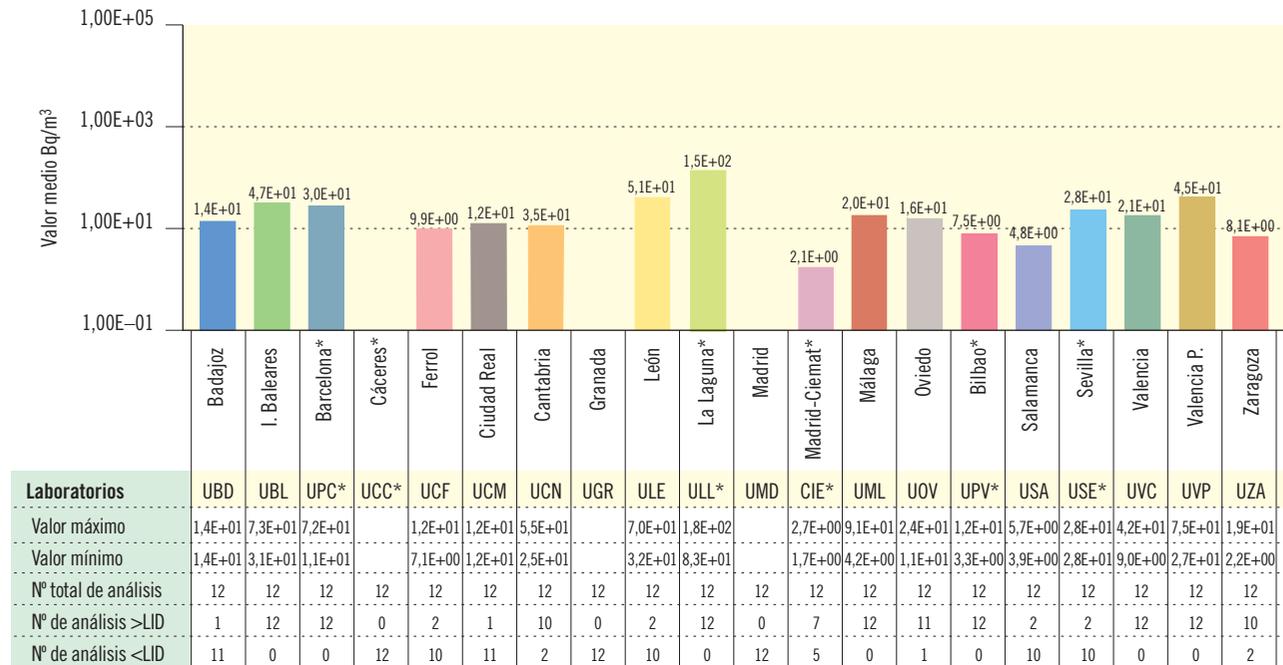


Figura 3.13b. Agua potable. Concentración del índice de actividad de alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.14a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta total

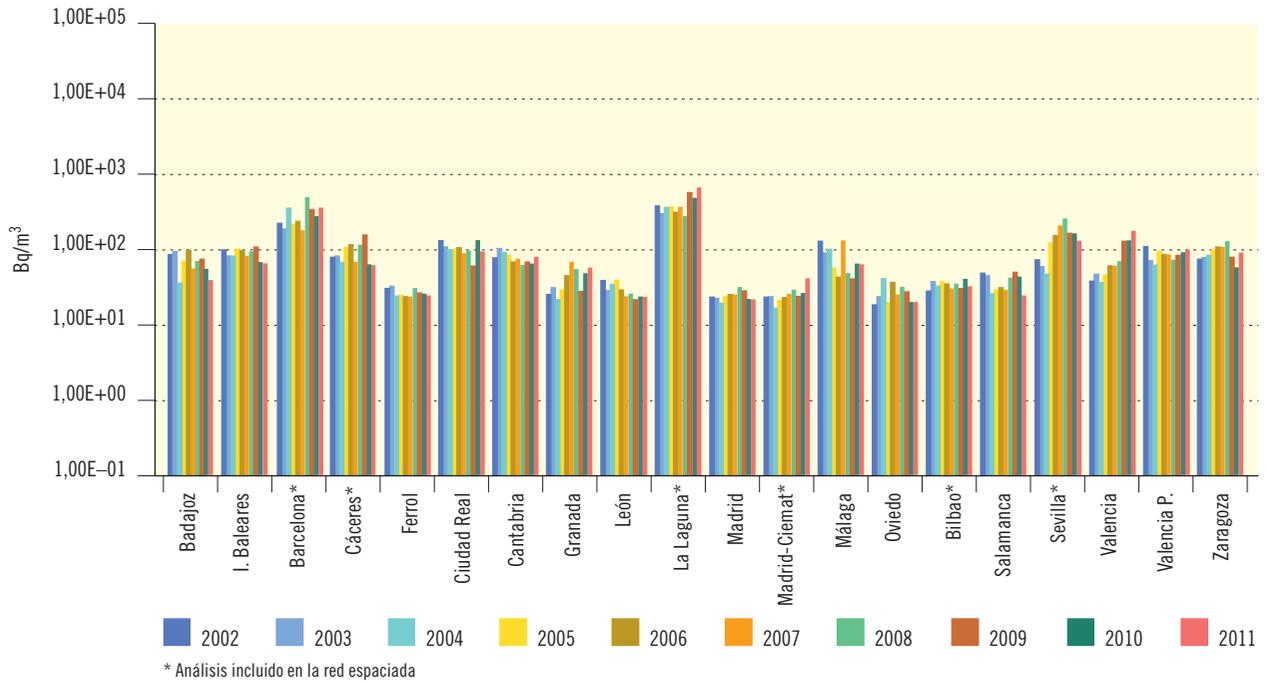
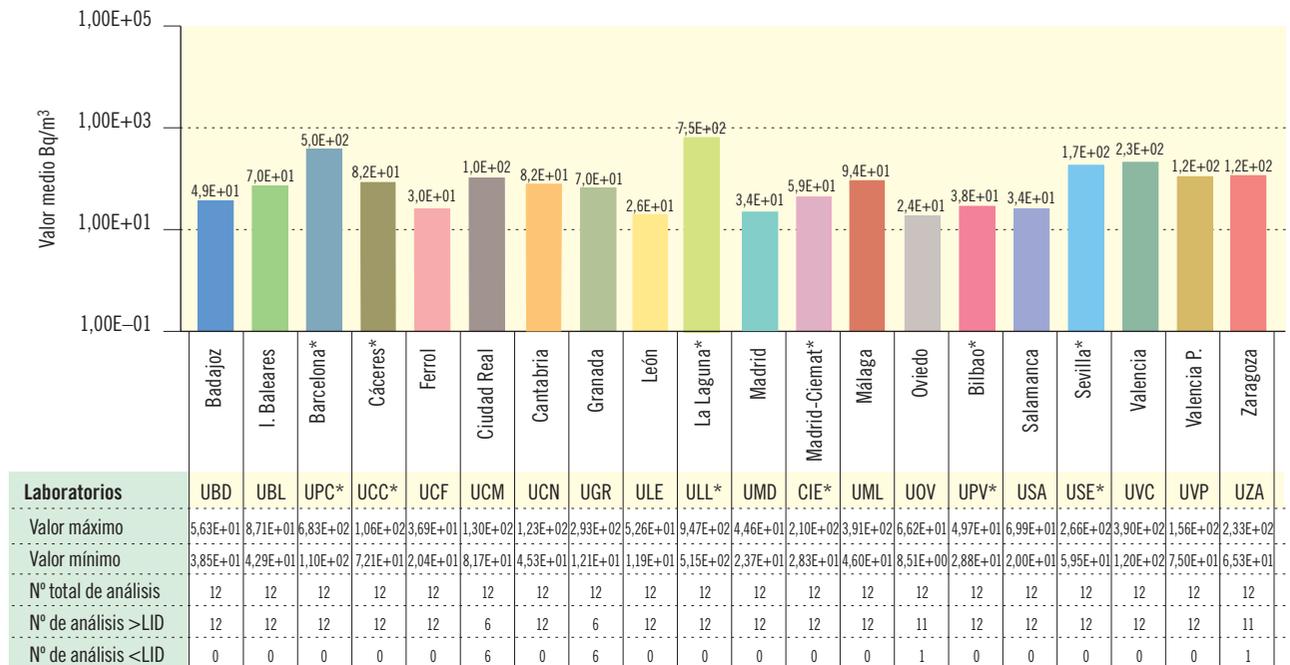


Figura 3.14b. Agua potable. Concentración del índice de actividad de beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.15a. Red espaciada. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

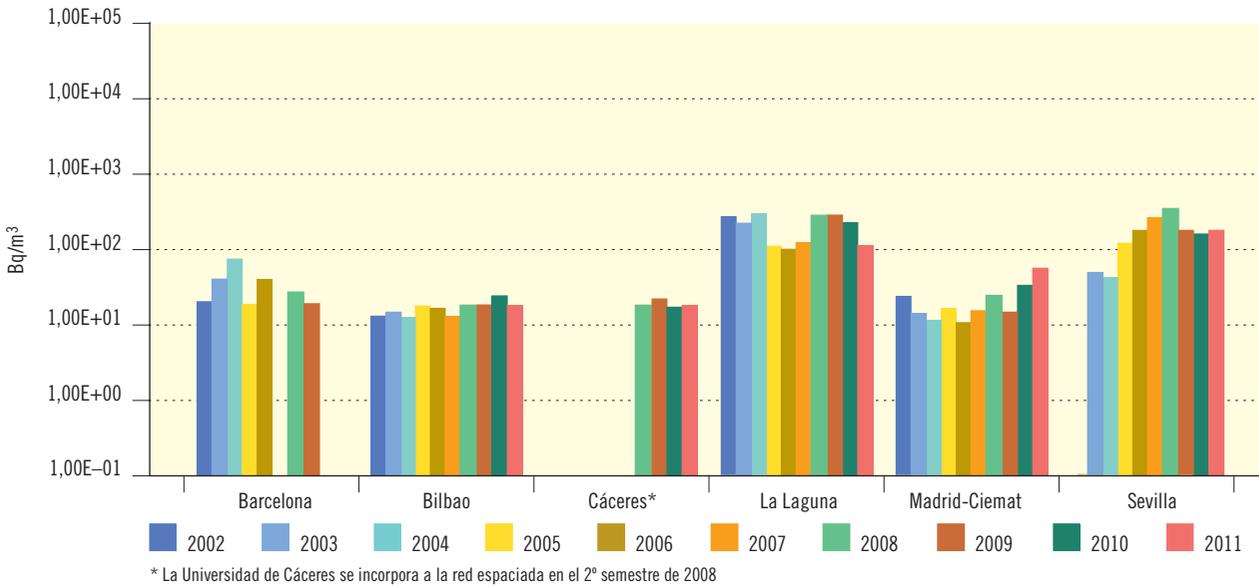
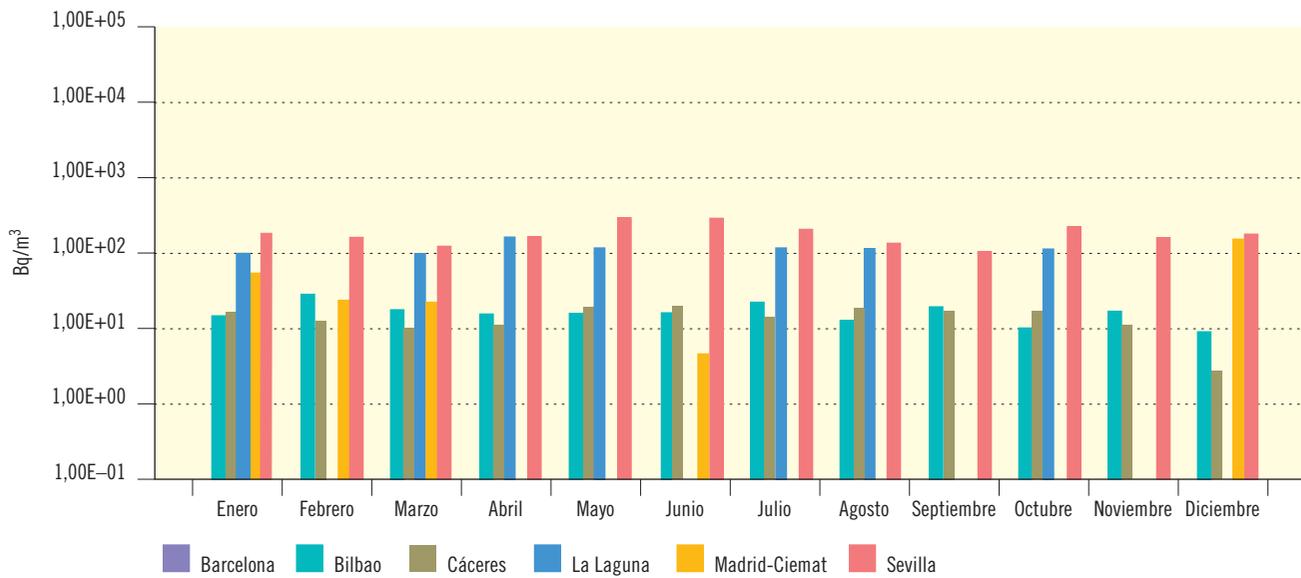


Figura 3.15b. Red espaciada. Agua potable. Concentración de actividad de beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,76E+01	1,77E+01	1,18E+02	5,91E+01	2,00E+02
Valor máximo		2,85E+01	3,00E+01	1,61E+02	1,63E+02	3,20E+02
Valor mínimo		8,58E+00	1,00E+01	9,26E+01	2,26E+01	1,03E+02
LID máximo	3,00E+01	8,38E+00	8,00E+00	6,72E+01	4,11E+01	6,34E+01
LID mínimo	8,00E+00	6,05E+00	3,00E+00	4,85E+01	1,12E+01	4,23E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	0	12	12	7	5	12
Nº de análisis <LID	12	0	0	5	7	0

Figura 3.16a. Agua potable

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

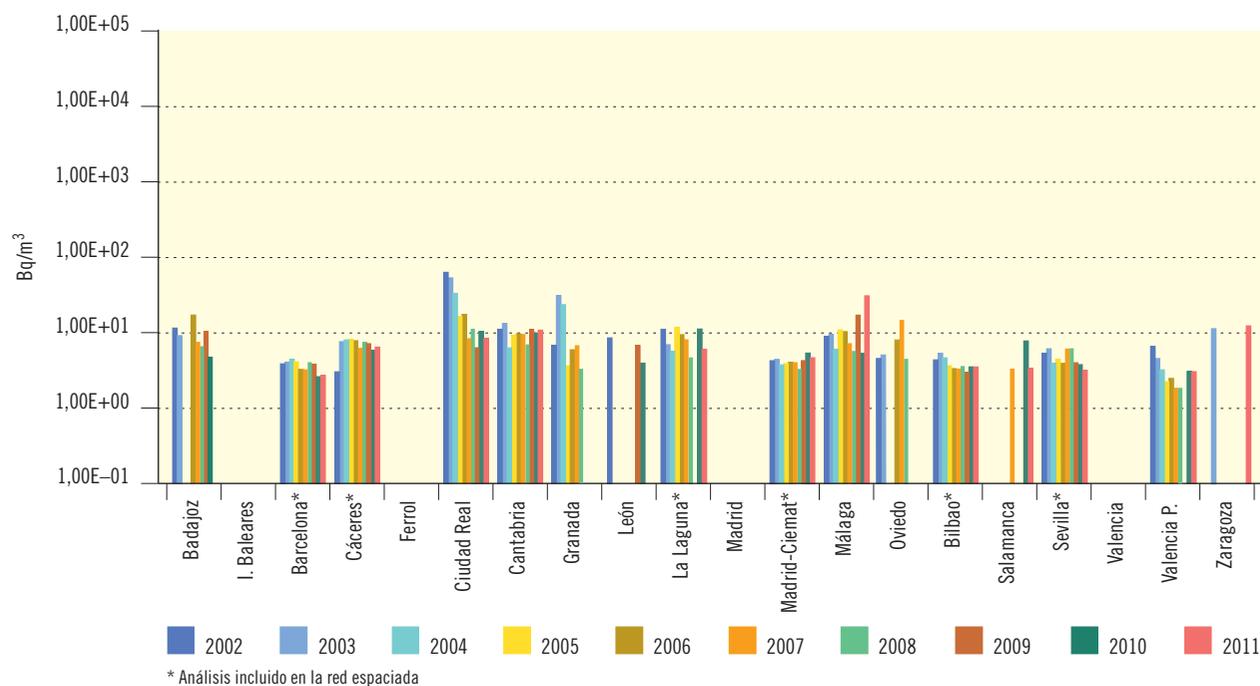
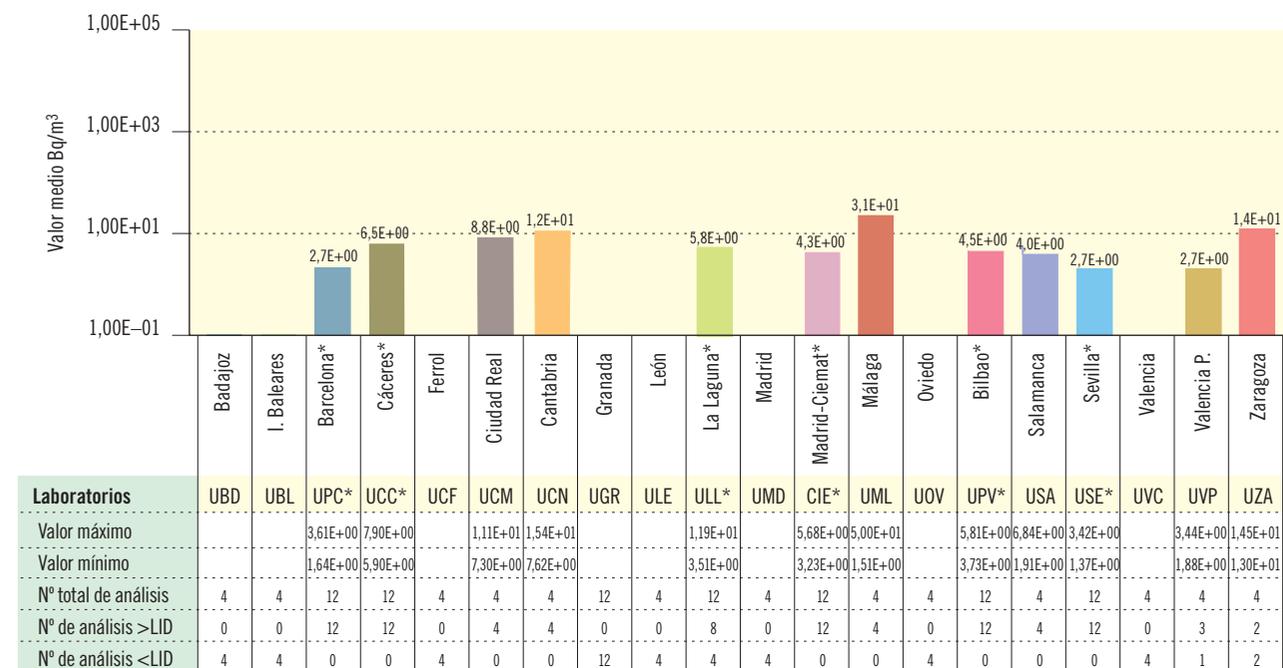


Figura 3.16b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.17a. Red espaciada. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad de H-3

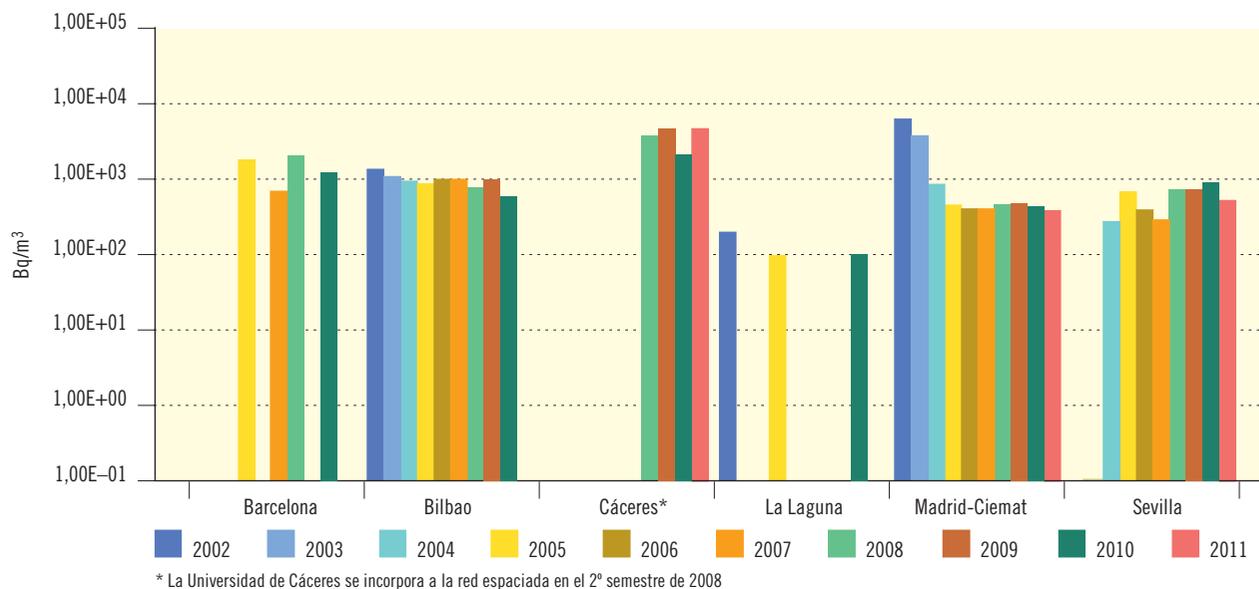
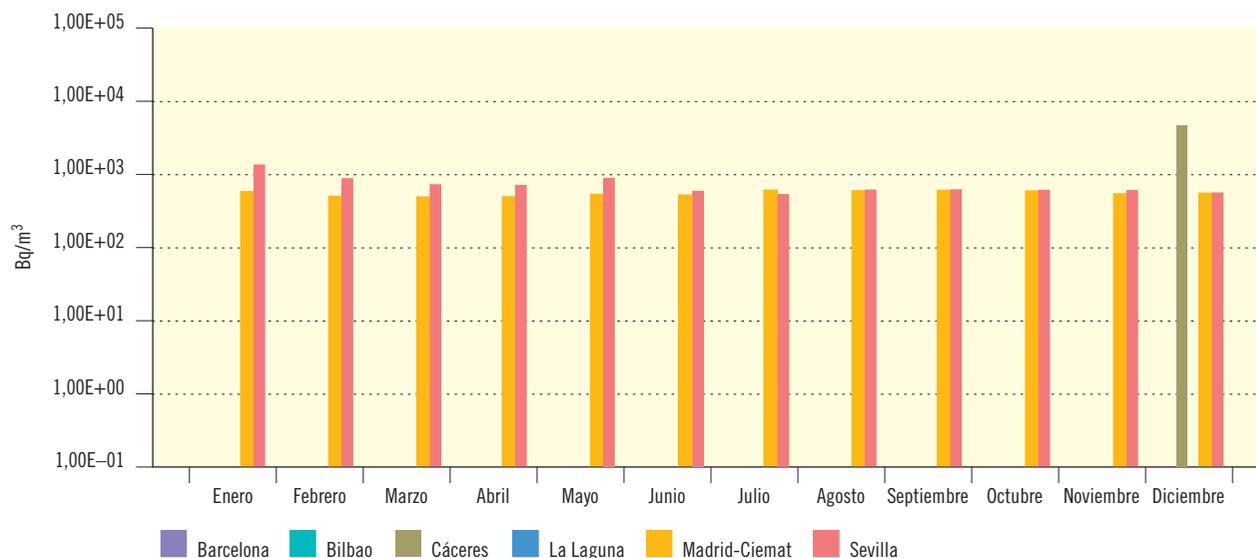


Figura 3.17b. Red espaciada. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio			4,00E+03		4,36E+02	6,40E+02
Valor máximo			4,00E+03		5,39E+02	1,47E+03
Valor mínimo			4,00E+03		3,51E+02	3,94E+02
LID máximo	1,15E+03	1,31E+03	1,60E+03	1,00E+02	1,25E+02	2,99E+02
LID mínimo	8,10E+02	6,75E+02	1,30E+03	1,00E+02	8,06E+01	2,52E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	0	0	1	0	12	12
Nº de análisis <LID	12	12	11	12	0	0

