

# Programas de vigilancia radiológica ambiental Resultados 2004

Autores: Ana González Calvo  
Inmaculada Marugán Tovar  
Carmen Rey del Castillo  
Rosario Salas Collantes  
Agustina Sterling Carmona  
Lucila M<sup>a</sup> Ramos Salvador

*Agradecemos a Mercedes Huerta  
Rodríguez su colaboración en la  
elaboración gráfica de este informe.*

Colección  
Informes Técnicos  
15.2005



Colección Informes Técnicos  
Referencia INT-04.11

Agradecemos a las áreas de Evaluación de Impacto Radiológico y de Gestión de Emergencias y Redes 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 2005, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:  
Consejo de Seguridad Nuclear  
C/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. España  
[www.csn.es](http://www.csn.es)  
[peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

Maquetación: RGB Comunicación, S.L.  
Impresión:

Depósito legal: M. 39.690-2001

Se presenta aquí el séptimo informe anual sobre los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental que contiene los resultados de los programas desarrollados durante el año 2004 junto con 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 el control del impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y controla 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 la Comisión de la Unión Europea establece para facilitar a los Estados miembros el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom<sup>(1,2)</sup>. Cabe mencionar que durante el año 2004 la Comisión ha efectuado una verificación al PVRA de la central nuclear de Trillo, de acuerdo con lo establecido en el artículo 35 de Euratom, y cuyos resultados se presentan resumidos en el capítulo 2 de este documento.

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, 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, considerando la variación histórica de los parámetros más representativos desde 1983 a 2004 y presentando a continuación y en mayor detalle los valores correspondientes al año 2004. Se ha incluido un anexo con la actividad emitida a través de los efluentes de centrales nucleares y las instalaciones del ciclo del combustible durante el año 2004.

La Dirección General de Protección Civil dispone de una Red de Alerta a la Radiactividad (RAR) constituida por 907 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.

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

---

<sup>1</sup> 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.*

<sup>2</sup> 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.*

## 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 .....	111
Red de Estaciones Automáticas (REA) .....	165
Anexo .....	169
Índice de contenidos.....	172

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA  
RADIOLÓGICA AMBIENTAL



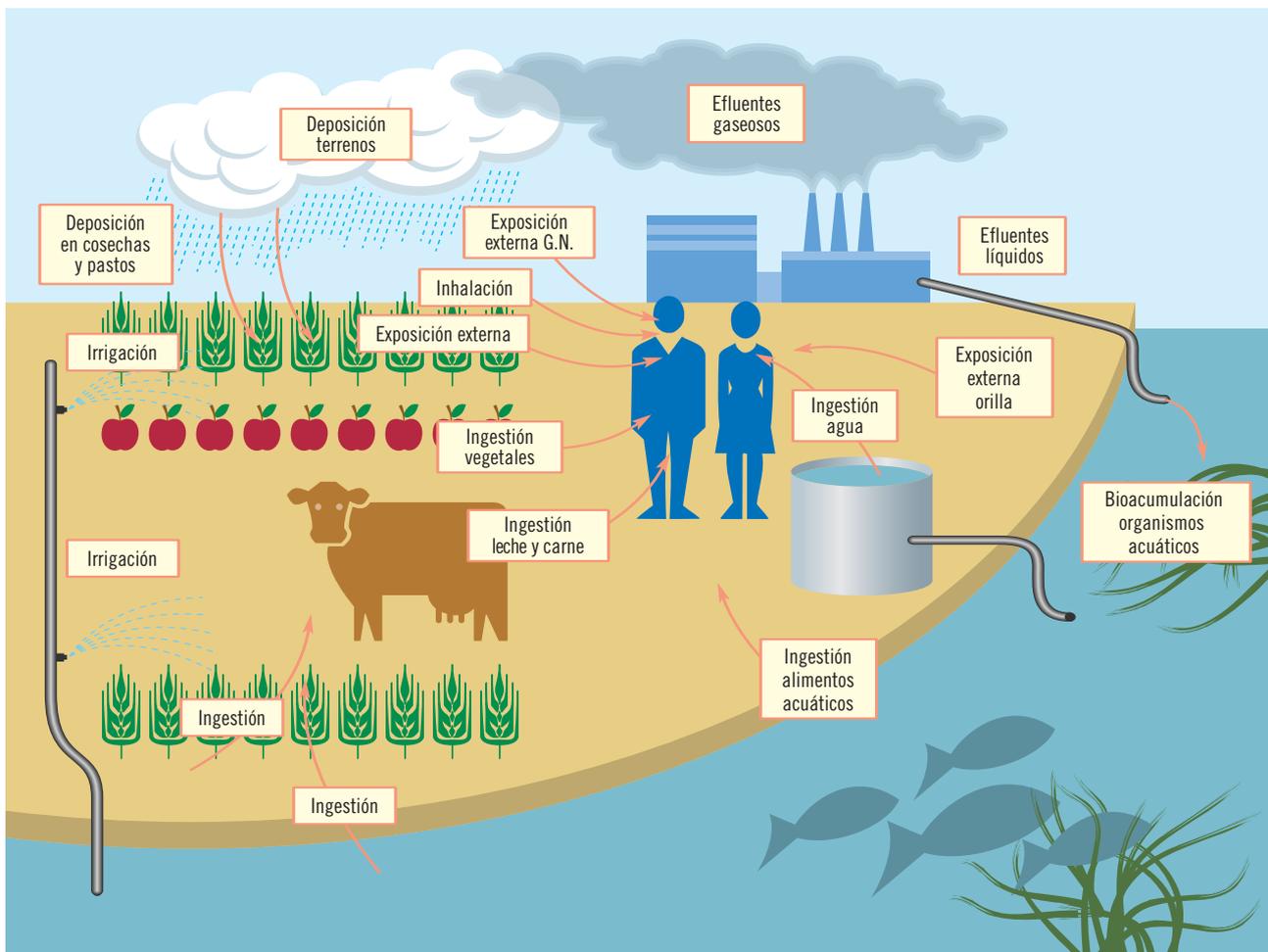
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- 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.

Y, en el caso concreto de la vigilancia alrededor de las centrales nucleares y otras instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear:

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

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos



El sistema de redes de vigilancia radiológica ambiental, establecido en España para conseguir estos objetivos, 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, 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, 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 2000<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> 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 los 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 la 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 radionucleidos artificiales obtenidos en estas vías suelen estar por debajo del Límite Inferior de Detección (LID), o próximos a éstos.
- Vías integradoras. Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se incrementa con la emisión continua del mismo al medio, 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 integradoras y acumuladoras. Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se deriva de las vías de exposición anteriores. En las muestras seleccionadas en estas vías, de existir actividad en las denominadas integradoras y transitorias, bien por deposición radiactiva (poso radiactivo) y/o como consecuencia del funcionamiento de las instalaciones, se pueden detectar también los isótopos presentes en las mismas.

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 indica el número total de análisis que se realiza en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los distintos tipos de vigilancia a los que se asocian.

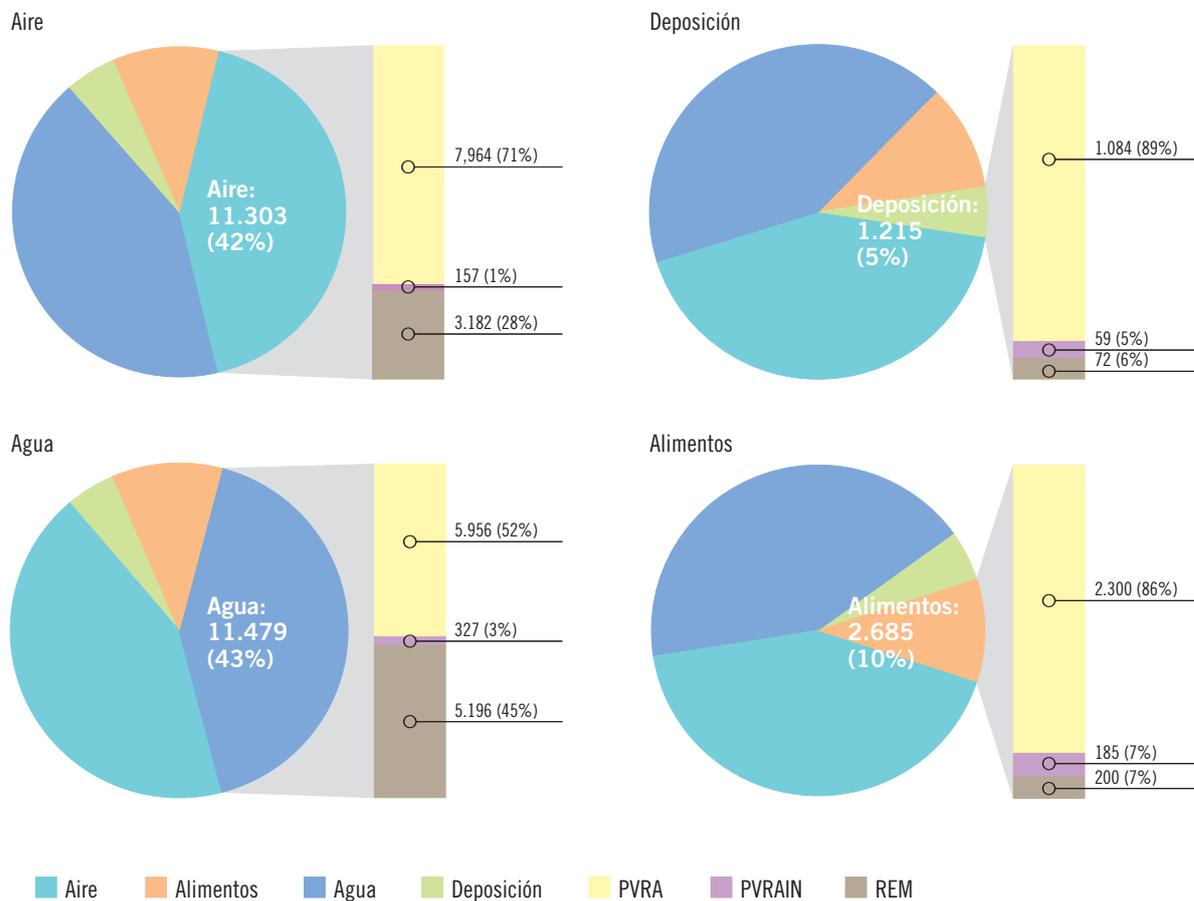
En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir, aquellas que indican de manera casi inmediata una alteración en los niveles de radiactividad ambiental, permitiendo incrementar, si fuera necesario, la frecuencia de muestreo en las vías integradoras y acumula-

doras para estudiar 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. El CSN dispone de una base de datos para almacenar la información correspondiente a estos programas (Keeper). En la actualidad esta base cuenta con más de un millón quinientos mil registros que corresponden a los distintos programas de vigilancia.

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 2004

Número de análisis realizados en cada vía



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



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 distintos emplazamientos de dichas instalaciones. Cada una de ellas 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 que en la actualidad se encuentran en fase de explotación corresponde a tres generaciones diferentes dentro del programa nuclear de nuestro país.

- 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 José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós I, esta última en fase de desmantelamiento.
- 2ª generación. Centrales proyectadas a comienzo de la década de los 70, cuya construcción se inició en la misma época y cuya explotación se inició en los primeros años de la década de los 80. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de 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.

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



Corresponden a esta generación las centrales nucleares Vandellós II y Trillo.

En la tabla adjunta a 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-4.01, “Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares”. En las figuras 2.2 a 2.7 se presenta, para cada vía de exposición, el número de estaciones

de muestreo existentes en los PVRA de cada una de las centrales nucleares durante la campaña de 2004, así como el número de estaciones recomendado teniendo en cuenta los criterios establecidos en dicha guía, que se transcriben a la derecha de las mismas.

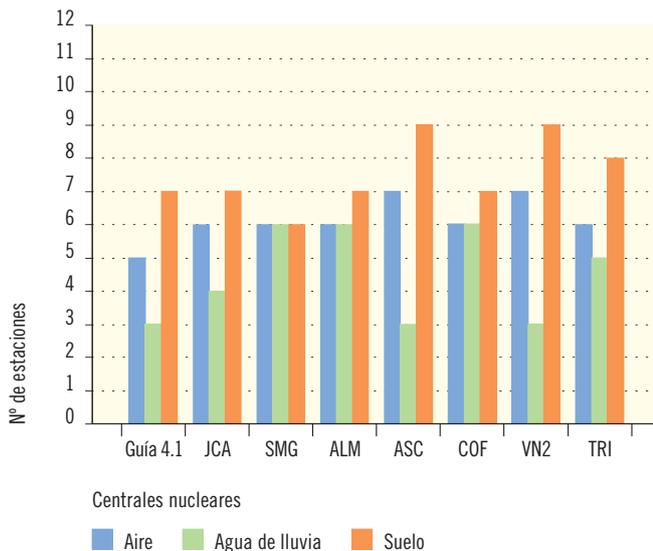
Generalmente, el número de estaciones de muestreo supera las recomendaciones de la Guía 4.1; los casos en que el número de estaciones es inferior a lo establecido, se deben principalmente a adaptaciones del PVRA a los usos de la tierra y del agua propios del emplazamiento. En cualquier caso, estas adaptaciones son justificadas por la instalación, evaluadas por el CSN y aprobadas en su caso.

En la tabla 2.1 se incluyen los tipos de muestras y análisis realizados en las centrales nucleares.

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2004.

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 húmeda)

- 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.

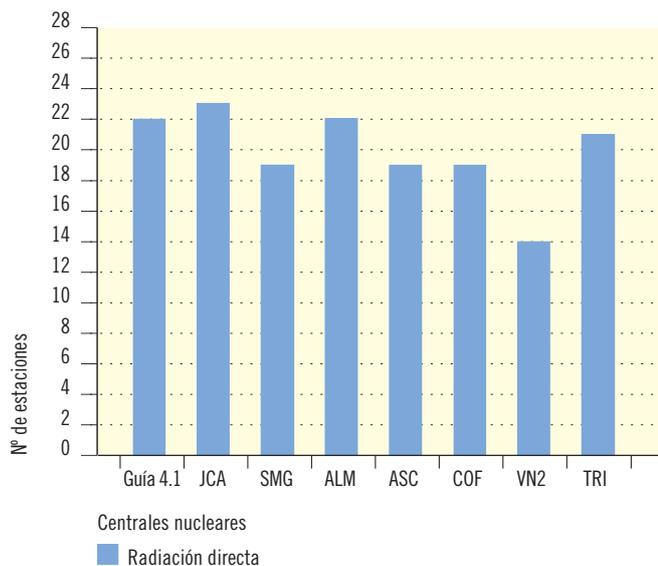
Suelo (deposición total)

- Una muestra en cada localización donde se recogen partículas.

Figura 2.3. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2004.

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

Figura 2.4. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2004.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Agua potable, superficial y subterránea

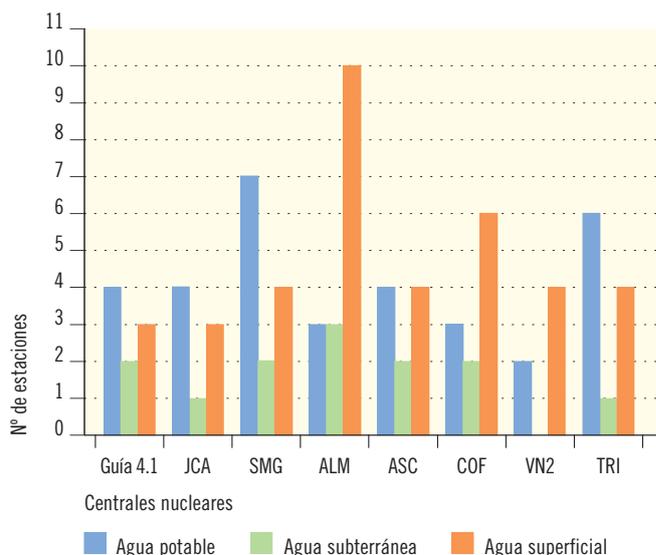
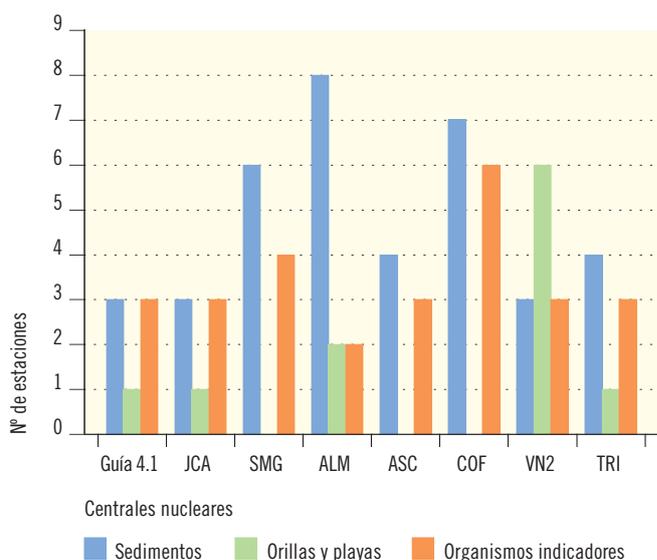


Figura 2.5. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2004.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Sedimentos de fondo, de orilla y organismos indicadores



#### 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.

#### 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 2004.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)

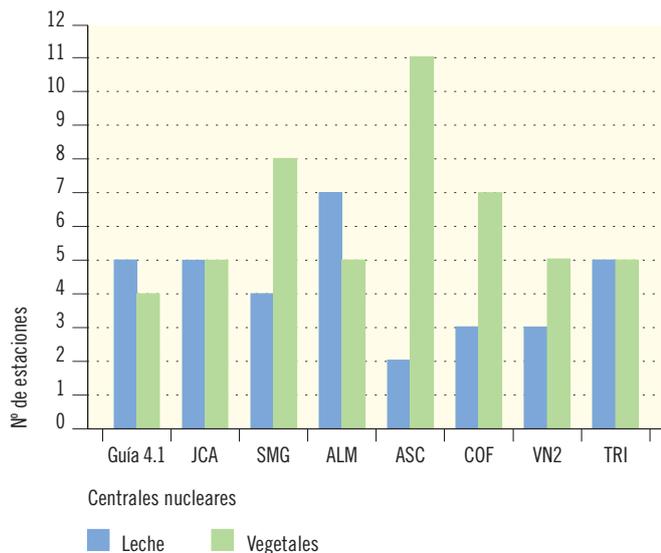
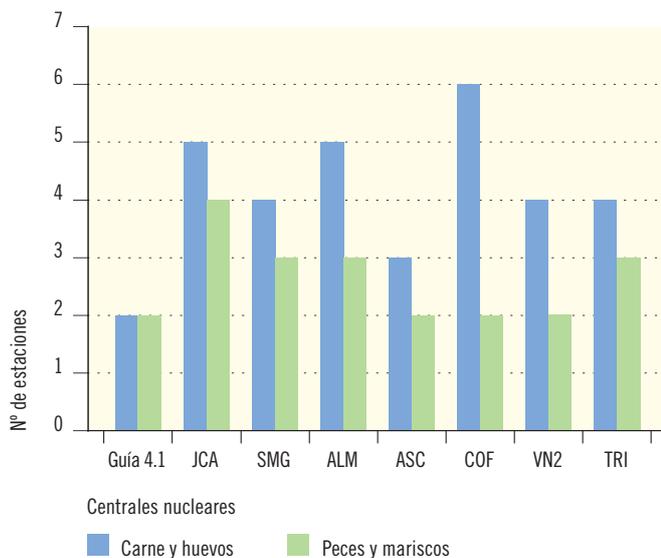


Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2004.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (carne, huevos, peces y mariscos)



### 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.

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 período de exposición máximo de un trimestre	Dosis integrada
Agua potable	Muestreo quincenal o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Sr-90 Tritio 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 Tritio Espectrometría gamma
Suelos, sedimentos y organismos indicadores	Muestreo de suelo, anual, y sedimentos y organismos indicadores, semestral	Sr-90 Espectrometría gamma
Leche y cultivos	Muestreo de leche quincenal en época de pastoreo y mensual el resto del año y cultivos en época de cosechas	Sr-90 Espectrometría gamma I-131
Carne, huevos, peces, mariscos y miel	Muestreo semestral	Espectrometría gamma

## 1.2. Resultados

Los criterios generales que se han tenido en cuenta en la presentación de los resultados son los siguientes:

- Del total de resultados obtenidos, 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 recogida de muestras de la zona vigilada alrededor de cada instalación, excepto en el caso de organismos indicadores acuáticos en aquellas instalaciones que realizan sus vertidos a cauces fluviales, en los que se calculan por separado los valores medios de los datos obtenidos en las estaciones situadas aguas arriba y aguas abajo de los mismos.
- 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.
- Partiendo de los datos anteriores, se ha representado gráficamente la variación temporal de los valores medios anuales de concentración de actividad obtenidos para cada tipo de muestra en las distintas instalaciones; en los casos en que se aprecia una discontinuidad entre periodos anuales, debe interpretarse que todos los resultados obtenidos en ese periodo han sido inferiores al LID.
- Para la campaña del año 2004, objeto principal de este documento, se proporciona una información más detallada, 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.

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 histórica 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 representan los valores detallados para la campaña del año 2004. No se presentan gráficas históricas 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.

### 1.2.1. Aire

La vigilancia radiológica del aire permite estimar la dosis potencial recibida por la población a causa de la inhalación. El aire constituye el medio primario de recepción de los efluentes emitidos a la atmósfera y una vía de transferencia transitoria de radionucleidos en el medio ambiente, por lo que el muestreo se realiza de modo continuo con cambio de los filtros cada semana.

#### *Índice de actividad beta total*

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

En la figura 2.8a se pone de manifiesto la similitud que presentan los valores históricos para cada una de las centrales nucleares; el incremento observado en la campaña de 1986 en el caso de las centrales de Vandellós II y Cofrentes, refleja la llegada a la costa mediterránea de masas de aire con isótopos radiactivos procedentes del accidente de la central nuclear de Chernóbil.

#### *Sr-90*

Se trata de un radionucleido de origen artificial que puede proceder del poso radiactivo y 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 análisis que presenta valores superiores al LID suele ser inferior al 10%. Entre las posibles causas de su detección hay que considerar los procesos de re-suspensión desde el suelo del poso radiactivo.

Como se observa en la figura 2.9a, los valores históricos se mantienen dentro de un estrecho margen de variación y son coherentes con los niveles de fondo radiactivo, tanto por la baja proporción de valores superiores al LID como por los niveles de concentración. En la campaña de 2004 se han obtenido dos valores superiores al LID en la central José Cabrera y dos en Almaraz, todos ellos similares o inferiores a los de años anteriores y varios órdenes de magnitud por debajo del 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.

#### *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 2004 no se han obtenido valores de emisores gamma artificiales superiores al LID.

#### *Yodo*

El control y seguimiento de los halógenos se lleva a cabo mediante el muestreo continuo de yodo 131, y su análisis con frecuencia semanal. El porcentaje de valores superiores al LID es habitualmente muy bajo. En la campaña del año 2004 se detecta I-131 en dos de las 364 muestras tomadas por la central de Ascó y en una de las 310 muestras analizadas por la central de Cofrentes (figuras 2.10 a y b), todos ellos 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.

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

Valores medios en la zona vigilada

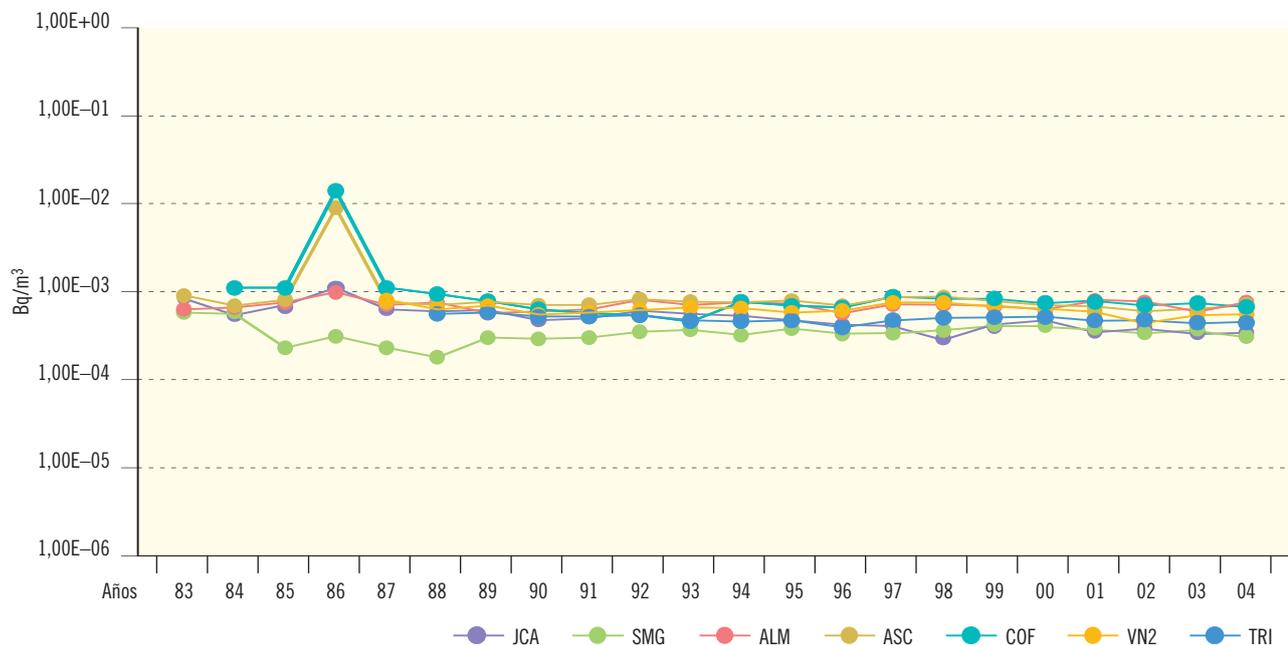
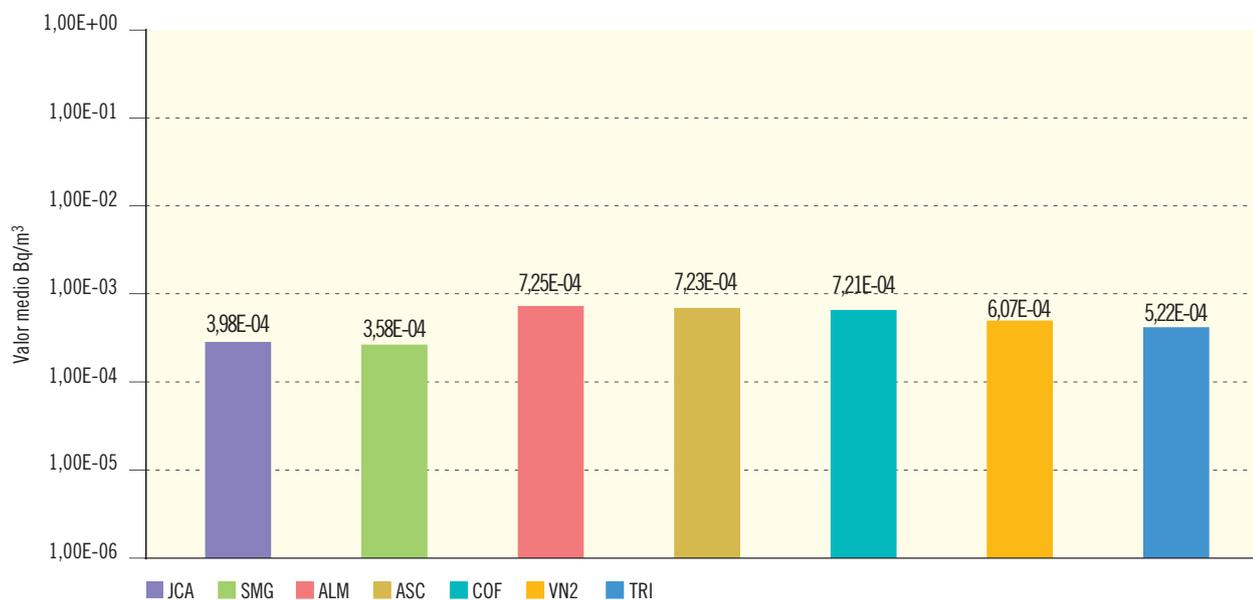


Figura 2.8b. Partículas de polvo en aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,49E-03	9,12E-04	2,43E-03	2,17E-03	1,94E-03	1,70E-03	1,38E-03
Valor mínimo	4,58E-05	1,12E-04	9,21E-05	1,23E-04	9,91E-05	5,52E-05	1,32E-04
Nº total de análisis	311	311	317	364	311	352	311
Nº de análisis > LID	293	310	316	364	311	352	311
Nº de análisis < LID	18	1	1	0	0	0	0

Figura 2.9a. Partículas de polvo en aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