Figura 3.18a. Red espaciada. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad de Cs-137

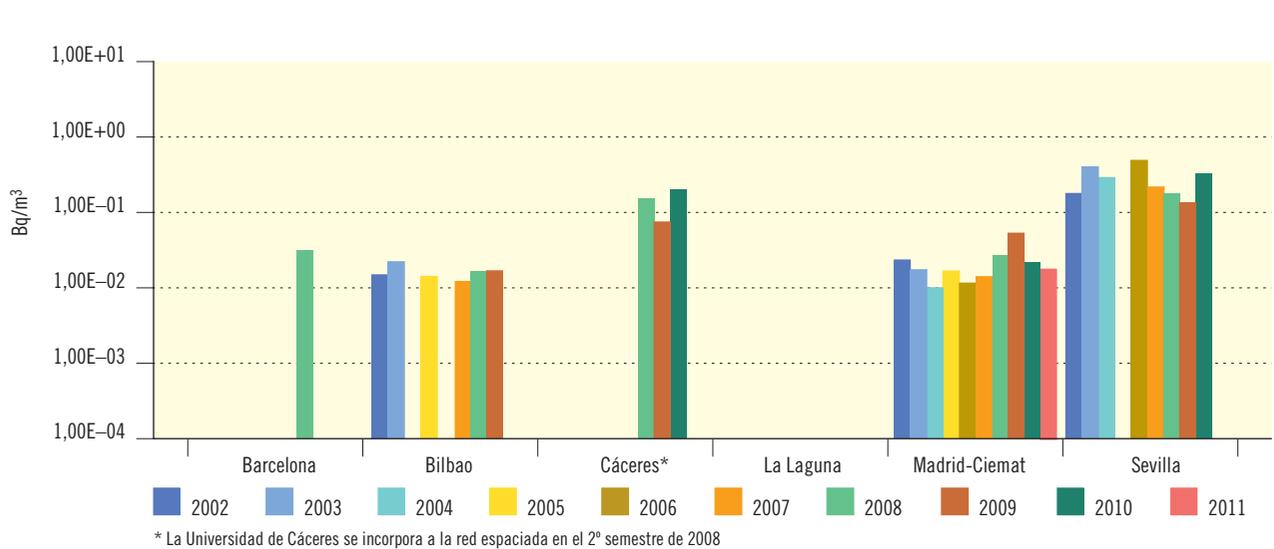
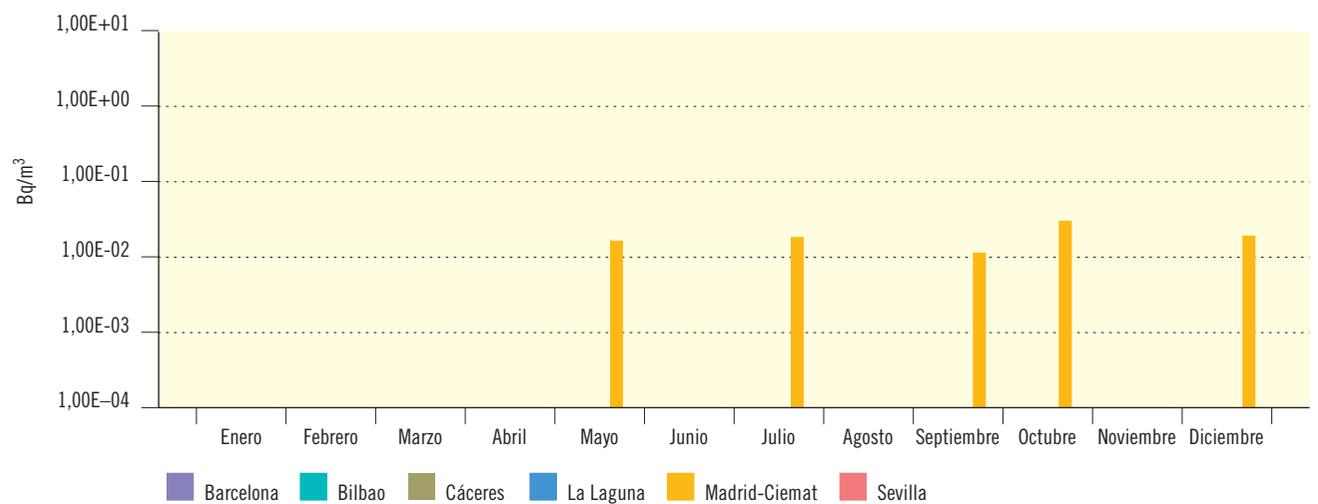


Figura 3.18b. Red espaciada. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio					1,73E-02	
Valor máximo					2,70E-02	
Valor mínimo					1,08E-02	
LID máximo	3,78E-02	1,59E-02	6,20E-02	2,10E-01	1,99E-02	9,10E-02
LID mínimo	2,43E-02	1,07E-02	2,60E-02	1,51E-01	9,42E-03	8,30E-02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	4
Nº de análisis >LID	0	0	0	0	5	0
Nº de análisis <LID	12	12	12	12	7	4

Figura 3.19a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

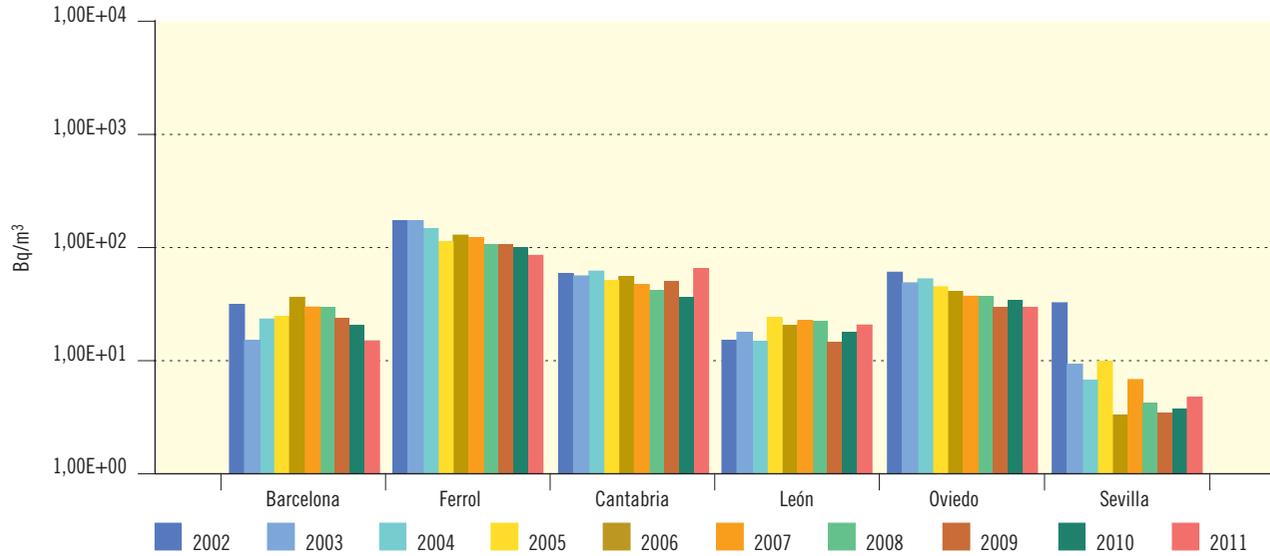
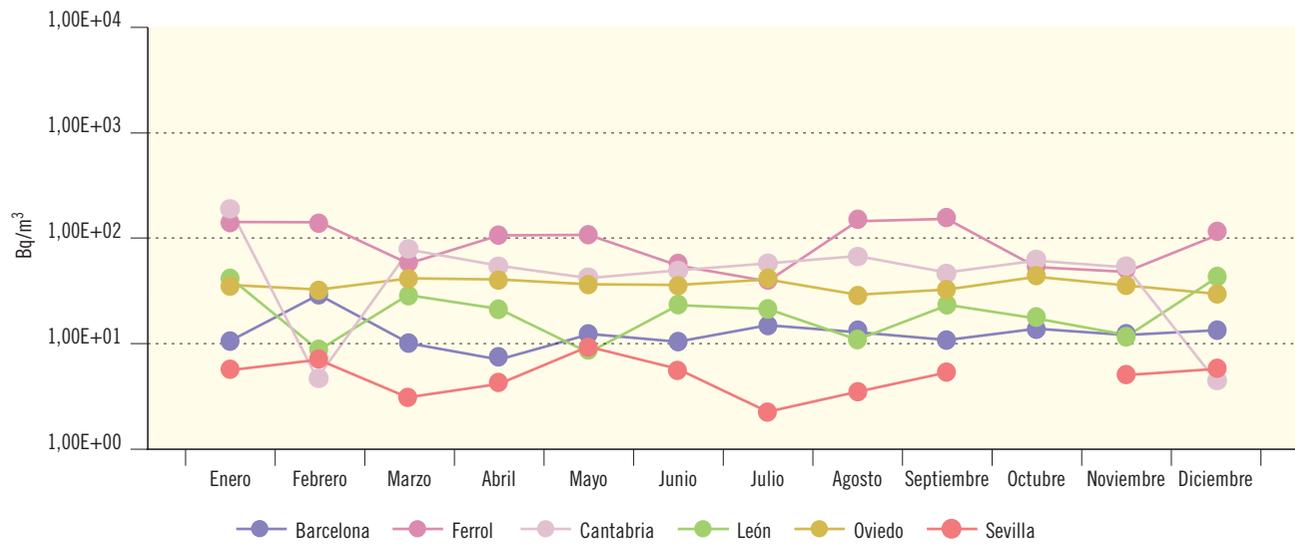


Figura 3.19b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	1,24E+01	9,16E+01	6,25E+01	1,95E+01	3,39E+01	5,31E+00
Valor máximo	2,49E+01	1,44E+02	1,32E+02	3,64E+01	4,40E+01	9,56E+00
Valor mínimo	8,00E+00	3,61E+01	4,10E+01	9,02E+00	2,53E+01	2,26E+00
LID máximo	5,44E+00	1,13E+01	4,45E+01	9,87E+00	4,87E+00	2,42E+00
LID mínimo	3,00E+00	5,46E+00	6,49E+00	2,72E+00	3,46E+00	1,33E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis >LID	12	12	12	12	12	11
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	1

Figura 3.20a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

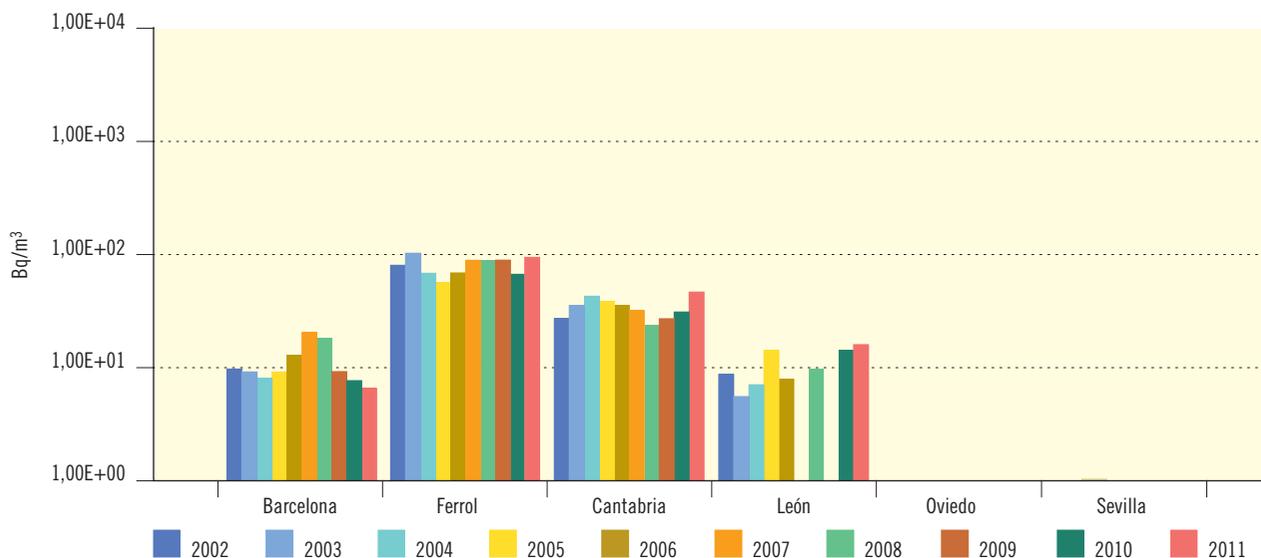
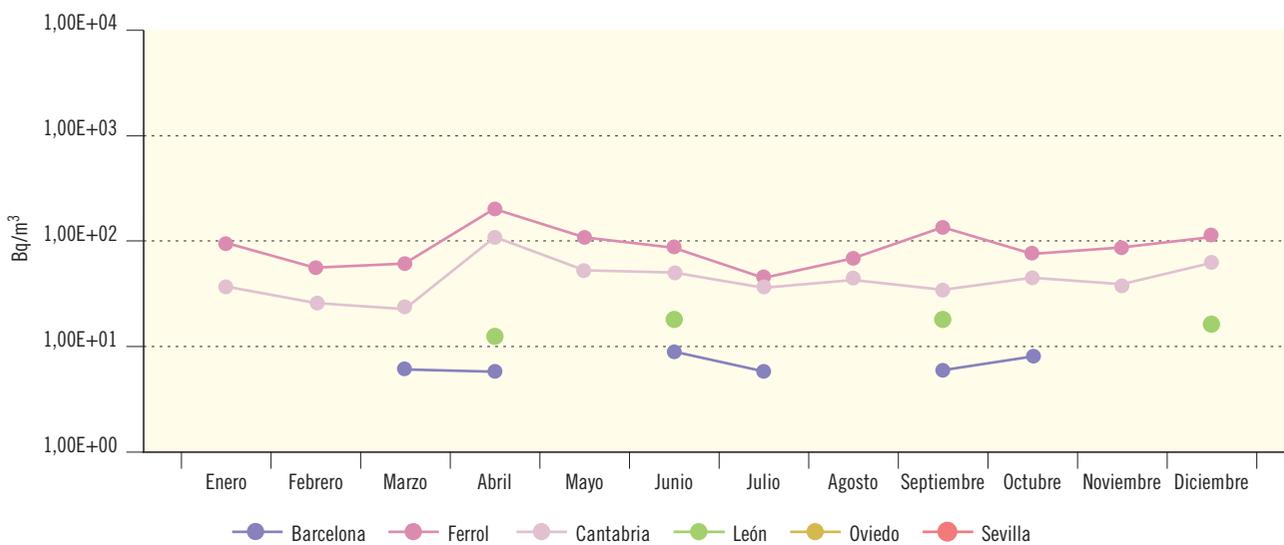


Figura 3.20b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	7,28E+00	9,67E+01	5,25E+01	1,62E+01		
Valor máximo	9,14E+00	2,04E+02	1,07E+02	2,12E+01		
Valor mínimo	6,32E+00	5,58E+01	2,40E+01	1,12E+01		
LID máximo	6,54E+00	6,48E+01	1,79E+01	1,33E+01	8,91E+01	2,20E+02
LID mínimo	4,62E+00	2,35E+01	1,20E+01	9,86E+00	8,06E+01	3,52E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	18
Nº de análisis >LID	6	12	12	4	0	0
Nº de análisis <LID	6	0	0	8	12	18

Figura 3.21a. Dieta tipo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

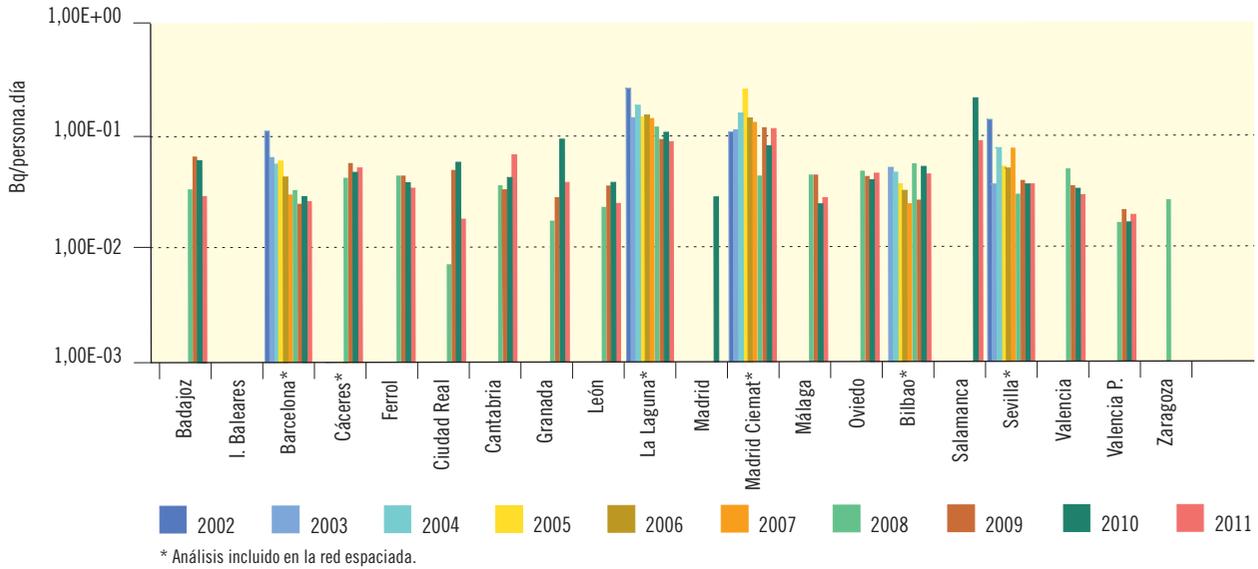
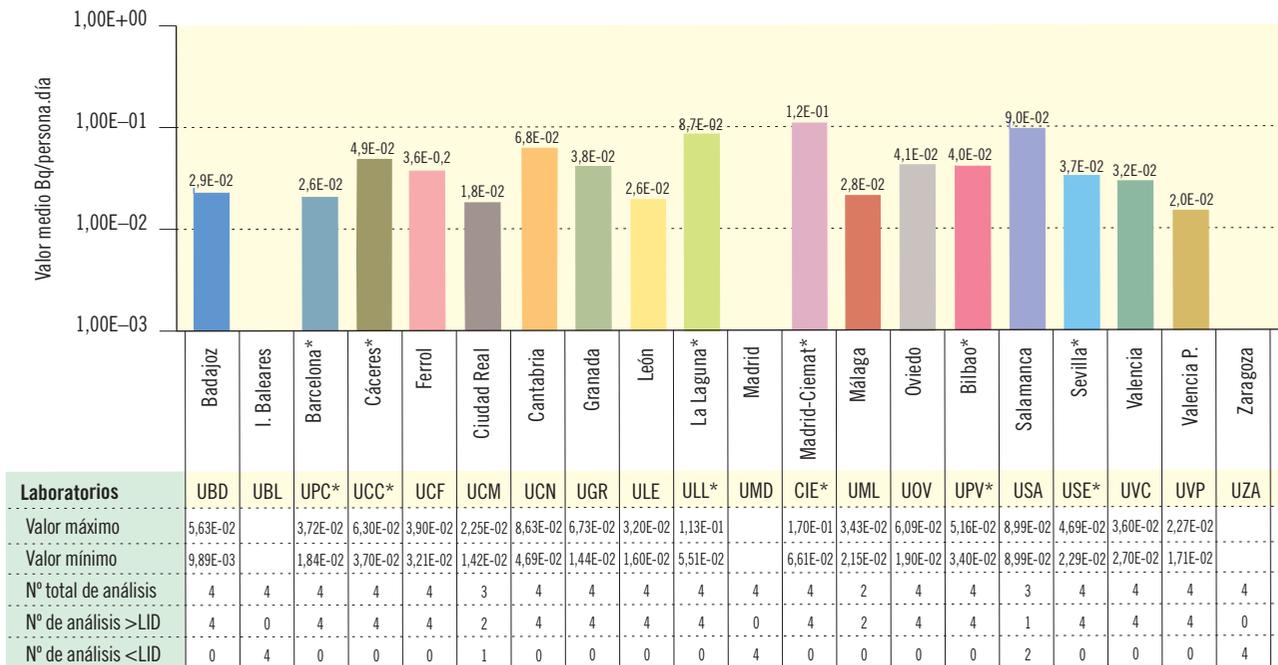


Figura 3.21b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2011



* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.22a. Dieta tipo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

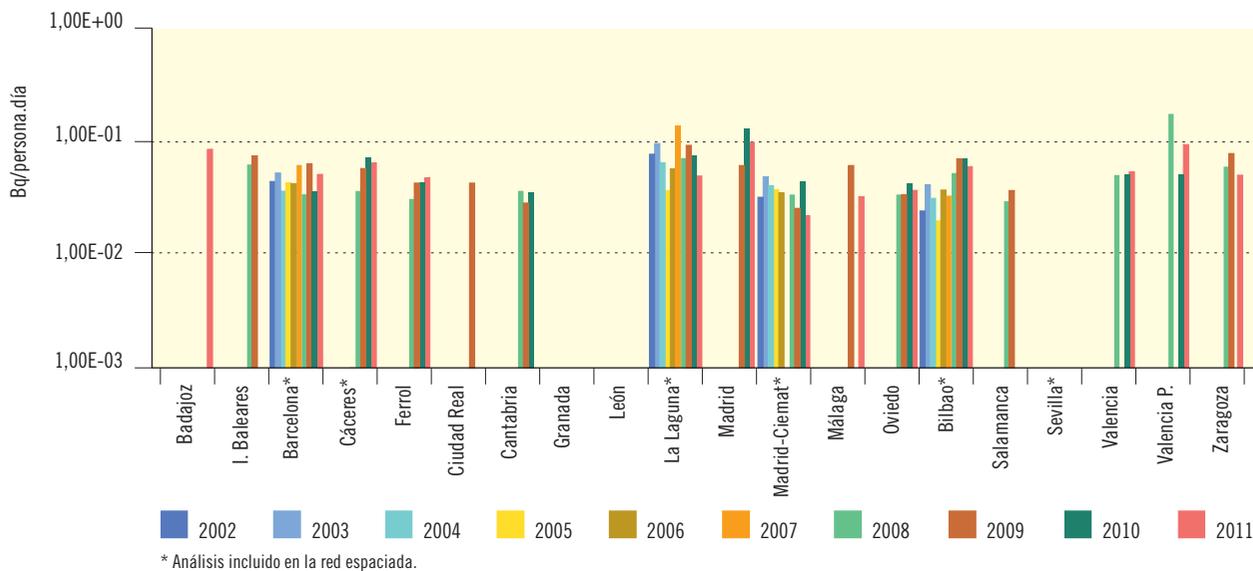
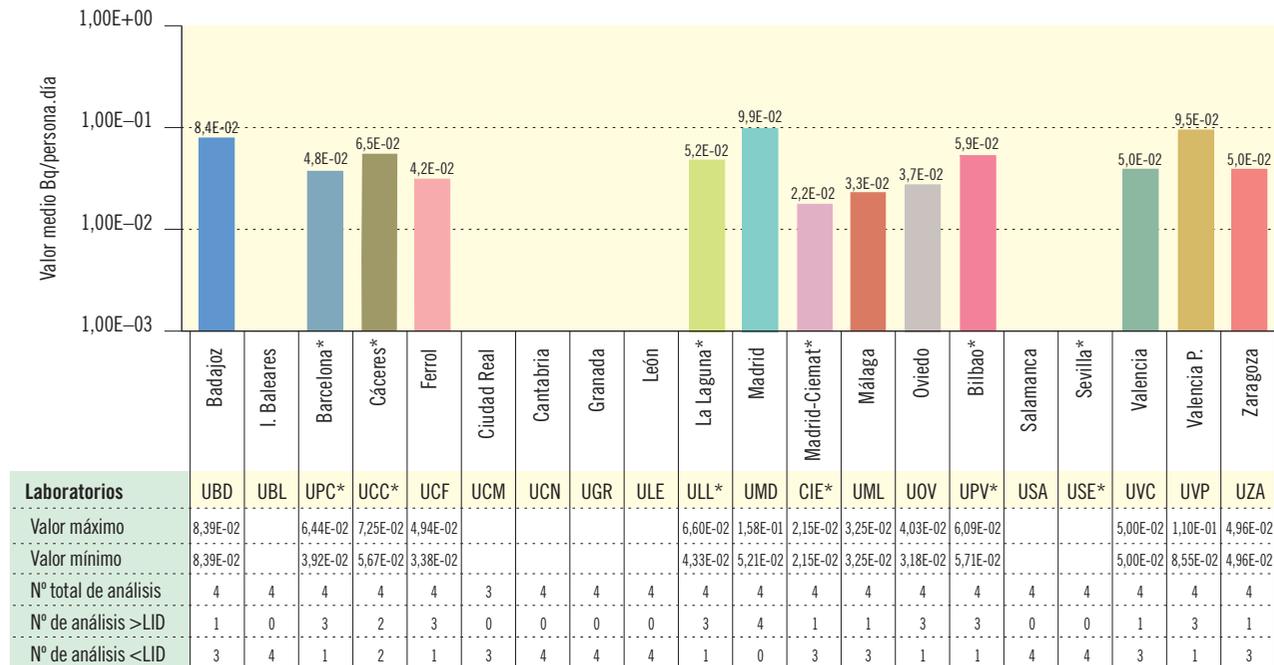