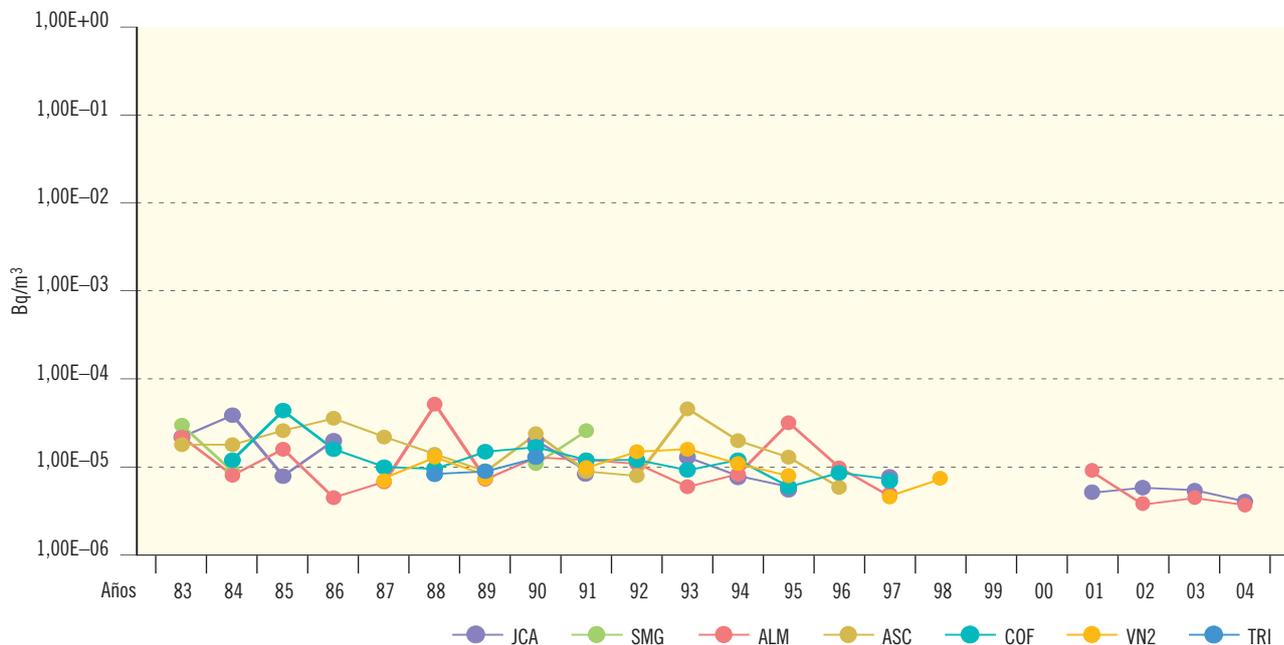


Figura 2.9b. Partículas de polvo en aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,43E-06		3,86E-06				
Valor mínimo	2,95E-06		3,27E-06				
Nº total de análisis	24	24	24	28	24	28	24
Nº de análisis > LID	2	0	2	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	24	22	28	24	28	24

Figura 2.10a. Radiyodos en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

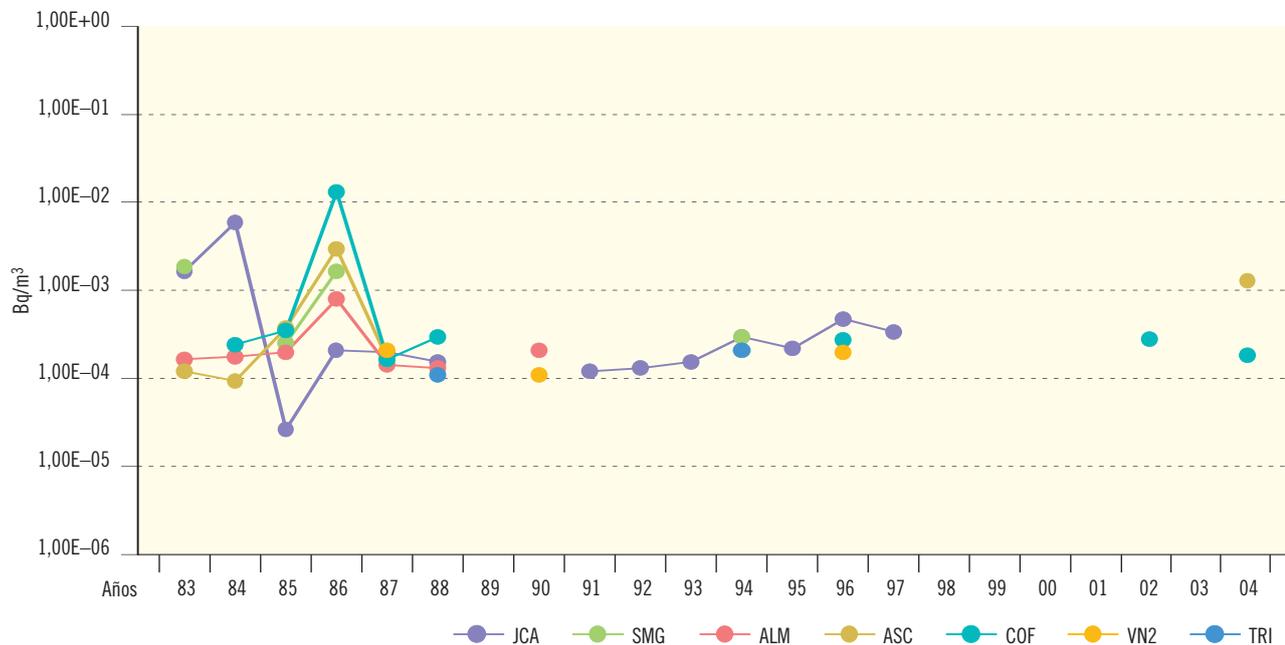
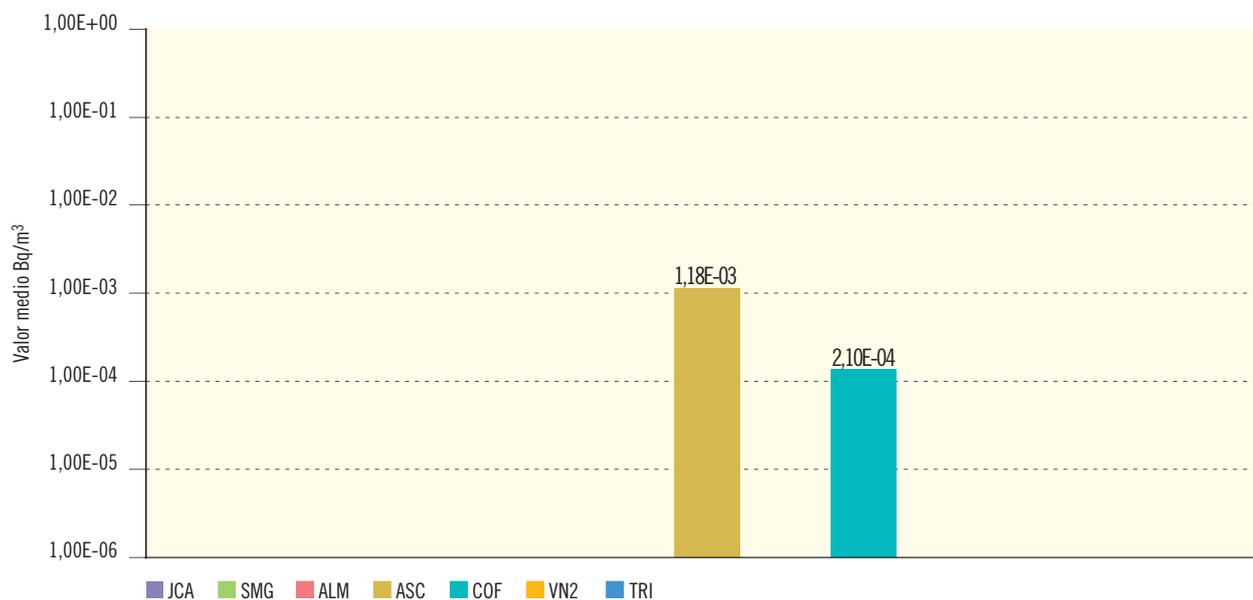


Figura 2.10b. Radiyodos en el aire. Concentración de actividad de I-131 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				1,74E-03	2,10E-04		
Valor mínimo				6,18E-04	2,10E-04		
Nº total de análisis	311	311	317	364	311	352	311
Nº de análisis > LID	0	0	0	2	1	0	0
Nº de análisis < LID	311	311	317	362	310	352	311

### 1.2.2. Radiación directa

#### *Dosímetros de termoluminiscencia*

*Radiación gamma ambiental.* En los dosímetros de termoluminiscencia se miden tasas de dosis por exposición ambiental. Esta dosis en condiciones normales está relacionada 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 2.11a, los valores están en general próximos a 1 mSv/a y presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo, las fluctuaciones más notables se atribuyen a diferencias entre los laboratorios que efectúan las medidas, en cuanto a la obtención y expresión de los resultados, que están siendo actualmente objeto de estudio. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se presentan 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 2.11b los datos representados para todas las centrales corresponden a dosímetros expuestos trimestralmente, excepto para la central nuclear Santa M<sup>a</sup> 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 la tabla). Los valores medios obtenidos en la campaña de 2004 se mantienen similares a la anterior campaña.

### 1.2.3. Deposición

El análisis de las muestras de suelo tiene como objeto conocer las concentraciones de los distintos isótopos presentes en el mismo como consecuencia de la deposición húmeda y seca del material radiactivo emitido en los efluentes gaseosos de la instalación.

Las representaciones gráficas 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 del agua de lluvia.

#### *Suelo: deposición total*

El motivo principal del muestreo de suelo en los PVRA es el estudio de la acumulación de isótopos de periodo relativamente largo, que pueden ser emitidos por los efluentes gaseosos de las instalaciones. No obstante, la presencia en el suelo de radionucleidos artificiales, tales como el estroncio-90 y el cesio-137, es la deposición del material radiactivo procedente de las explosiones nucleares en la atmósfera. El accidente de Chernóbil incrementó ligeramente estas concentraciones en la zona mediterránea de la península.

*Sr-90.* Una de las principales causas de su presencia en los suelos es el ya referido caso radiactivo, por lo que las variaciones que se observan en los gráficos 2.12a y 2.12b pueden estar relacionadas con las características edafológicas de cada lugar de muestreo, que condicionan los procesos de retención y migración de los distintos radionucleidos. Los valores medios más elevados se observan normalmente alrededor de la central nuclear de Almaraz. Se observan variaciones similares en los resultados obtenidos en la vigilancia de ámbito nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones. Los resultados de esta vigilancia en el año 2004 han estado comprendidos entre 0,41 y 23 Bq/kg seco, rango en el que también se encuentran los valores presentados en la figura 2.12b. Los valores del año 2004 en el entorno de las centrales nucleares están dentro del rango de los obtenidos en las campañas anteriores.

*Espectrometría gamma.* Entre los isótopos de origen artificial se detecta el cesio-137 con valores de concentración superiores al LID en un porcentaje de análisis próximo al 100%. Este isótopo, al igual que el estroncio-90, se detecta tanto en periodos preoperacionales como operacionales, siendo una de sus procedencias el mencionado caso radiactivo. No se han detectado en esta campaña otros isótopos de origen artificial. 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 2004 son similares a los de campañas anteriores.

Figura 2.11a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)

Valores medios en la zona vigilada

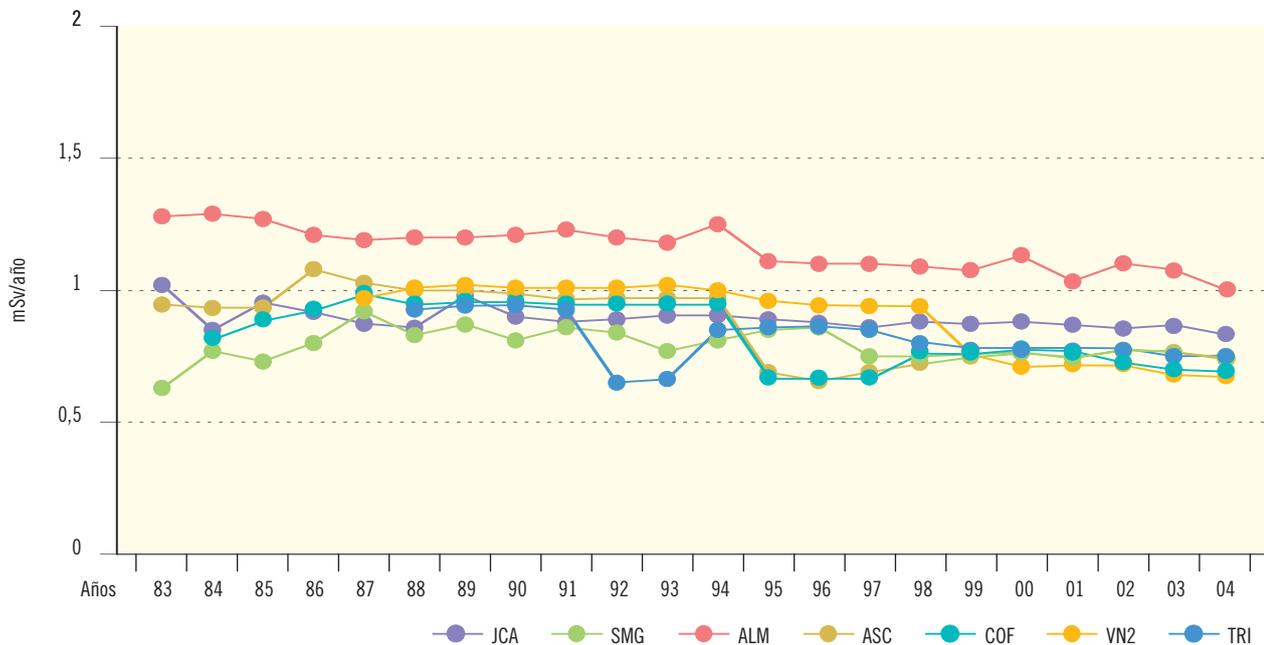
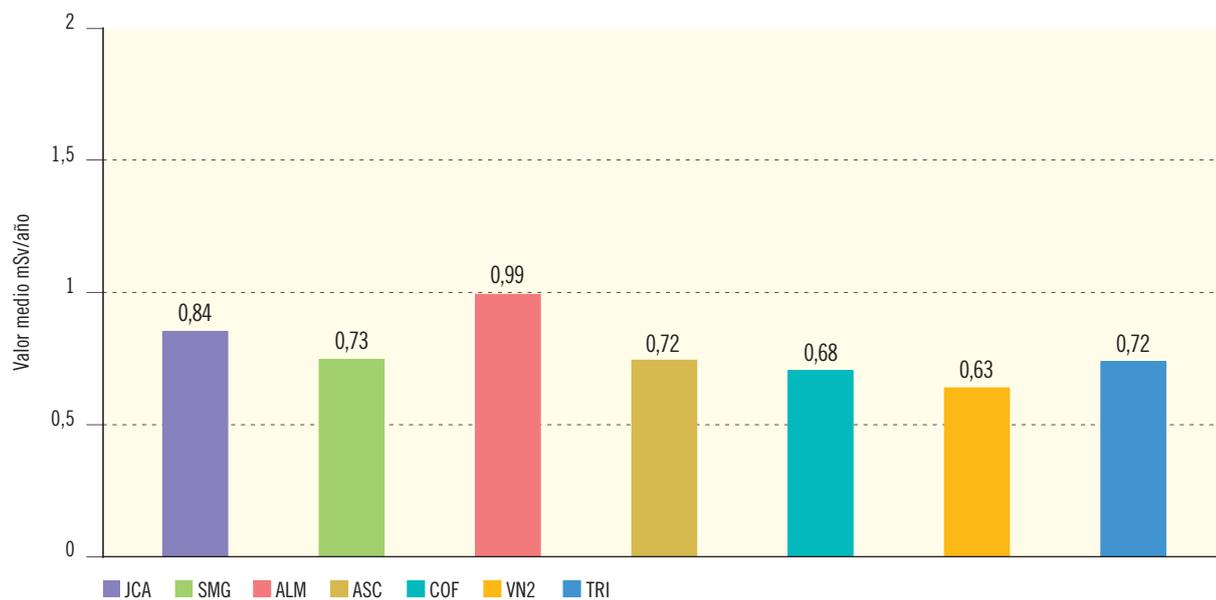


Figura 2.11b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,25E+00	1,05E+00	1,86E+00	1,44E+00	9,40E-01	8,10E-01	8,50E-01
Valor mínimo	6,20E-01	6,15E-01	6,10E-01	4,90E-01	4,80E-01	4,80E-01	5,40E-01
Nº total de análisis	63	228	83	76	75	56	83
Nº de análisis > LID	63	228	83	76	75	56	83
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

Figura 2.12a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

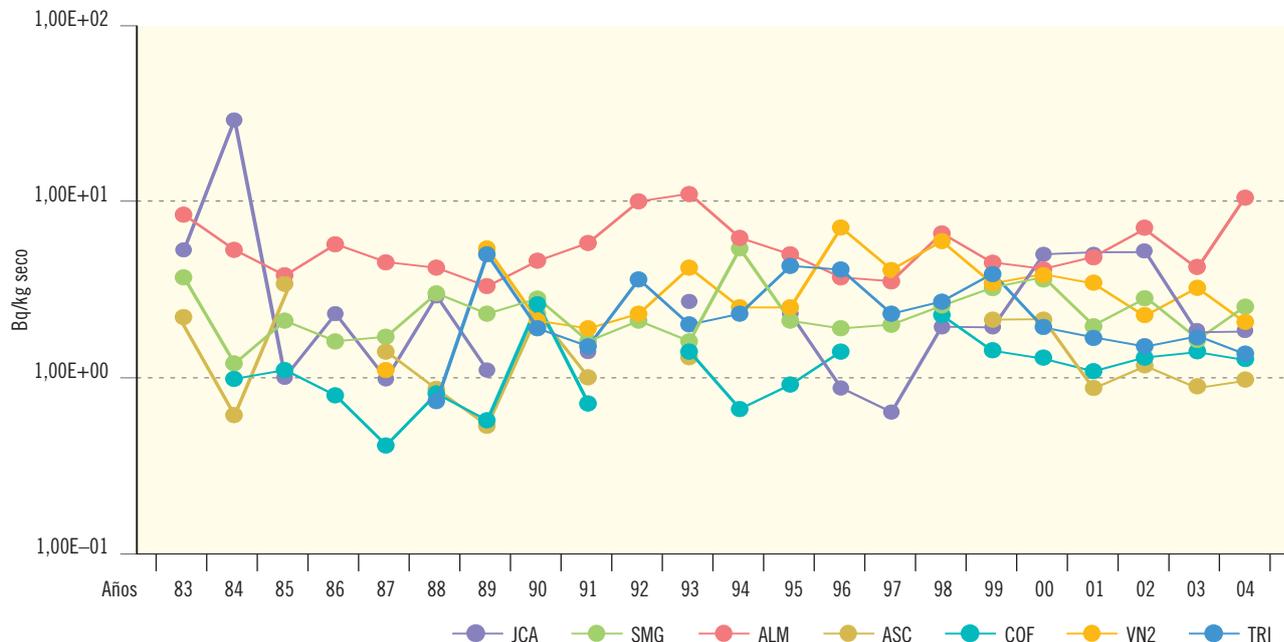
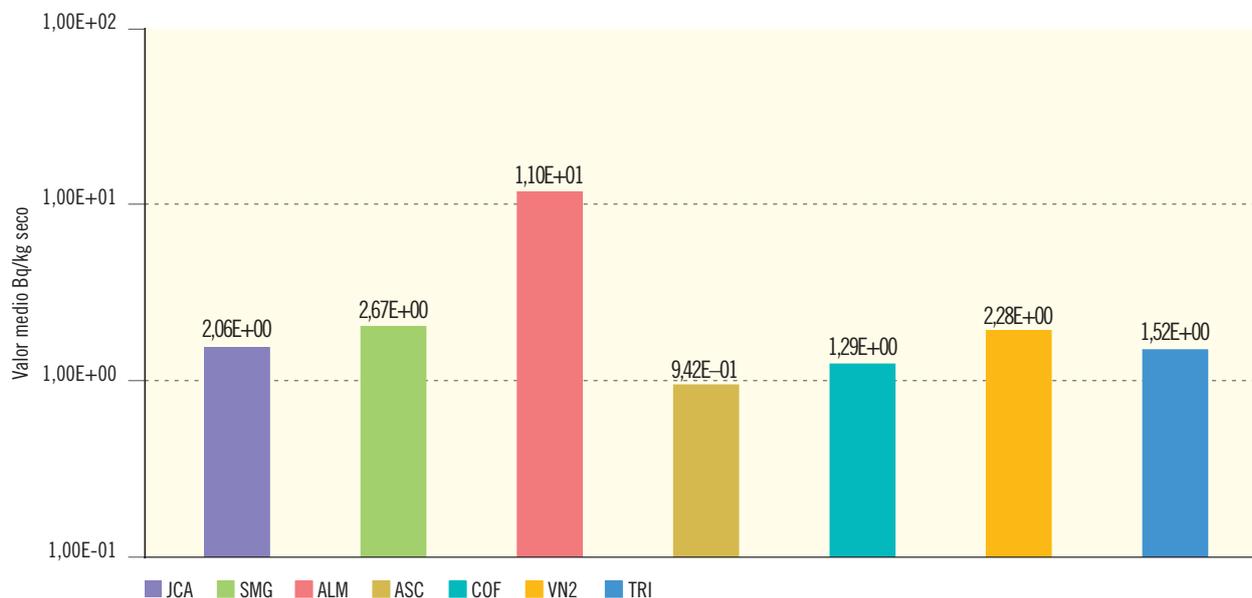


Figura 2.12b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,77E+00	4,22E+00	2,18E+01	1,43E+00	1,77E+00	5,36E+00	2,00E+00
Valor mínimo	1,02E+00	5,83E-01	2,33E+00	5,79E-01	5,36E-01	8,48E-01	1,04E+00
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	6	4	8	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	3	3	1	0

Figura 2.13a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

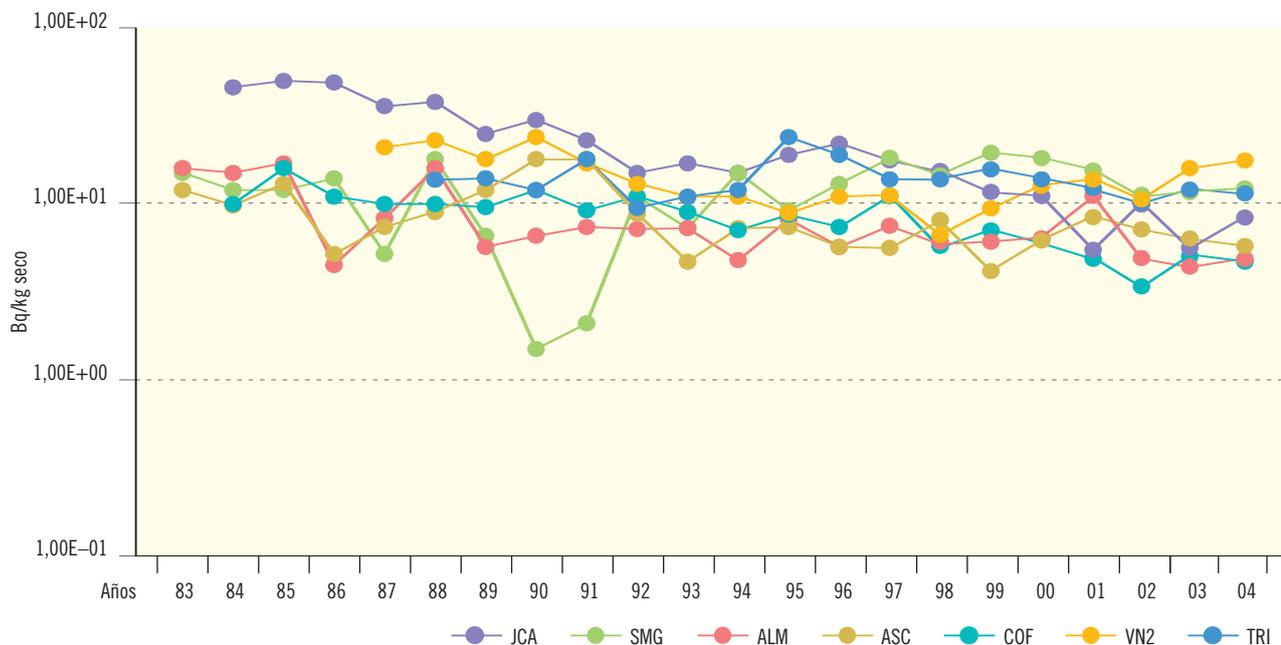
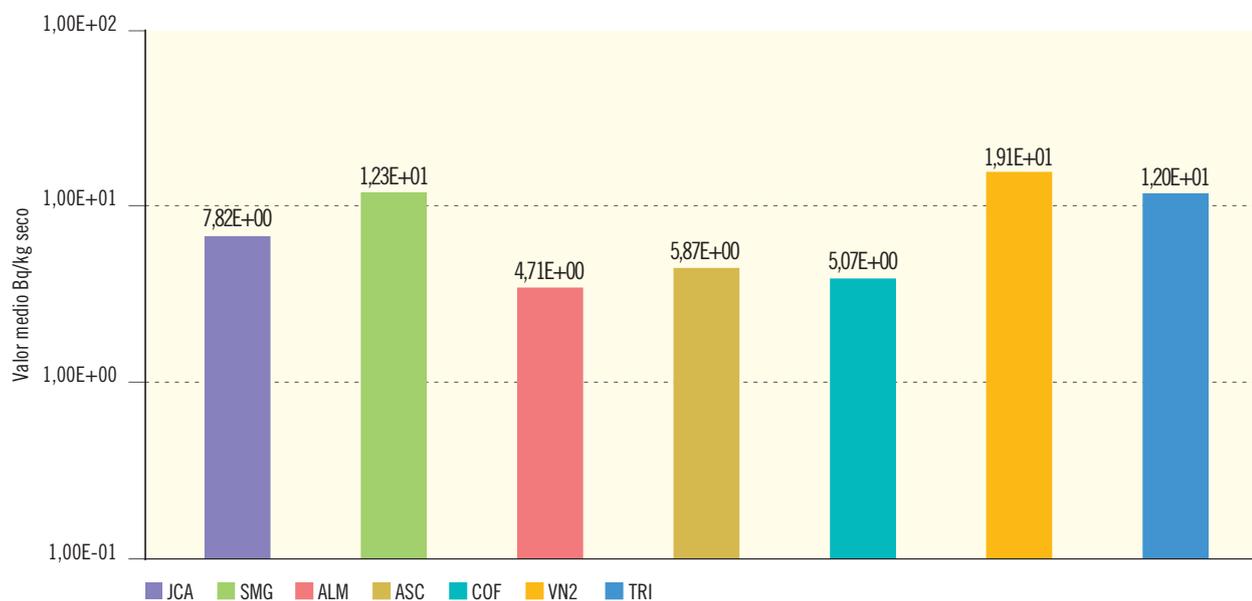


Figura 2.13b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,04E+01	2,32E+01	1,04E+01	1,44E+01	8,75E+00	5,12E+01	1,86E+01
Valor mínimo	3,06E+00	9,98E-01	1,93E+00	5,62E-01	2,23E+00	1,30E+00	4,64E+00
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	6	3	6	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	3	4	3	0

#### 1.2.4. Agua

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

##### *Agua superficial*

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

*Índice de actividad beta total.* El porcentaje de detección de valores de concentración superiores a los LID se sitúa próximo al 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 puede apreciar la diferencia existente entre los valores de las aguas continentales y marinas. En el caso del emplazamiento costero de la central nuclear Vandellós II, la elevada salinidad del agua incrementa el contenido de potasio-40, emisor beta-gamma de origen natural, y el principal contribuyente en este índice de actividad, por lo que los niveles de actividad del índice beta total son más elevados. En general, los valores de este índice mantienen una evolución bastante uniforme, siendo los niveles medios de la campaña del año 2004 similares a los obtenidos en años anteriores. 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 los valores de actividad 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 de beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente. Los valores medios obtenidos para este

índice de actividad en 2004 son similares a los de años anteriores.

*Sr-90.* Este tipo de análisis se realiza únicamente en la central nuclear de Ascó y hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz, por lo que no se incluye la representación gráfica de tipo (b). El número de medidas realizadas en el 2004 ha sido de dieciséis siendo el porcentaje de medidas con valores superiores al LID de un 31%. El valor medio obtenido se encuentra entre los valores más bajos de todas las campañas.

*Tritio H-3.* La proporción de muestras que presentan valores de concentración superiores al LID así como los valores de concentración obtenidos son variables en cada PVRA. Estas variaciones son función de las características de cada instalación, del medio receptor de los efluentes (río, embalse o mar) y de 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 obtiene respectivamente un 12% y un 4% de muestras con valores por encima del LID. En la central de Ascó que vierte al río Ebro, el porcentaje es del 12% y en la central Vandellós II con vertidos al mar, se obtienen un 31% de resultados superiores al LID. En el caso de las centrales que vierten sus efluentes líquidos en el Tajo, Trillo y José Cabrera en la cabecera y la central de Almaraz en un embalse del tramo medio, los porcentajes de valores superiores al LID son el 75, 100 y 75% respectivamente.