Figura 3.22b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2011



* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.23a. Red espaciada. Dieta tipo

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

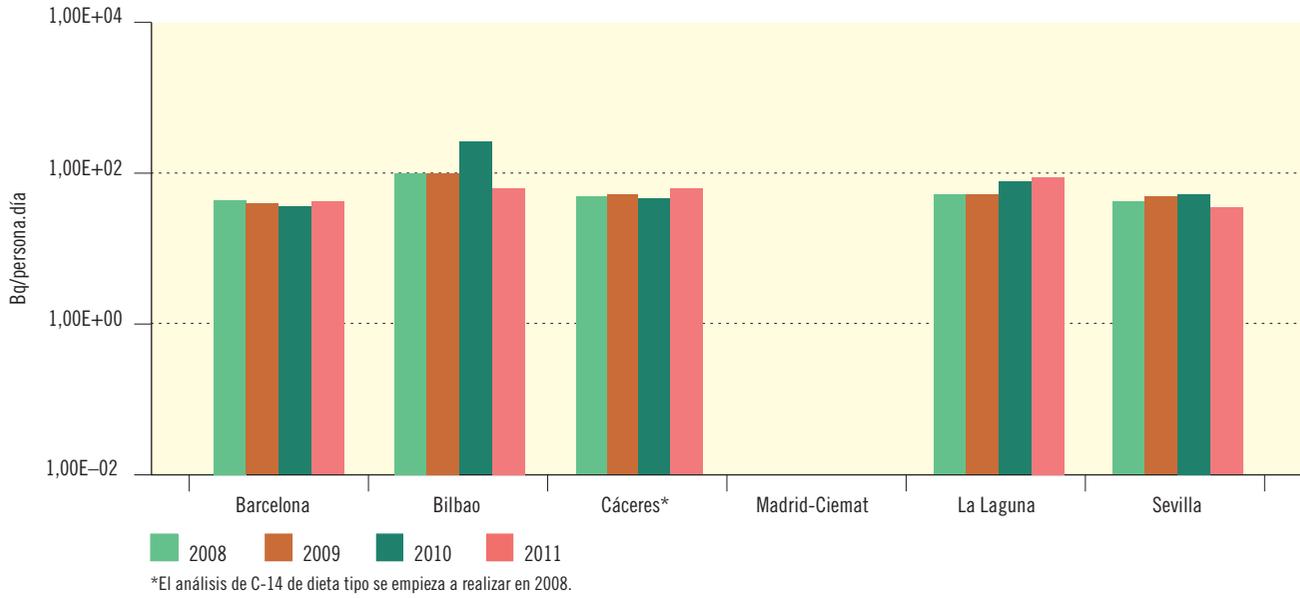
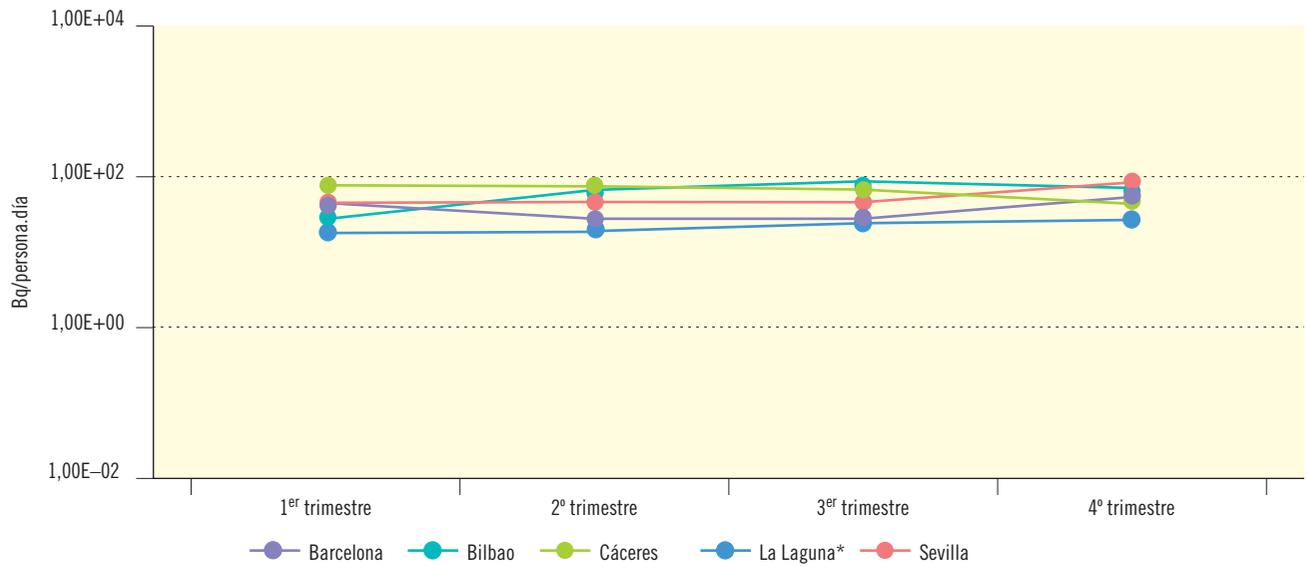


Figura 3.23b. Red espaciada. Dieta tipo. Concentración de actividad de C-14 (Bq/person.a.día)

Valores de la campaña de 2011



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	Cáceres	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	5,03E+01	6,95E+01	6,93E+01	8,25E+01		3,85E+01
Valor máximo	6,10E+01	8,51E+01	8,30E+01	9,88E+01		4,19E+01
Valor mínimo	4,25E+01	5,27E+01	6,00E+01	5,64E+01		3,56E+01
LID máximo	3,30E-01	1,36E+01	5,00E-03	2,51E+01	2,27E+02	7,29E-02
LID mínimo	1,31E-01	1,15E+01	5,00E-03	1,83E+01	1,78E+02	6,34E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	4	4	4	4	0	4
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	4	0

*En 2010, los análisis de muestras de La Laguna fueron realizados por dos laboratorios con técnicas diferentes.

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 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 espaciada, para lo cual el laboratorio del Cedex implementó las técnicas analíticas adecuadas en dicha red, en cuyo desarrollo estuvo trabajando desde años anteriores.

Figura 3.24. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales

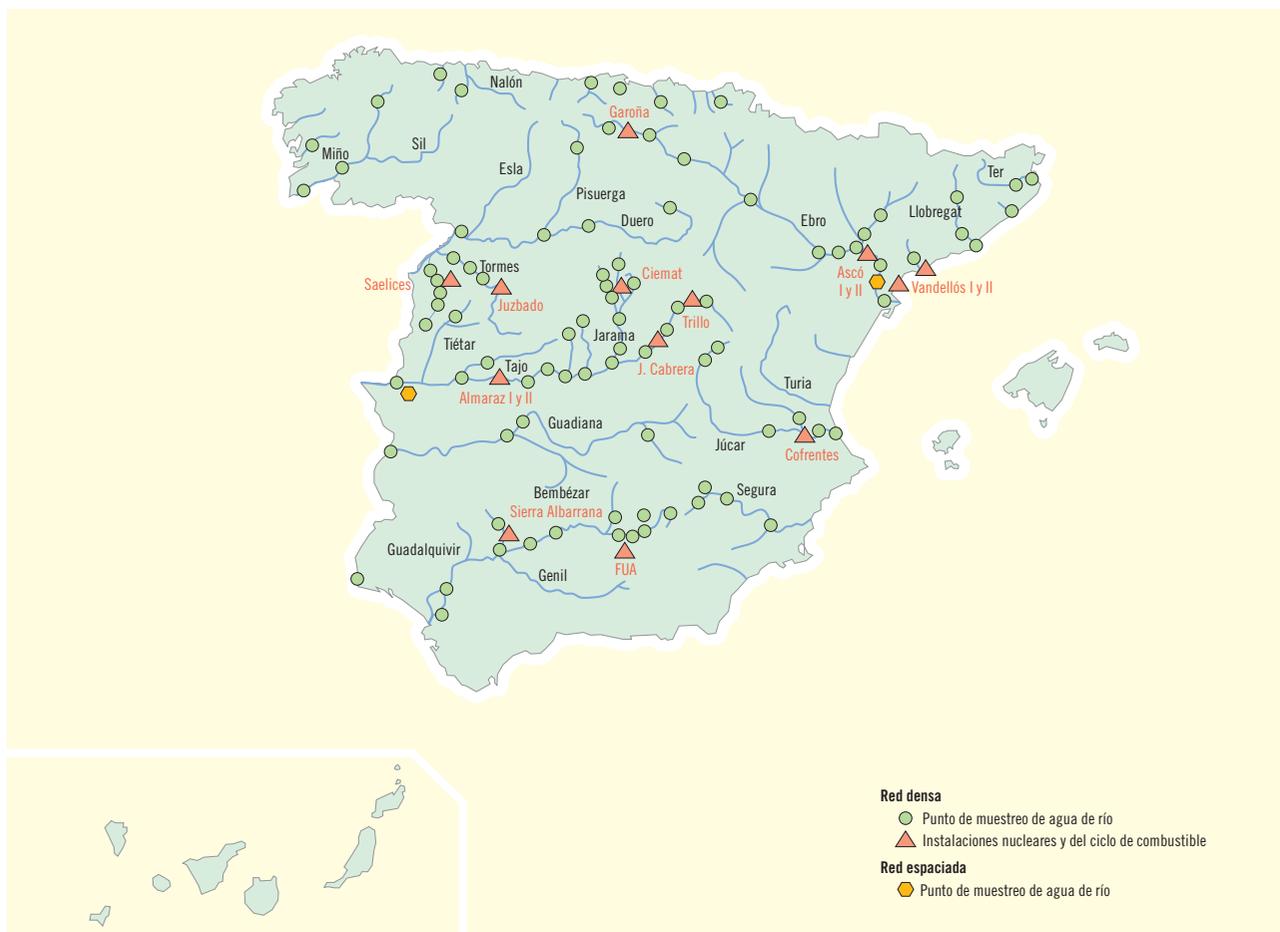


Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña de 2011

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo		Número de muestras analizadas	
	Red densa	Red espaciada	Red densa	Red espaciada
Miño y norte de España	10		95	
Duero	13		117	
Tajo	21	1	172	4
Guadiana	5		20	
Guadalquivir	12		12	
Ebro	11	1	157	4
Júcar	6		40	
Cuencas hidrográficas catalanas	7		28	
Segura	4		21	

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 ellas incluyendo en la actualidad más de 80 puntos (ver figura 3.24). Para la red espaciada 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 frecuencia de recogida 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 espaciada 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 2011.

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 , ^{144}Ce .

En el programa de la red espaciada 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 de 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 3.25 a 3.64), los valores medios anuales obtenidos durante el periodo 2002 a 2011 en las estaciones de muestreo situadas en los cauces de los principales ríos, pero sin considerar sus afluentes (ver publicaciones anteriores para resultados de los años 1984 a 2001).

Los resultados obtenidos en el programa de la red espaciada, se representan en la figuras 3.65a, evolución temporal de la actividad de cesio-137, y figura 3.65b, información detallada sobre los resultados obtenidos en el año 2011.

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 excepto en casos excepcionales en que la falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

Como se indicó en anteriores publicaciones, entre los años 2009 y 2011 el Cedex ha llevado a cabo un estudio especial en el río Tajo, con la colaboración del CSN, para valorar el incremento observado a lo largo de los años en las concentraciones del índice de actividad alfa

total en el tramo medio del río, localizado entre las estaciones de Zorita Aguas Abajo y Toledo.

Se han estudiado los afluentes que confluyen en dicho tramo del río a través de una campaña de toma de muestras en varios puntos especiales, además de los propios de la red habitual de vigilancia, realizando determinaciones de espectrometría alfa sobre una parte de las muestras para determinar la distribución de los principales radionucleidos alfa naturales causantes de dicha actividad. En la ubicación sobre el terreno de estos puntos se tuvo en cuenta: la facilidad de acceso, que el cauce tuviera caudal el mayor tiempo posible, incluso en periodo de estiaje, y que tuviera corriente de agua, rechazando zonas de remanso.

Las principales conclusiones del estudio se podrían resumir en los siguientes puntos:

- En los ríos Algodor y Guatén, antes de su confluencia con el Tajo, se han medido concentraciones del índice de actividad alfa total elevadas, pero que no explican el incremento de este índice de actividad a lo largo del curso medio del río Tajo, dado que la aportación de los afluentes al río Tajo es escasa.
- El aumento de actividad observado en las estaciones de Aranjuez y Toledo tampoco parece atribuible, en principio, a instalaciones industriales.
- Los resultados de espectrometría alfa de uranio parecen confirmar que el uranio natural propio de la geología de la zona puede ser el principal responsable de los índices de actividad más elevados que se detectan en el tramo medio del río Tajo.
- No se ha encontrado una explicación respecto de la evolución al alza con el tiempo, descartando que pueda estar justificado por una disminución de caudal del río en el tiempo en su tramo medio, o que se deba a la evolución en los equipos de medición utilizados, quedando pendiente la realización de estudios hidrogeológicos o sobre la incorporación al río por escorrentía de los fertilizantes fosfatados utilizados en los cultivos, para evaluar otras hipótesis.

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 de 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 espaciada, las técnicas analíticas desarrolladas han permitido detectar actividad de este isótopo por encima del LID en casi todas las muestras, siendo los valores de concentración de actividad del orden de $E-02$ Bq/m³. Estos valores se corresponden con los valores más bajos detectados en el programa de la red espaciada en el resto de países de la Comunidad Europea (figura 3.65).
- 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 3.25. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

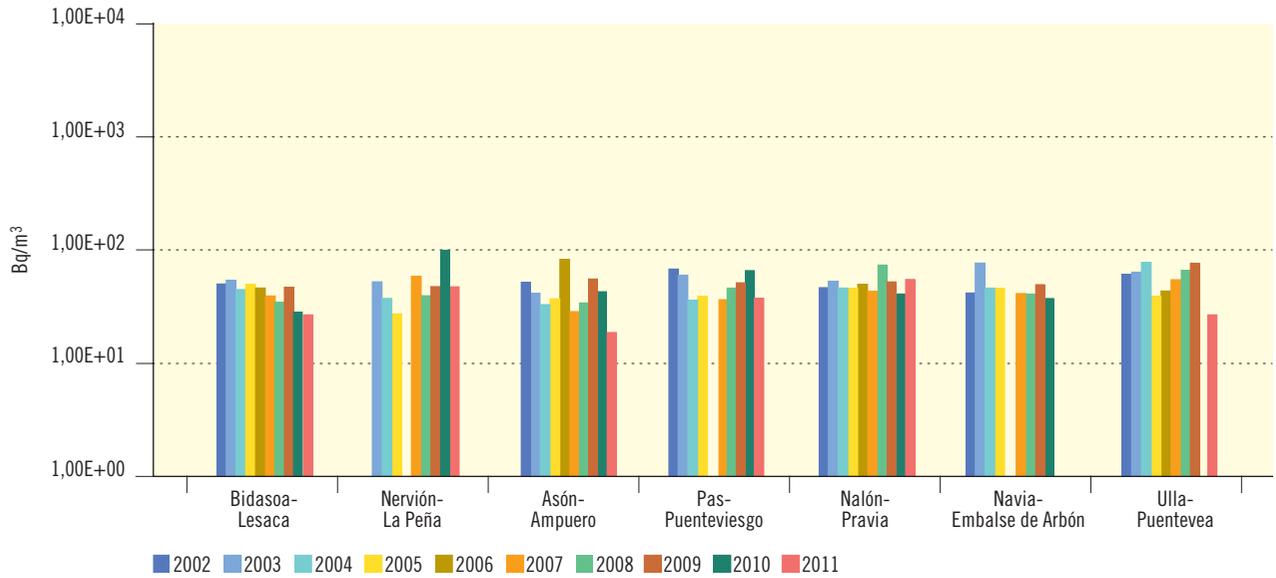


Figura 3.26. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta total

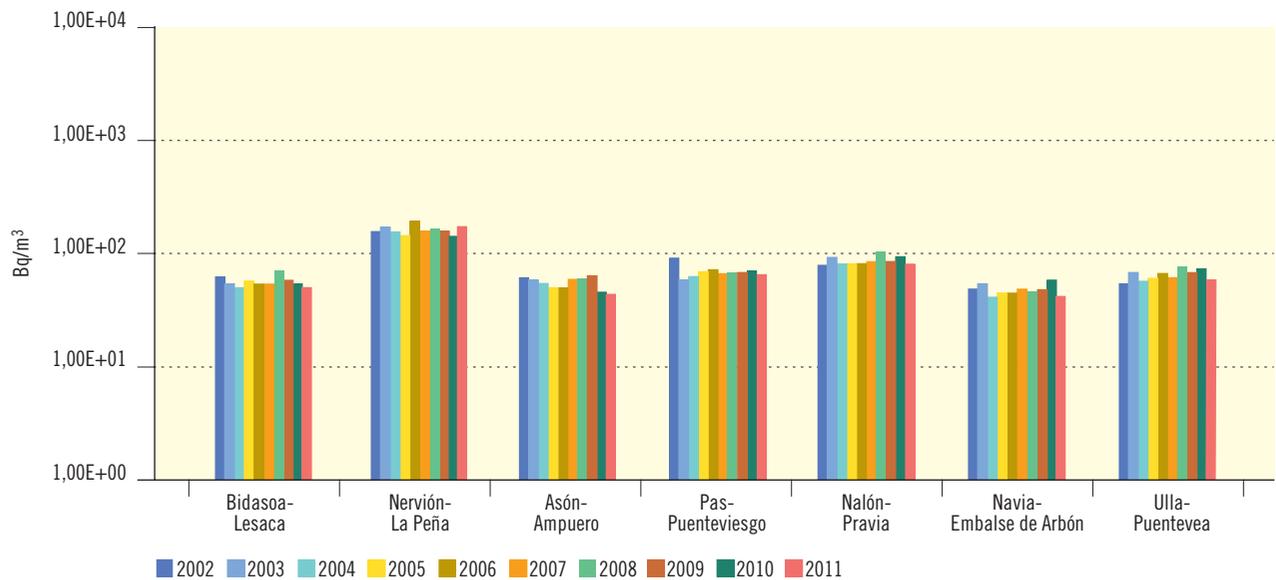


Figura 3.27. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

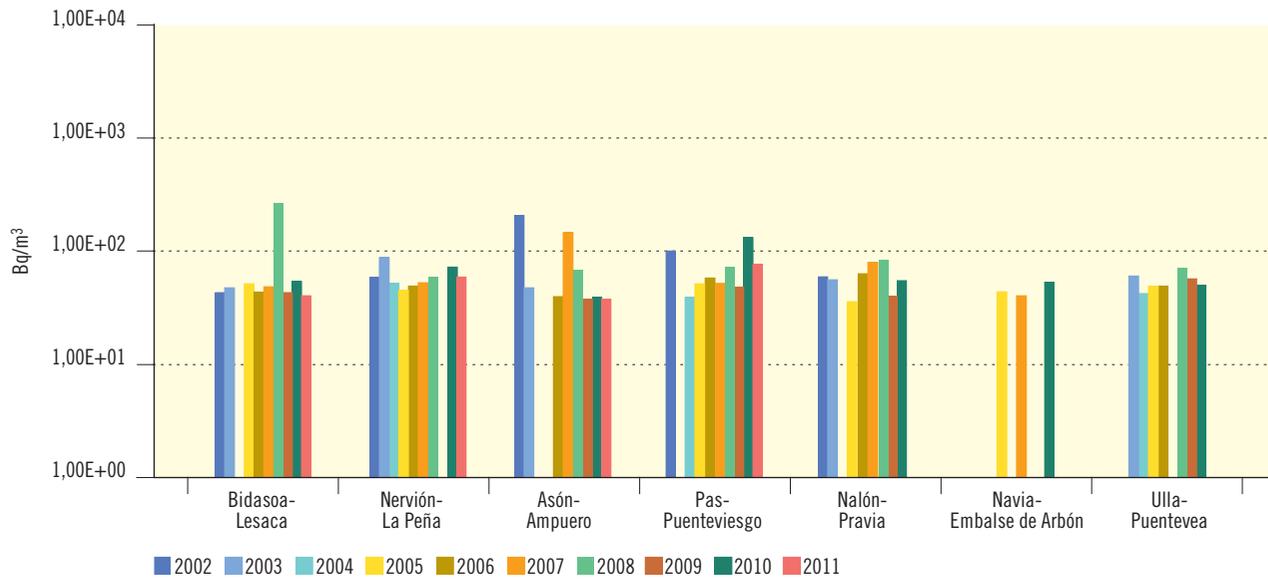
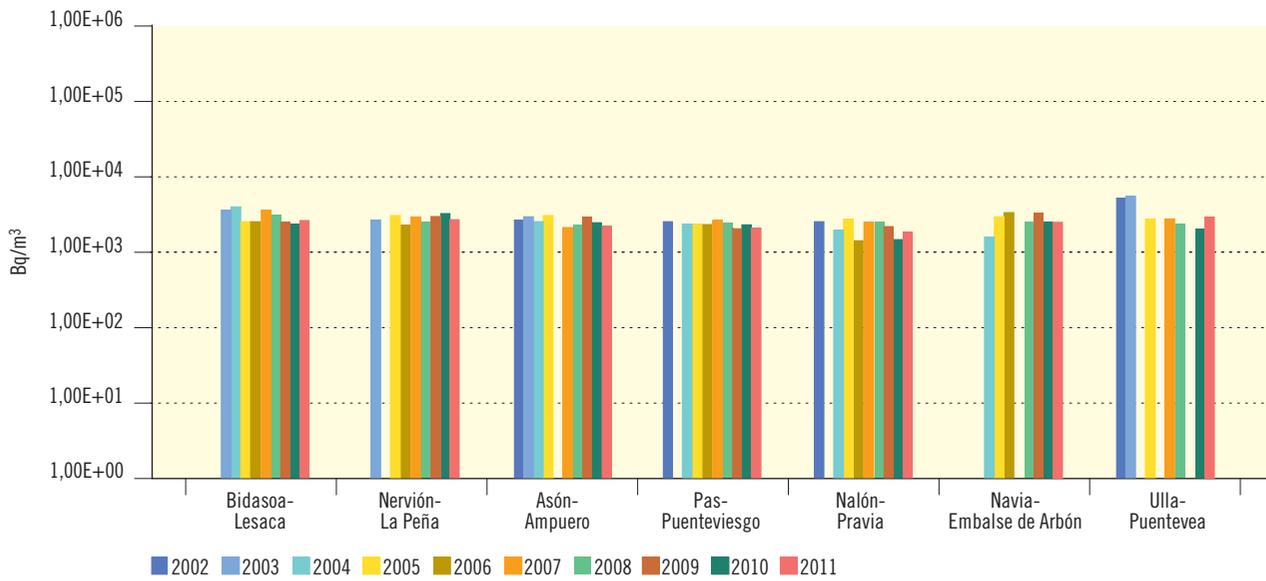


Figura 3.28. Cuencas del norte de España

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Miño

Figura 3.29. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

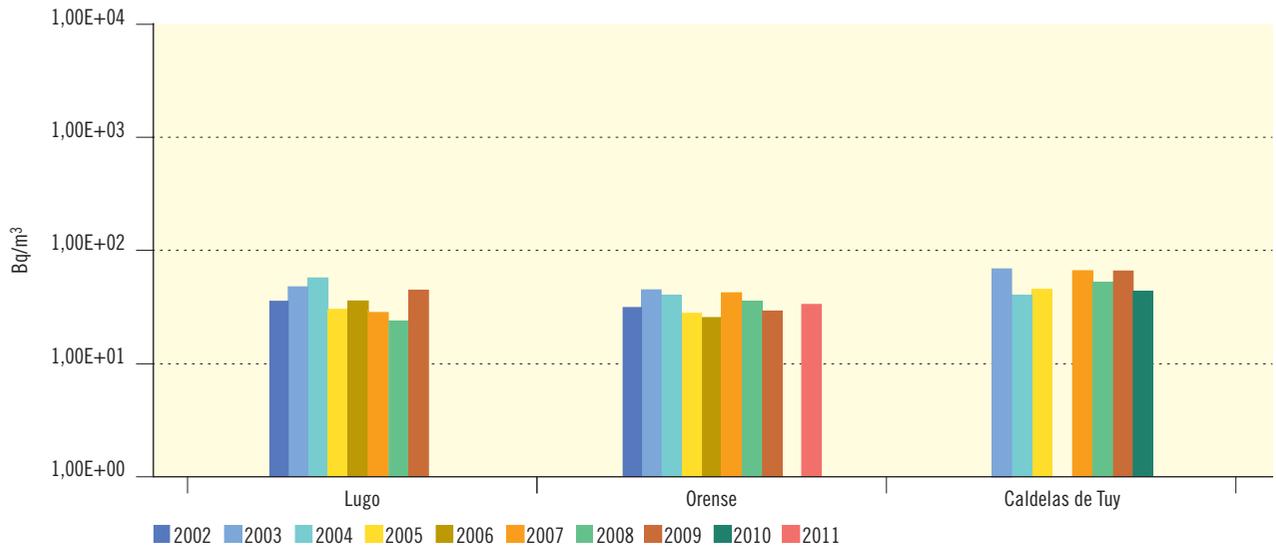


Figura 3.30. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

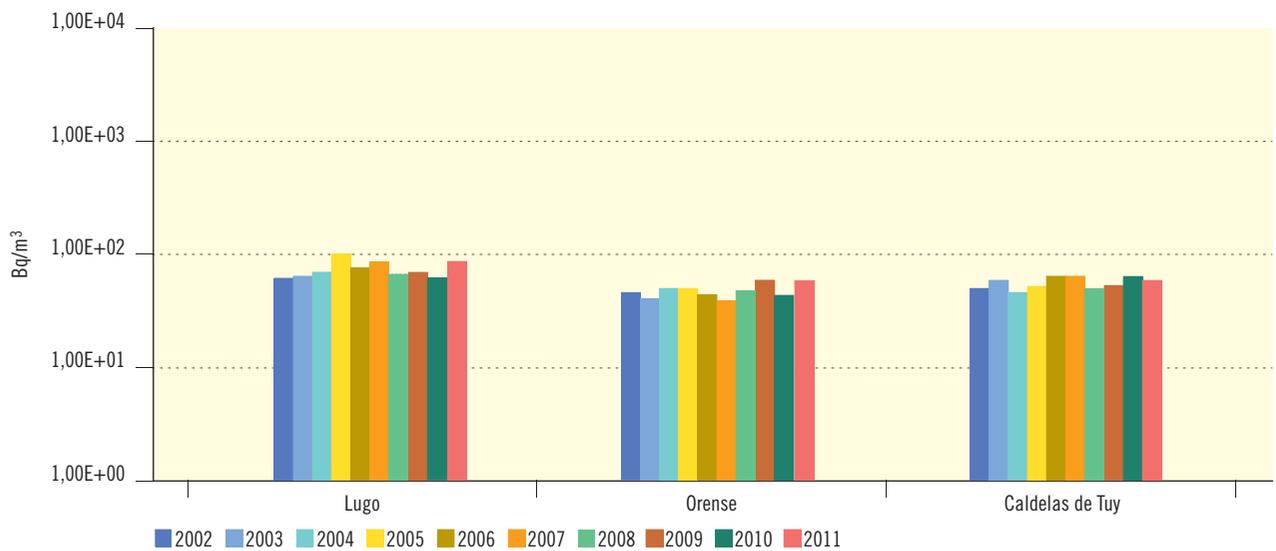


Figura 3.31. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

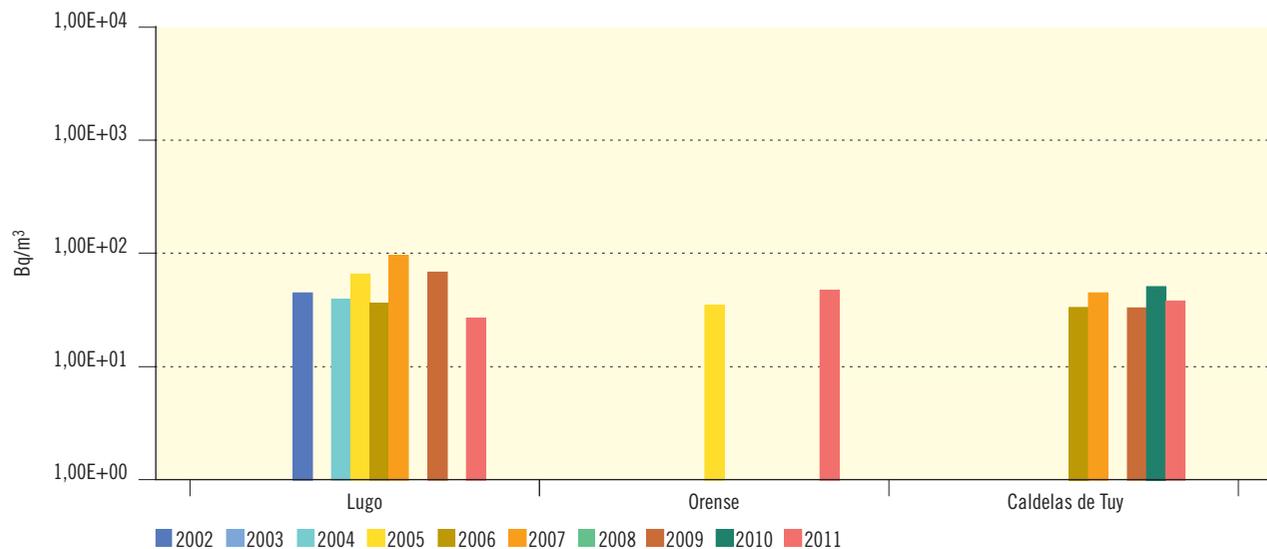
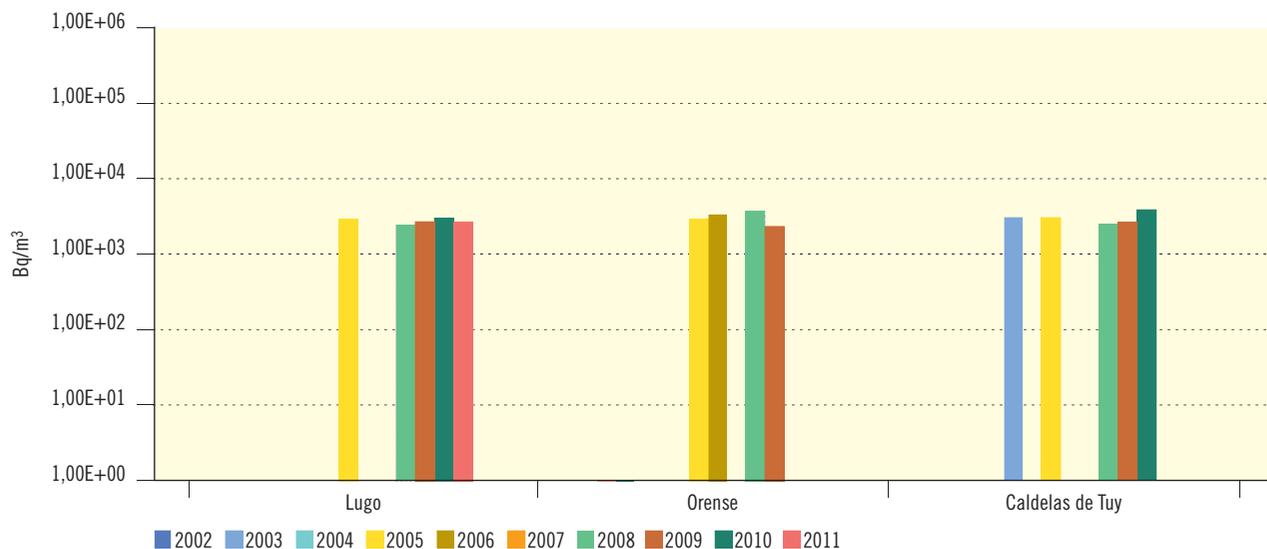


Figura 3.32. Río Miño

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.33. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

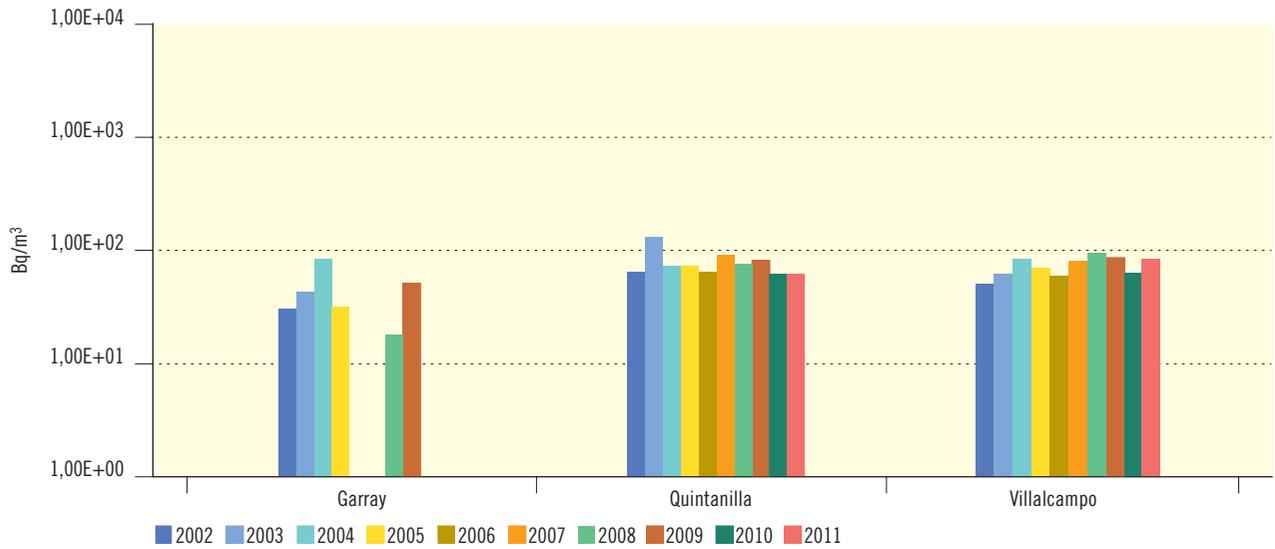


Figura 3.34. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

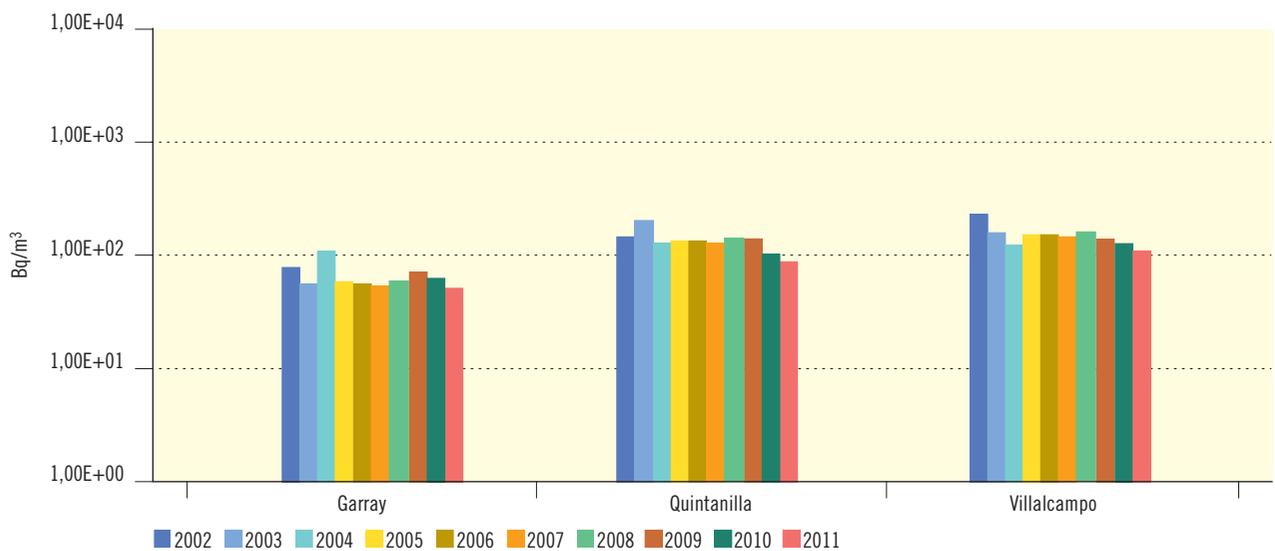


Figura 3.35. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

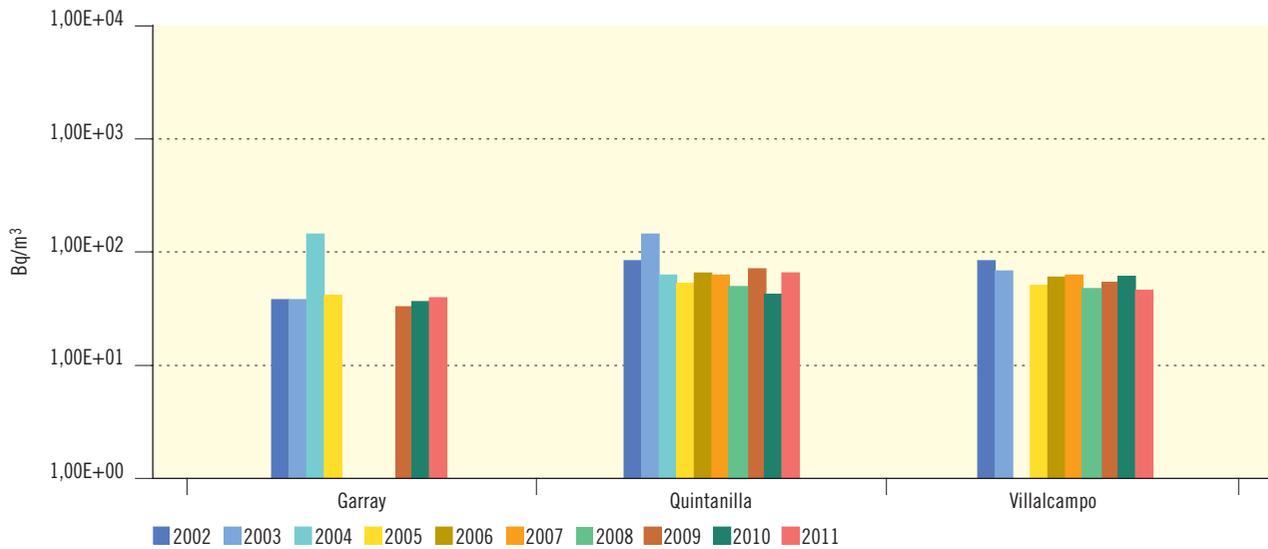


Figura 3.36. Río Duero

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.37. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

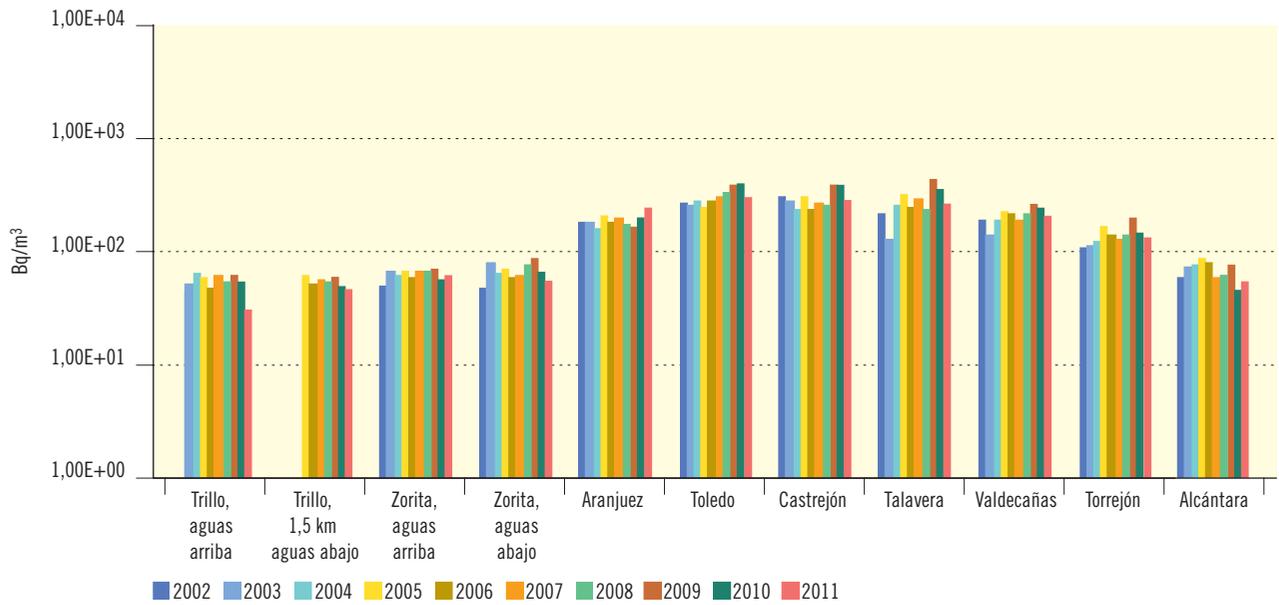


Figura 3.38 Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

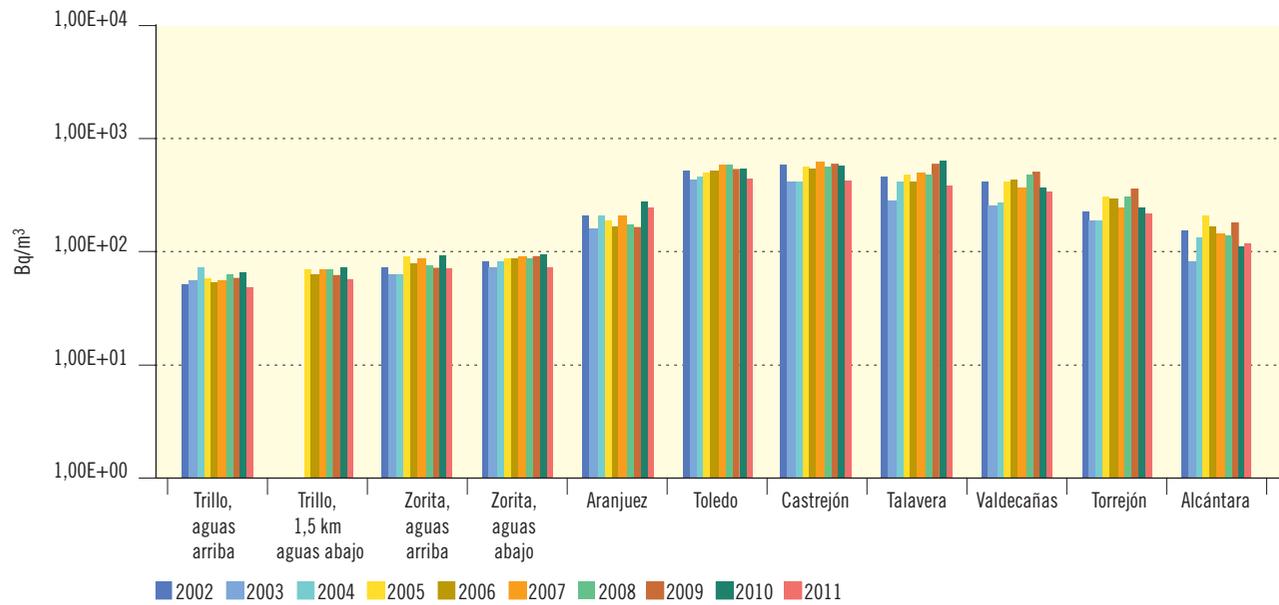


Figura 3.39. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

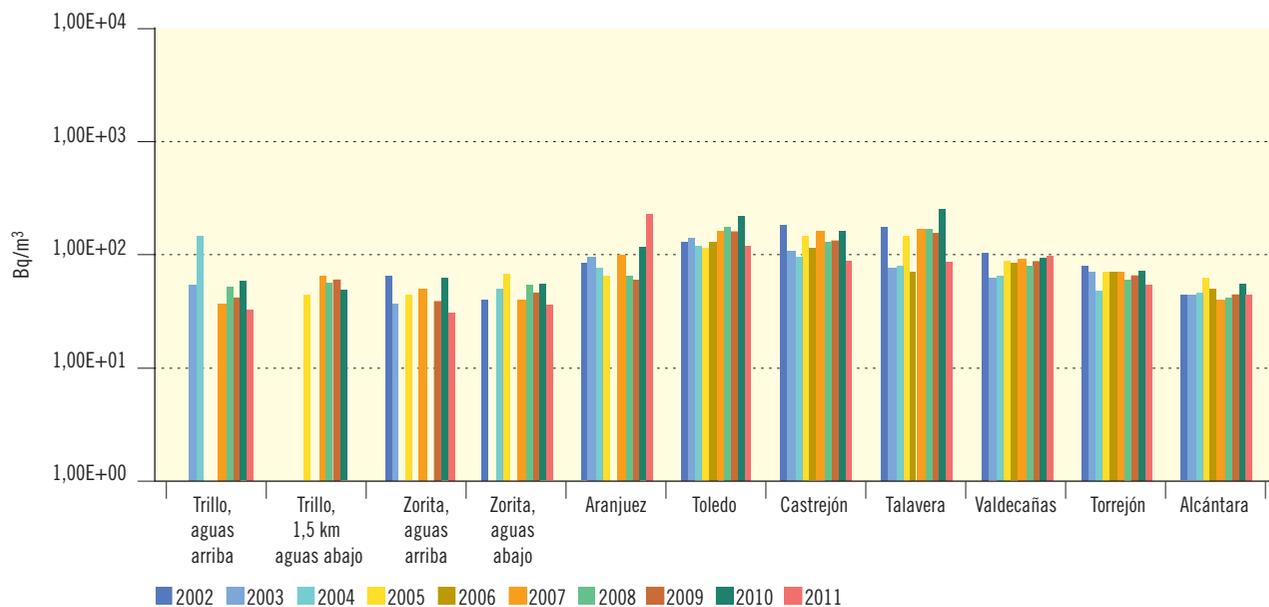
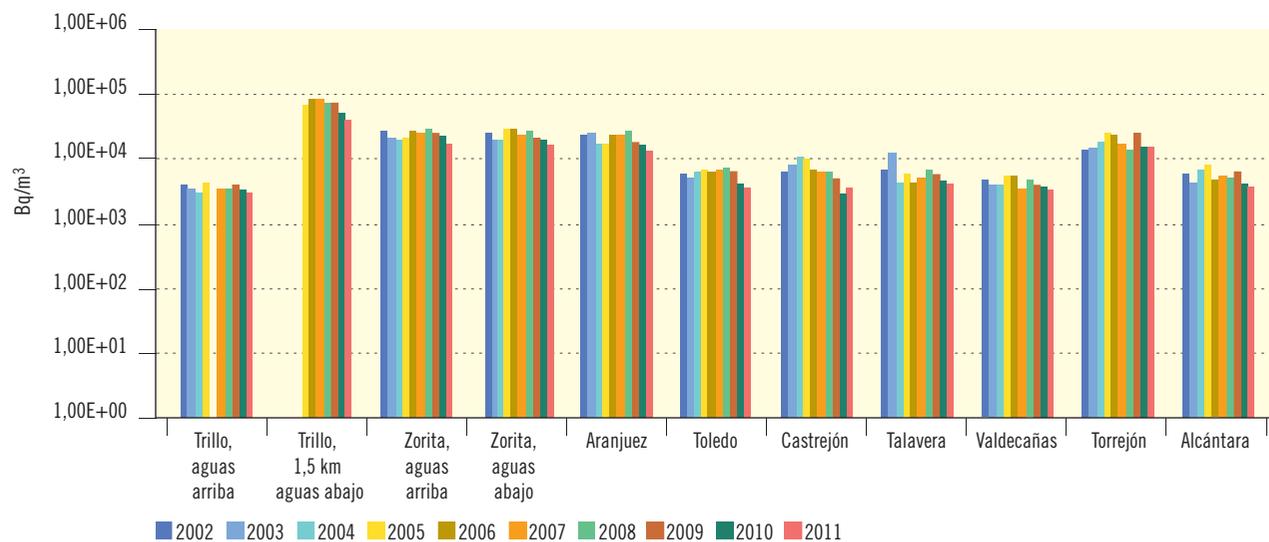