Los valores medios de la campaña de 2004 son similares a los de años anteriores.

*Espectrometría gamma.* Los valores de concentración de radionucleidos artificiales son habitualmente inferiores al LID, pero en ocasiones, como es el caso de esta campaña, aparecen de forma esporádica valores superiores al LID en las centrales de Almaraz y Vandellós II. En la central de Almaraz se detecta por primera vez la presencia de Cs-137 en tres de las 137 muestras analizadas, todas ellas procedentes del embalse de Arrocampo. Los valores detectados son inferiores al valor medio del LID obtenido en esta campaña por el laboratorio encargado del análisis de las muestras del PVRA, y también son inferiores al valor

del LID obtenido por el laboratorio del CEDEX, encargado de la vigilancia de la calidad radiológica del agua superficial en España. En el caso de la central Vandellós II se detecta Co-60 en una de las 62 muestras de agua de mar analizadas, también con valores próximos al LID, y similar al valor encontrado en la campaña del año 2003 y que fue omitido del informe de ese año por error.

#### *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 2004 supera los niveles de notificación. Tampoco superan los 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 gráficas siguientes, los resultados obtenidos para cada instalación en los distintos periodos de muestreo son bastante uniformes. Las concentraciones de actividad beta total detectadas son debidas, fundamentalmente, a la concentración de potasio-40 presente en las muestras.

*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 adjuntas 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 2004 se han detectado valores en los programas de las centrales de Almaraz, Ascó, Cofrentes, Santa María de Garoña y Trillo parecidos a los de periodos anteriores.

*Sr-90.* Este tipo de análisis se realiza en los distintos PVRA, con excepción de las muestras correspondientes a la central nuclear Vandellós II. Los valores obtenidos en estos últimos años así como el número de resultados que superan el LID han descendido en relación con los de anteriores campañas. En 2004 se han obtenido valores solamente en las centrales José Cabrera y Ascó, en un 6 y un 12% respectivamente de las muestras analizadas.

*Tritio H-3.* Los porcentajes de muestras que superan los LID son variables al igual que los valores medios anuales de concentración. Los valores obtenidos en 2004 son similares a los de campañas anteriores. El mayor número de valores, y los más elevados, se obtienen en las estaciones de muestreo relacionadas con el río de las centrales de Trillo y José Cabrera que vierten sus efluentes líquidos en la cabecera del Tajo. En el caso de las muestras de la central de Ascó el porcentaje de detección ha sido de un 31%, estando los valores obtenidos dentro del rango de variación de campañas anteriores.

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

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

Valores medios en la zona vigilada

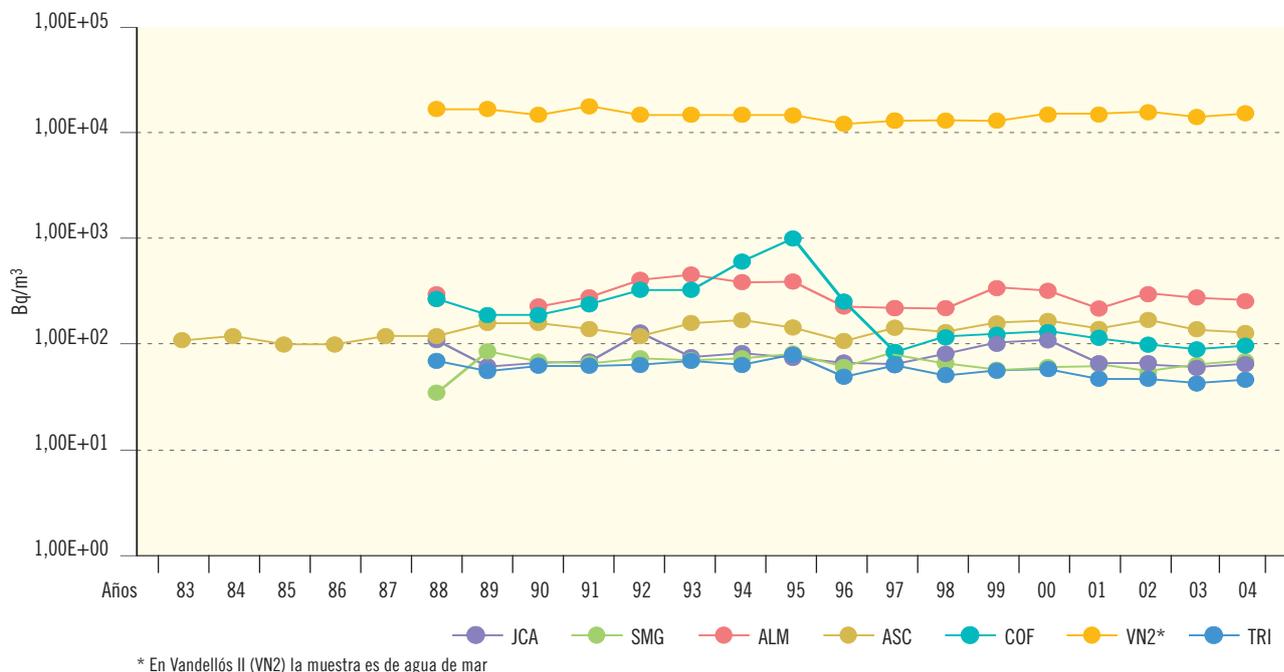
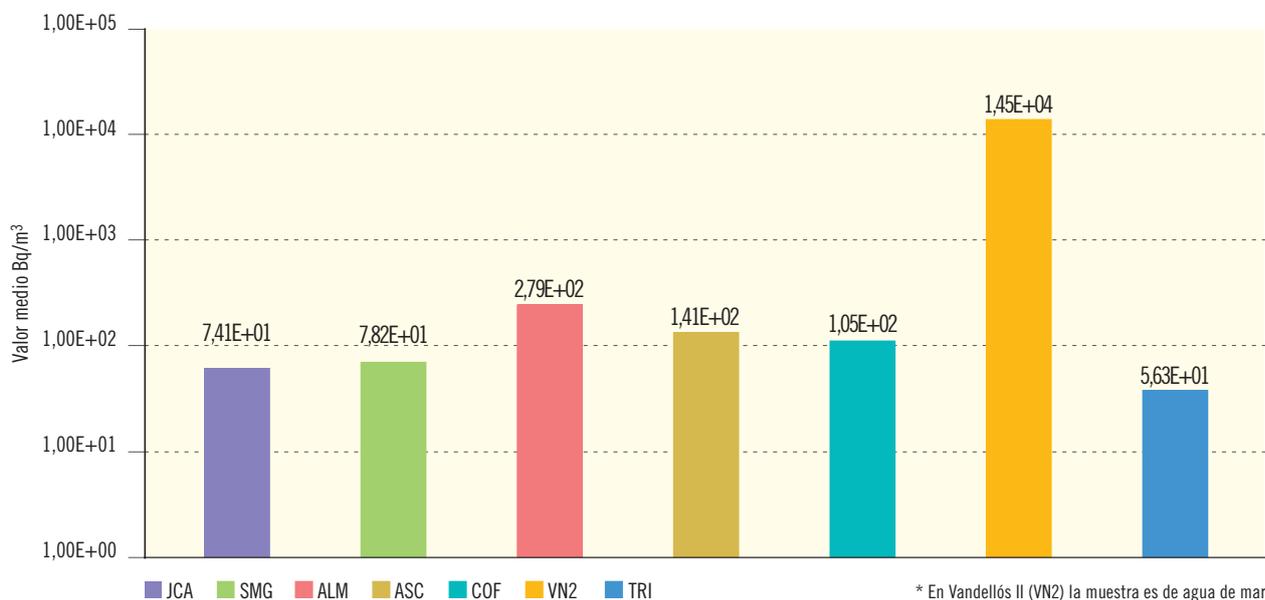


Figura 2.14b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,10E+02	1,30E+02	5,30E+02	2,04E+02	2,67E+02	1,57E+04	9,98E+01
Valor mínimo	2,87E+01	4,49E+01	1,88E+02	9,19E+01	6,29E+01	1,33E+04	2,99E+01
Nº total de análisis	36	16	132	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	36	16	132	16	72	16	48
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

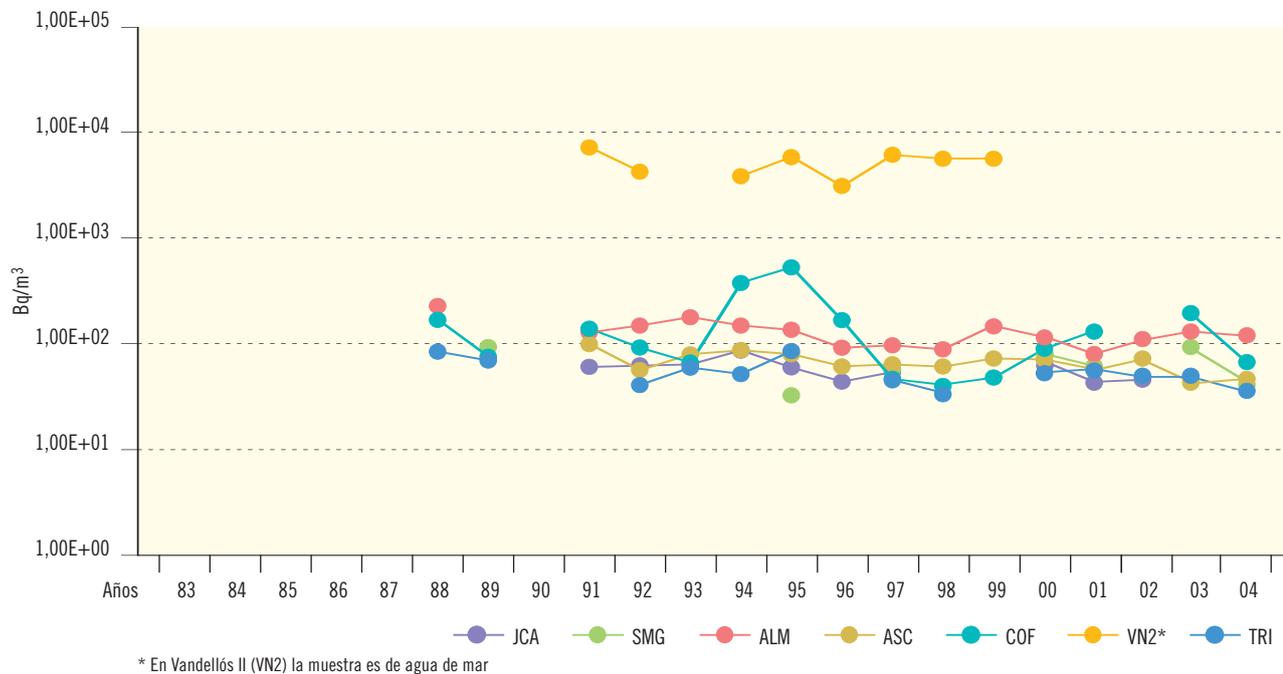
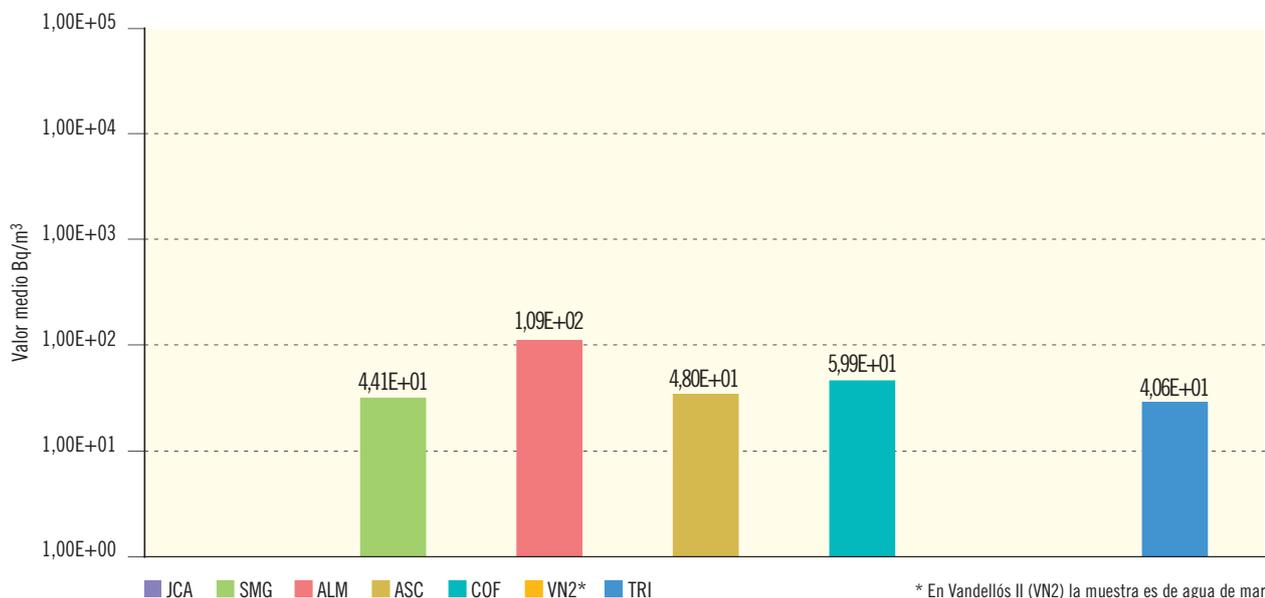


Figura 2.15b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo		7,11E+01	2,45E+02	6,82E+01	7,93E+01		5,18E+01
Valor mínimo		2,87E+01	5,22E+01	2,76E+01	3,52E+01		2,94E+01
Nº total de análisis	36	16	132	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	0	6	67	6	8	0	3
Nº de análisis < LID	36	10	65	10	64	16	45

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

Valores medios en la zona vigilada

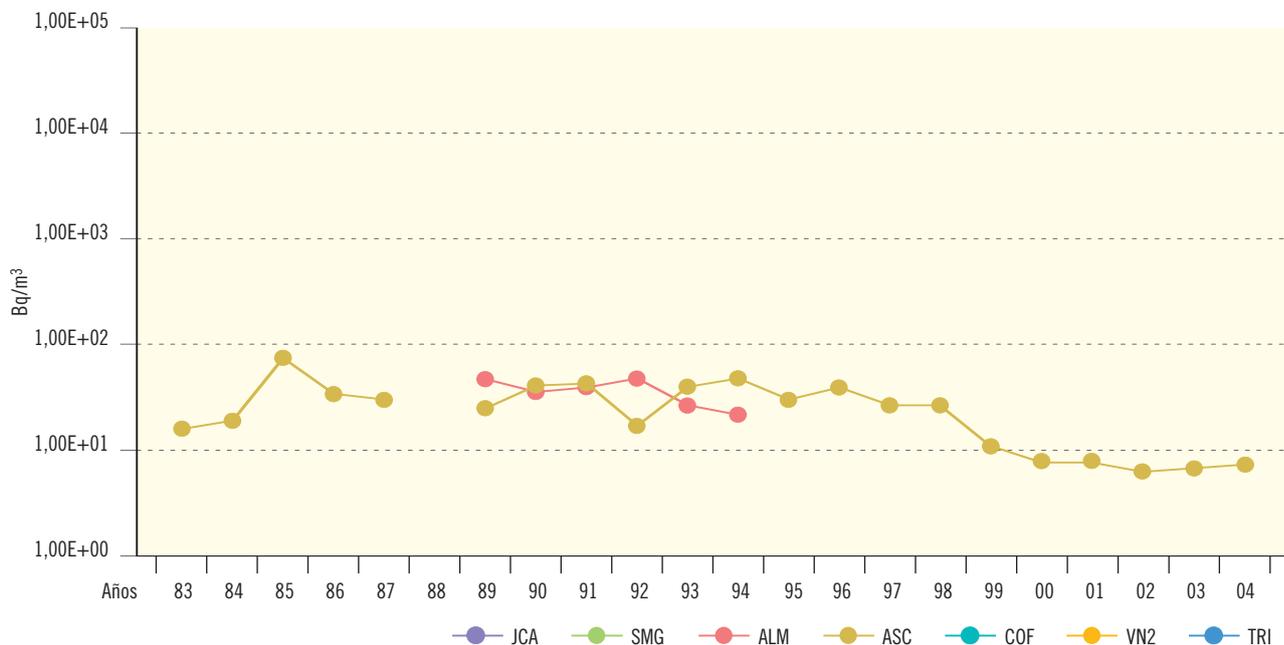
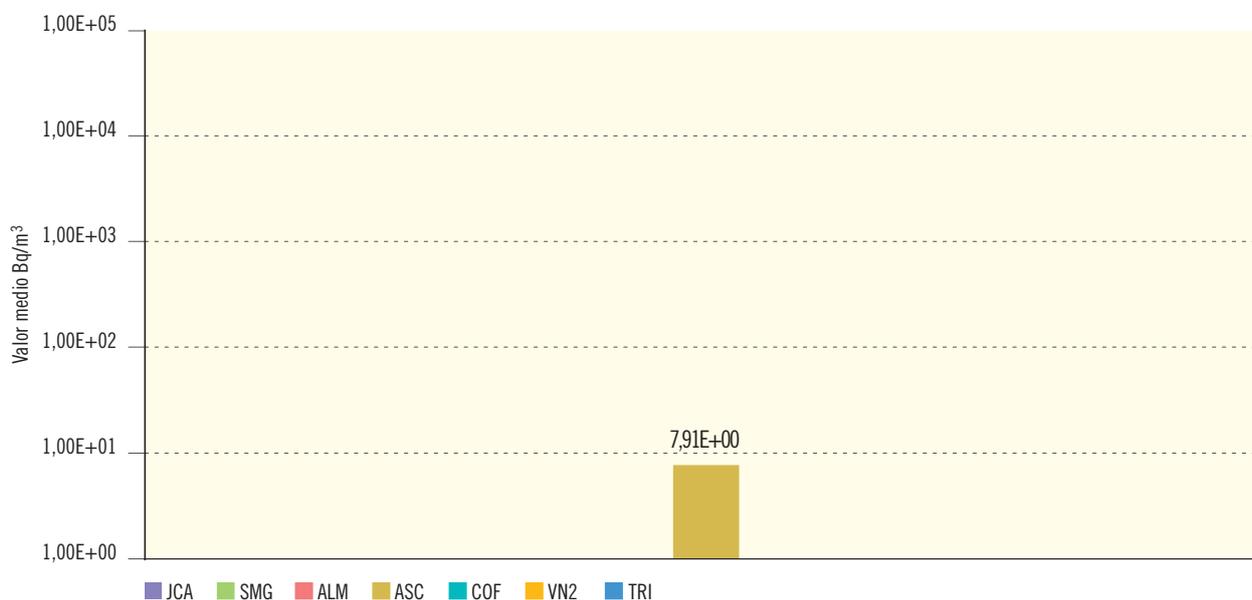


Figura 2.16b. Agua superficial. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				9,44E+00			
Valor mínimo				6,73E+00			
Nº total de análisis				16			
Nº de análisis > LID				5			
Nº de análisis < LID				11			

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

Valores medios en la zona vigilada

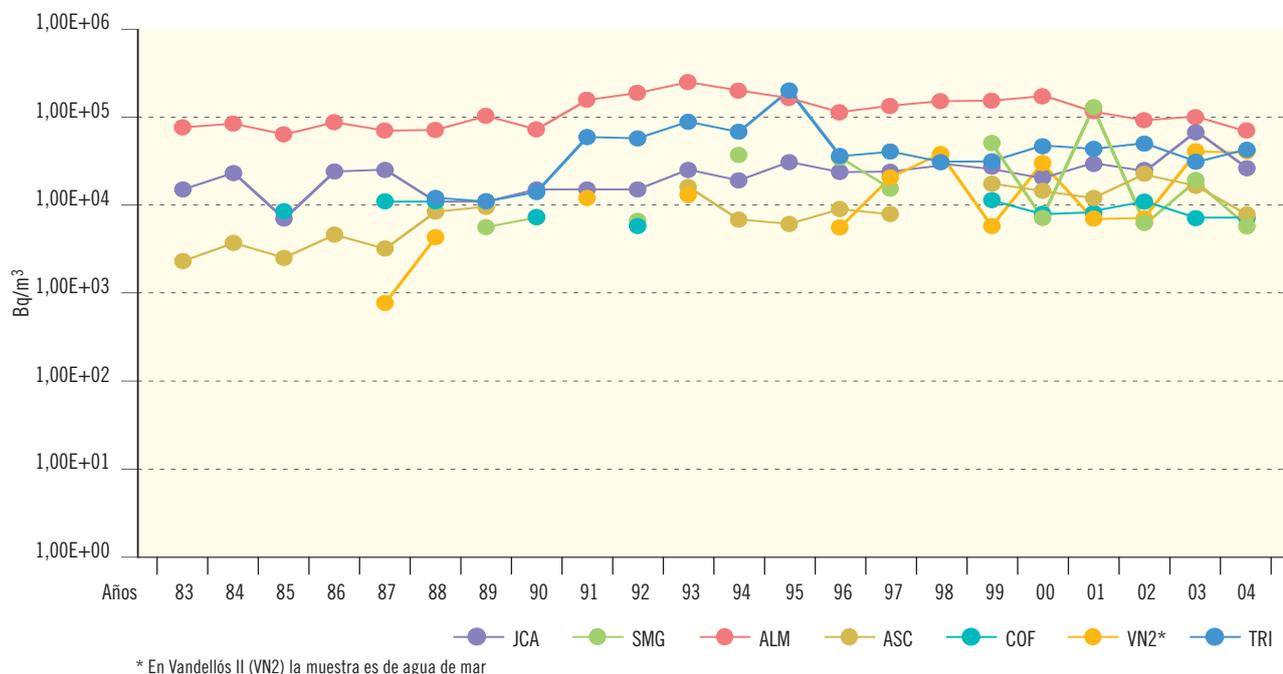
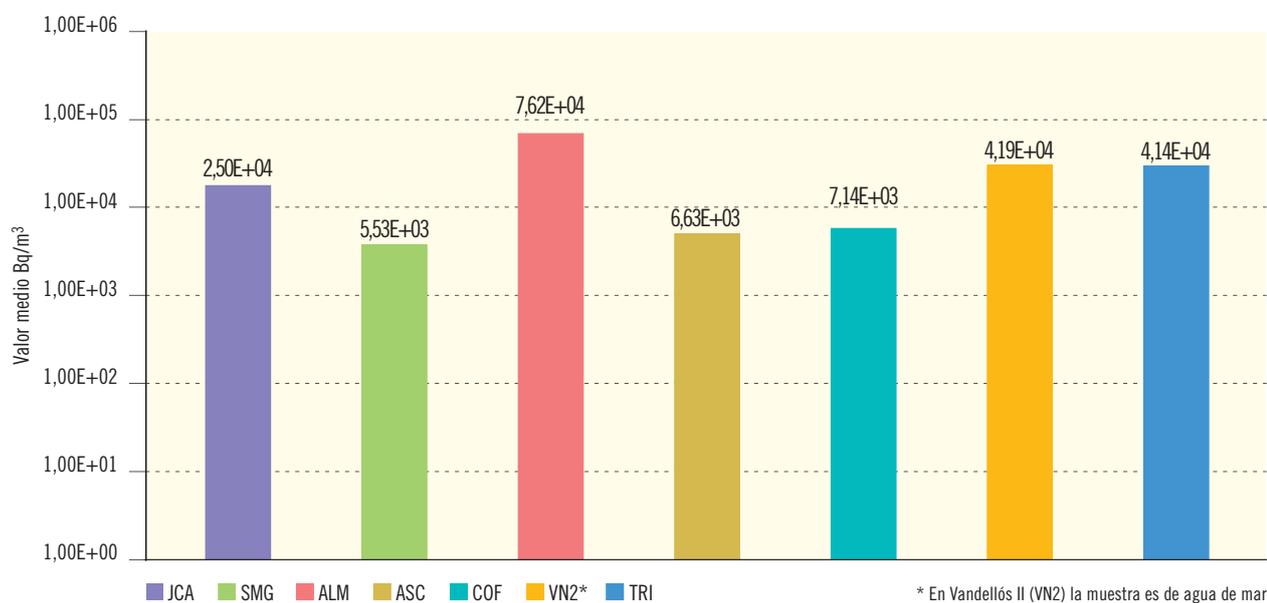


Figura 2.17b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	7,53E+04	5,80E+03	1,58E+05	7,33E+03	9,04E+03	1,81E+05	9,60E+04
Valor mínimo	1,42E+04	5,25E+03	1,10E+04	5,92E+03	5,49E+03	1,16E+04	1,88E+04
Nº total de análisis	12	47	60	16	24	16	16
Nº de análisis > LID	12	2	45	2	3	5	12
Nº de análisis < LID	0	45	15	14	21	11	4

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

Valores medios en la zona vigilada

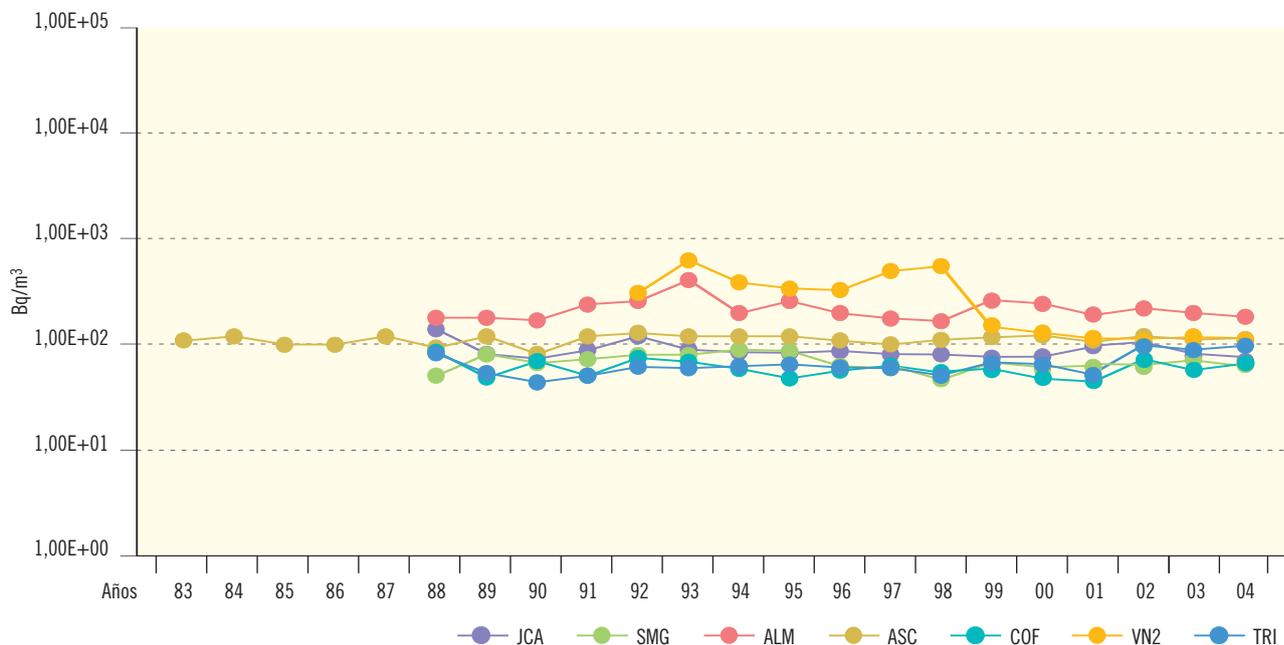
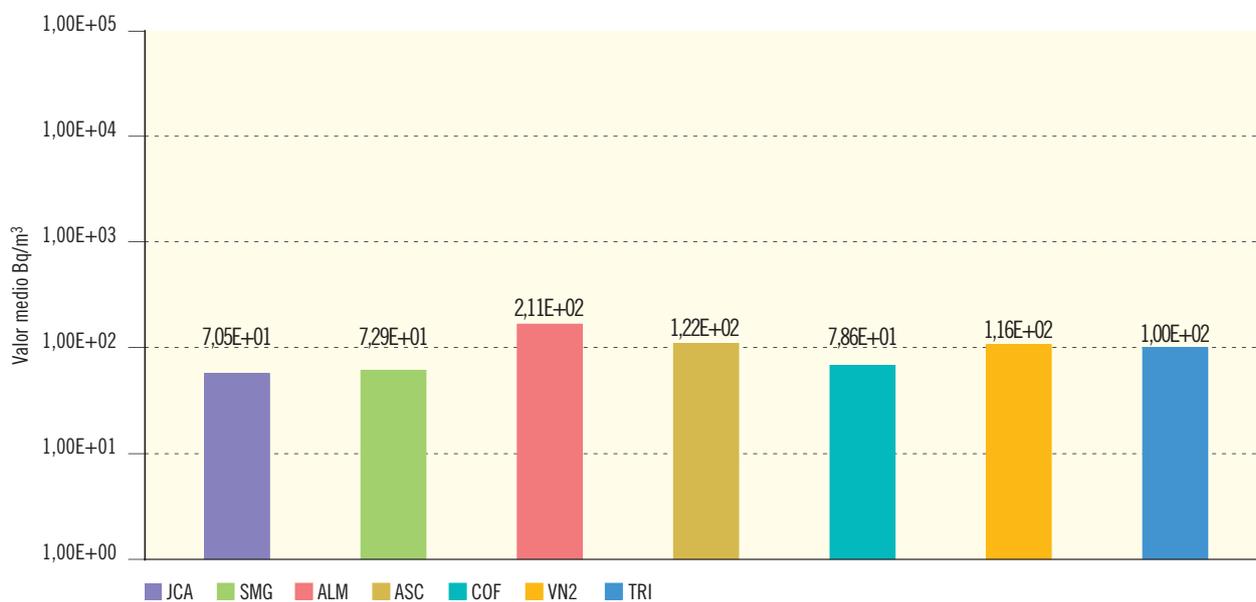