Figura 3.40. Río Tajo

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.41. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

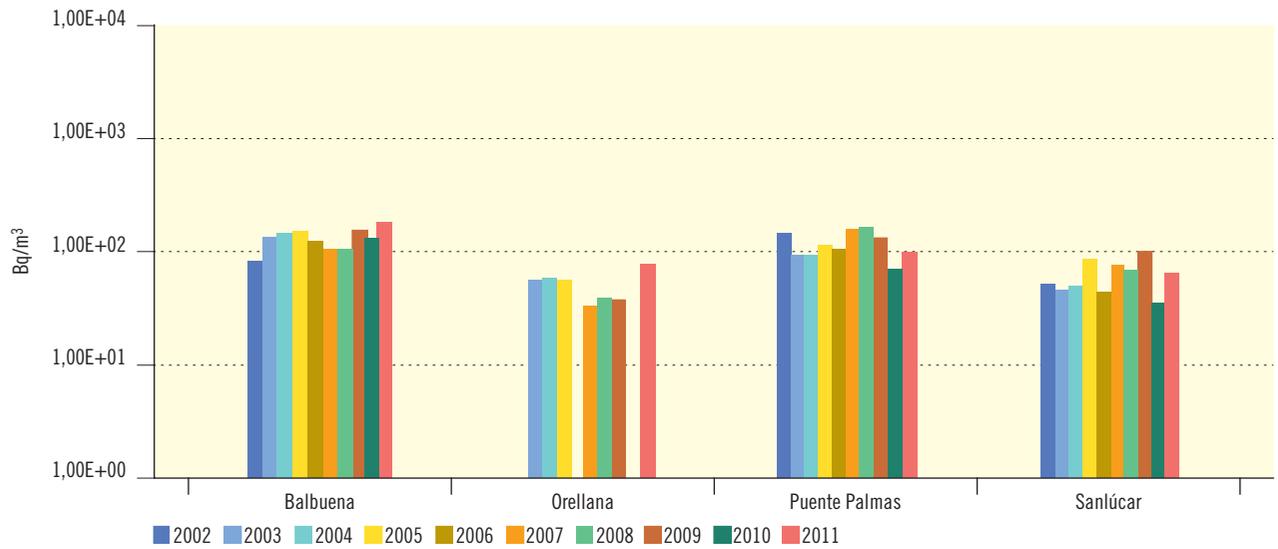


Figura 3.42. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

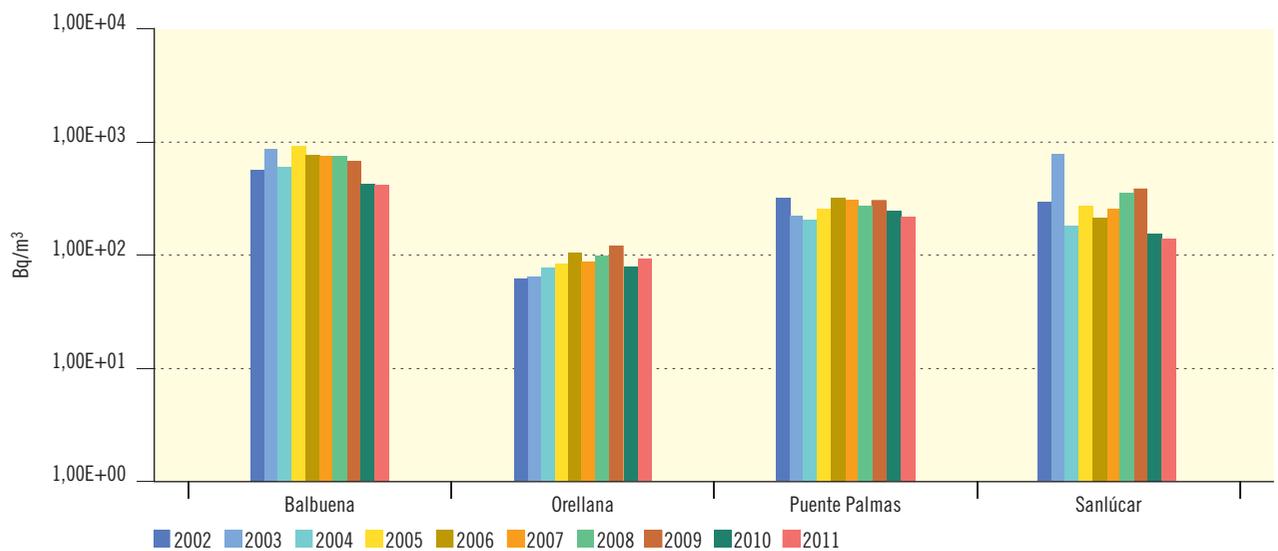


Figura 3.43. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

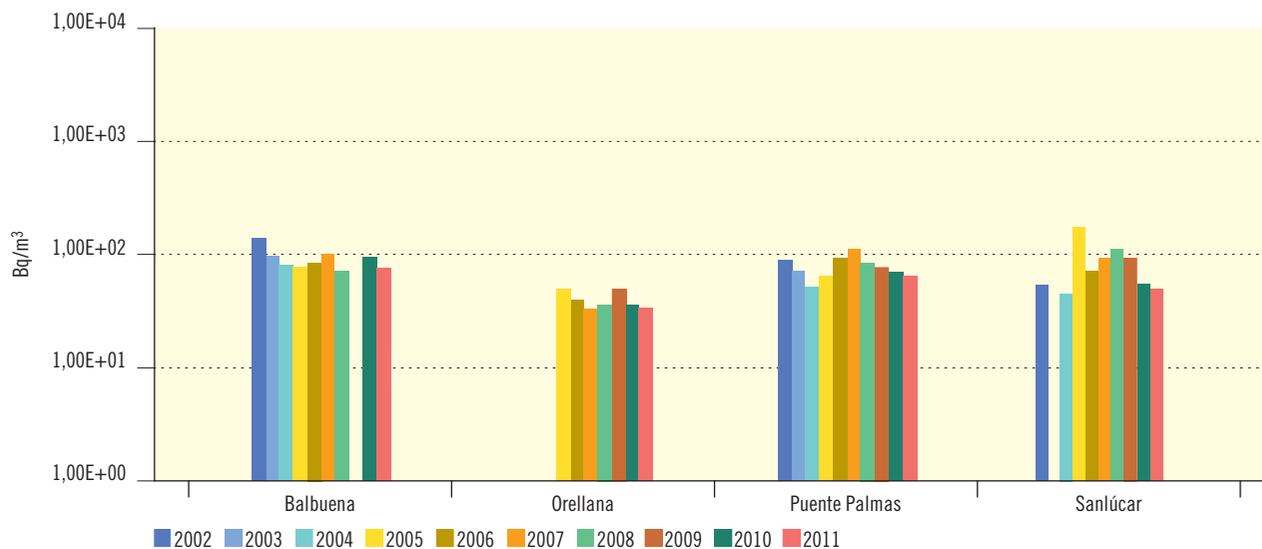
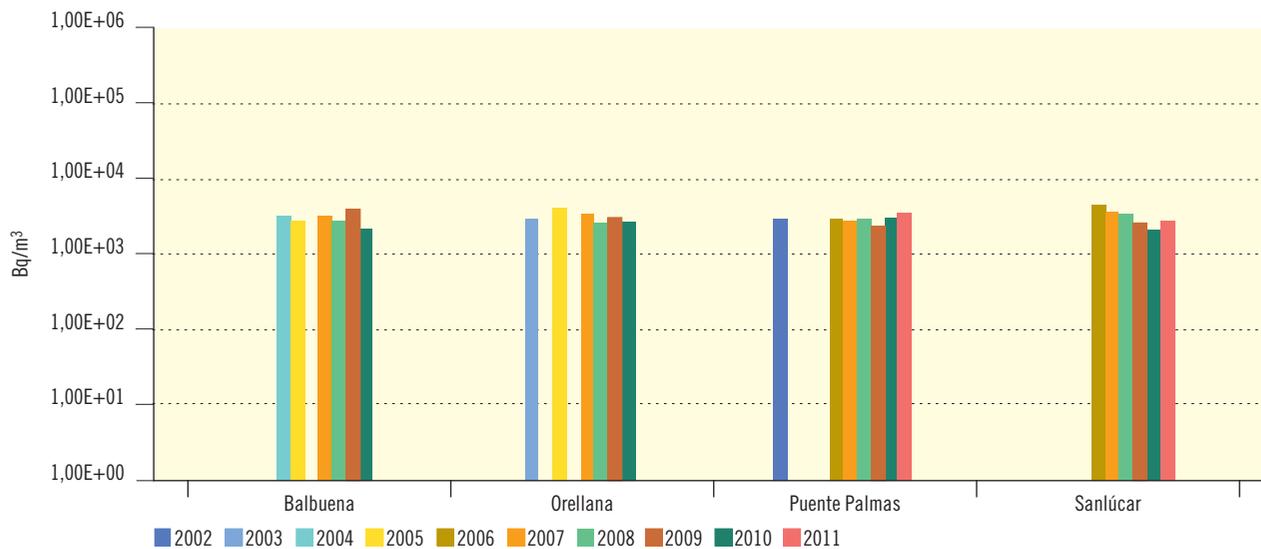


Figura 3.44. Río Guadiana

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadalquivir

Figura 3.45. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

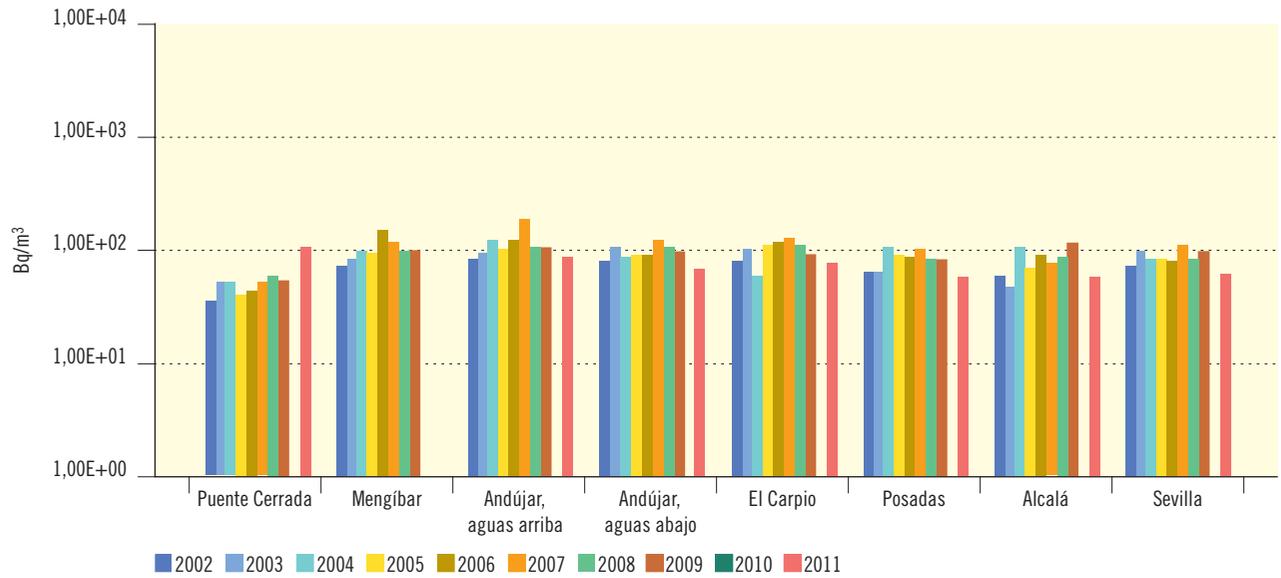


Figura 3.46. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

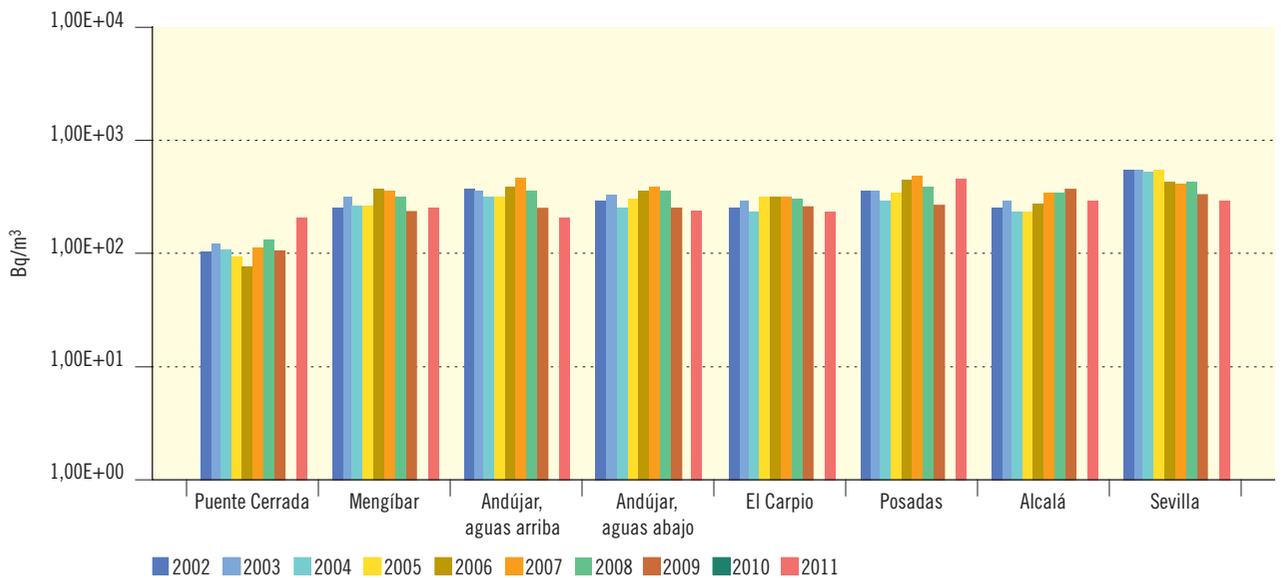


Figura 3.47. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

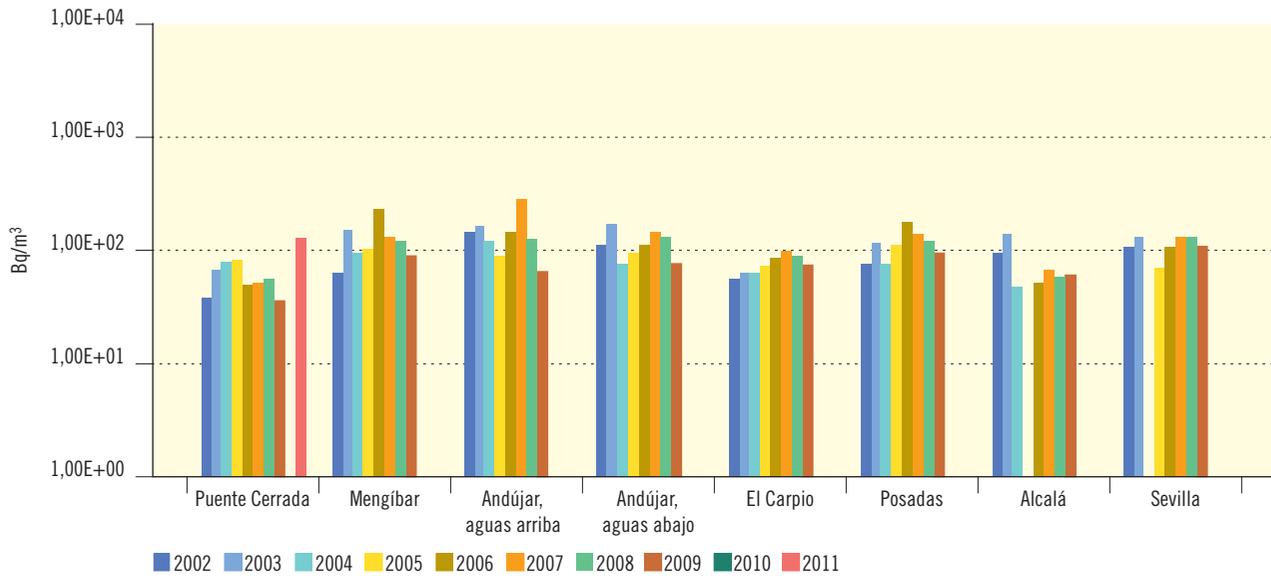
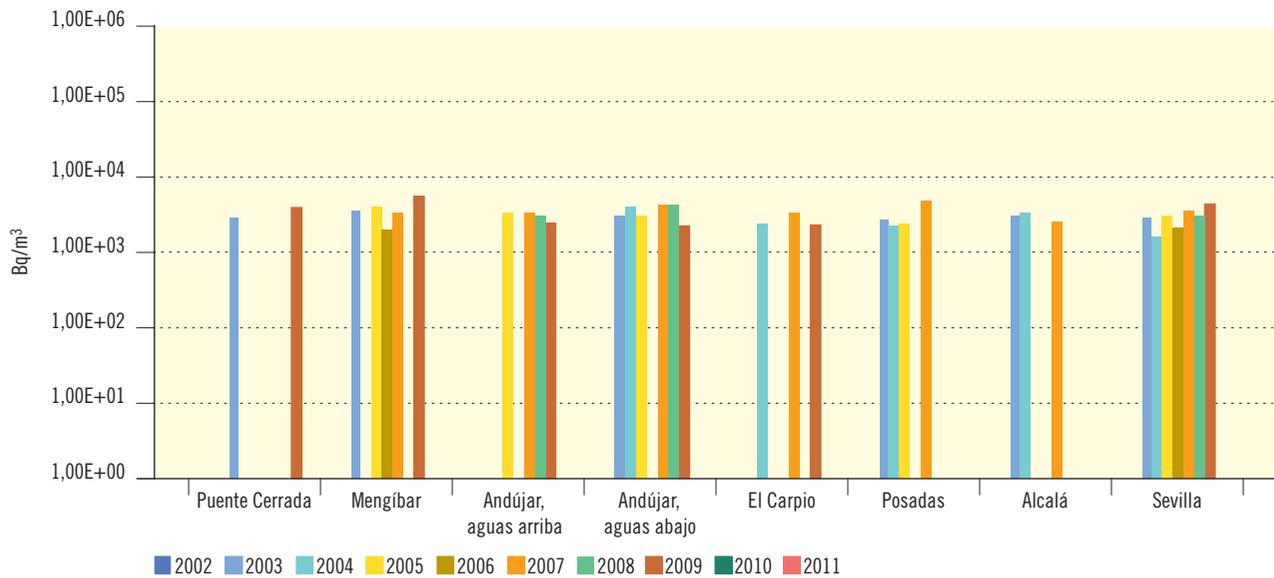