Figura 2.18b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,20E+02	1,59E+02	3,84E+02	2,07E+02	8,94E+01	1,40E+02	3,57E+02
Valor mínimo	3,95E+01	3,23E+01	1,64E+01	5,36E+01	5,63E+01	9,61E+01	2,89E+01
Nº total de análisis	16	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	11	22	30	48	4	4	24
Nº de análisis < LID	5	6	6	0	8	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

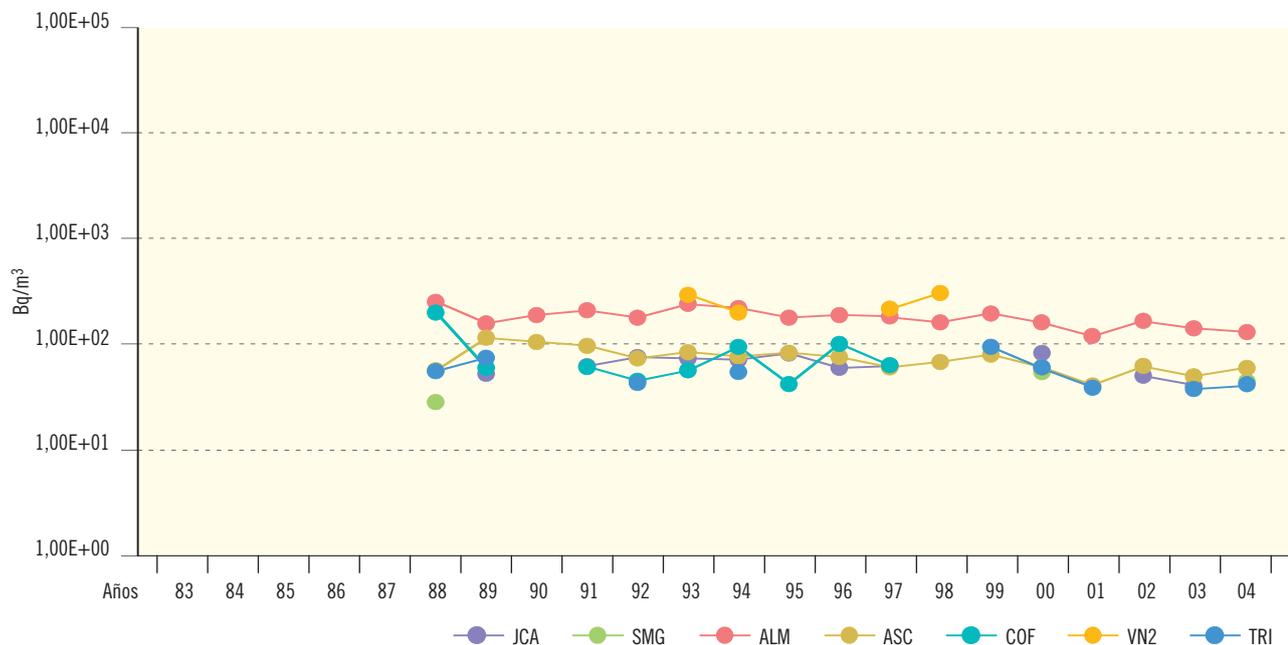
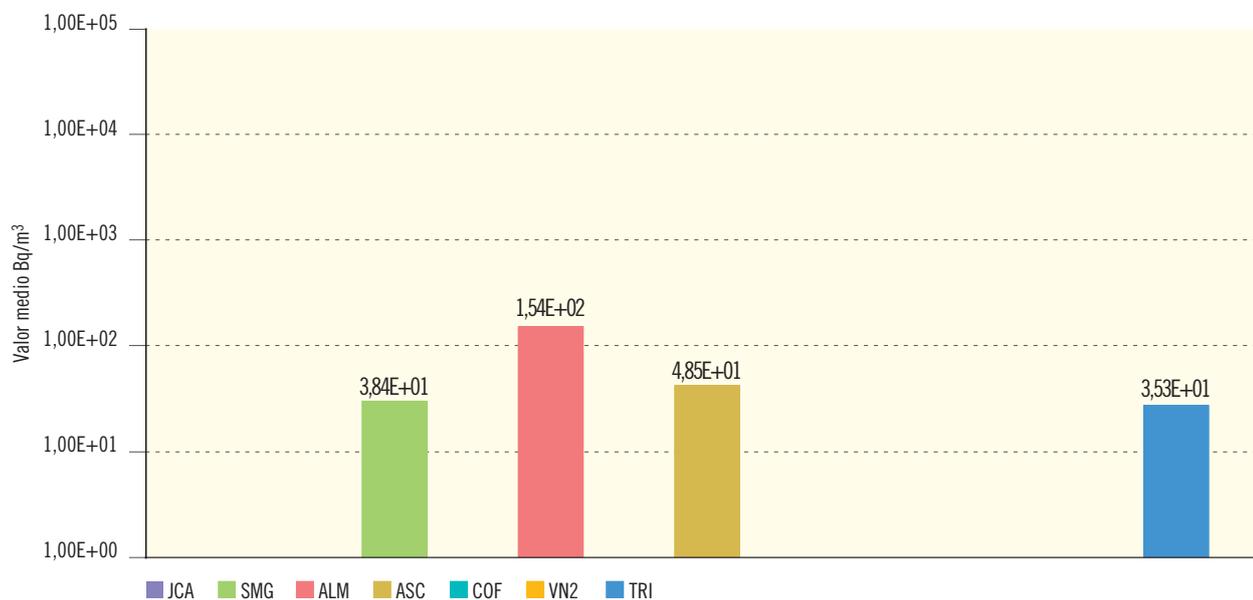


Figura 2.19b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		4,37E+01	3,30E+02	7,08E+01			4,34E+01
Valor mínimo		2,71E+01	1,60E+01	3,01E+01			2,73E+01
Nº total de análisis	16	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	0	6	19	22	0	0	3
Nº de análisis < LID	16	22	17	26	12	4	21

Figura 2.20a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

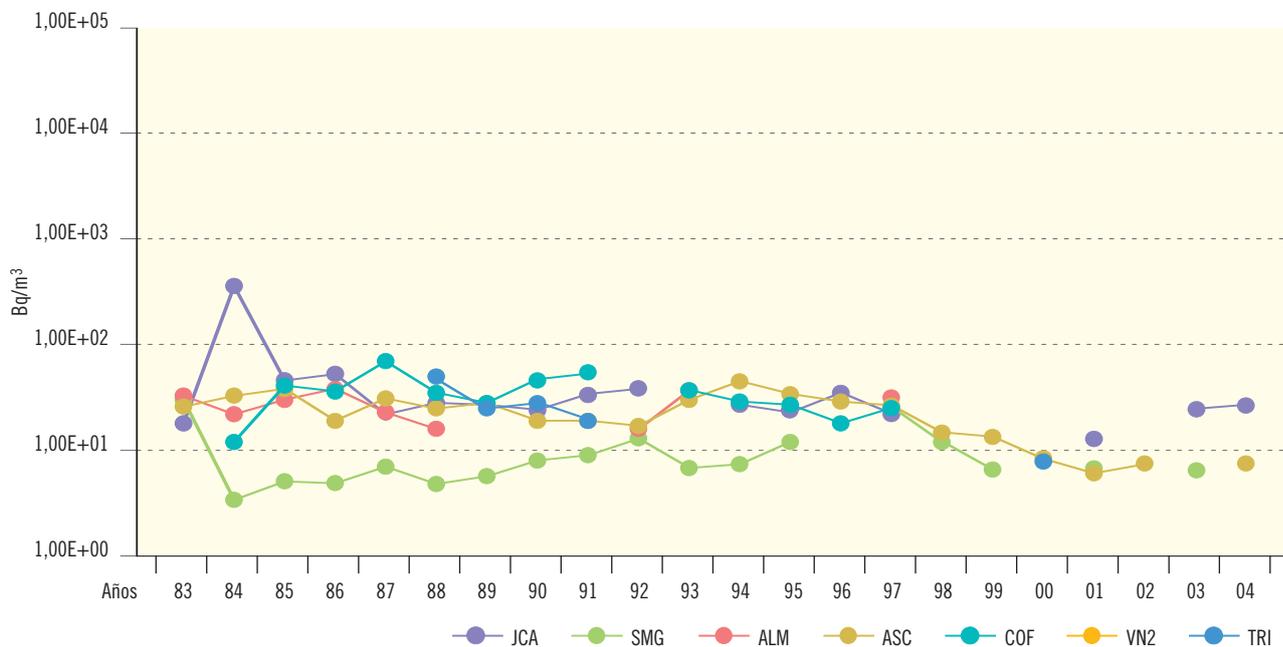
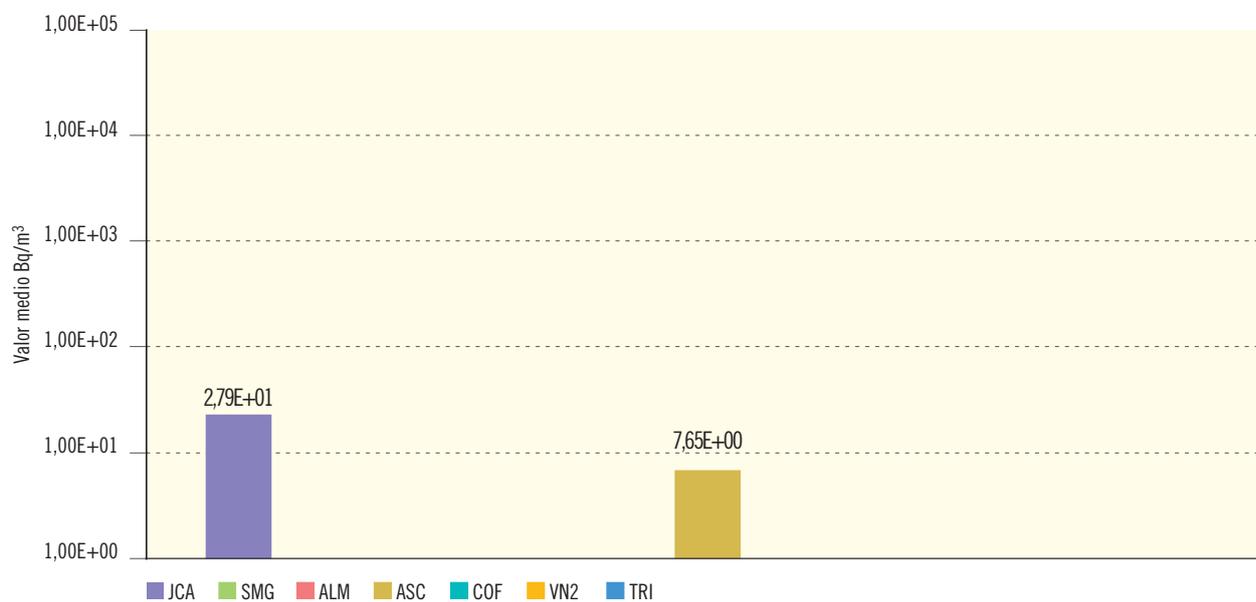


Figura 2.20b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,79E+01			8,47E+00			
Valor mínimo	2,79E+01			6,82E+00			
Nº total de análisis	16	28	12	16	12		24
Nº de análisis > LID	1	0	0	2	0		0
Nº de análisis < LID	15	28	12	14	12		24

Figura 2.21a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

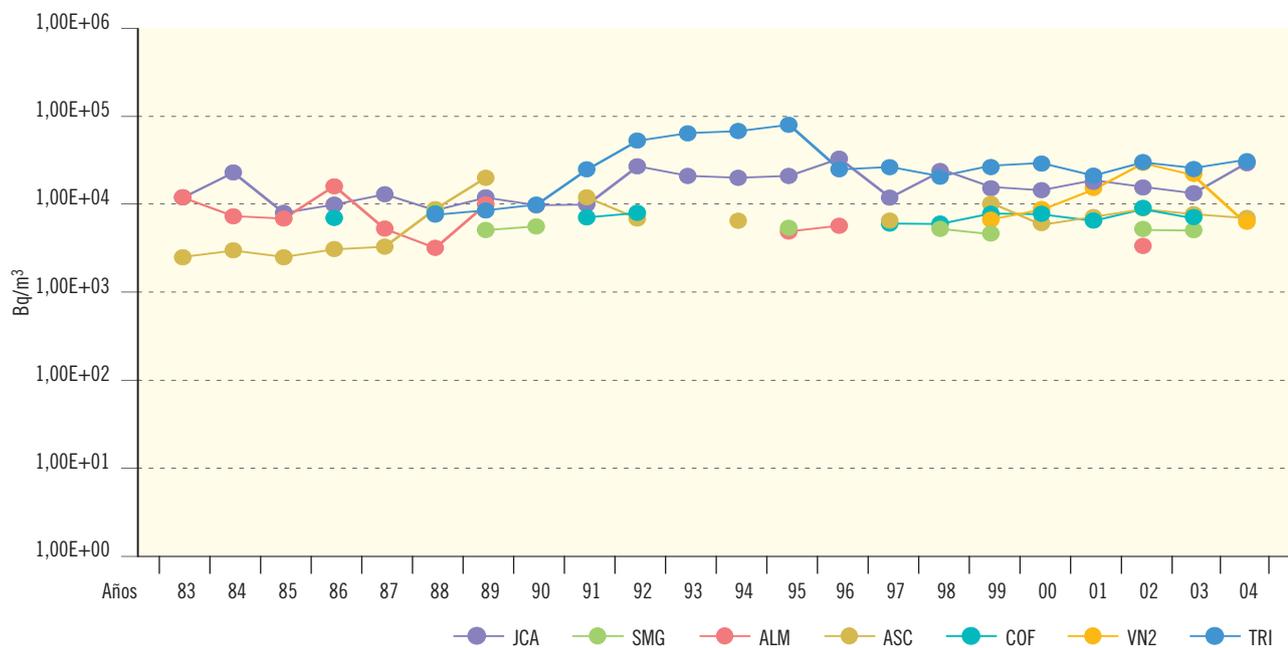
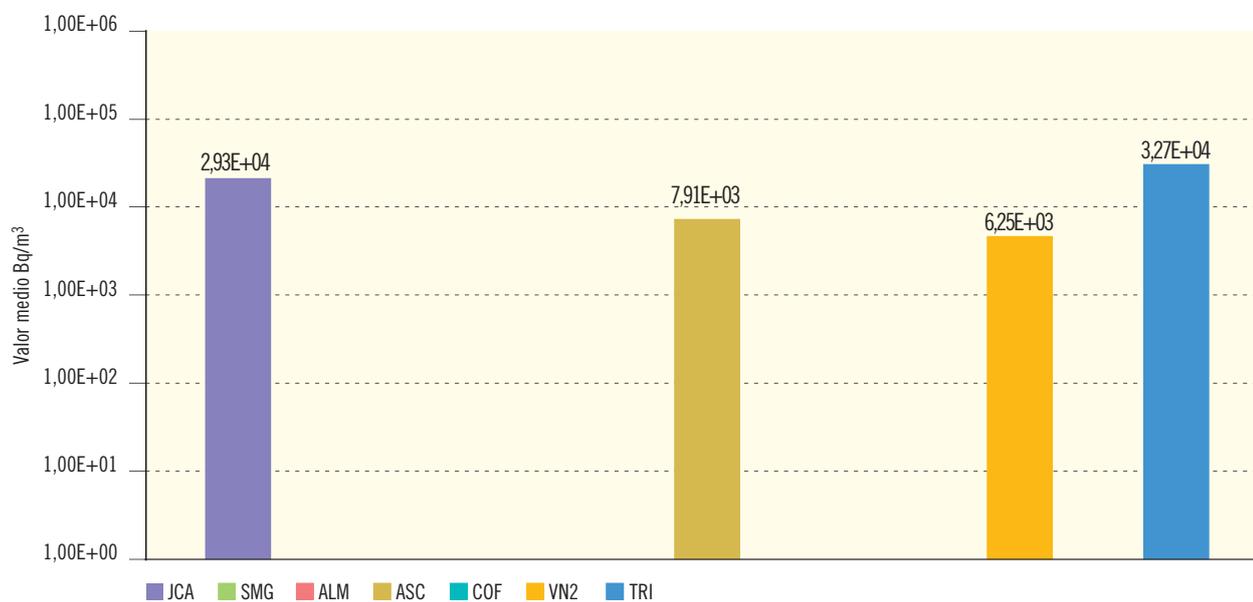


Figura 2.21b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,61E+04			1,17E+04		6,25E+03	4,37E+04
Valor mínimo	1,43E+04			5,04E+03		6,25E+03	5,39E+03
Nº total de análisis	16	28	12	16	12	4	24
Nº de análisis > LID	8	0	0	5	0	1	13
Nº de análisis < LID	8	28	12	11	12	3	11

*Sedimentos de fondo*

El seguimiento del material sedimentado en el cauce de los ríos, embalses o en el fondo del mar permite la vigilancia de los procesos de acumulación de los radionucleidos no disueltos, que puede 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.

*Sr-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 de 2004 son similares a los de campañas anteriores. El incremento experimentado a partir del año 2000 en los valores medios de la central José Cabrera se mantiene este año. Los valores más elevados se obtienen sistemáticamente en la central de Almaraz. Esta instalación efectúa sus vertidos líquidos al embalse de Arrocampo construido para la refrigeración de la central, y los resultados de los análisis realizados en las muestras recogidas en el mismo se han considerado también para obtener los valores medios.

*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 la instalación, cesio-134 y productos de activación como el cobalto-60, cobalto-58 y manganeso-54.

En la campaña de 2004 se han obtenido resultados superiores al LID de cesio-137 y cobalto-60 en los programas de vigilancia de todas las centrales excepto de este último radionucleido en el PVRA de Vandellós II. En general los valores medios de cesio-137 en los sedimentos son similares a los de campañas anteriores. Su detección varía entre porcentajes que oscilan desde un 100% en la central de Almaraz, y un 50% en José Cabrera. En caso de detectarse valores tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de la instalación los valores de concentración de estas últimas suelen ser superiores. El cobalto-60 se detecta en una menor proporción de muestras analizadas, manteniéndose los valores medios en niveles similares a los de las últimas campañas.

Adicionalmente, en este año se ha encontrado cesio-134 en muestras recogidas aguas abajo de la central de Almaraz, manteniéndose una tendencia descendente de los niveles radiactivos de este isótopo en los sedimentos. En este mismo PVRA también se detecta manganeso-54, en el 69% de las muestras analizadas, tanto en las recogidas aguas arriba como aguas abajo del vertido, siendo el valor medio similar al obtenido en campañas anteriores. Asimismo, en esta campaña se vuelve a obtener un valor de cobalto-58 en una de las 16 muestras recogida en la presa de Arrocampo, y un valor de antimonio-125 en la misma estación que en la campaña anterior, pero con valores inferiores a los del año 2003. Además este año aparece por primera vez plata-110 metaestable en sedimentos de Ascó y Almaraz.

Figura 2.22a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

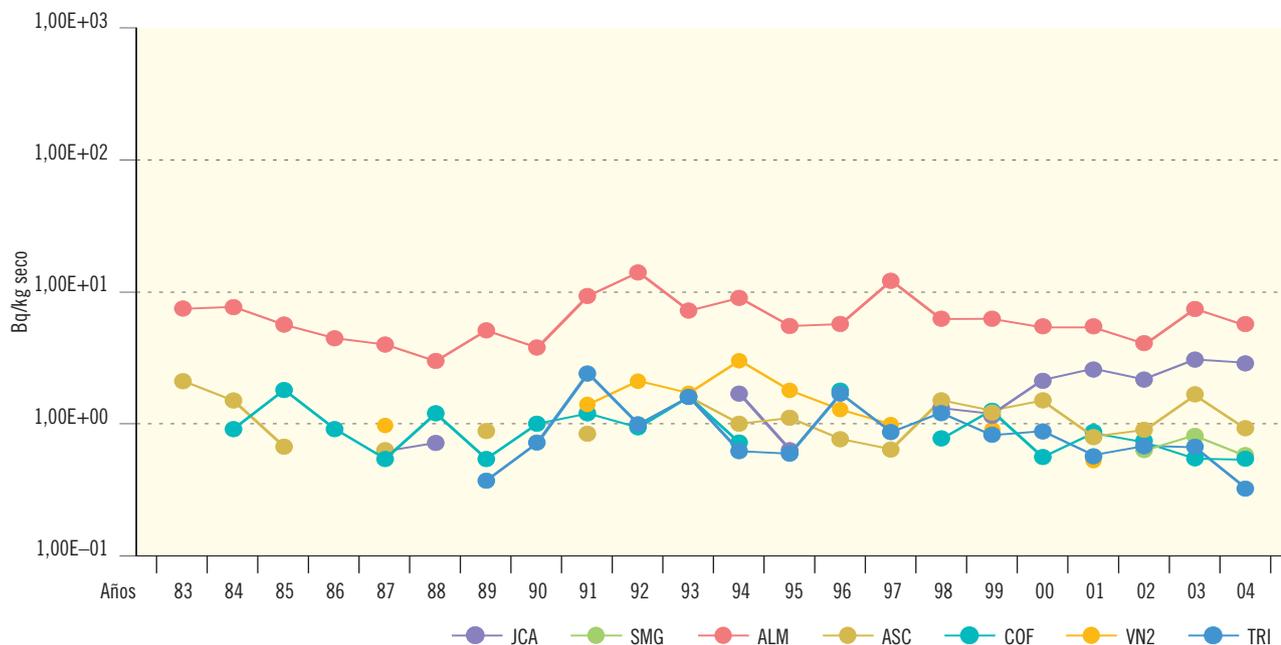
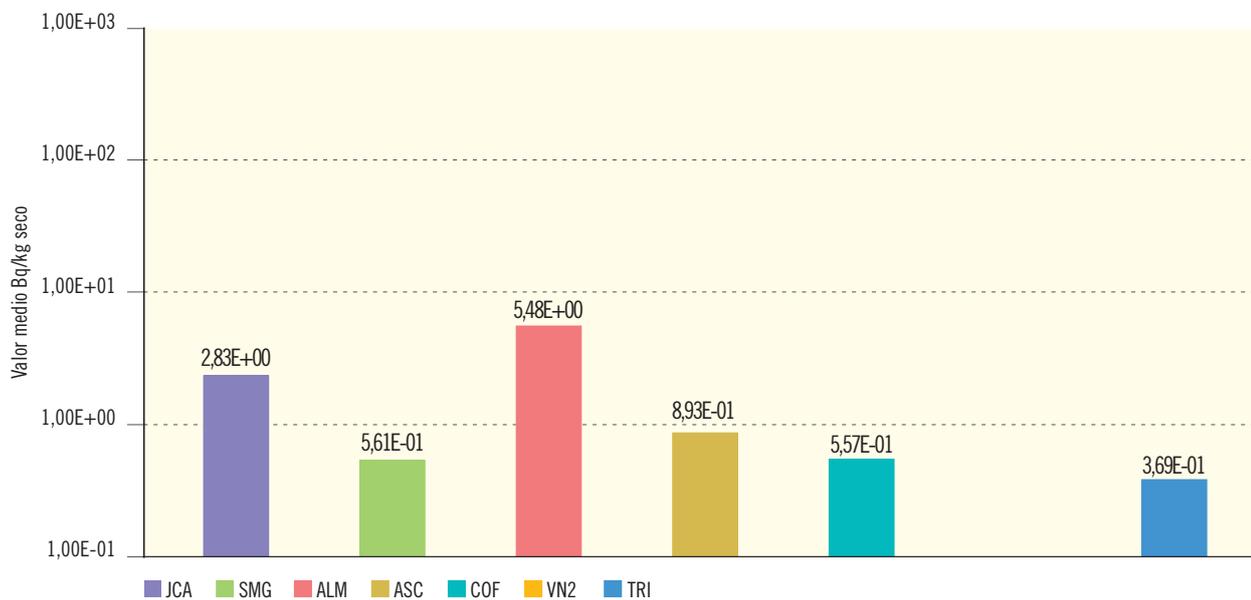


Figura 2.22b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,21E+00	8,82E-01	1,56E+01	1,48E+00	8,56E-01		4,16E-01
Valor mínimo	2,06E+00	4,47E-01	2,30E+00	4,94E-01	3,73E-01		3,22E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	6	6	16	7	6	0	2
Nº de análisis < LID	0	6	0	1	8	6	6

Figura 2.23a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

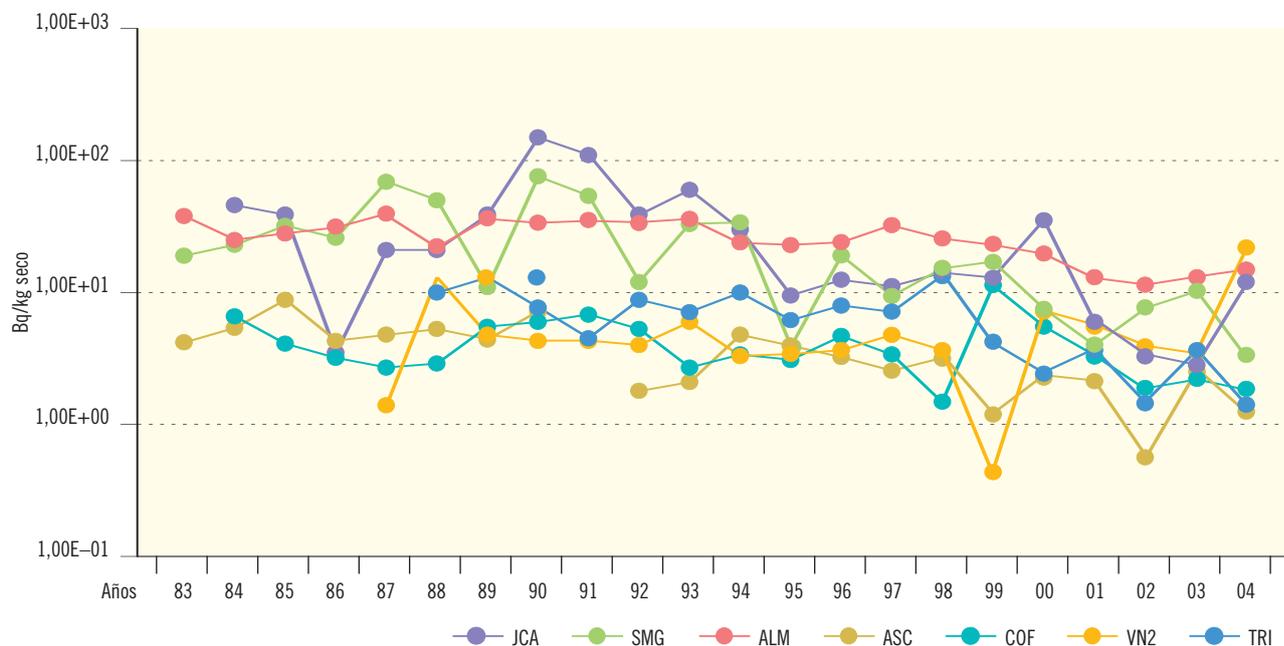
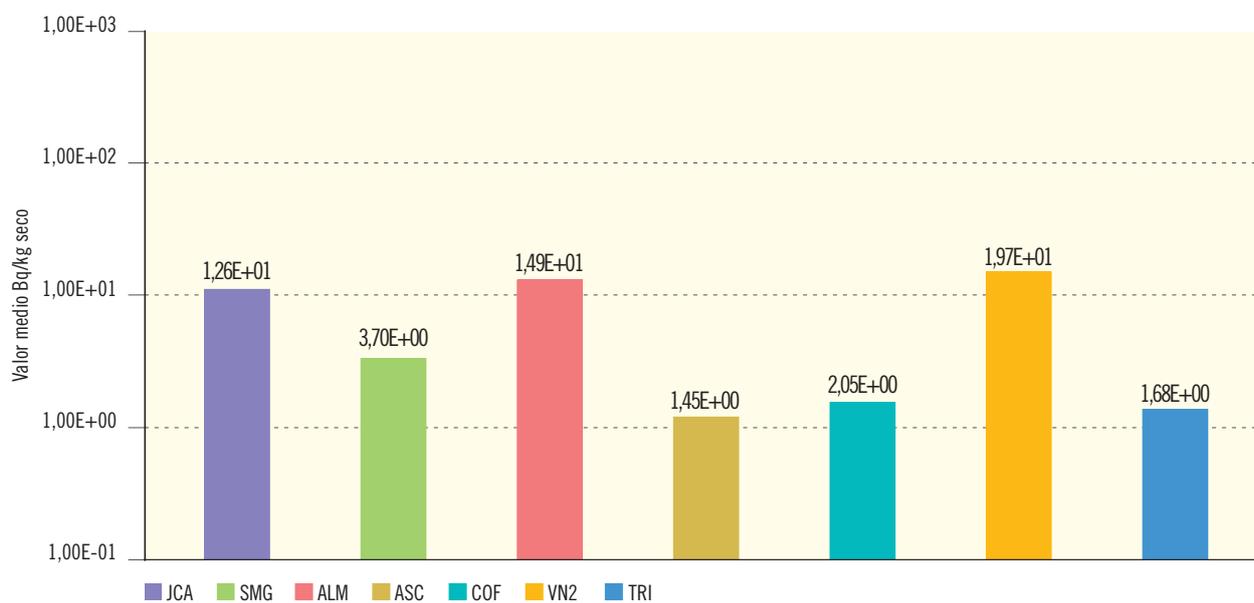