Figura 3.48. Río Guadalquivir

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Segura

Figura 3.49. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

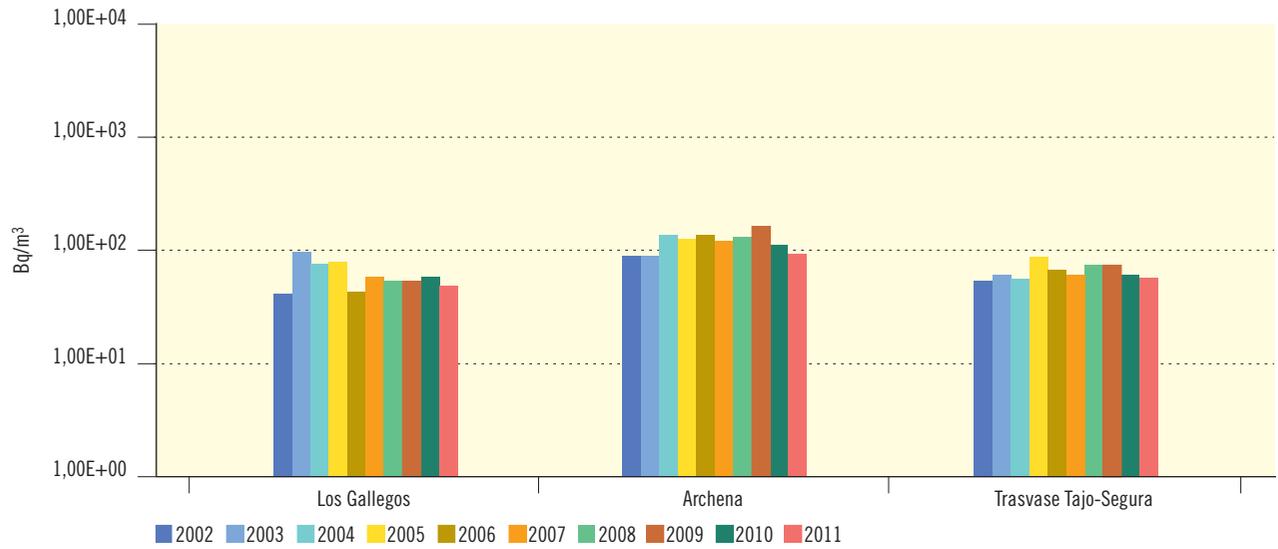


Figura 3.50. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

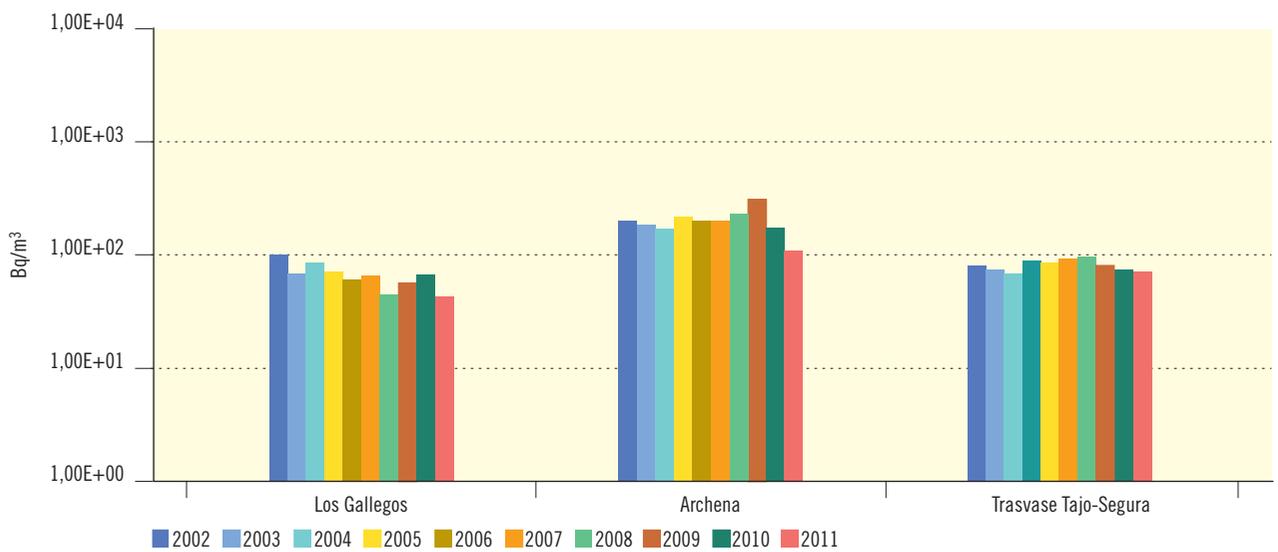


Figura 3.51. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

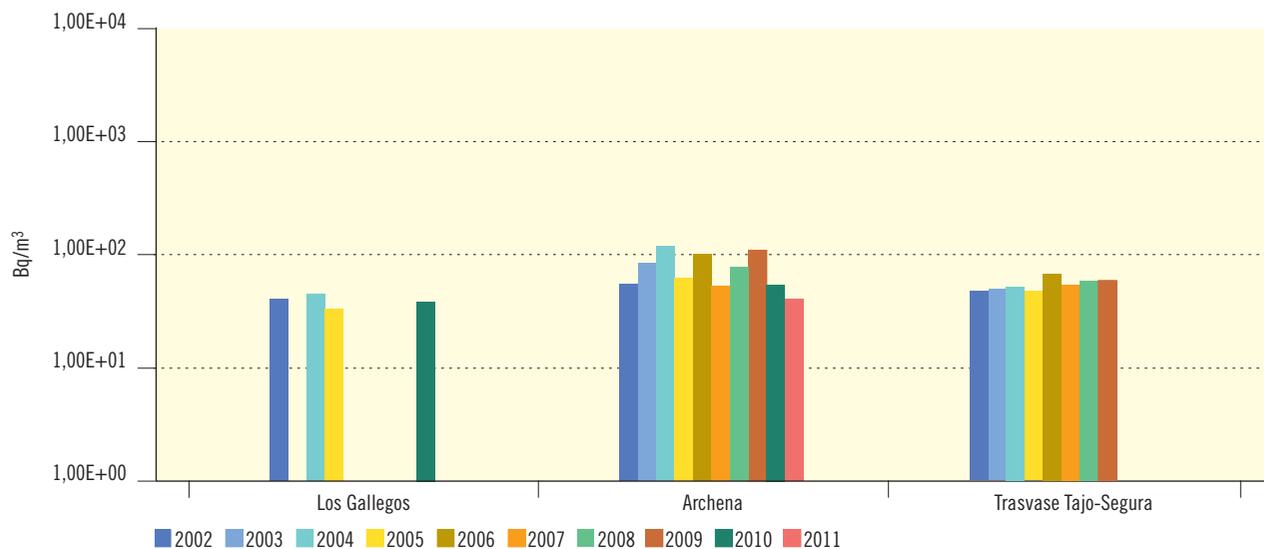
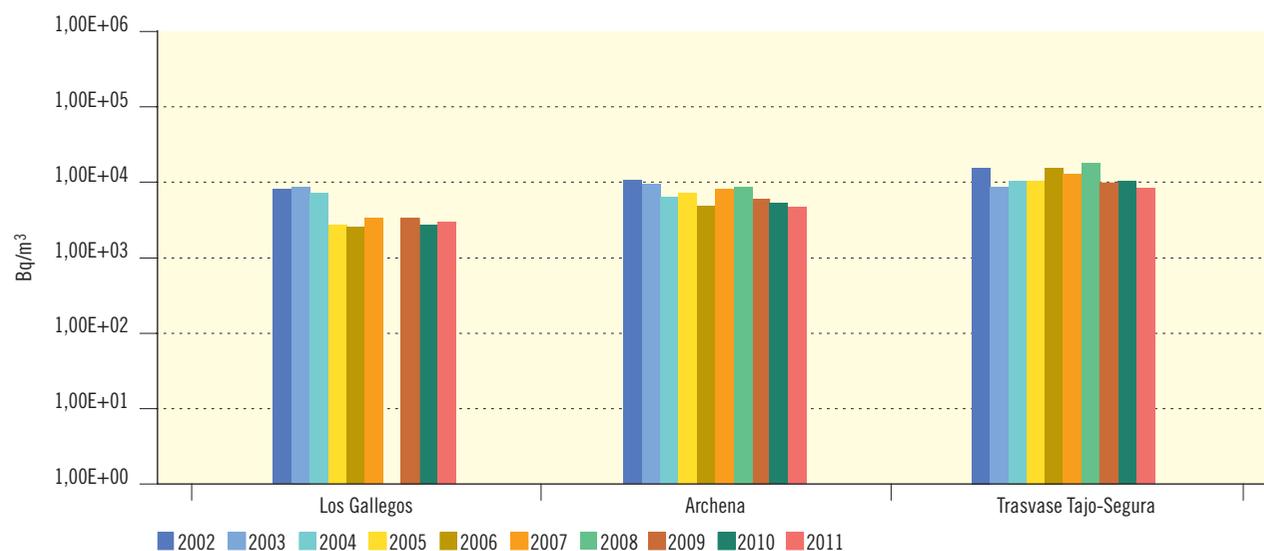


Figura 3.52. Río Segura

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Júcar

Figura 3.53. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

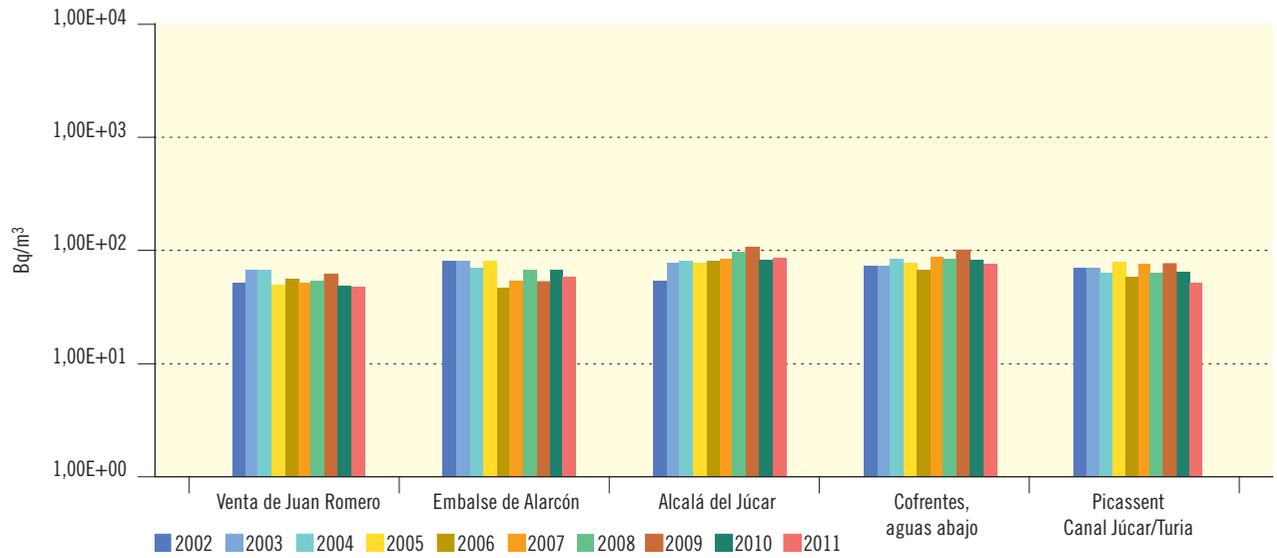


Figura 3.54. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

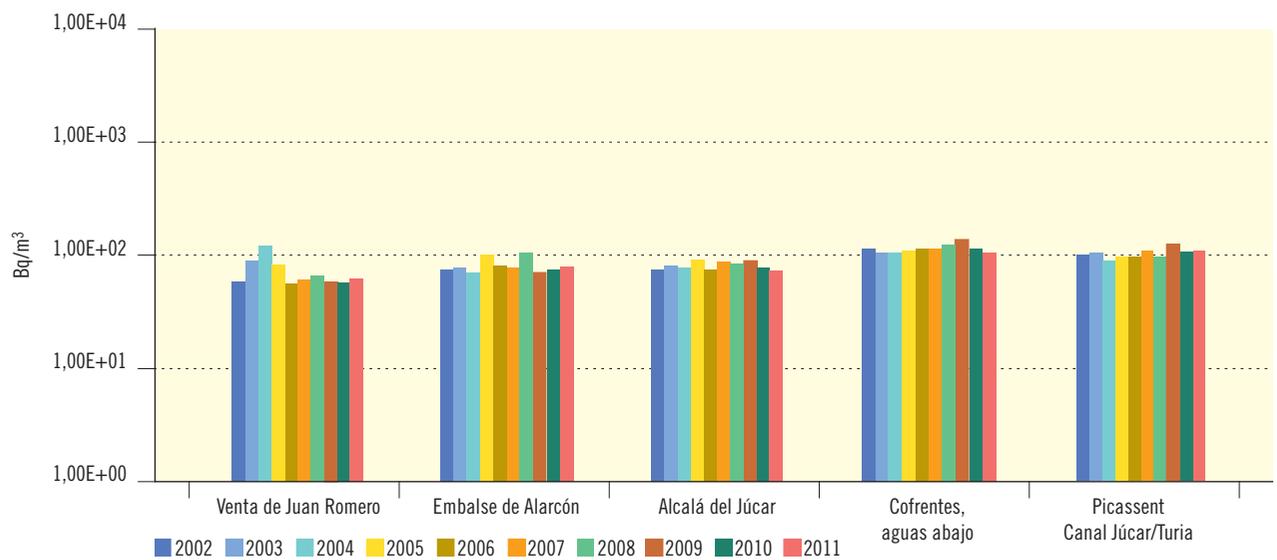


Figura 3.55. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

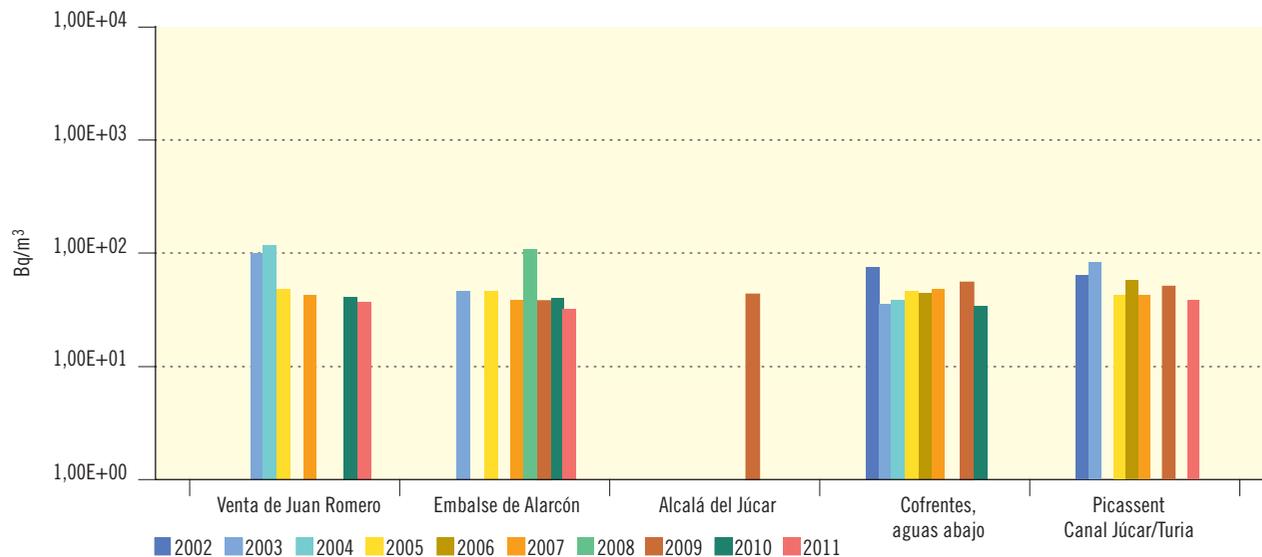
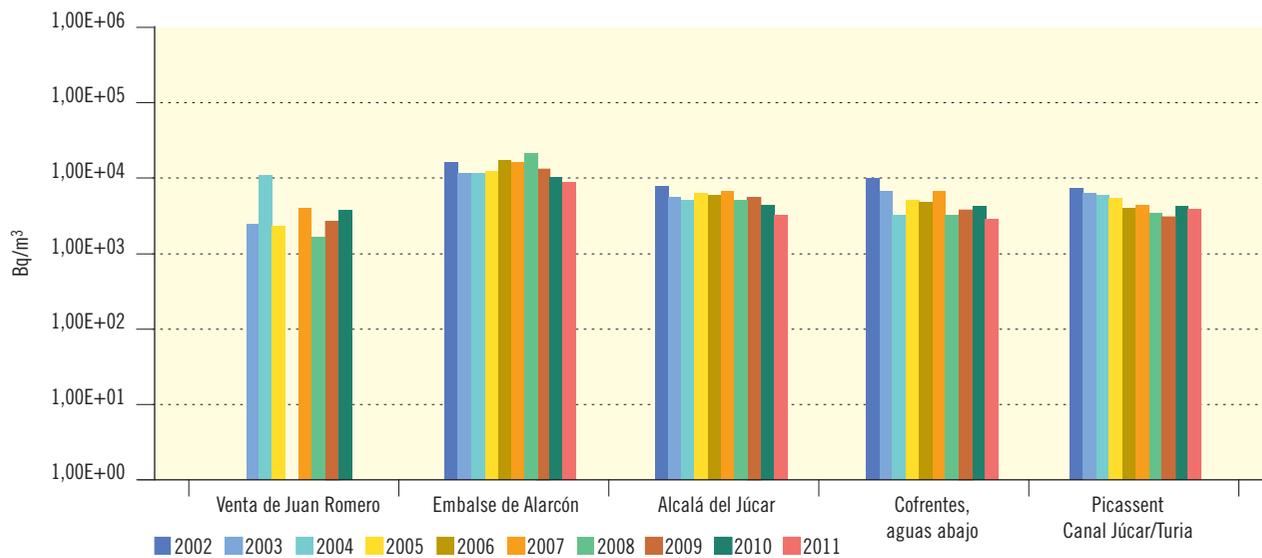


Figura 3.56. Río Júcar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Ebro

Figura 3.57. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

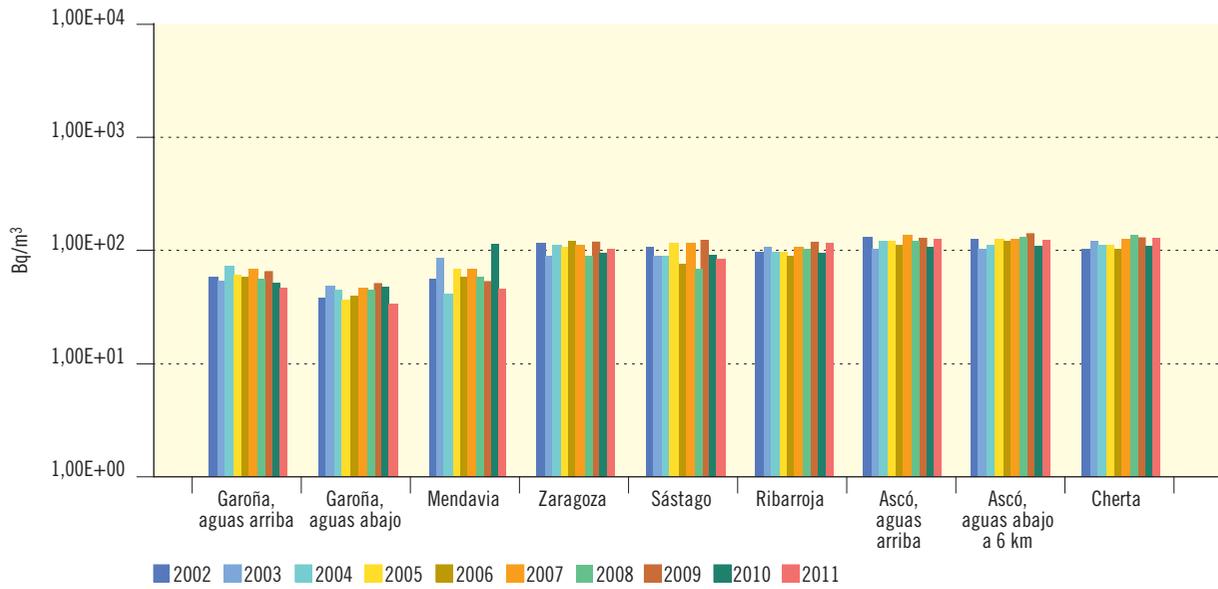


Figura 3.58. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

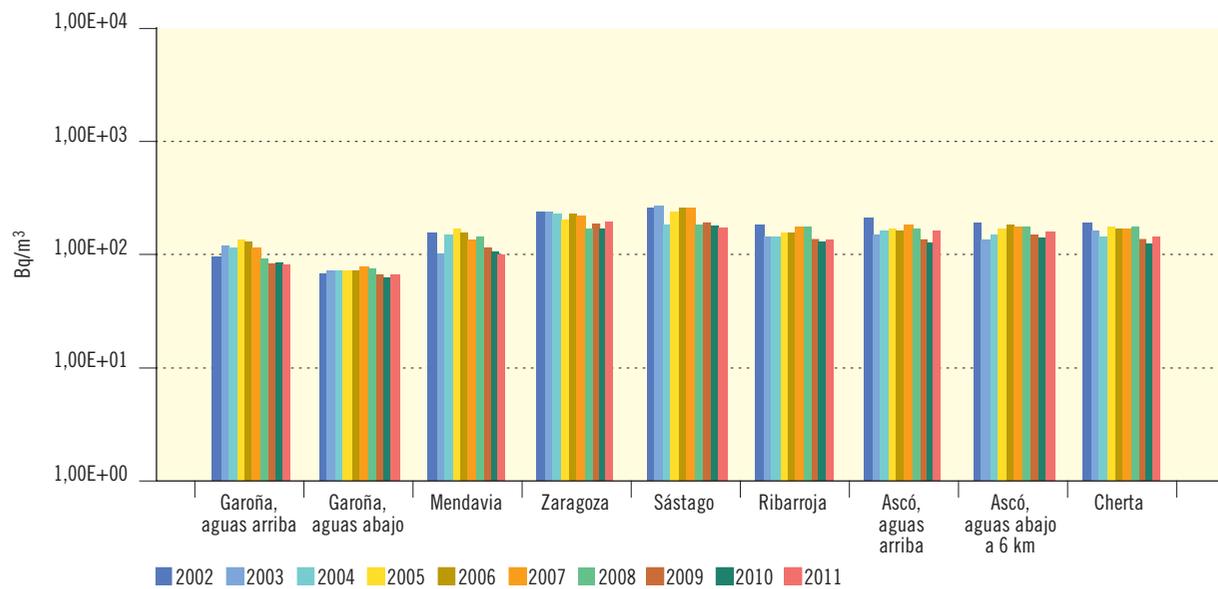


Figura 3.59. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

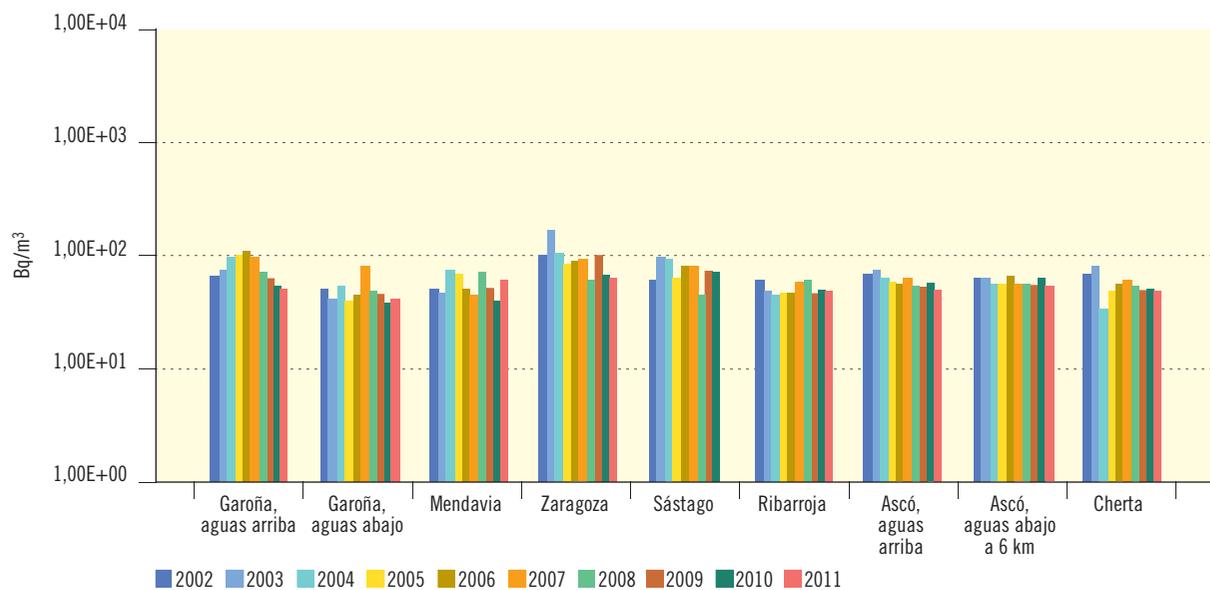
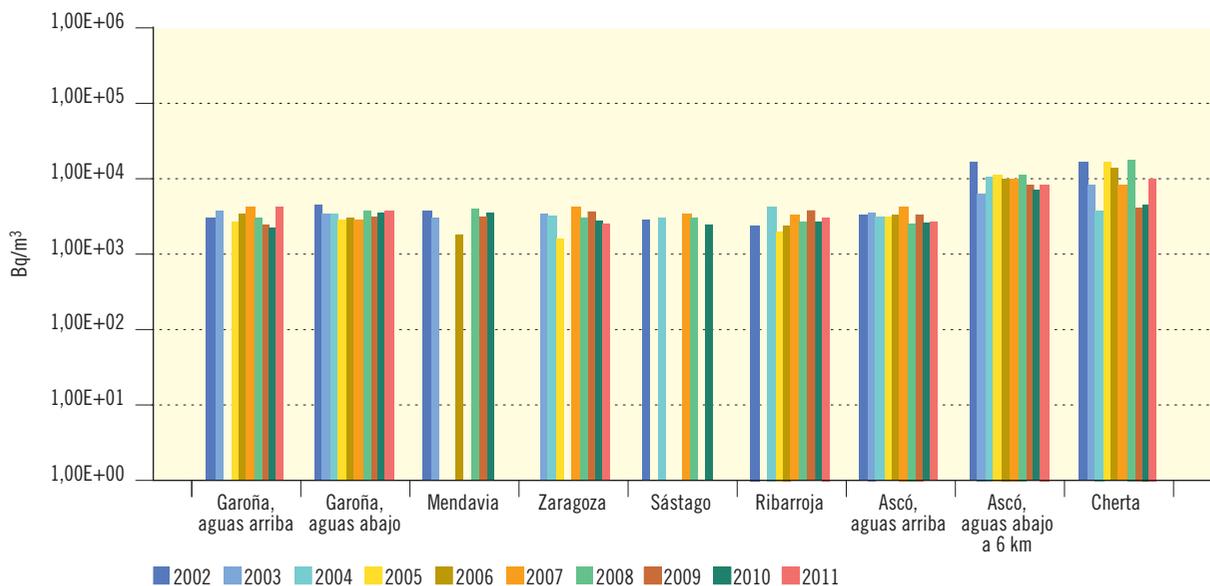


Figura 3.60. Río Ebro

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Cuencas catalanas

Figura 3.61. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

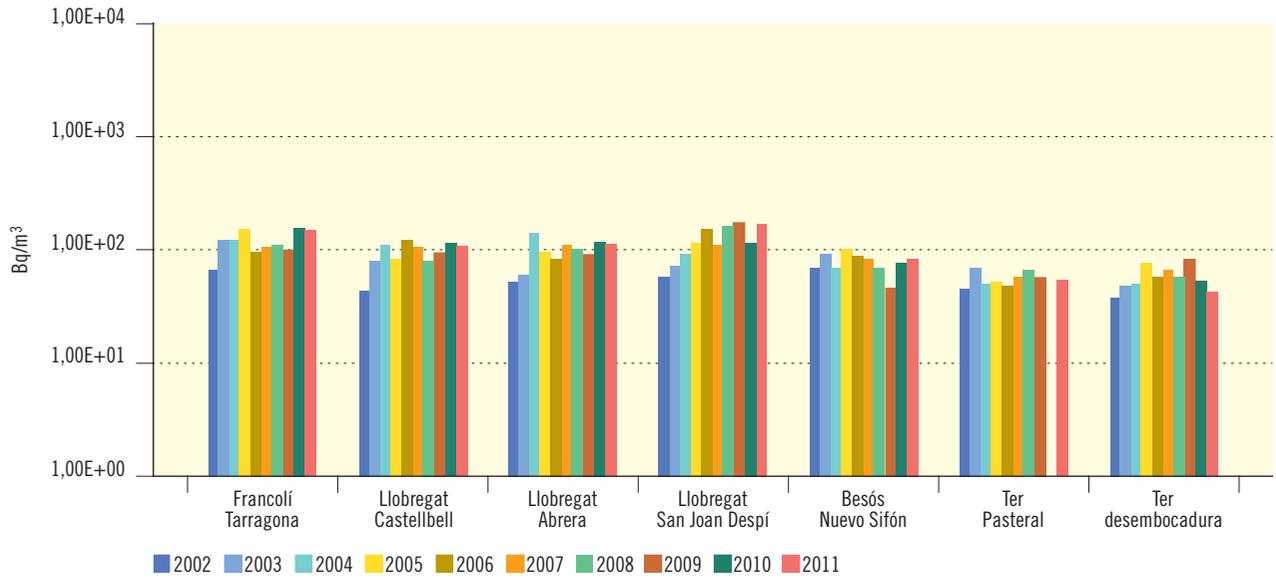


Figura 3.62. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta total

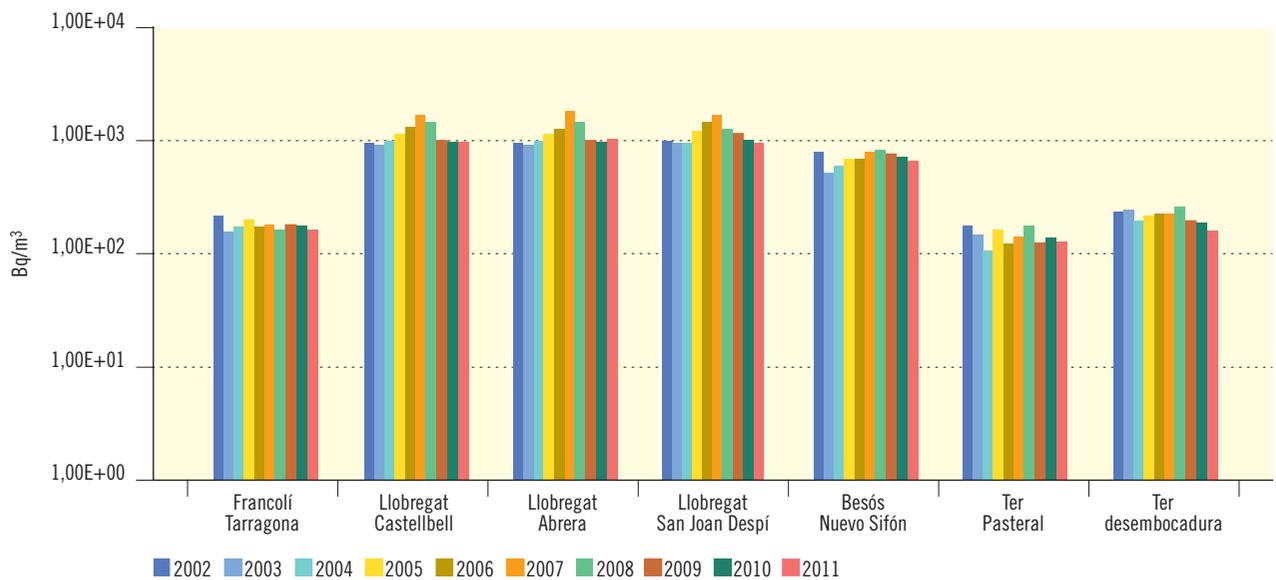


Figura 3.63. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

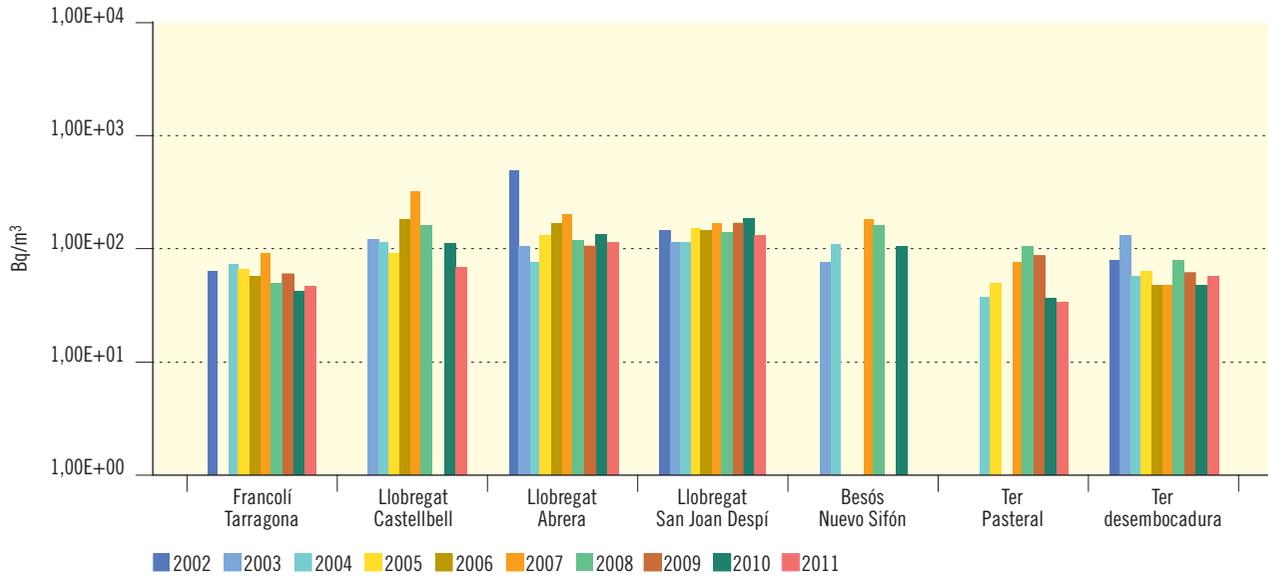


Figura 3.64. Cuencas catalanas

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

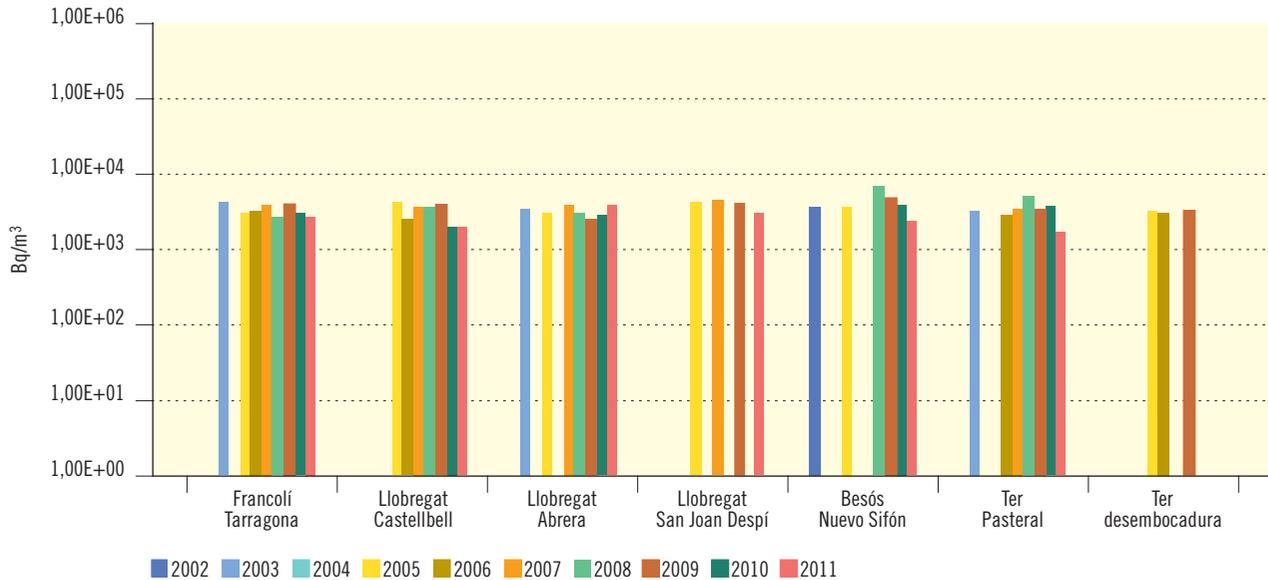


Figura 3.65a. Red espaciada. Agua superficial

Evolución temporal de la actividad de Cs-137

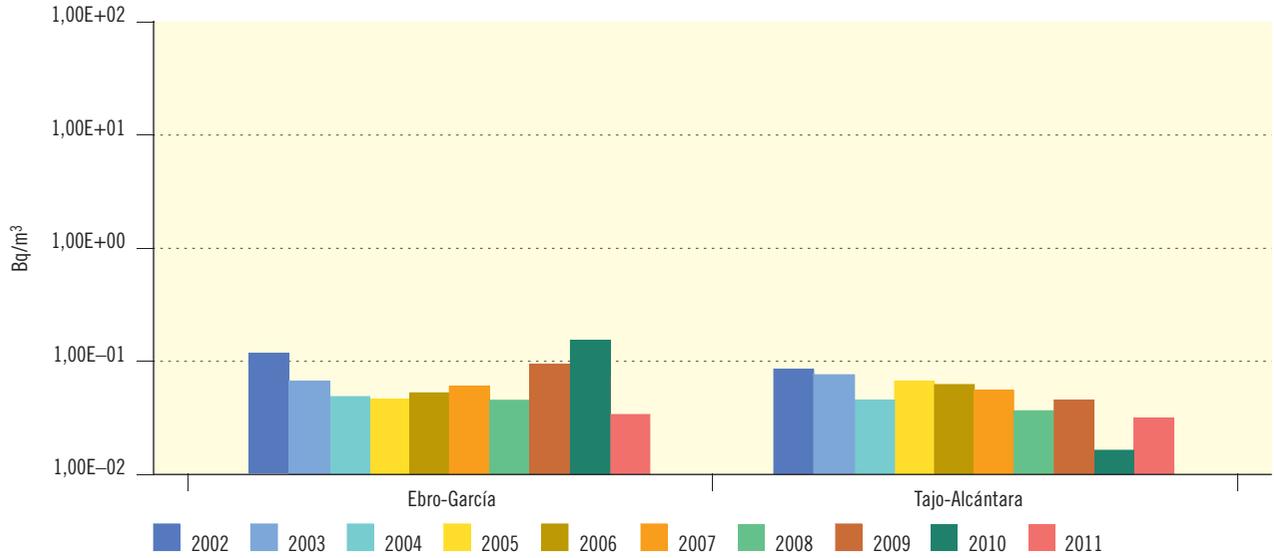
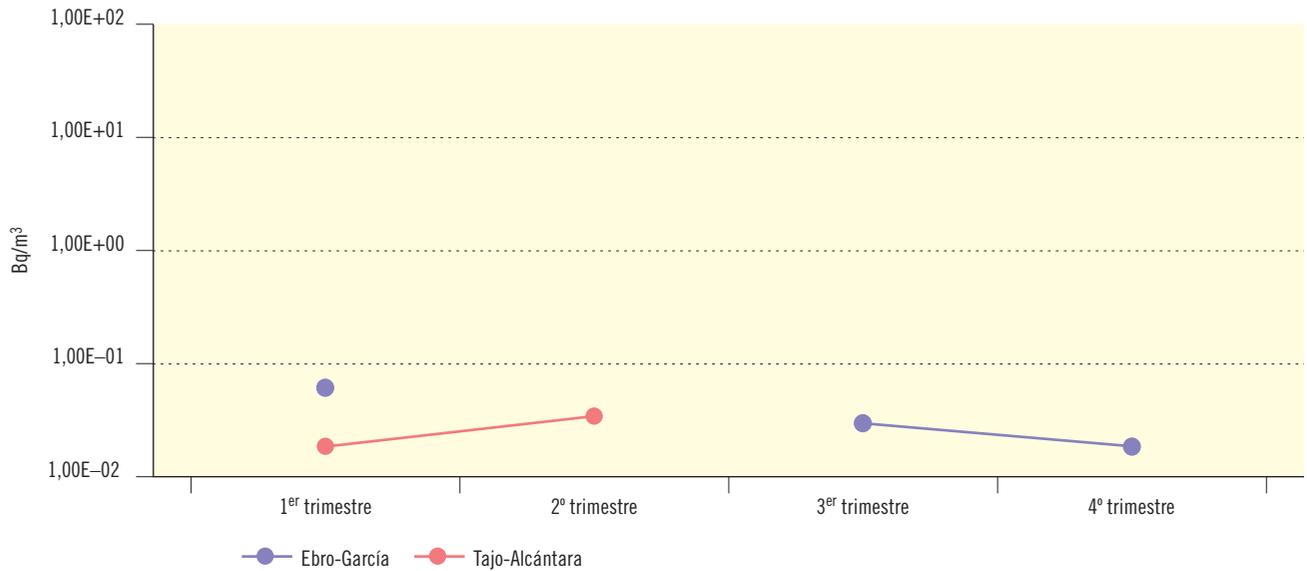


Figura 3.65b. Red espaciada. Agua superficial. Concentración de actividad Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Estación	Ebro-García	Tajo-Alcántara
Valor medio	3,60E-02	3,05E-02
Valor máximo	6,40E-02	3,90E-02
Valor mínimo	1,90E-02	2,20E-02
LID máximo	2,00E-02	1,90E-02
LID mínimo	1,50E-02	1,70E-02
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis >LID	3	2
Nº de análisis <LID	1	2

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 3.66. Las últimas estaciones incorpo-

radas 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 espaciada 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 trimestral, el Cexdex cuenta con la colaboración de diversos organismos

Figura 3.66. 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

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 espaciada, 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 2002 a 2011. La numeración de estas figuras se identifica con la letra “a”.
- Información detallada de los valores obtenidos para la campaña de 2011. Se presentan con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra “b”, representándose gráficamente los valores medios en el programa de la red densa y los valores puntuales en el caso de la red espaciada.

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

En las figuras 3.67 a 3.69 se observa cómo en la campaña de 2011, para cada determinación analítica, el conjunto de valores resulta bastante homogéneo en los puntos de muestreo y similares a anteriores campañas. La mayor variabilidad se da en el tritio donde se obtienen valores ligeramente más elevados en alguno de los puntos situados en el Mar Mediterráneo.

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 espaciada (figura 3.70) se ha detectado cesio-137, con valores de concentración de actividad similares a los valores de fondo detectados en otras estaciones de la red espaciada de la red europea.

Figura 3.67a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

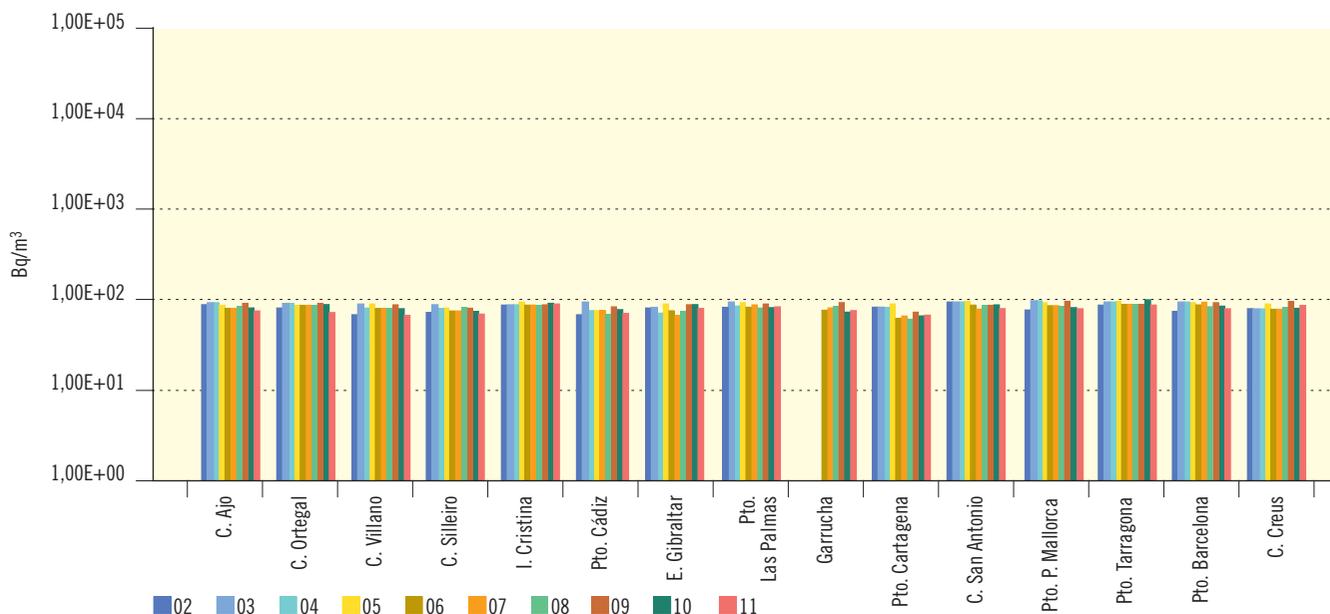


Figura 3.67b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011

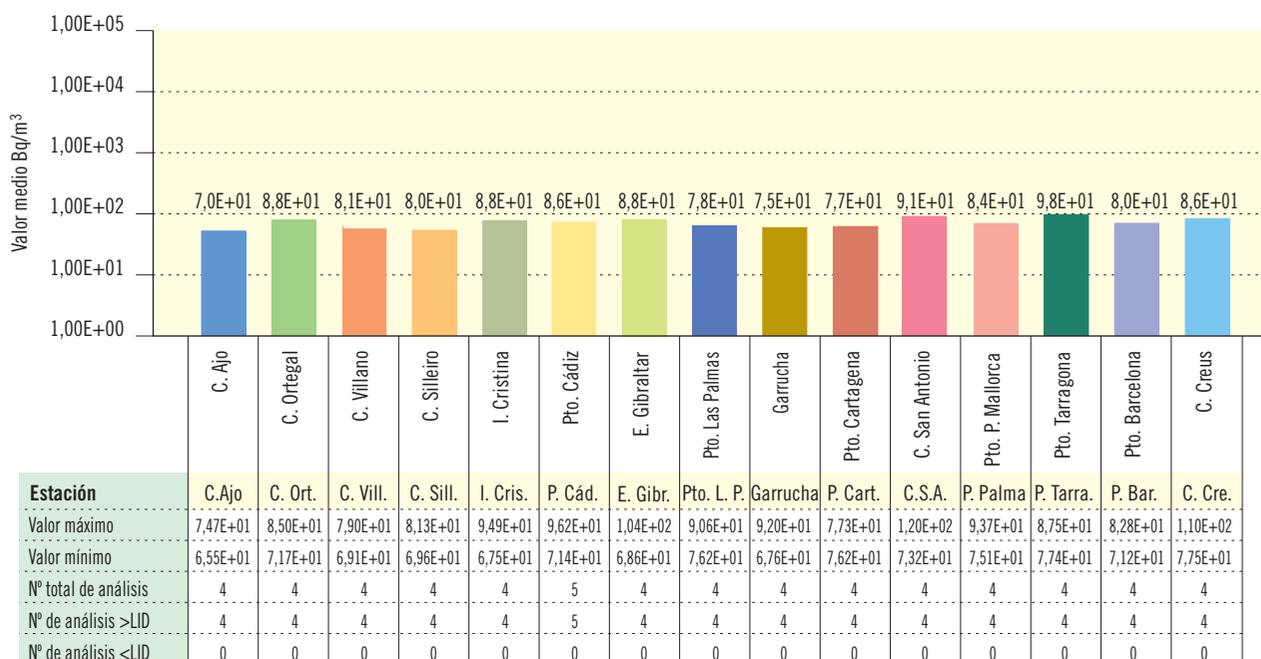


Figura 3.68a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

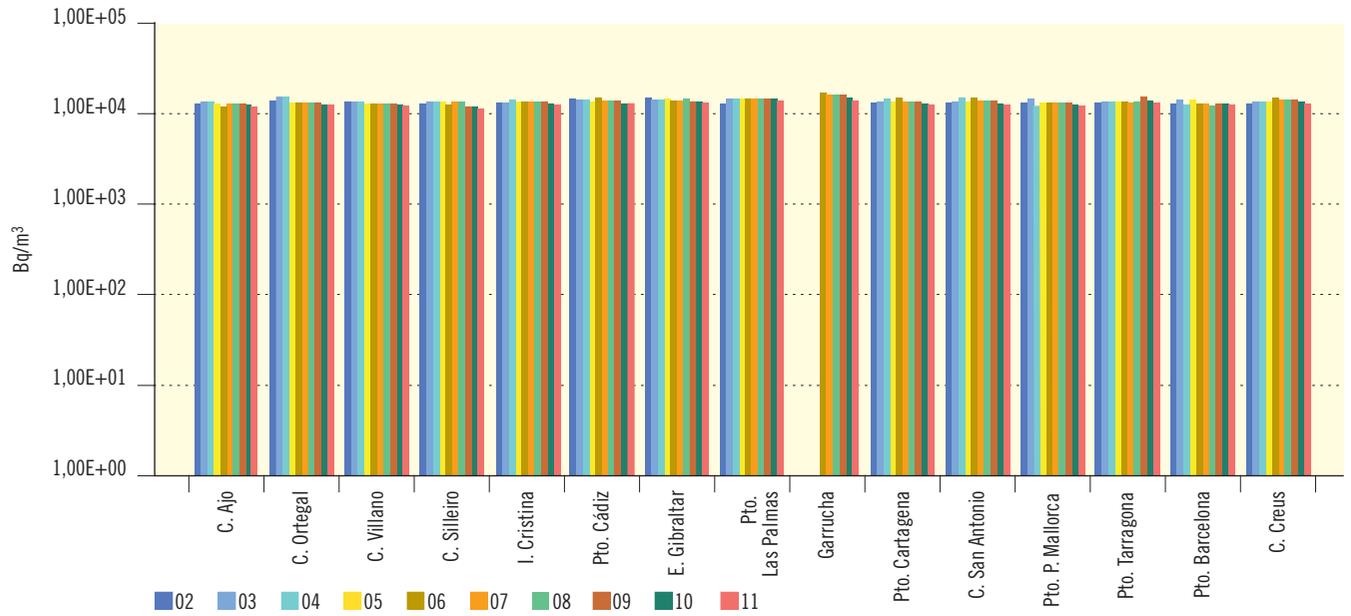
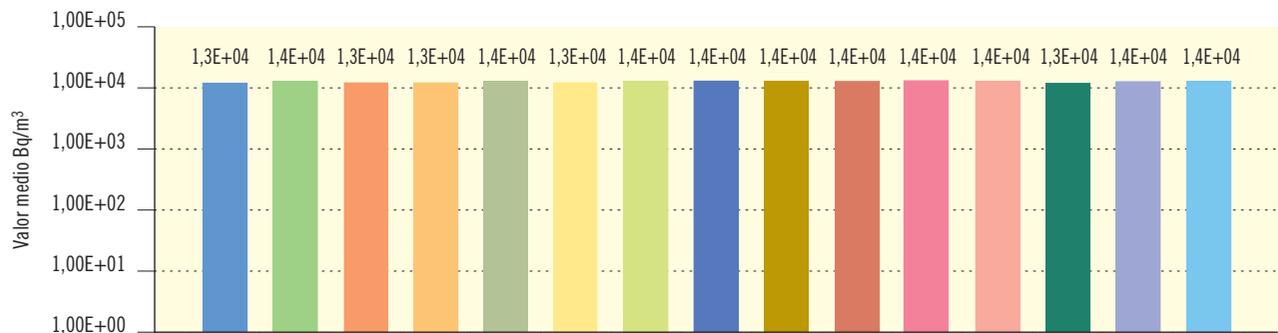


Figura 3.68b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



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	1,38E+04	1,41E+04	1,34E+04	1,35E+04	1,38E+04	1,38E+04	1,45E+04	1,43E+04	1,49E+04	1,41E+04	1,51E+04	1,48E+04	1,41E+04	1,43E+04	1,50E+04
Valor mínimo	1,26E+04	1,36E+04	1,27E+04	1,27E+04	1,33E+04	1,22E+04	1,29E+04	1,36E+04	1,29E+04	1,35E+04	1,36E+04	1,38E+04	1,23E+04	1,35E+04	1,40E+04
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis >LID	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis <LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.69a. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