Figura 2.23b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,10E+01	1,31E+01	6,15E+01	3,00E+00	6,73E+00	7,10E+01	3,80E+00
Valor mínimo	1,28E+00	5,16E-01	7,25E-01	4,51E-01	2,94E-01	4,02E-01	3,55E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	3	7	16	6	12	4	5
Nº de análisis < LID	3	5	0	2	2	2	3

Figura 2.24a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

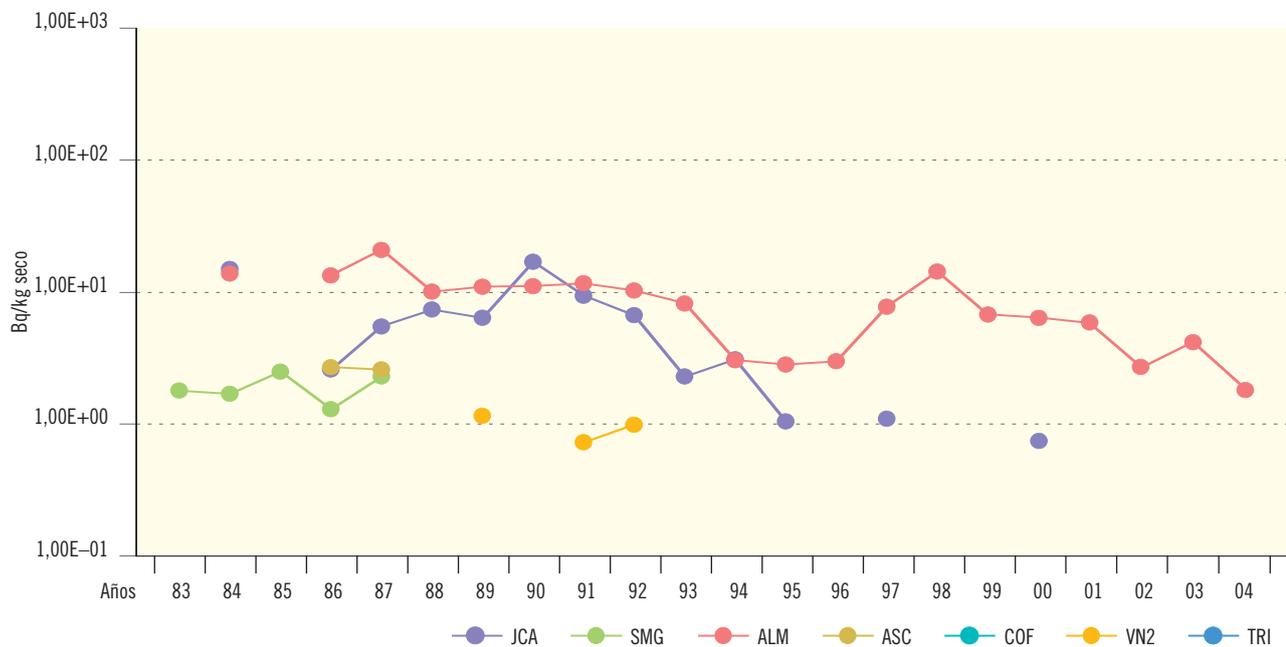
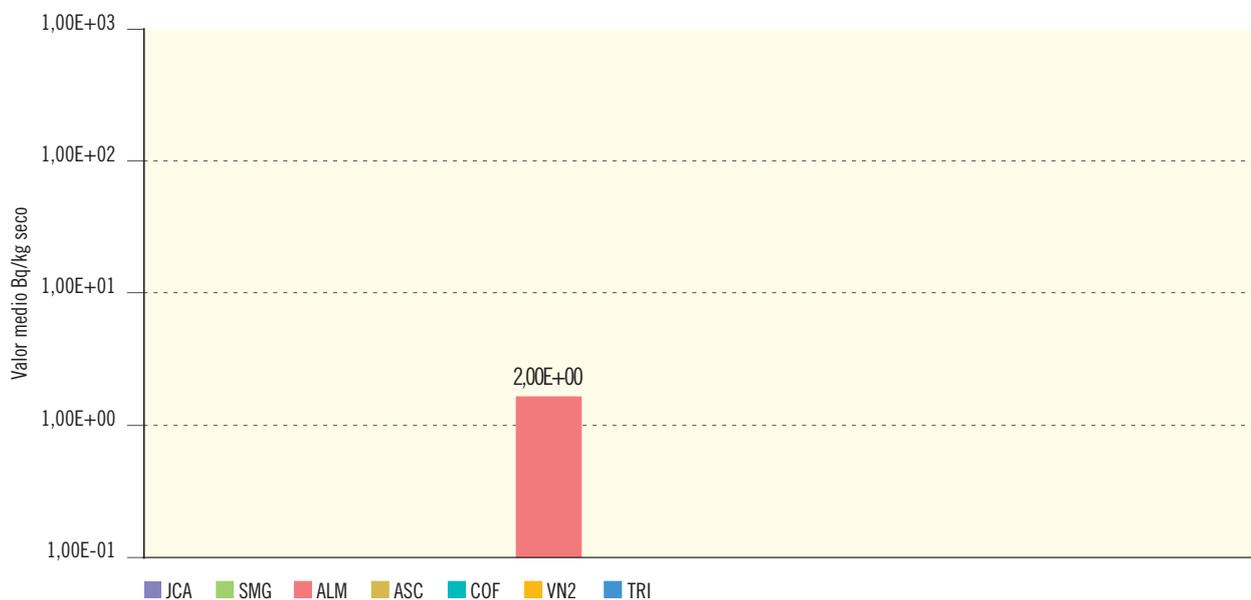


Figura 2.24b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-134 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			5,83E+00				
Valor mínimo			5,90E-01				
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	7	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	9	8	14	6	8

Figura 2.25a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

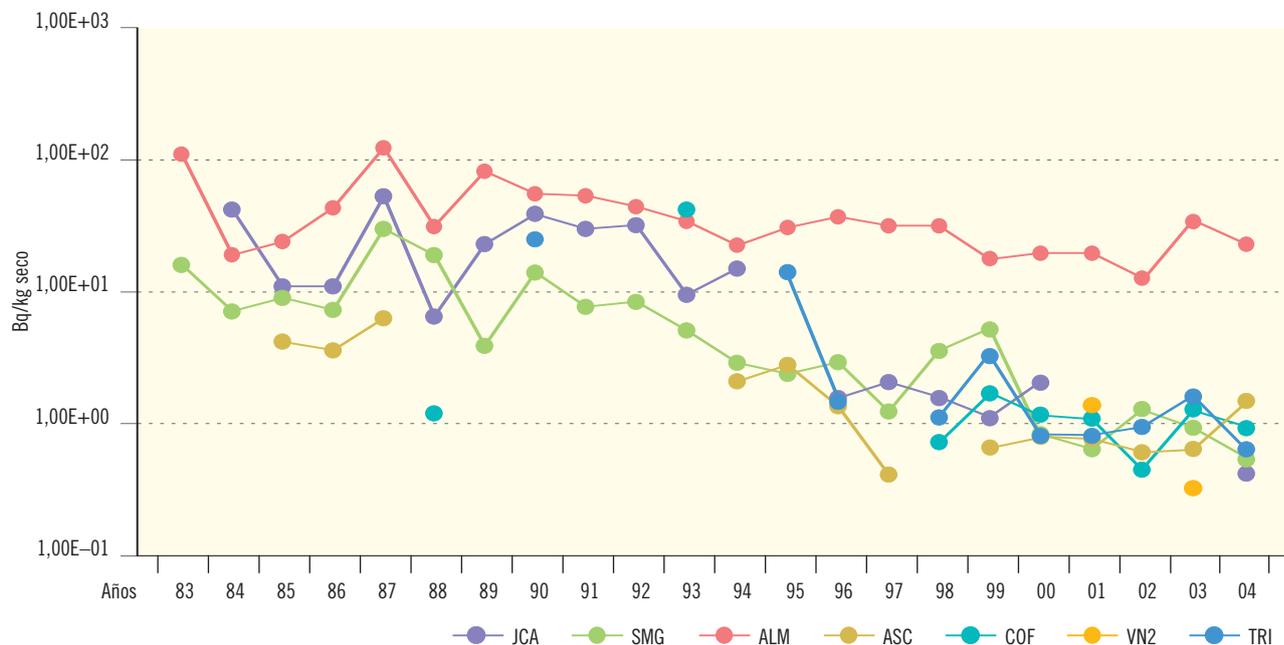
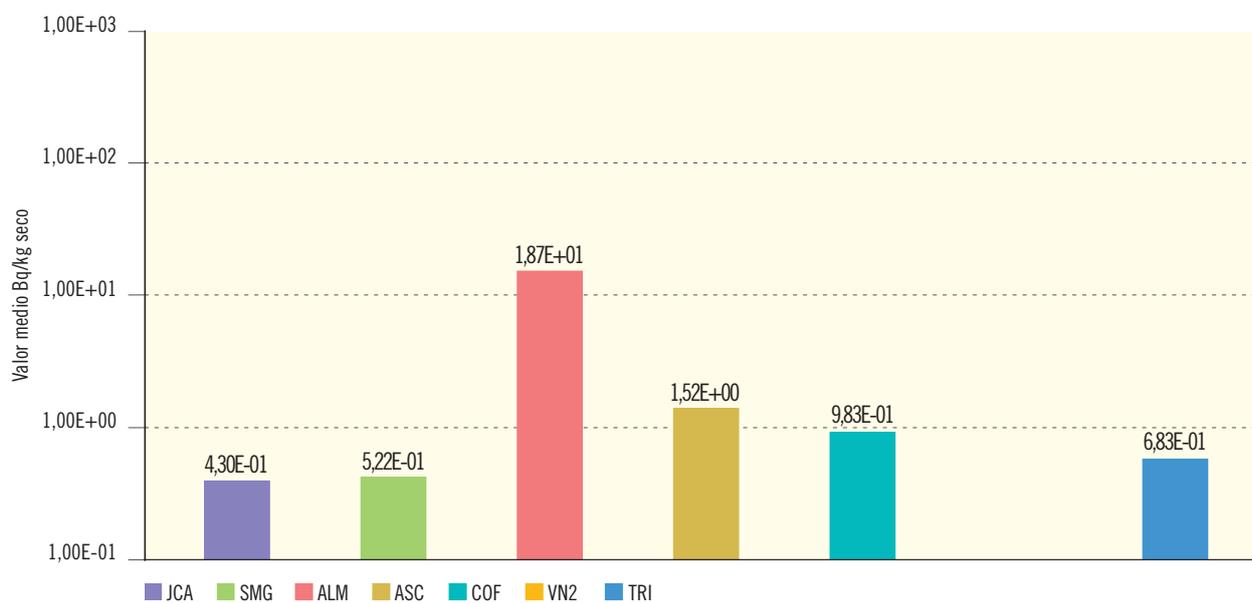


Figura 2.25b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,30E-01	5,22E-01	7,00E+01	4,74E+00	1,18E+00		1,07E+00
Valor mínimo	4,30E-01	5,22E-01	1,19E+00	4,34E-01	7,85E-01		4,94E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	1	1	8	6	2	0	4
Nº de análisis < LID	5	11	8	2	12	6	4

Figura 2.26a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58

Valores medios en la zona vigilada

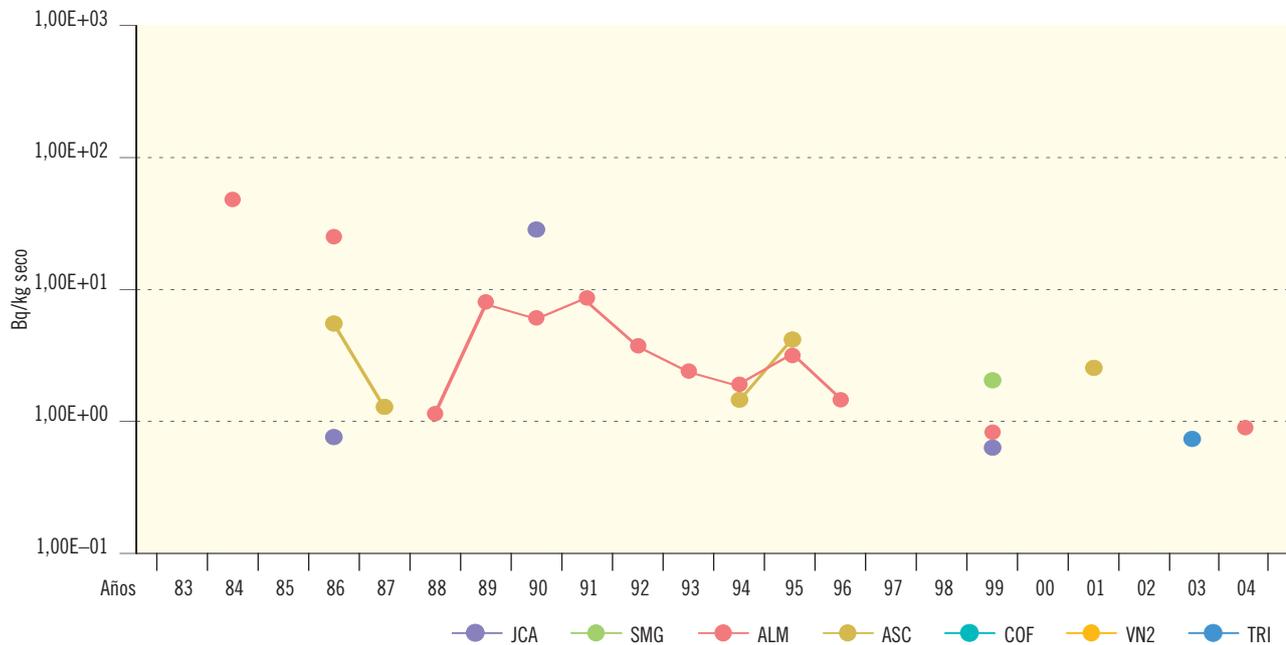
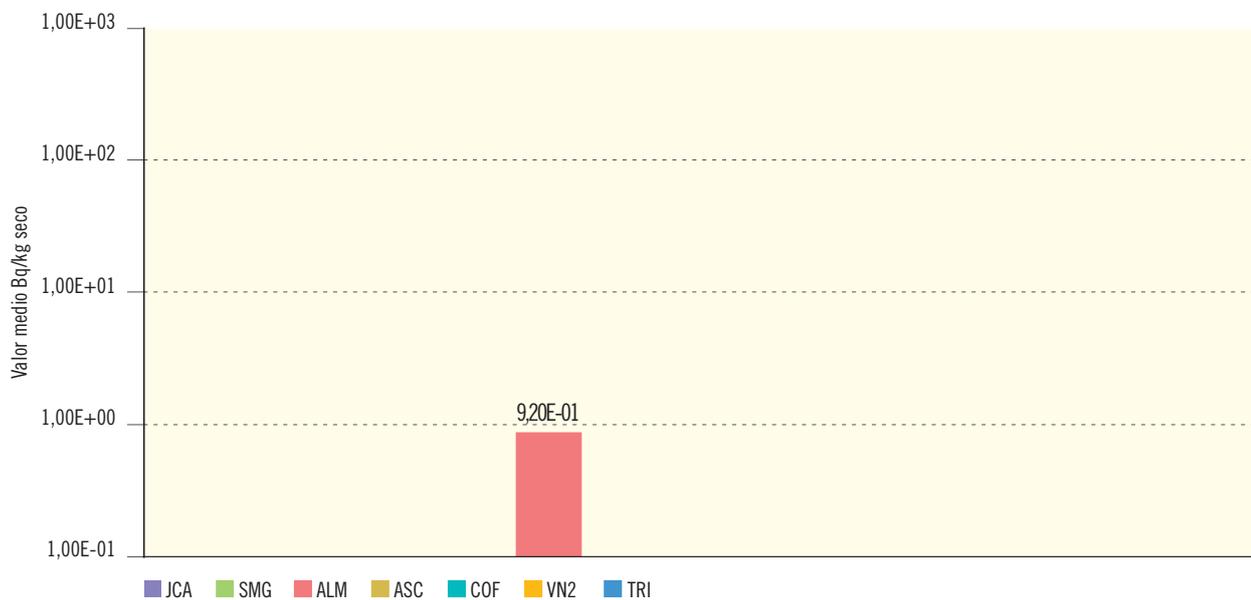


Figura 2.26b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-58 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			9,20E-01				
Valor mínimo			9,20E-01				
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	1	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	15	8	14	6	8

Figura 2.27a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

Valores medios en la zona vigilada

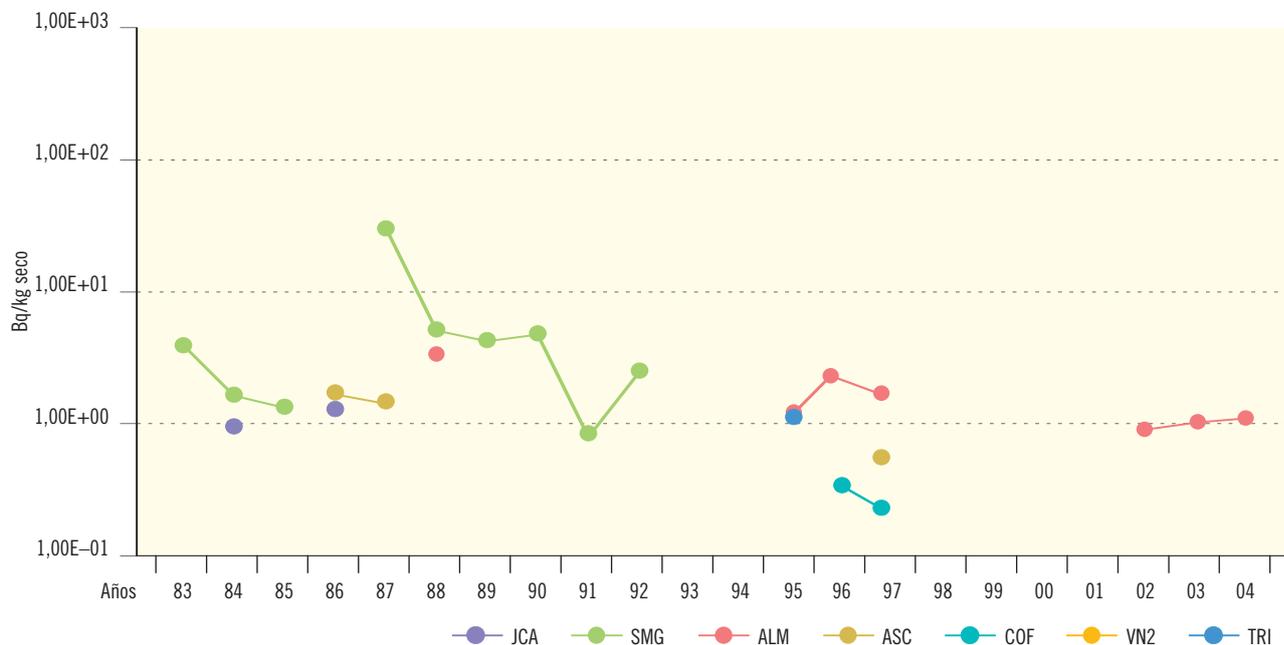
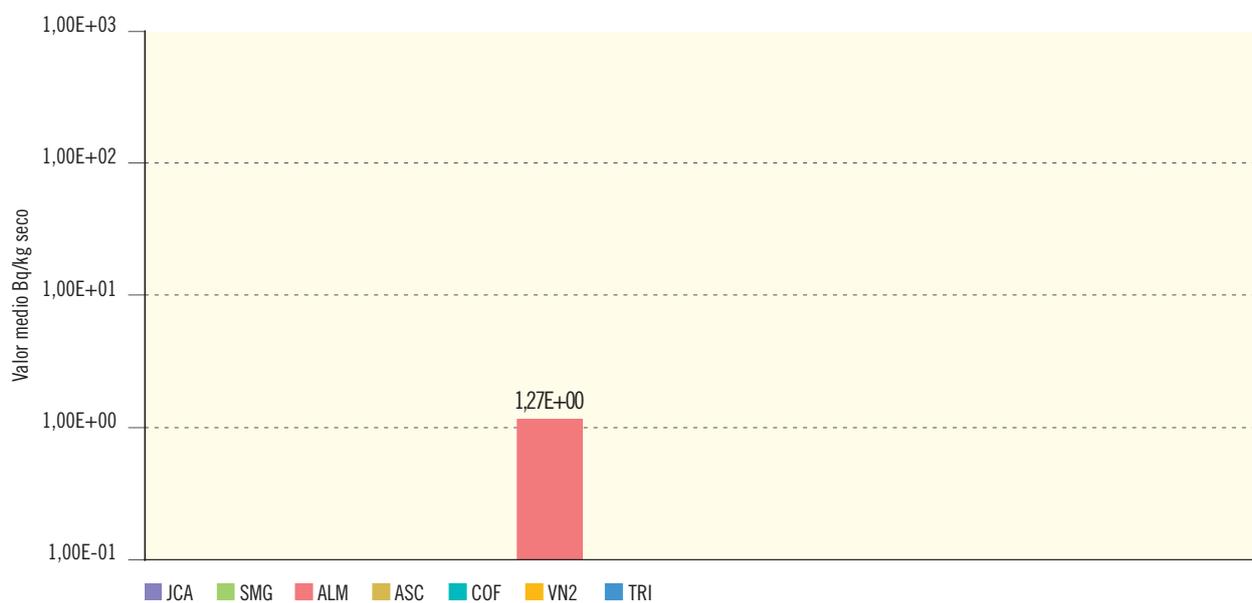


Figura 2.27b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Mn-54 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,65E+00				
Valor mínimo			4,67E-01				
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	11	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	5	8	14	6	8

### 1.2.5. Organismos indicadores

Constituyen una vía integradora y acumuladora. Por su capacidad de acumulación se pueden detectar en ellos de forma habitual, pequeñas concentraciones, incluso trazas, de isótopos presentes en las vías integradoras o transitorias que por su baja concentración no pueden ser detectados en ellas. Por lo tanto estos organismos, aunque no constituyan vías directas de exposición para las personas, han sido seleccionados por su capacidad indicadora de la calidad radiológica del medio ambiente.

Las muestras de organismos indicadores recogidas en los PVRA son muy variadas, por lo que para poder presentar los resultados de un modo resumido se agrupan en plantas acuáticas, plantas de orilla, plantas terrestres, musgos y fauna terrestre. 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 2004, 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 recogidos durante 2004 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 Santa María de Garoña (aguas arriba y aguas abajo), *Ceratophyllum sp.* en la de Ascó (aguas arriba y aguas abajo) y *Posidonia oceánica* en Vandellós II.

- Plantas de orilla. En este grupo se incluyen plantas que viven en las orillas de los ríos. Las muestras de los distintos programas son las siguientes: *Typha sp.* en las centrales nucleares José Cabrera, Almaraz, Cofrentes y Trillo (aguas arriba y aguas abajo); *Scirpus sp.* en José Cabrera y Almaraz (aguas arriba y aguas abajo); *Phragmites sp.* en José Cabrera (aguas arriba y aguas abajo), y plantas sin identificar en Trillo (aguas arriba y aguas abajo).
- Plantas terrestres. Muestras de retama en Almaraz (aguas arriba y aguas abajo) y de *Carex sp.* en Trillo si la especie está presente en la fecha de recogida, hecho que no ocurre en esta campaña de 2004.
- 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 Santa María de Garoña y tanto aguas arriba como aguas abajo de la instalación.
- Fauna terrestre. Este tipo de muestra se recoge únicamente en la central nuclear Santa María de Garoña y corresponde a gasterópodos terrestres (completos o concha).

#### Resultados

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2004 para las diferentes determinaciones realizadas confirman los obtenidos en campañas anteriores, destacando el interés como bioindicadores sobre todo de las muestras de plantas acuáticas, plantas de orilla y musgos, ya que a menudo permiten apreciar diferencias cualitativas y a veces también cuantitativas entre las muestras recogidas aguas arriba o aguas abajo de los puntos de vertido de los efluentes.

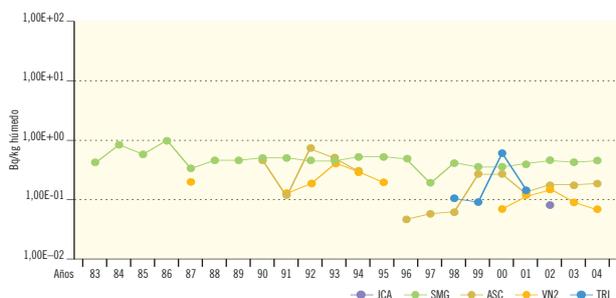
En el caso de los isótopos estroncio-90 y cesio-137, que provienen del poso radiactivo además de la aportación por el funcionamiento de la central, como ya se ha mencionado en otros apartados, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del punto 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, aunque en la campaña de 2004 para plantas acuáticas y de orilla recogidas en Almaraz, Cofrentes o Garoña, el ce-

sio-137 sólo se ha detectado en las estaciones de seguimiento. Los valores obtenidos aguas arriba del vertido para Cs-137 resultan ligeramente inferiores a los de las estaciones de seguimiento. En las muestras de plantas terrestres estroncio-90 y cesio-137 son los únicos isótopos detectados en la campaña de 2004; y en fauna terrestre sólo el estroncio-90.