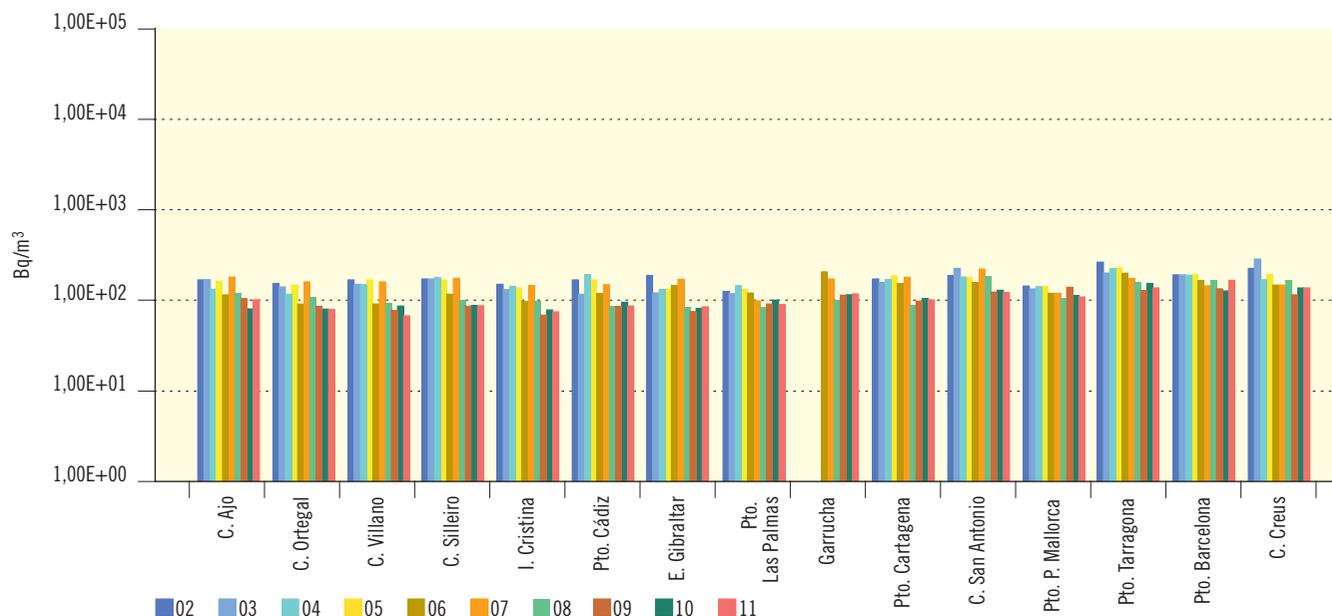


Figura 3.69b. Agua de mar. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011

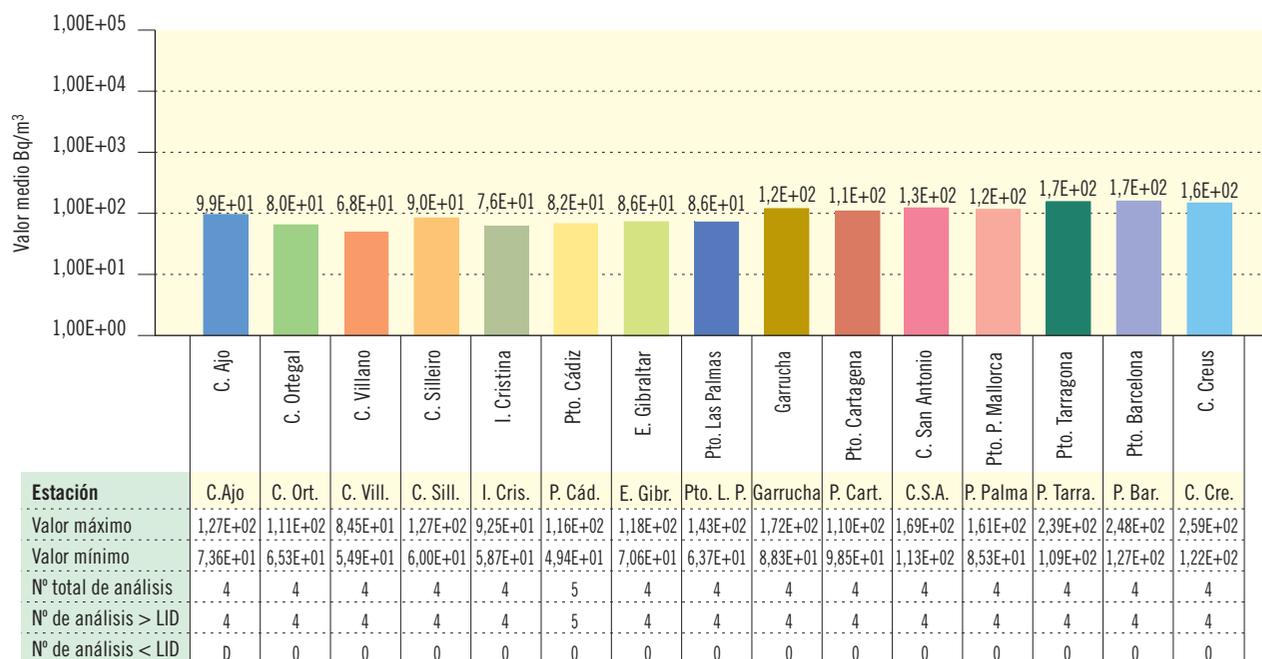


Figura 3.70a. Red espaciada. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

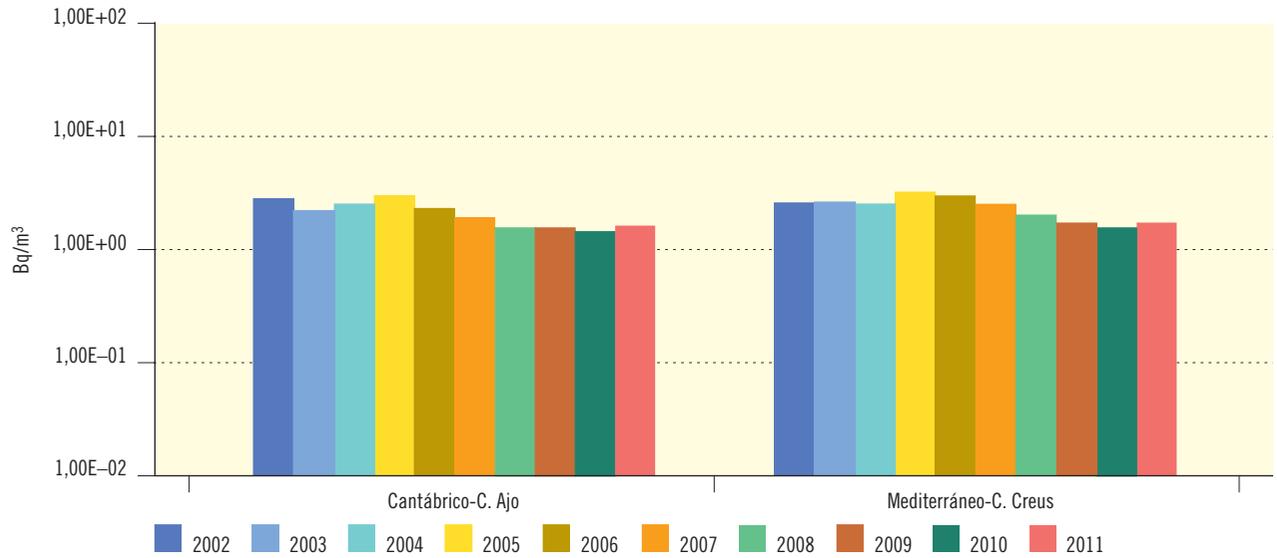
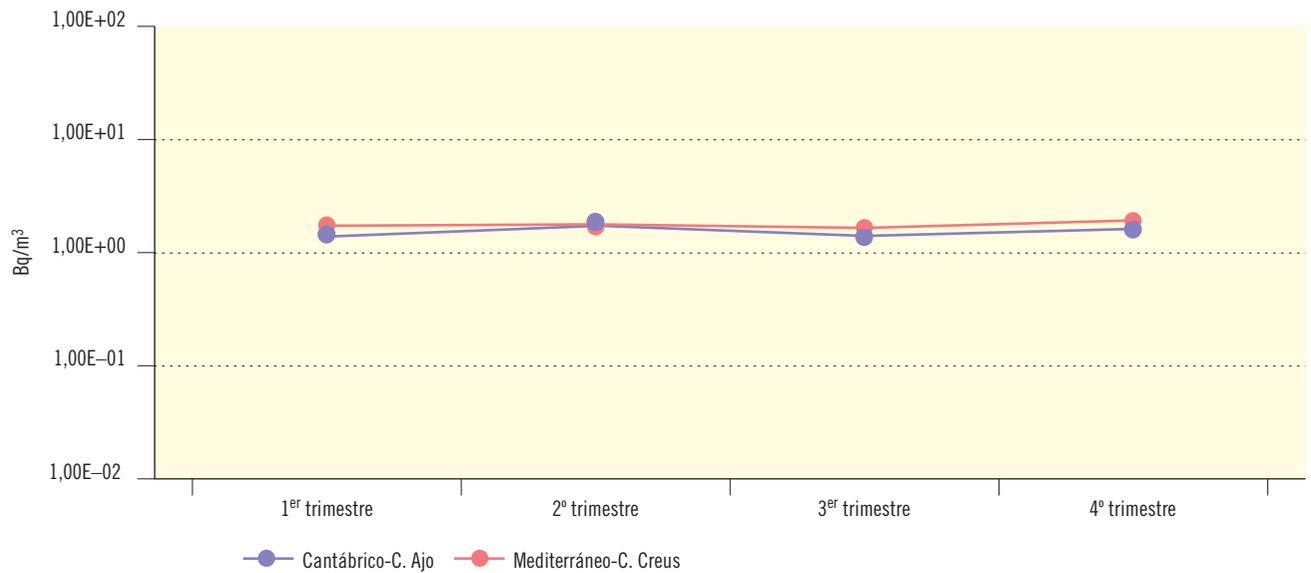


Figura 3.70b. Red espaciada. Agua de mar. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2011



Estación	Cantábrico-C. Ajo	Mediterráneo-C. Creus
Valor medio	1,47E+00	1,58E+00
Valor máximo	1,60E+00	1,70E+00
Valor mínimo	1,37E+00	1,53E+00
LID máximo	2,61E-01	2,49E-01
LID mínimo	1,89E-01	1,92E-01
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	4
Nº de análisis < LID	0	0

RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)



4

1. Estaciones automáticas

La Red de Estaciones Automáticas tiene por objeto 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 Emergencia (Salem) del CSN. Esto permite el seguimiento perma-

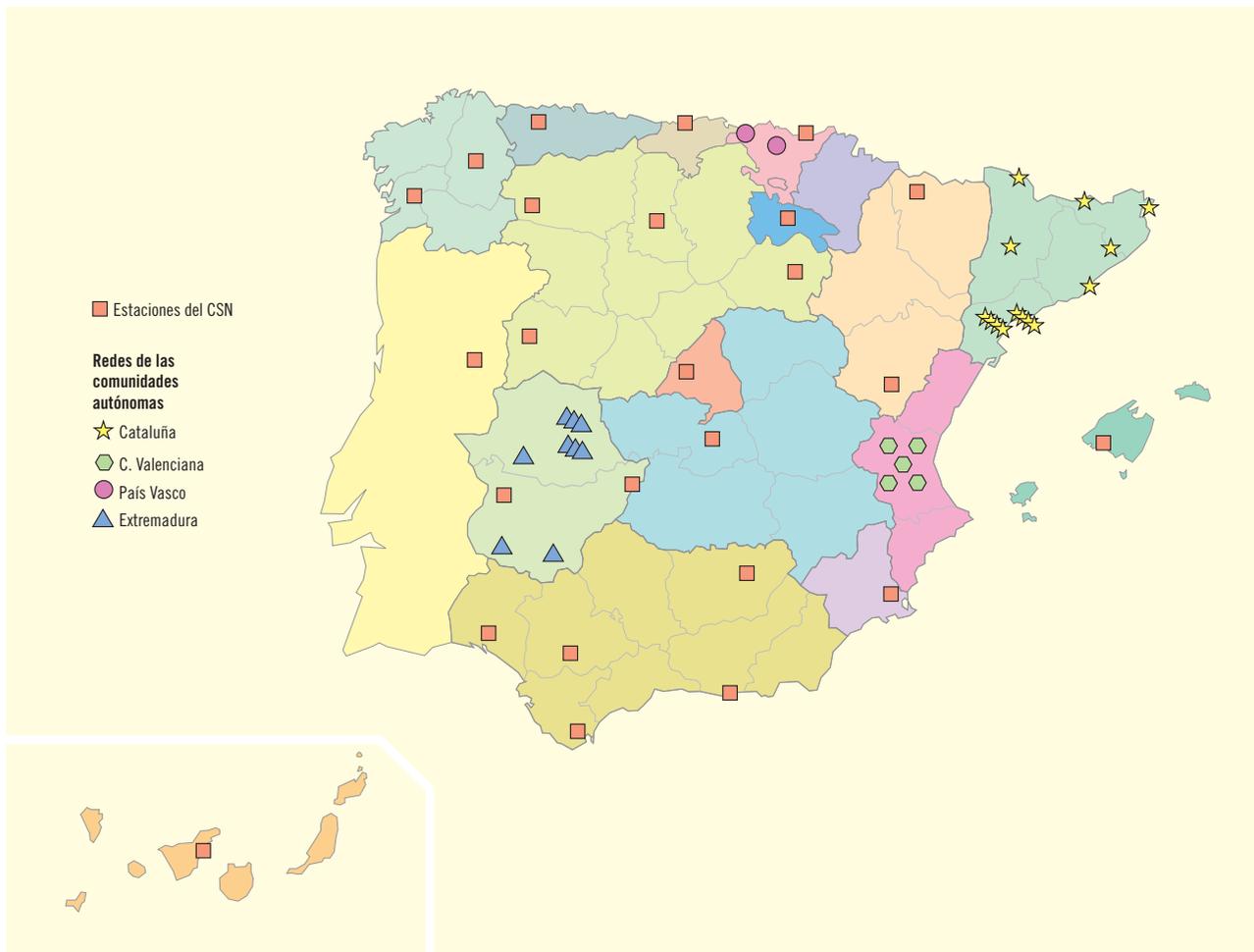
nente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por la REA.

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.

En el año 2009 se inició una campaña de sustitución de los detectores de baja dosis de las estaciones de la REA, ya que los estudios de calibración realizados por el Ciemat, sobre una muestra de sondas gamma de la

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental (Revira)

Red de Estaciones Automáticas (REA)



REA, mostraban una pérdida de sensibilidad frente a la medida de tasa de dosis, como consecuencia de su envejecimiento.

Esta campaña finalizó en el año 2010 con la sustitución en todas las estaciones de la REA de los detectores de baja tasa de dosis.

Dentro de la prevista renovación de la Red de Estaciones Automáticas (REA), a finales de 2009 se creó un grupo de trabajo constituido por los servicios correspondientes de las comunidades autónomas con redes de estaciones automáticas, sus apoyos tecnológicos, el Ciemat y el CSN coordinando sus actividades.

La finalidad de este grupo es determinar las posibles mejoras tecnológicas disponibles en la actualidad, aplicables a las redes, tanto desde el punto de vista del equipamiento radiométrico como de las conexiones y comunicaciones con la Salem.

En el año 2010 se desarrollaron estudios al respecto y reuniones del grupo de trabajo para ir definiendo las características de la futura red.

A mediados de 2011, el Pleno del CSN dio su conformidad al informe ejecutivo que contiene las propuestas del grupo de trabajo de renovación de las redes de las estaciones automáticas de vigilancia radiológica.

El próximo paso será la firma del convenio de colaboración para la adquisición, instalación y explotación de tres estaciones piloto, entre el CSN y tres de las comunidades autónomas que disponen de redes propias (Cataluña, Extremadura y País Vasco).

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), antiguo Instituto Nacional de Meteorología (INM), y el CSN, se sitúan junto a estaciones automáticas de Aemet compartiendo 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.

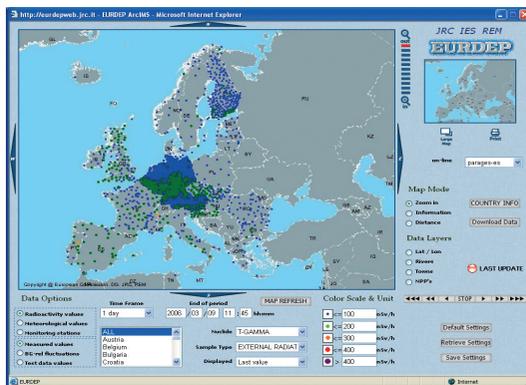
Cada estación dispone de la instrumentación necesaria para medir las variables que se indican en la tabla 4.1

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

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



las redes valenciana, catalana, extremeña y vasca. También se dispone de un archivo histórico de estos datos para consultas en 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>

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 2011 en cada una de las estaciones de la red.

El análisis de la operación y los resultados de la REA durante el año 2011 será objeto de la publicación *Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2010 y 2011.*

A partir del 23-24 de marzo de 2011 empezó a detectarse en España la contaminación radiactiva procedente del accidente de Fukushima. Las cantidades que llegaron a nuestro país fueron tan bajas que en las estaciones automáticas de medida en tiempo real, como es la REA, establecida para la detección rápida de incrementos de radiactividad en aire en caso de accidente, no se detectó ningún incremento. Los valores obtenidos, desde que se produjo el accidente de esta central, están dentro de los habituales.

Tabla 4.2. Red de Estaciones Automáticas

Año 2011.

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

ANEXO



I. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2011

1. Instalaciones en explotación

1.1. Centrales nucleares

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Gases nobles	1,27E+13	3,24E+13	2,71E+12	1,76E+13	2,85E+12	1,24E+12	2,35E+12
Alfa total	3,04E+04	1,38E+04	8,40E+03	1,91E+05	2,12E+04	<LID	<LID
Ag-110m	2,83E+03	<LID	<LID	<LID	<LID	6,49E+05	<LID
Co-58	5,44E+04	7,60E+03	<LID	1,26E+06	7,42E+05	<LID	9,67E+07
Co-60	8,12E+04	2,47E+06	1,42E+06	6,95E+06	2,67E+06	9,48E+05	2,11E+07
Cs-134	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID
Cs-137	8,23E+04	3,63E+02	9,76E+05	1,16E+06	6,75E+05	<LID	<LID
C-14	5,41E+11	3,01E+11	4,65E+11	4,21E+11	2,20E+11	3,19E+10	5,91E+10
H-3	4,93E+12	4,99E+11	8,69E+11	1,05E+12	1,24E+12	5,86E+11	2,68E+11
I-131	<LID	1,57E+06	<LID	4,39E+08	4,51E+07	4,79E+06	1,64E+07
Mn-54	9,07E+00	<LID	<LID	2,68E+06	7,09E+05	<LID	2,74E+06
Sr-90	2,76E+05	4,10E+04	4,35E+04	3,62E+06	7,77E+04	<LID	<LID
Otros radionucleidos	6,00E+04	8,45E+03	<LID	1,05E+10	1,15E+09	5,91E+06	3,50E+07

1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	El Cabril
Alfa total	1,02E+05	6,87E+03
Beta total	–	1,15E+05
Actividad gamma	–	<LID
H-3	–	1,30E+10
C-14	–	3,09E+08

La central se encuentra en fase de latencia. A lo largo del año 2011 se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos al exterior a fin de mantener la depresión en la atmósfera interior del cajón (diciembre).

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 2011 se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos al medio ambiente como consecuencia de las tareas de desmantelamiento realizadas.

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	3,36E+01
Co-60	1,97E+01
Cs-137	2,14E+01
Sr-90	4,28E+01
Otros radionucleidos	7,85E+02

	José Cabrera
Co-60	6,15E+04
Cs-137	6,33E+05
Fe-55	2,52E+04
Ni-63	4,44E+04
H-3	9,94E+08

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 2011.

2.3. Centros de investigación: 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 2011 se han liberado efluentes radiactivos gaseosos, pero su actividad ha sido siempre inferior al LID.

II. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2011

1. Instalaciones en explotación

1.1. Centrales nucleares

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Alfa total	<LID	<LID	<LID	<LID	4,10E+05	<LID	2,10E+06
Ag-110m	1,99E+08	1,09E+09	5,45E+08	<LID	<LID	3,10E+06	3,50E+07
Co-58	8,54E+08	6,89E+08	9,93E+08	<LID	9,24E+06	1,83E+06	6,57E+08
Co-60	7,47E+08	1,48E+09	8,50E+08	4,29E+07	1,22E+08	7,39E+07	2,31E+09
Cs-134	1,31E+07	2,66E+07	9,38E+07	<LID	2,99E+07	4,96E+06	2,22E+07
Cs-137	1,19E+08	9,81E+07	3,24E+08	1,67E+07	8,42E+07	1,81E+07	1,60E+08
H-3	6,45E+13	1,36E+13	3,03E+13	2,35E+11	6,39E+11	1,58E+13	2,04E+13
I-131	<LID	5,92E+06	<LID	<LID	1,49E+06	1,24E+06	2,27E+07
Mn-54	9,13E+07	7,15E+07	4,09E+07	2,06E+07	1,44E+07	2,06E+06	6,97E+07
Sr-90	3,81E+07	2,11E+08	6,47E+07	<LID	1,95E+06	<LID	1,14E+07
Otros radionucleidos	3,61E+09	4,43E+09	2,66E+09	8,71E+07	1,26E+08	1,54E+08	1,57E+09

1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

1.2.1. Fábrica de combustible de Juzbado

	Fábrica de Juzbado
Alfa total	1,87E+07

1.2.2. Centro de almacenamiento de residuos de baja y media actividad de 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 2011 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 2011 se han efectuado vertidos de efluentes radiactivos líquidos como consecuencia de las tareas de desmantelamiento realizadas.

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	1,15E+07

2.3. Centros de investigación

2.3.1. Ciemat

	Ciemat
Co-60	<LID
Cs-137	3,14E+04
H-3	<LID
Sr-90	<LID
Otros radionucleidos	2,84E+04

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	7
SUMARIO	9
1. OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL ...	11
1. Dispositivo especial de vigilancia tras el accidente nuclear de Fukushima	16
2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y DE OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS	17
1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares en operación	18
1.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental	19
1.2. Resultados	24
1.2.1. Aire	24
1.2.2. Radiación directa	28
1.2.3. Deposición	28
1.2.4. Agua	33
1.2.5. Organismos indicadores	47
1.2.6. Alimentos	56
2. Vigilancia alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación	68
2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental	68
2.2. Resultados	68
2.2.1. Aire	70
2.2.2. Radiación directa	72
2.2.3. Deposición	74
2.2.4. Agua	76
2.2.5. Alimentos	81
2.2.6. Organismos indicadores	88
3. Vigilancia alrededor de instalaciones nucleares y radiactivas en situación de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia	89
3.1. Ciemat	89
3.1.1. Características de la instalación	89
3.1.2. Descripción y resultados del PVRA	89
3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)	94
3.2.1. Características de la instalación	94
3.2.2. Características y resultados del PVRA	94

3.3. Vandellós I	96
3.3.1. Características de la instalación	96
3.3.2. Descripción y resultados del PVRA	96
3.4. Planta Quercus	100
3.4.1. Características de la instalación	100
3.4.2. Descripción y resultados del PVRA	100
3.5. José Cabrera	105
3.5.1. Características de la instalación	105
3.5.2. Descripción y resultados del PVRA	105
4. Vigilancia Radiológica Independiente del CSN en el entorno de las instalaciones	110
4.1. Programas de Vigilancia Radiológica Independientes realizados directamente por el CSN	110
4.2. Programa de Vigilancia encomendado a la Generalidad de Cataluña	110
4.3. Programa de Vigilancia encomendado a la Generalidad Valenciana	111
4.4. Resultados	111
3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL	113
1. Red de Estaciones de Muestreo (REM)	114
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre	114
1.1.1. Estaciones de muestreo	114
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	115
1.1.3. Resultados	118
— Aire	119
— Deposición	120
— Agua	120
— Alimentos	121
1.2. Vigilancia del medio acuático	147
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales	148
— Estaciones de muestreo	148
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	148
— Resultados	149
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras	172
— Estaciones de muestreo	172
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	172
— Resultados	173
4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)	179
1. Estaciones automáticas	180
2. Diseño de la REA	181
3. Resultados	182
ANEXO	185
I. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2011	186
II. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2011	187