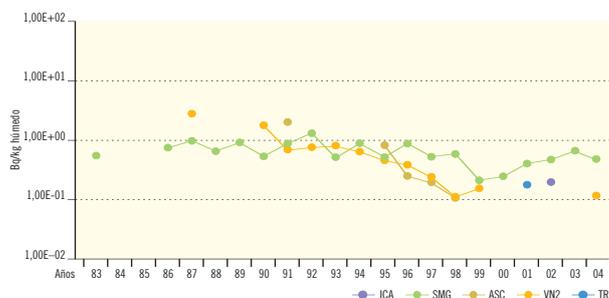
La detección de productos de activación como el cobalto-58, cobalto-60 y manganeso-54 y otros de fisión como la plata-110 metaestable se produce en muestras recogidas aguas abajo de la instalación. En esta campaña se han obtenido valores superiores al LID para cobalto-60 en plantas acuáticas, de orilla y musgos terrestres, cobalto-58 y manganeso-54 en

Figura 2.28a. Plantas acuáticas. Valores medios en la zona vigilada

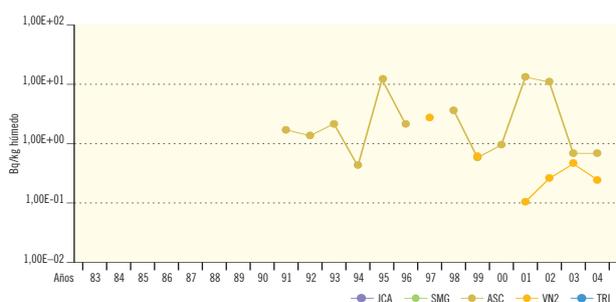
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



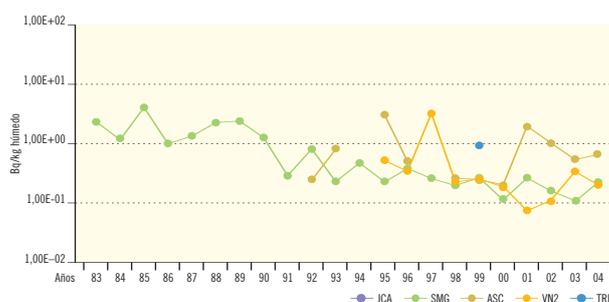
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



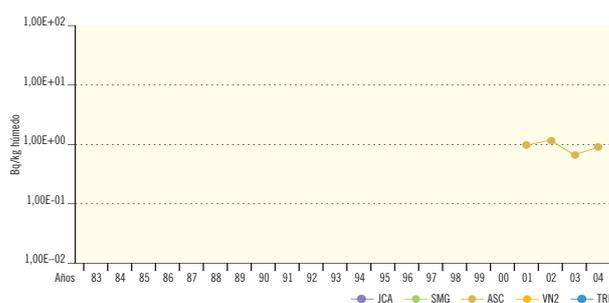
Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54



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

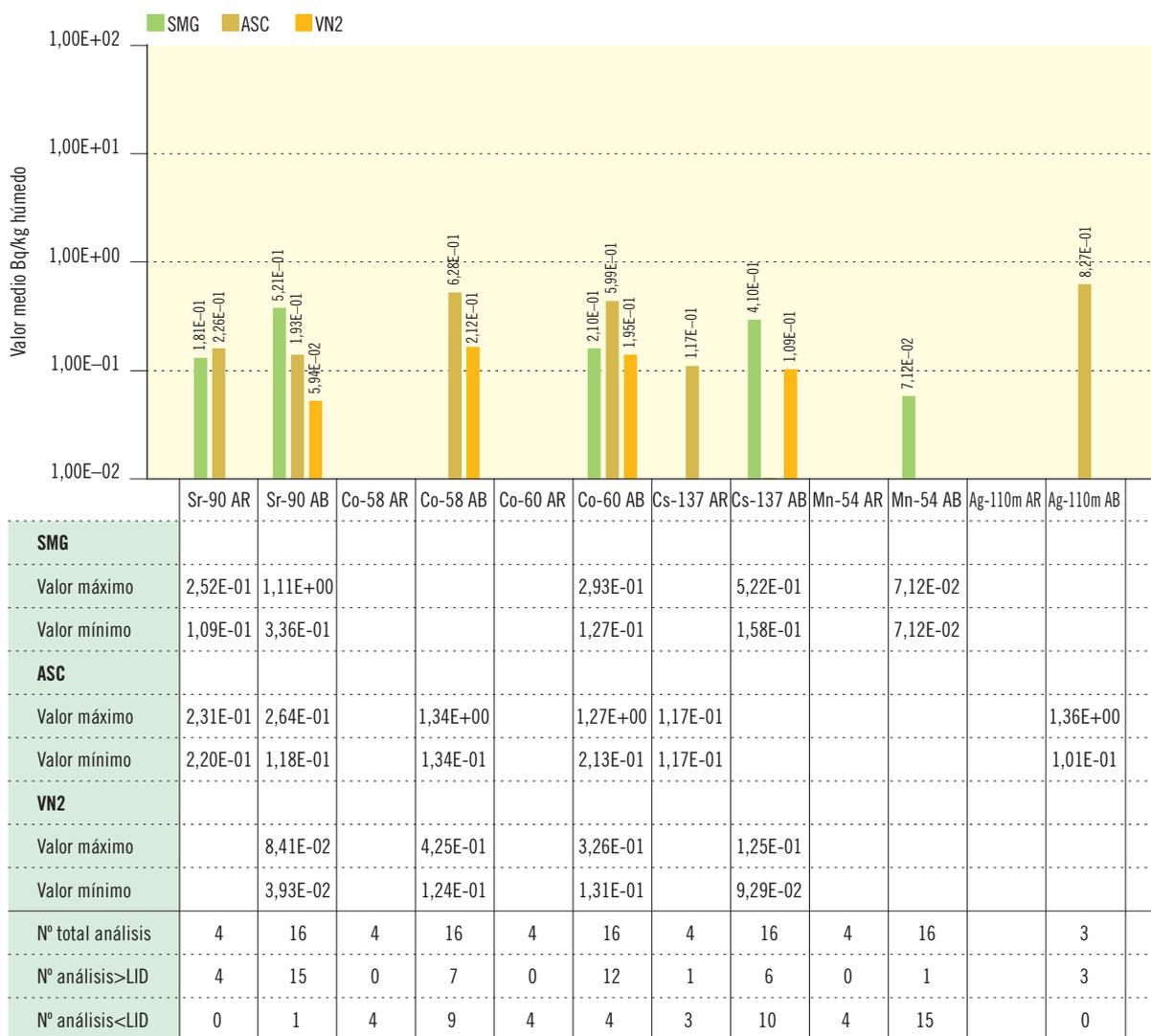


plantas acuáticas y adicionalmente se ha detectado plata-110 metaestable en plantas acuáticas en Ascó, que se observó por primera vez en la campaña de 2001. En general todos los valores entran dentro del rango de los obtenidos en periodos anteriores. Cabe mencionar la aparición en una muestra de musgo acuático recogida en la estación testigo de la central

Santa María de Garoña, de un valor de concentración de actividad de yodo-131. Valores de I-131 en organismos indicadores se han obtenido con anterioridad en dos muestras del PVRA de la central de Ascó correspondientes los años 1987 y 1991, y en muestras de Cofrentes y José Cabrera en el 86, año del accidente de Chernóbil.

Figura 2.28b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

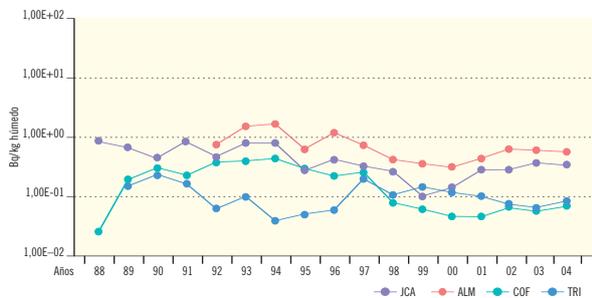
Valores de la campaña de 2004



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.29a. 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

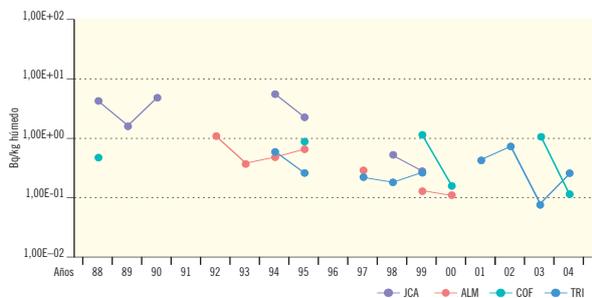
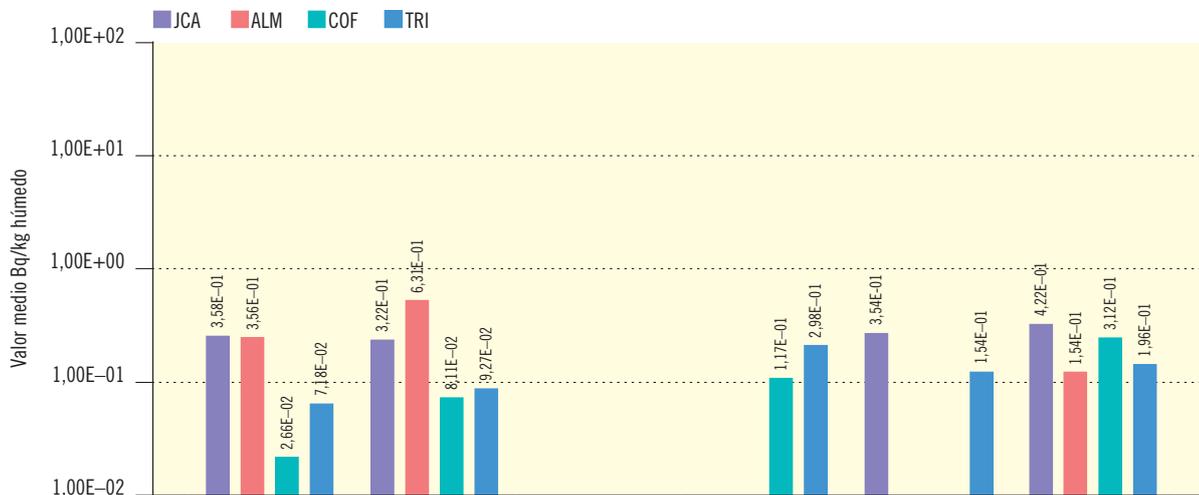


Figura 2.29b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004

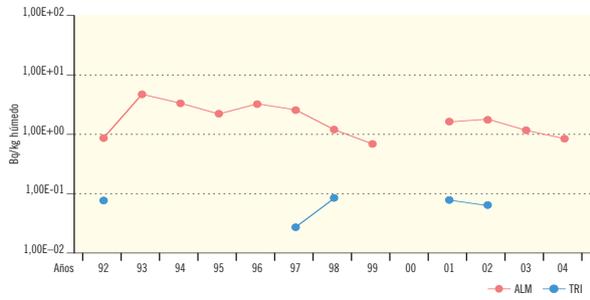


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
<b>JCA</b>						
Valor máximo	6,86E-01	4,76E-01			4,31E-01	1,10E+00
Valor mínimo	1,30E-01	1,32E-01			2,60E-01	1,60E-01
<b>ALM</b>						
Valor máximo	5,07E-01	8,96E-01				2,45E-01
Valor mínimo	2,19E-01	3,82E-01				2,70E-02
<b>COF</b>						
Valor máximo	2,71E-02	1,67E-01		1,17E-01		8,03E-01
Valor mínimo	2,60E-02	2,79E-02		1,17E-01		1,28E-01
<b>TRI</b>						
Valor máximo	1,40E-01	1,89E-01		1,10E+00	1,54E-01	4,37E-01
Valor mínimo	3,21E-02	3,28E-02		7,34E-02	1,54E-01	6,38E-02
Nº total análisis	14	30	14	30	14	30
Nº análisis>LID	13	26	0	7	4	20
Nº análisis<LID	1	4	14	23	10	10

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.30a. Plantas terrestres. 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

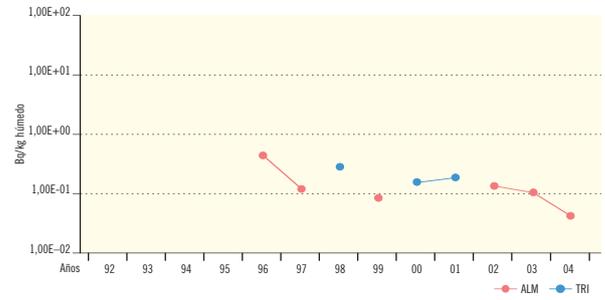
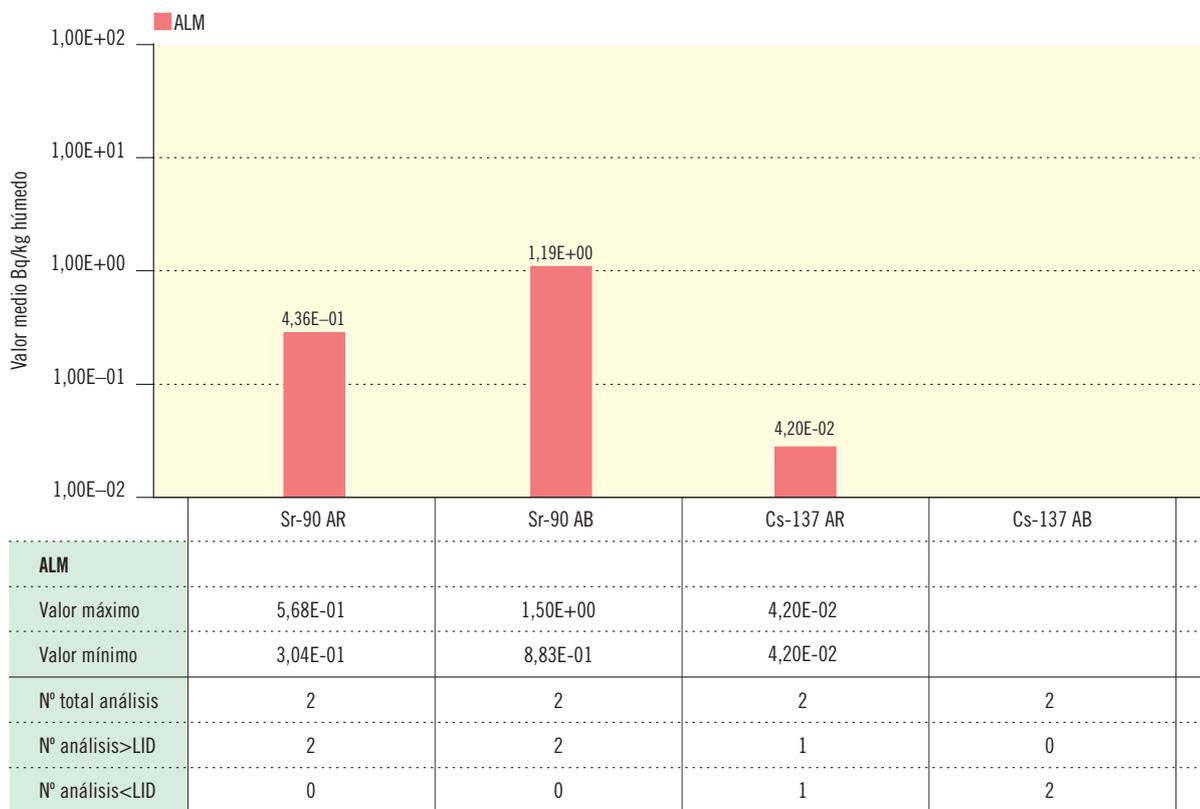


Figura 2.30b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



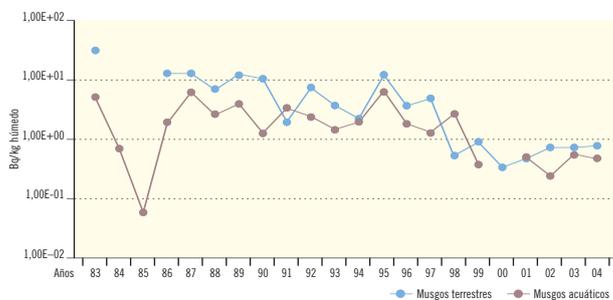
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.31a. Musgos. Central nuclear Santa María de Garoña. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

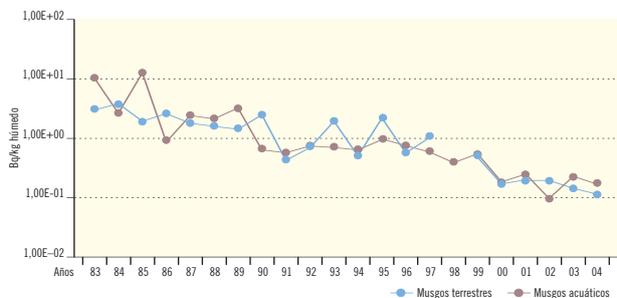
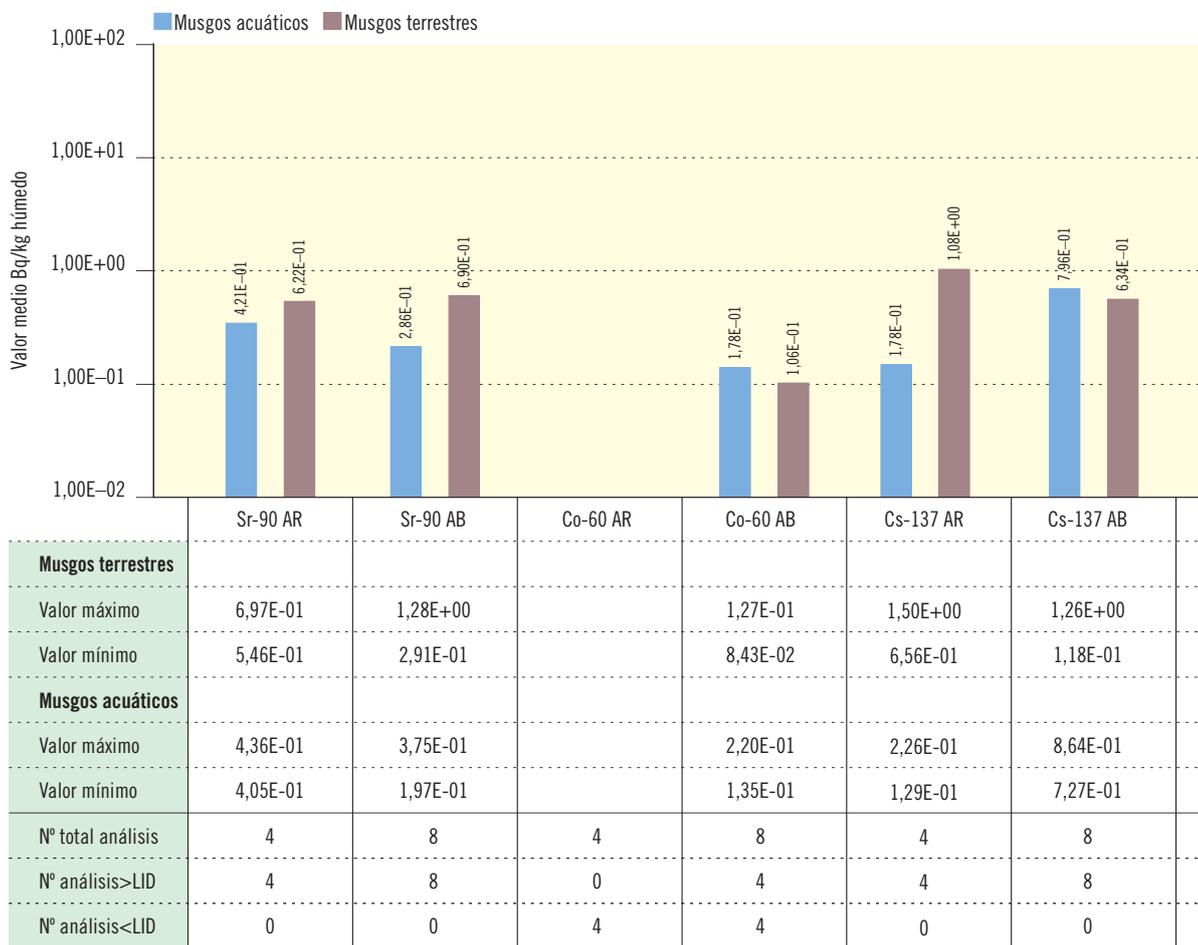


Figura 2.31b. Musgos. Central nuclear Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.32a. Fauna terrestre. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

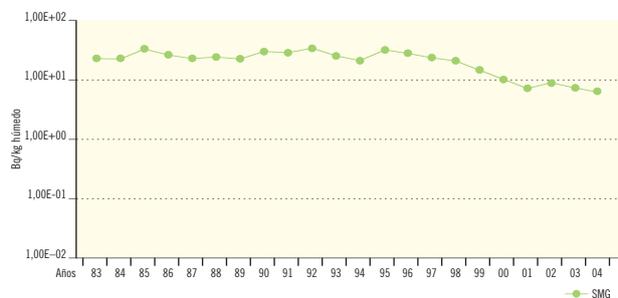
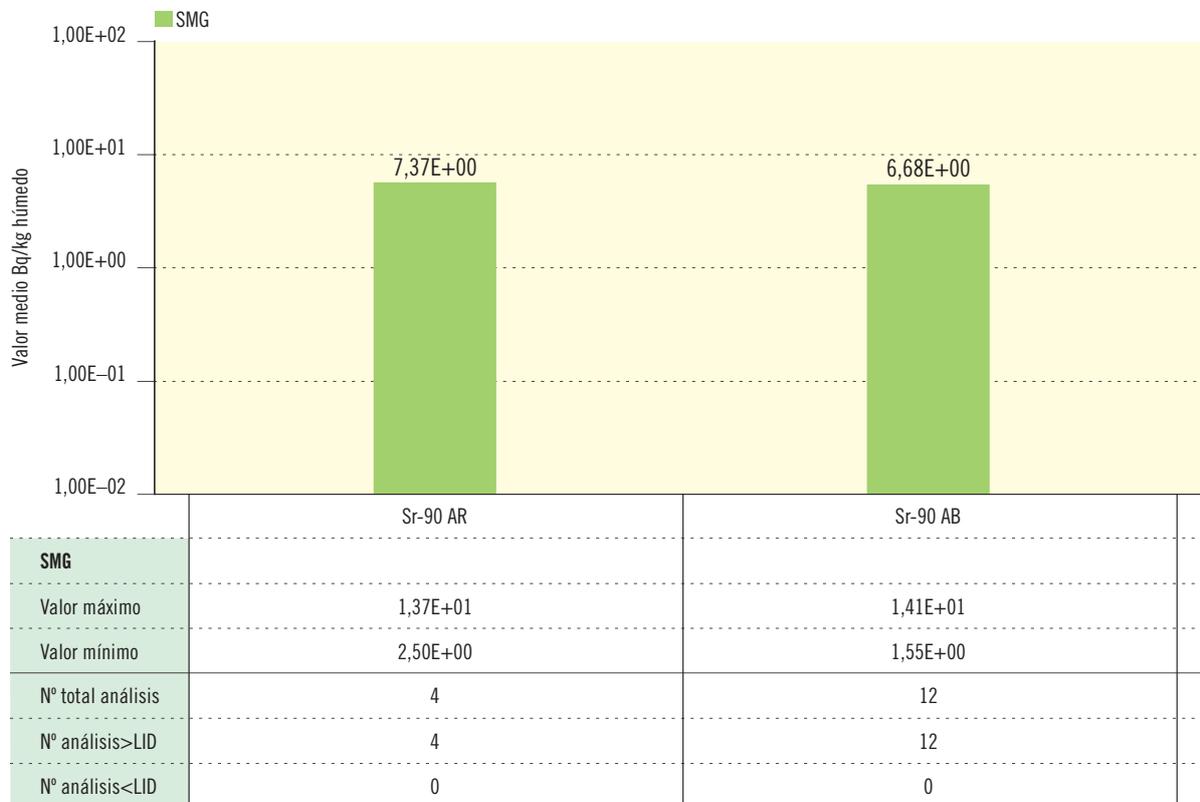


Figura 2.32b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

### 1.2.6. Alimentos

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

El tipo de alimentos considerados en los PVRA es muy variado y está relacionado con los usos de la tierra en el entorno de cada instalación. Los resultados obtenidos en 2004 no han superado los niveles de notificación establecidos por el CSN. Éstos, como ya se ha dicho, representan las concentraciones de actividad que podrían dar lugar a los valores de dosis fijados por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

#### *Leche*

El tipo de muestra recogida puede ser leche de vaca, cabra y oveja, o mezcla de éstas. Este último tipo sólo se recoge en la central nuclear José Cabrera.

*I-131.* Este análisis se realiza con una frecuencia quincenal si la leche procede de animales que pastan, y en aquellos periodos en los que son alimentados con forraje la frecuencia disminuye a mensual. Los valores de concentración son por lo general inferiores al LID. En las fechas posteriores al accidente de Chernóbil, se observó un incremento en los valores de concentración en las muestras recogidas en todas las centrales nucleares.

En la campaña de 2004 no se ha obtenido ningún resultado por encima del LID.

*Sr-90.* Es detectado en muestras de leche de todos los programas en proporciones que van del 75 al 100% de las muestras analizadas.

Los valores de concentración de actividad se mantienen muy parecidos a lo largo de los distintos periodos en cada una de las instalaciones. En la campaña de 2004 los valores obtenidos son similares a los de las campañas anteriores. No se aprecien diferencias significativas entre los valores obtenidos en las estaciones de seguimiento y las testigo. Los resultados relativamente más elevados se obtienen sistemáticamente en la central de Almaraz en consonancia con lo observado en las mues-

tras de suelo. En relación con el tipo de leche, la leche de cabra mantiene niveles de actividad de estroncio-90 ligeramente más elevados.

*Espectrometría gamma.* El cesio-137 es el radionucleido de origen artificial que se observa ocasionalmente con valores superiores al LID en muestras de leche.

En el año 2004 se han detectado valores por encima del LID en el 48% de las muestras de Almaraz, y en proporciones inferiores al 8% en José Cabrera y Trillo, siendo los valores medios similares a los de las últimas campañas. No se observan diferencias significativas según el tipo de leche.

#### *Vegetales*

Las muestras de cultivo para consumo humano que se recogen en los PVRA se agrupan en cultivos de hoja ancha y hoja no ancha, por la distinta contribución a las dosis estimadas por ingestión de estos alimentos.

#### *Vegetales de hoja ancha*

*Sr-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, como ya se ha observado en el apartado correspondiente, con los valores de este isótopo en el suelo. La proporción de detección se sitúa en torno al 100% de las muestras analizadas,

Los valores medios obtenidos en 2004 presentan un rango de variación similar al observado en las campañas anteriores. Los más elevados se encuentran en las centrales de Almaraz y Trillo, y los más bajos en Cofrentes, detectándose valores tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento.

*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 2003 también estos son inferiores al LID.

*I-131.* Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica. En 2004 se ha obtenido un valor por encima del LID en una muestra de col recogida en una estación si-

tuada aguas arriba del punto de vertido de efluentes líquidos, del PVRA de la central de Trillo, y con un valor inferior al valor de LID requerido para este isótopo.

#### *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, recogiendo en cada emplazamiento las especies más representativas de la zona.

*Sr-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 para el otro grupo de vegetales considerado.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2004 se mantienen similares a los obtenidos en las últimas campañas.

*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 2004 se ha detectado cesio-137 en muestras de sandías y melones analizados por la central de Almaraz. Los dos valores obtenidos son inferiores al valor medio del LID obtenido por el laboratorio en esta campaña, por lo que resultan ser los más bajos detectados en estas muestras hasta la fecha, y varios órdenes de magnitud por debajo del nivel de notificación fijado por el CSN.

#### *Carnes y huevos*

Se agrupan carne de vaca, de cordero, de cerdo, jabalí, conejo y de liebre, 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. En ninguna de las muestras se detectan isótopos de origen artificial excepto en el caso del cesio-137 para el que se obtienen valores superiores al LID en un pequeño porcentaje de las muestras analizadas.

En la campaña de 2004 sólo se han obtenido valores de dicho isótopo y muy próximos al valor del LID, en tres muestras: en una correspondiente a carne de cerdo analizada en el programa de la central de Almaraz y en dos

muestras de carne de oveja analizadas en el programa de José Cabrera.

En el resto de las muestras, no se ha detectado en esta campaña ningún isótopo de origen artificial con valores de actividad por encima del LID.

#### *Miel*

En los PVRA establecidos en las centrales de Trillo, José Cabrera, Almaraz, Cofrentes y Vandellós II se recogen muestras de miel en las que se realiza una espectrometría gamma. Los valores obtenidos en la medida de espectrometría gamma de los radionucleidos de origen artificial han sido inferiores al LID. A lo largo del desarrollo del PVRA se han obtenido valores superiores al LID en seis ocasiones. En la campaña de 2004 no se obtienen valores superiores al LID.

#### *Peces y mariscos*

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales; en el caso de la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se recogen también muestras de mariscos. En cada una de ellas se realiza una medida de espectrometría gamma sobre el organismo entero, aunque en el caso de la central de Almaraz se analiza por separado la parte comestible (músculo) y la no comestible (espinas). Los datos presentados corresponden a las muestras que incluyen las partes comestibles. La proporción de detección de isótopos de origen artificial es baja. Esporádicamente se obtienen valores de cesio-137 así como de cesio-134 y cobalto-60 fundamentalmente.

En la campaña de 2004 se ha detectado cesio-137 en el 72% de las muestras de peces de Almaraz, en el 60% de las de José Cabrera y en el 17% de Garoña con valores próximos al LID.

En las centrales de Ascó, Vandellós II y Trillo no se obtienen valores superiores al LID.

Por primera vez se detecta trazas de actividad de Co-60 en una muestra de peces de Cofrentes. El valor obtenido resulta ser inferior al valor medio del LID obtenido en esta campaña por el laboratorio de análisis. No se detectan isótopos de origen artificial en las muestras de mariscos recogidas en Vandellós.

Figura 2.33a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

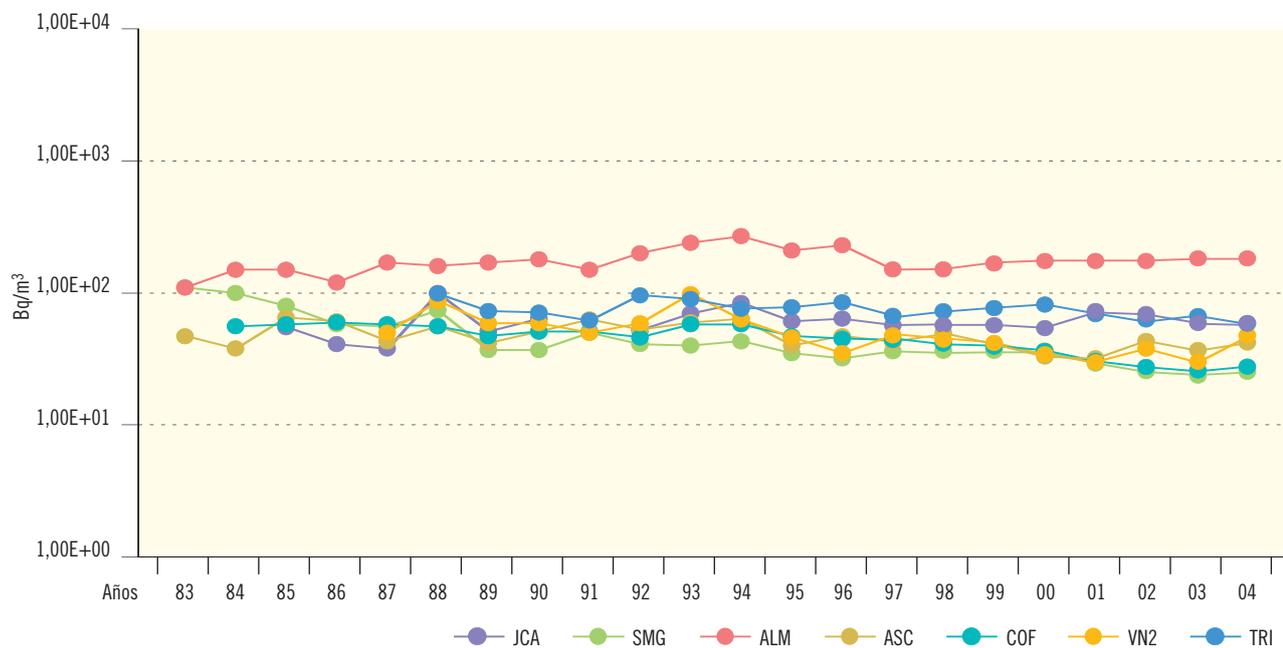
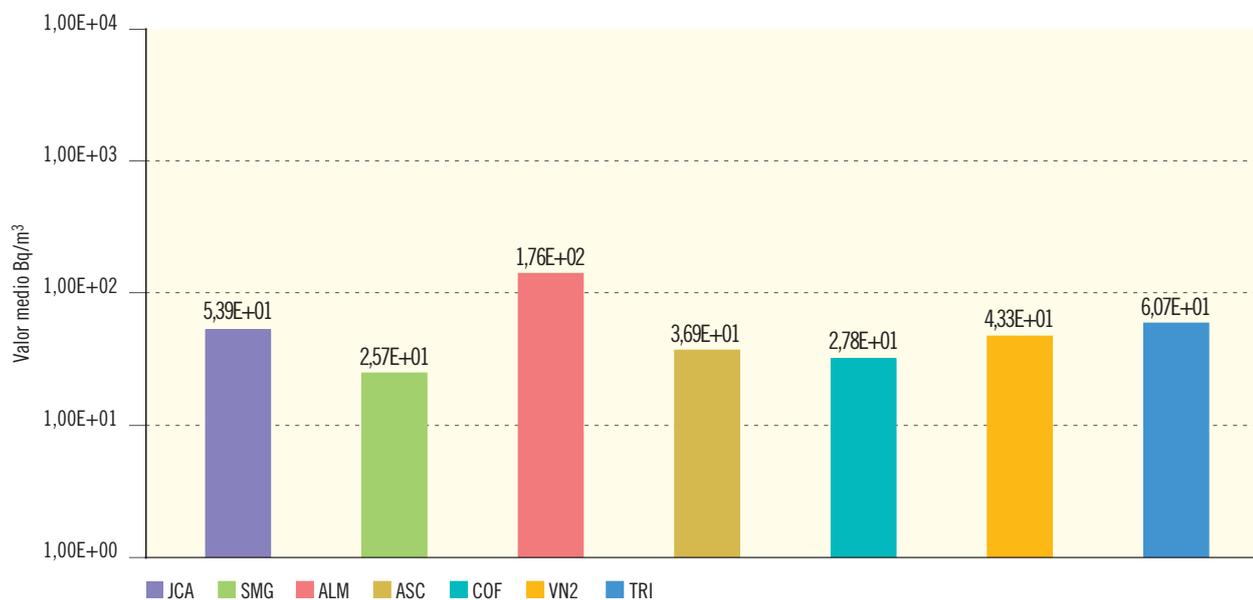


Figura 2.33b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,64E+01	6,47E+01	9,26E+02	5,82E+01	4,64E+01	7,41E+01	1,33E+02
Valor mínimo	2,47E+01	1,24E+01	2,32E+01	2,46E+01	1,66E+01	1,61E+01	2,07E+01
Nº total de análisis	65	48	91	22	36	34	52
Nº de análisis > LID	65	44	89	22	33	25	52
Nº de análisis < LID	0	4	2	0	3	9	0

Figura 2.34a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

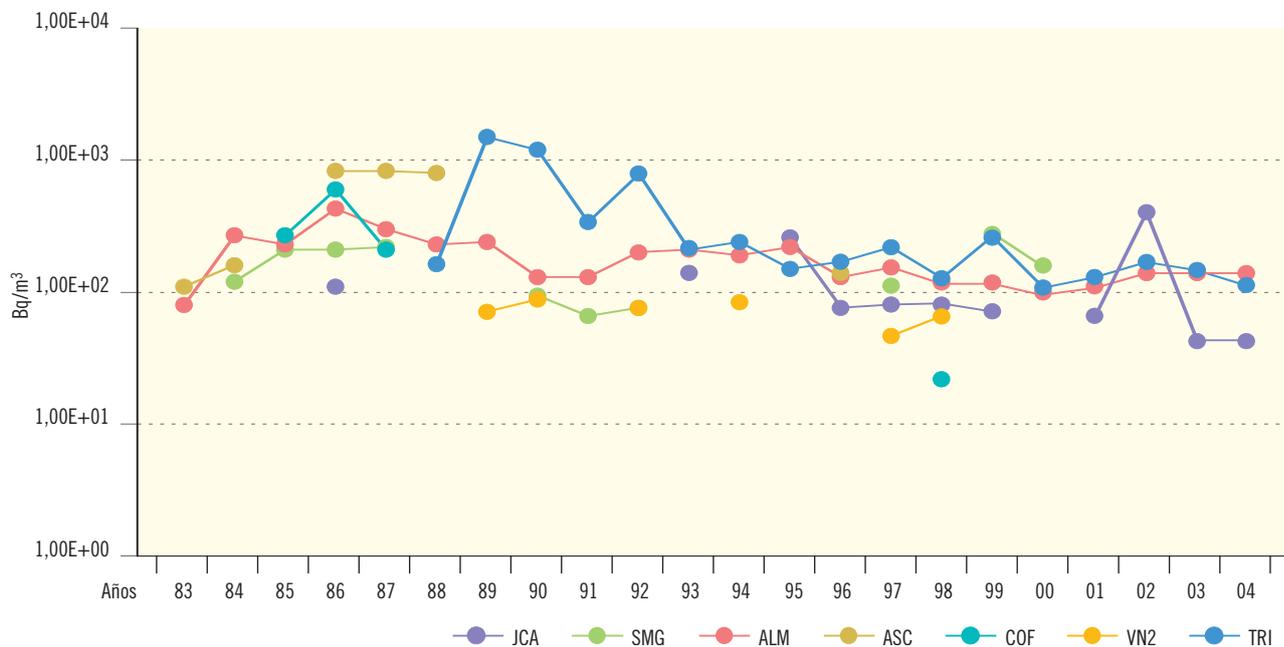
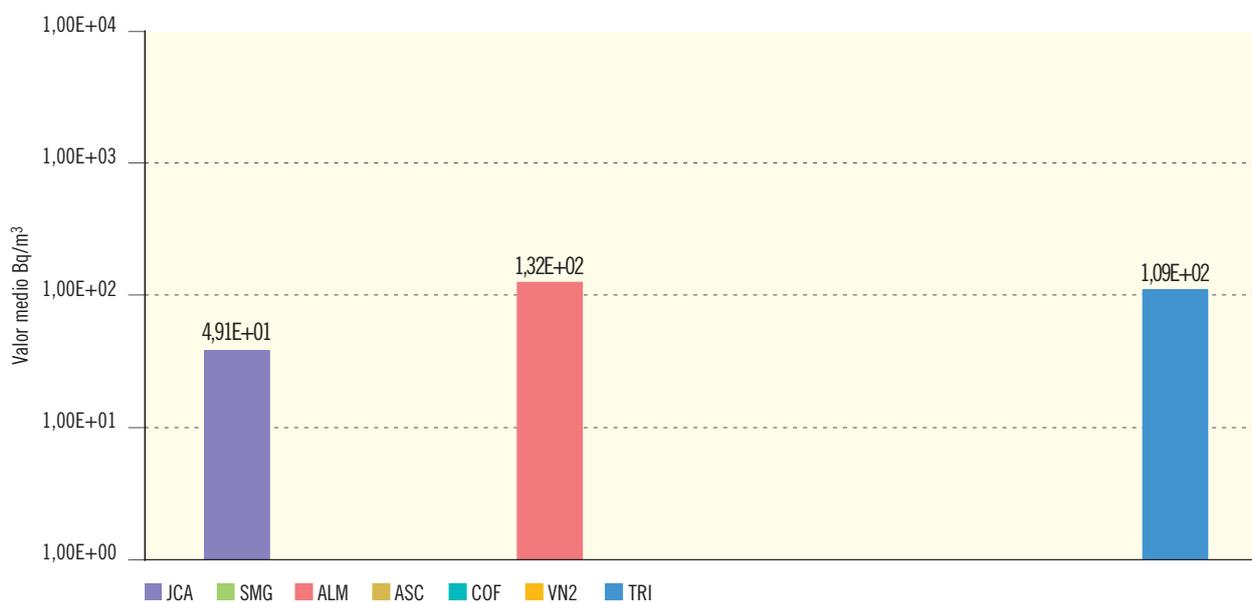


Figura 2.34b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6,59E+01		5,97E+02				1,69E+02
Valor mínimo	2,32E+01		3,50E+01				5,29E+01
Nº total de análisis	65	48	91	22	36	34	52
Nº de análisis > LID	5	0	44	0	0	0	4
Nº de análisis < LID	60	48	47	22	36	34	48

Figura 2.35a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

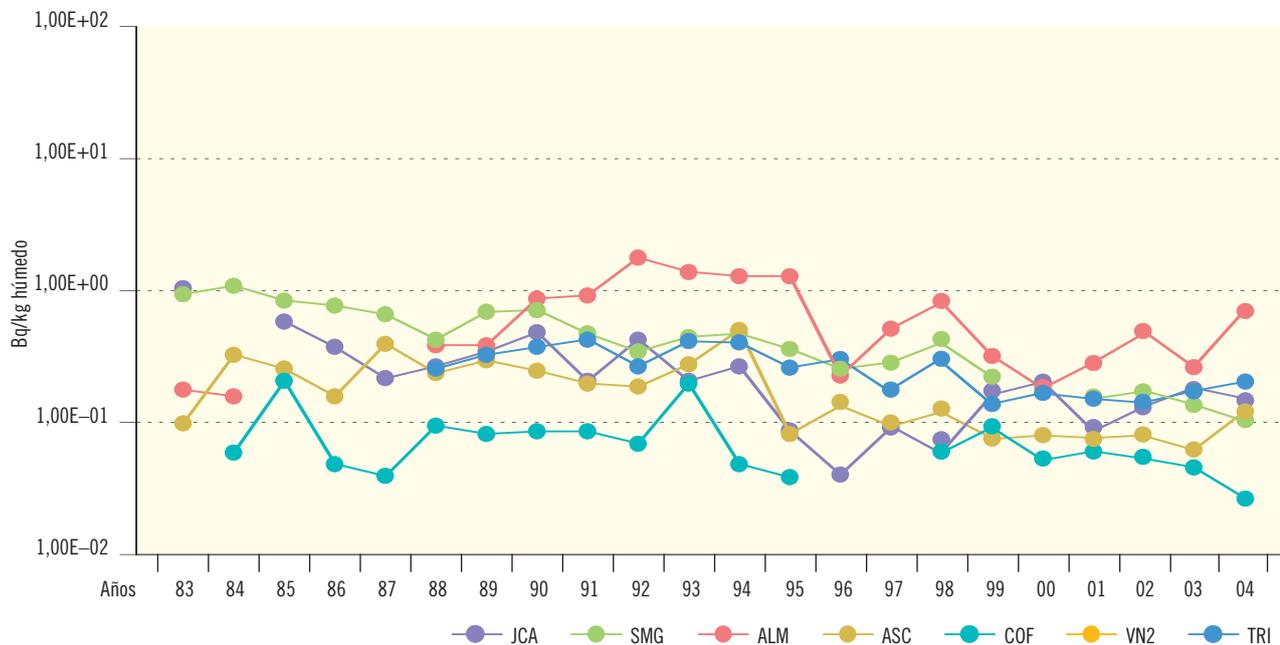
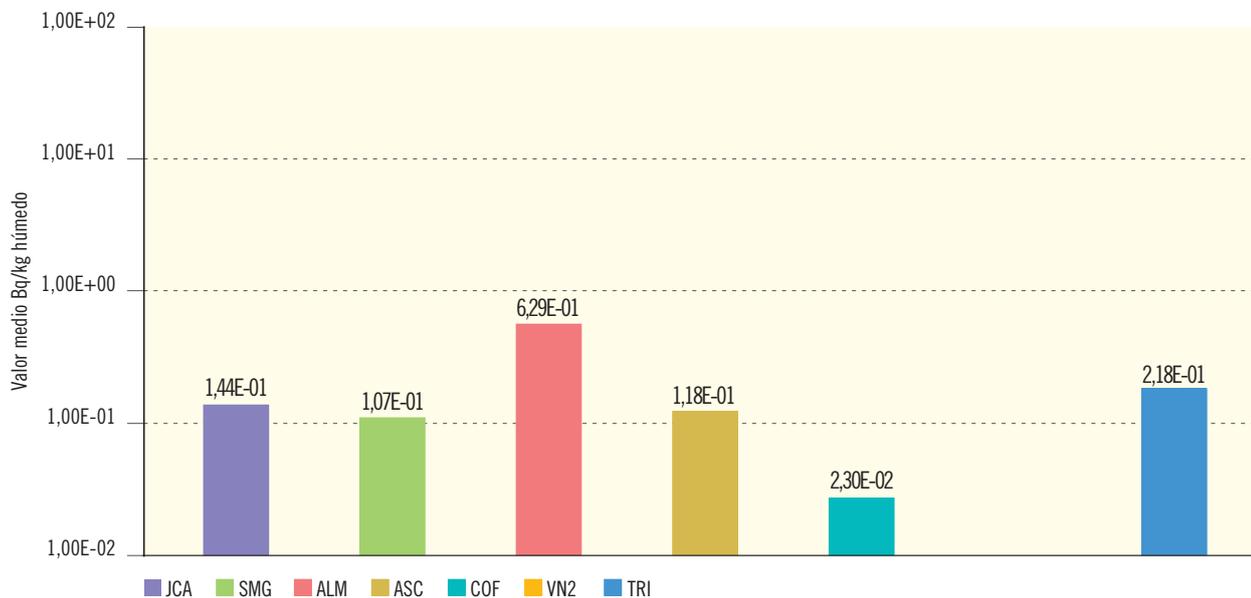


Figura 2.35b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,69E-01	2,19E-01	1,65E+00	5,34E-01	2,88E-02		8,43E-01
Valor mínimo	6,17E-02	2,60E-02	7,18E-02	3,11E-02	1,96E-02		4,23E-02
Nº total de análisis	5	16	6	10	4		9
Nº de análisis > LID	5	16	6	8	4		9
Nº de análisis < LID	0	0	0	2	0		0

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

Valores medios en la zona vigilada

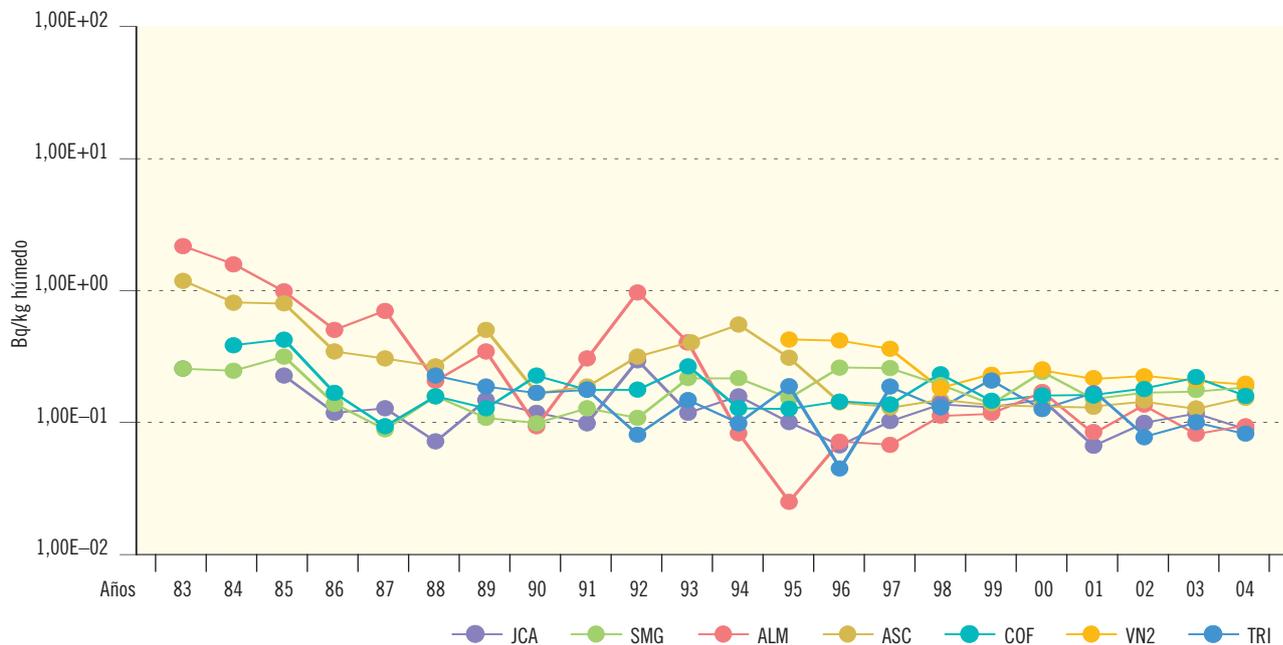
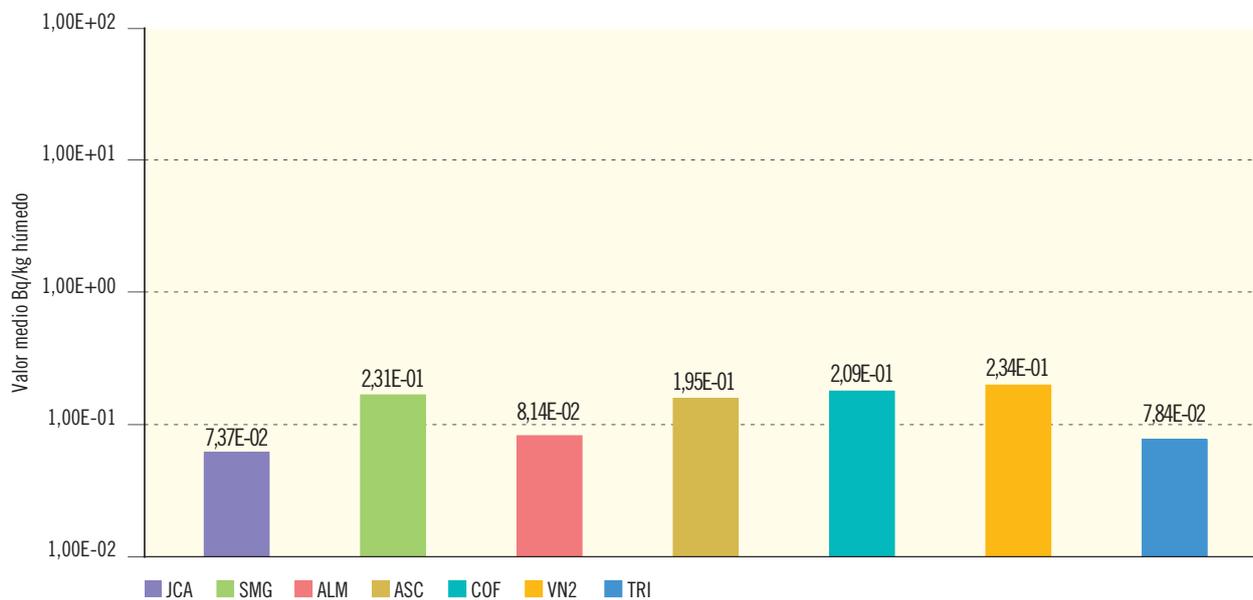


Figura 2.36b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,60E-01	3,55E-01	4,94E-01	6,99E-01	5,15E-01	4,77E-01	2,16E-01
Valor mínimo	1,17E-02	1,50E-01	1,13E-02	2,19E-02	2,45E-02	2,19E-02	1,35E-02
Nº total de análisis	20	16	20	19	16	8	14
Nº de análisis > LID	20	8	16	8	13	8	10
Nº de análisis < LID	0	8	4	11	3	0	4

Figura 2.37a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

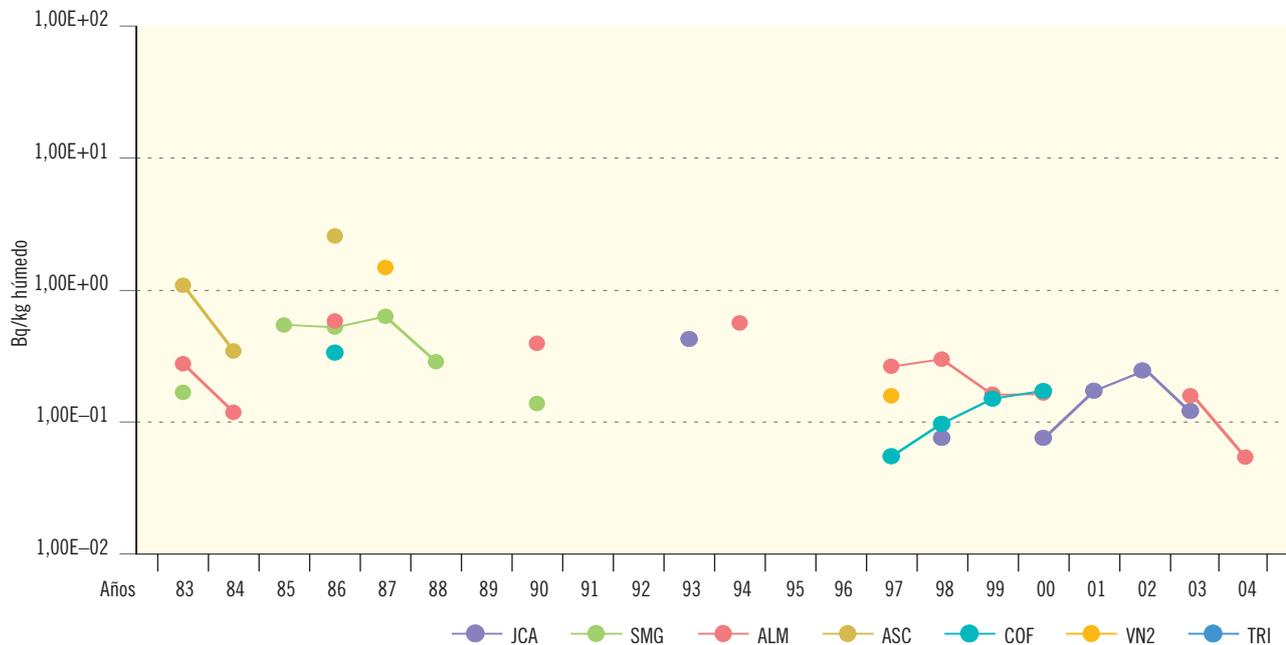
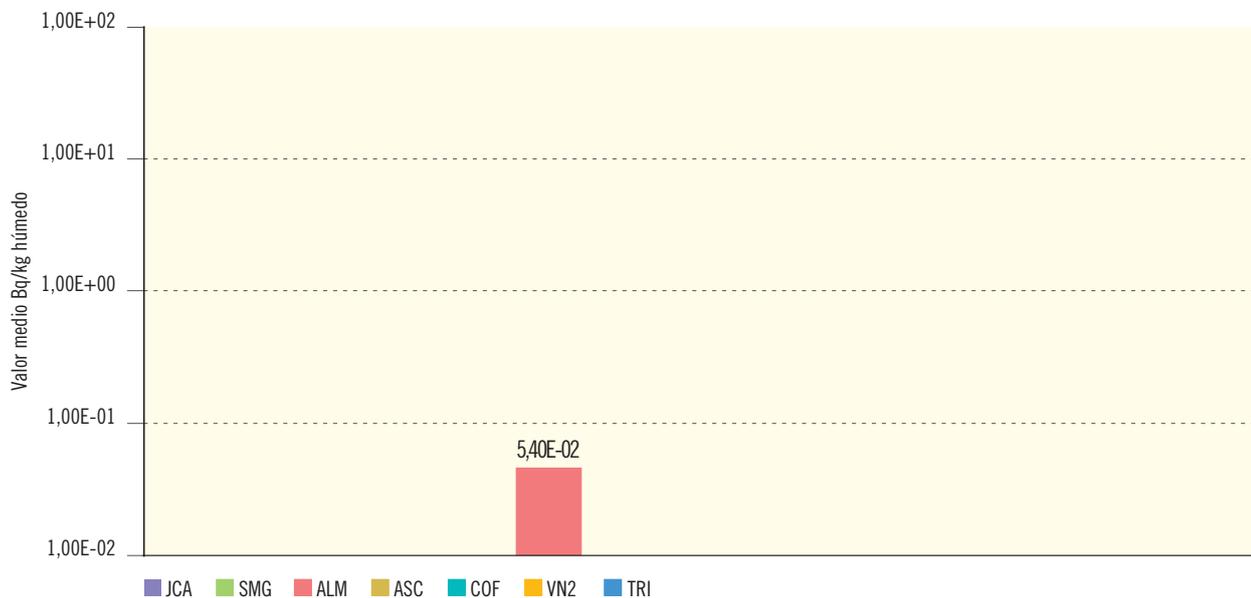


Figura 2.37b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			7,80E-02				
Valor mínimo			2,99E-02				
Nº total de análisis	20	16	20	19	16	8	14
Nº de análisis > LID	0	0	2	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	20	16	18	19	16	8	14

Figura 2.38a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

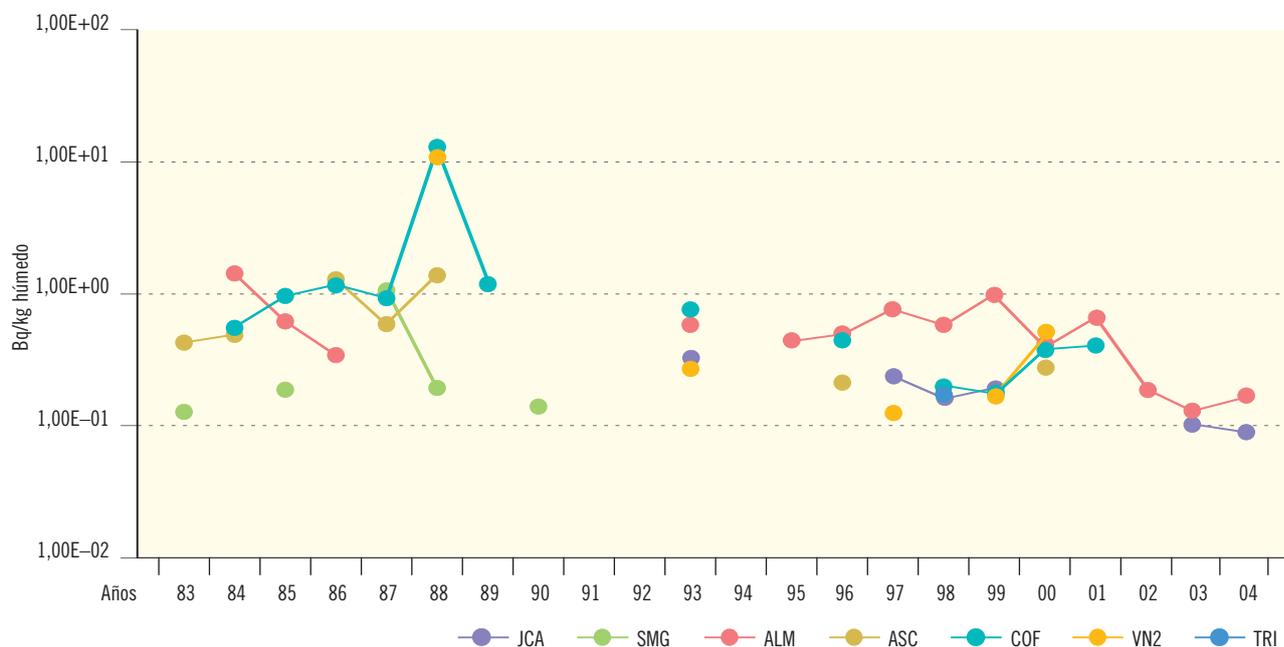
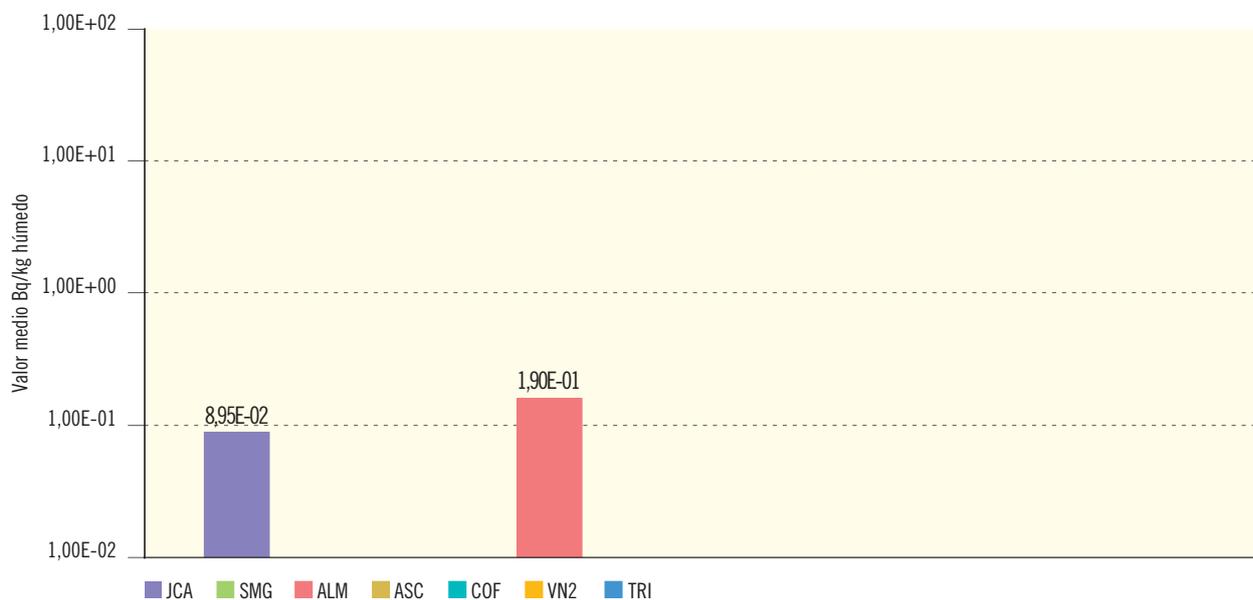


Figura 2.38b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,25E-01		1,90E-01				
Valor mínimo	5,40E-02		1,90E-01				
Nº total de análisis	10	8	25	8	16	4	15
Nº de análisis > LID	2	0	1	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	8	8	24	8	16	4	15

Figura 2.39a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

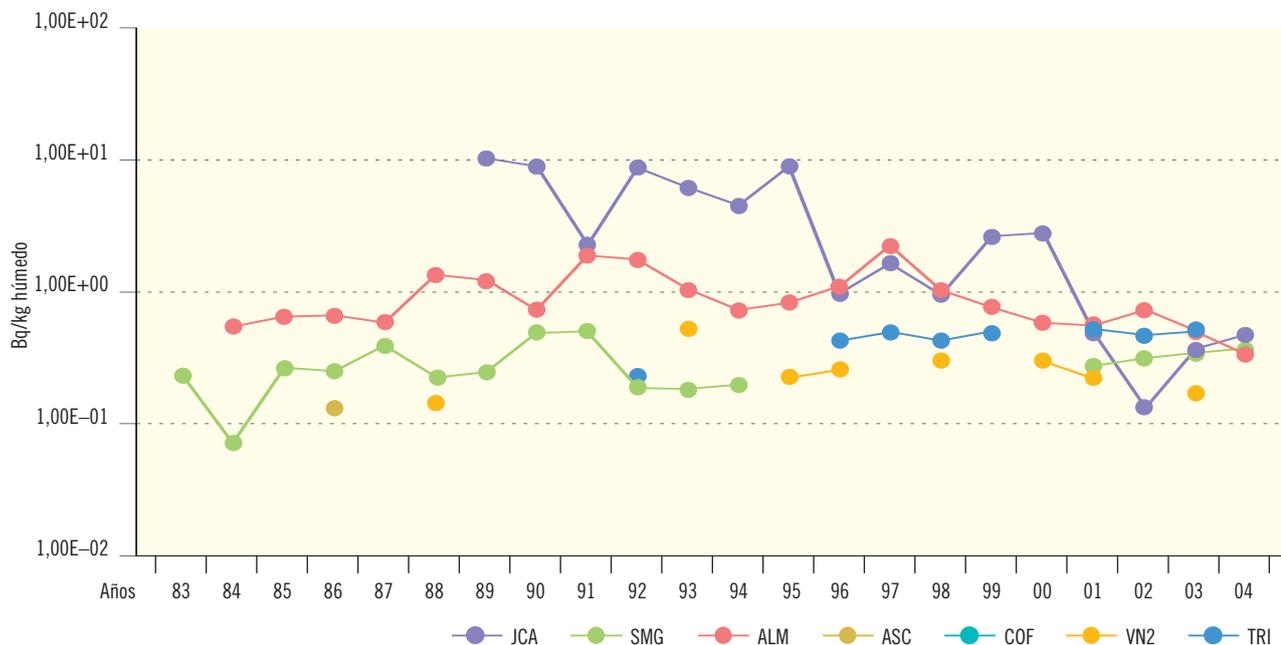
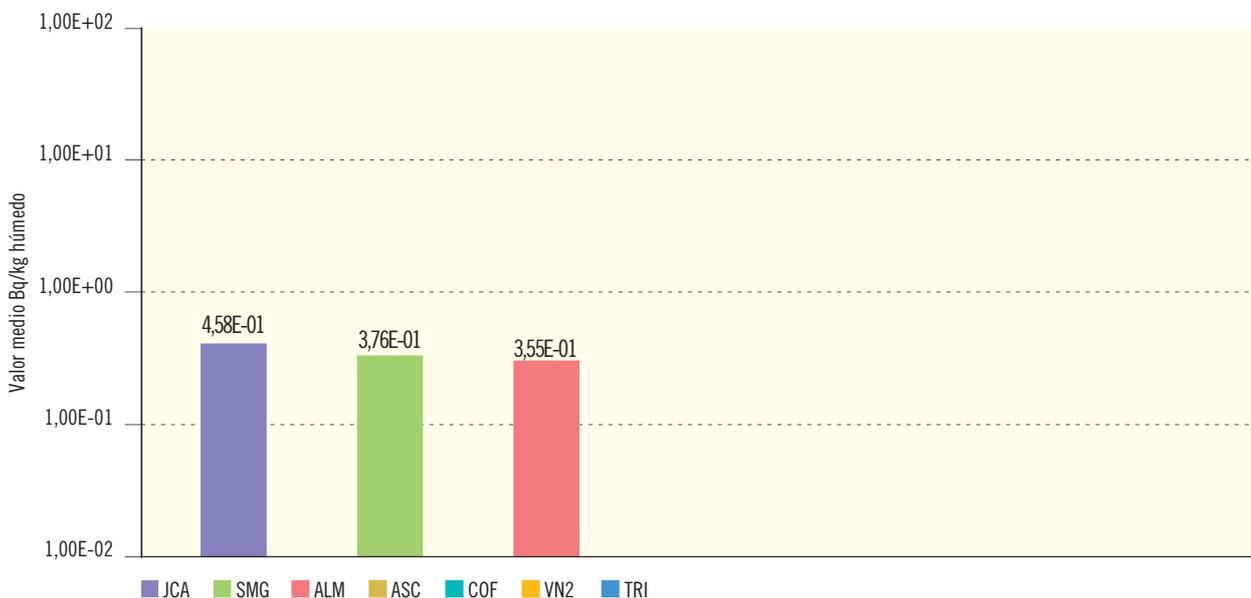


Figura 2.39b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,06E+00	3,76E-01	7,10E-01				
Valor mínimo	8,98E-02	3,76E-01	1,20E-01				
Nº total de análisis	10	6	32	2	4	8	6
Nº de análisis > LID	6	1	23	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	4	5	9	2	4	8	6

Figura 2.40a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

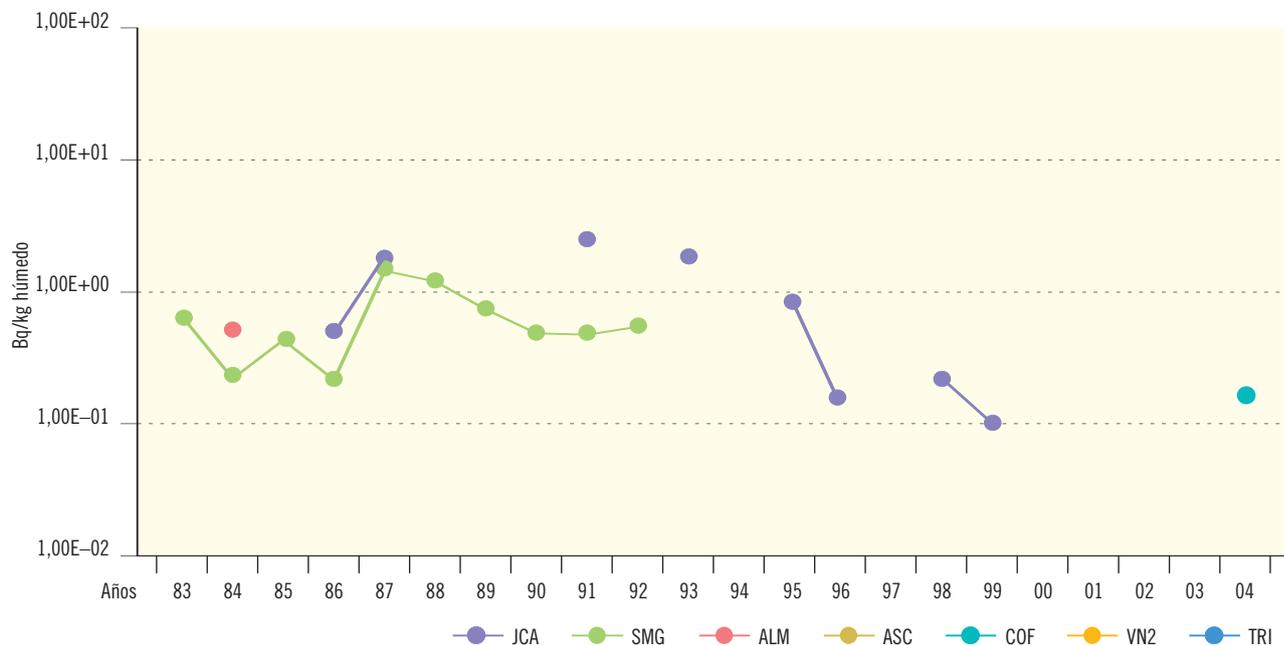
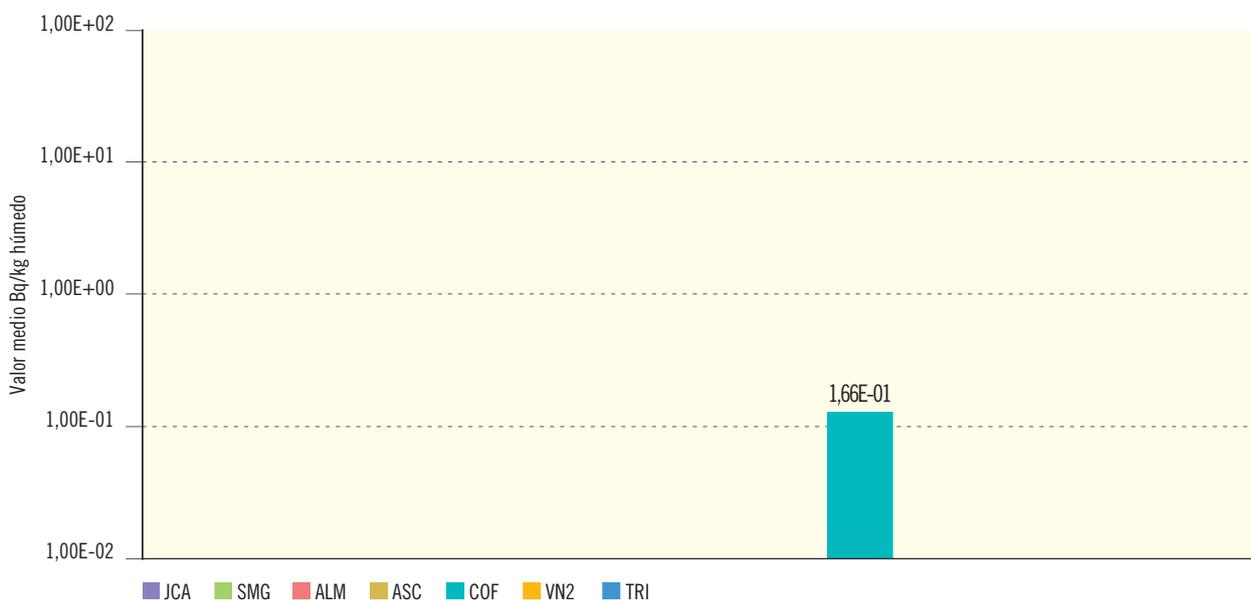


Figura 2.40b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de de Co-60 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2004



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo					1,66E-01		
Valor mínimo					1,66E-01		
Nº total de análisis	10	6	16	2	4	8	6
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	1	0	0
Nº de análisis < LID	10	6	16	2	3	8	6

### 1.3. Visita de verificación de la Comisión Europea a la central nuclear de Trillo

El artículo 35 del Tratado Euratom exige que cada Estado miembro cree 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 el cumplimiento de las normas básicas de seguridad.

El artículo 35 también da a la Comisión Europea (CE) derecho de acceso a dichas instalaciones para que pueda verificar de forma independiente su funcionamiento y eficacia.

En virtud de este artículo, la Comisión Europea ha establecido un programa de verificaciones de las instalaciones de vigilancia de la radiactividad en el medio ambiente, en cuyo marco visitó entre los años 1990 y 2002 los entonces 15 Estados miembro (EM), tal como se indica a continuación:

1990: Alemania (Philippsburg)  
 1991: Luxemburgo  
 1993: UK (Dounreay (1), Sellafield), Holanda (Borssele)  
 1994: Francia (Belleville-s/Loire), España (Vandellós II), Dinamarca (Risoe)  
 1995: Italia (Carozo), Francia (Polinesia)  
 1996: Bélgica (Tihange), Francia (La Hague), Irlanda  
 1997: Suecia (Barsebäck)  
 1998: Finlandia (Olkiluoto)  
 1999: UK (Dounreay (2)), Alemania (Krümmel), Francia (Chooz)  
 2000: Grecia, UK (Dungeness)  
 2001: Portugal  
 2002: Austria  
 2003: Francia (Belleville-s/Loire)

En la Comisión Europea, la Dirección General de Energía y Transportes (DG TREN), y más concretamente su Unidad de Radioprotección (TREN H.4), son las responsables de llevar a cabo dichas verificaciones.

Dentro de este programa de verificaciones, del 27 de junio al 2 de julio de 2004, un equipo de verificación de la DG TREN visitó la central nuclear de Trillo, para realizar la revisión de las instalaciones de vigilancia y control de descargas radiactivas y de vigilancia ambiental en condi-

ciones normales de operación de la central nuclear de Trillo y sus alrededores.

En concreto el propósito fue verificar de manera independiente a la central y a las autoridades competentes en la materia, en relación a la adecuación de los programas, metodología y dispositivos utilizados para la vigilancia y control radiológico de:

- Las descargas líquidas y gaseosas al medio ambiente y su control por la autoridad competente.
- La ejecución de Programa de Vigilancia de la Radiación Ambiental (PVRA) realizado por la central en el entorno (30 km) de la central y su control por la autoridad competente.
- La operación de los laboratorios radioquímicos de análisis radiológicos de los efluentes líquidos y gaseosos de la central y de las muestras ambientales (agua, aire, suelos y alimentos) del entorno de la instalación, incluyendo todos los aspectos de garantía de calidad de los procesos y del control documental.
- El Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental establecido por las autoridades competentes (en España el Consejo de Seguridad Nuclear) como vigilancia independiente de la realizada por la central.

El equipo de verificación analizó detalladamente la legislación española, los documentos oficiales de explotación de la central, los procedimientos operativos de control radiológico y mantenimiento de las instalaciones, las verificaciones de control de calidad de los procesos e instalaciones y los registros de todas las medidas y controles radiológicos que se realizan analizando su consistencia con los datos enviados por el Estado miembro (en caso de España por el Consejo de Seguridad Nuclear) a la Comisión de la UE en el marco del artículo 36 del Tratado Euratom, a fin de tenerla al corriente del índice de radiactividad que pudiera afectar a la población tanto del mismo Estado como de otros Estados miembros de la UE.

El equipo de verificación visitó las instalaciones de la central de Trillo, con presencia física durante la realización de diferentes controles radiológicos de efluentes y de la vigilancia ambiental de la radiactividad, las insta-

laciones de los laboratorios de análisis radioquímicos de muestras ambientales contratados por la central: Laboratorio de Medidas Ambientales, S.L. en Medina de Pomar (Burgos) y Laboratorio del Centro de Investigaciones, Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) en Madrid, y el Consejo de Seguridad Nuclear (Madrid).

### 1.3.1. Conclusiones de la verificación

El equipo verificó 32 procesos de control radiológico de efluentes y de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de la central y 22 instrumentos de vigilancia de efluentes, recogida de muestras y medida de radiactividad ambiental concluyendo que las verificaciones realizadas demuestran que los programas, procesos e instrumentos implantados para realizar la vigilancia continua de los ni-

veles de radiactividad en el aire, agua y suelo en el entorno de la central de Trillo son adecuados, comprobando el funcionamiento y la eficacia de los mismos.

De las verificaciones realizadas ha reconocido cuatro prácticas excelentes y ha propuesto seis sugerencias principalmente relacionadas con algunos aspectos de la garantía de calidad de las actividades, que aunque no van en detrimento de la conclusión general de que la central de Trillo cumple lo dispuesto en el artículo 35 del Tratado Euratom, su implantación mejoraría algunos aspectos particulares de la vigilancia radiológica ambiental en la central y en el entorno de su emplazamiento.

De estas sugerencias, más de la mitad han sido ya consideradas en las actividades asociadas, estando el resto en vías de incorporación.

## 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

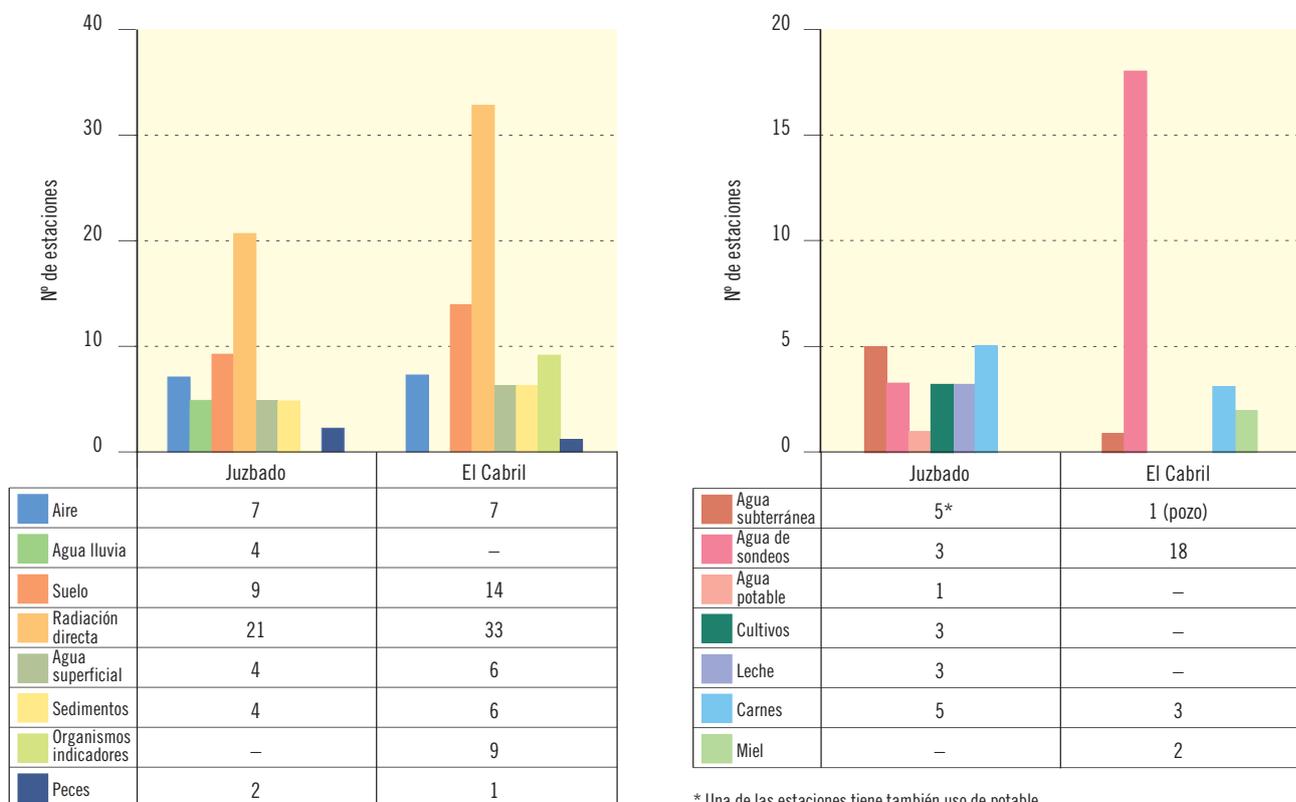
Los programas de vigilancia se han establecido teniendo en cuenta la normativa nacional adaptada al tipo específico de estas instalaciones (GS/JEN-3) (GS/JEN-9) y

(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 a instalaciones análogas de los EEUU. 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 2.41 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.

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 6ª prórroga del PEP por 10 años (OM 5/7/96)
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

Figura 2.41. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible



\* Una de las estaciones tiene también uso de potable.

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

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

## 2.2. Resultados

Para el tratamiento de los resultados se han tenido en cuenta, básicamente, los mismos criterios indicados en el apartado 1.3 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 gráficamente 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 éstos 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 para cada instalación, en la que se representa la evolución histórica de los valores medios de todos los análisis realizados y unas tablas con información más detallada correspondiente al año 2004. 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.

A diferencia también de lo realizado para las centrales nucleares, no se incluyen comentarios sobre la finalidad que tiene la elección de unas vías de exposición y tipo de muestras específicas en los PVRA ya que es la misma que la indicada en el apartado 1.3 para dichas instalaciones. Los análisis establecidos en estos programas, como ya se ha mencionado, tienen en cuenta el tipo de instalación, los efluentes líquidos y gaseosos emitidos y las características del emplazamiento. Así, 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. 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 dicho isótopo. El Cabril es un almacenamiento de residuos sólidos y, por lo tanto, se han establecido los análisis del PVRA teniendo en cuenta el contenido isotópico de los residuos que allí se almacenan y su periodo de semidesintegración.

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

El porcentaje de resultados por encima del LID en la campaña de 2004 es del 85% para el índice de actividad alfa total y del 100% para los isótopos del uranio, excepto los del U-235 para el cual no se obtienen valores superiores al LID. En la figura 2.42 se comprueba que el valor medio del índice de actividad alfa total es muy similar al obtenido en la mayor parte de los años de vigilancia. Los valores obtenidos de uranio-234 y uranio-238 se mantienen, también, similares a los de otros operacionales.

#### El Cabril

El muestreo de partículas de polvo 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 una medida de espectrometría gamma y una de estroncio-90. Para la medida del tritio presente en el vapor de agua atmosférico, se realiza un muestreo haciendo pasar 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 borbotear el aire a través de dos botellas de dos litros que contienen una disolución de Ba(OH)<sub>2</sub>, cambiándose las botellas cada dos o tres semanas.

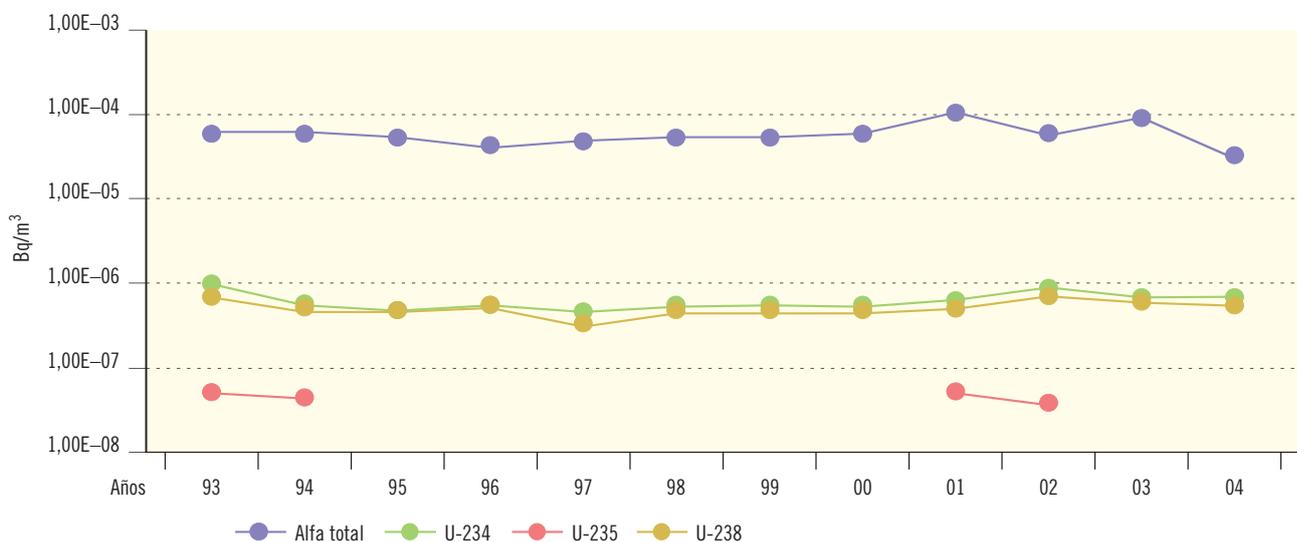
En la campaña de 2004 los porcentajes de valores del Índice de actividad beta total superiores al LID están próximos al 100% y los valores medios se mantienen muy semejantes a lo largo de los años. Se han obtenido tres valores de estroncio-90 superiores al LID, cuyo valor medio se encuentra dentro del rango de valores obtenidos en operacionales anteriores.

Todos los valores obtenidos en la espectrometría gamma para los isótopos de origen artificial han sido inferiores a los LID. El valor medio obtenido para el tritio es similar al registrado desde el año 1998 y un orden de magnitud más elevado que los anteriores a esa fecha.

Esta diferencia se debe a la modificación del procedimiento de recogida de las muestras que ha permitido que aumente la proporción de medidas superiores al LID, siendo del 61% en el año 2004, cuando en años anteriores a 1998 no llegaba al 28%. No obstante los valores siguen siendo entre uno y dos órdenes de magnitud más bajos que los valores de fondo registrados en otros PVRA. Se detectan valores de actividad de Carbono-14 en todas las muestras, siendo el valor medio obtenido en 2004 inferior al obtenido en campañas anteriores.

Figura 2.42. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m<sup>3</sup>)

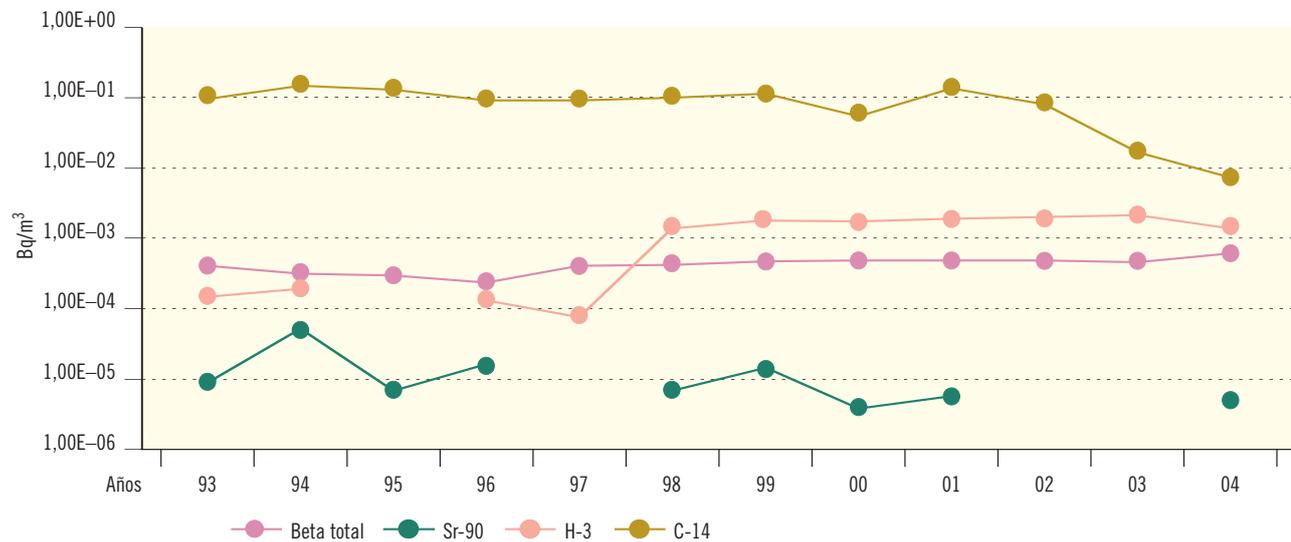
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,34E-05	7,79E-07		5,63E-07
Valor máximo	1,53E-04	1,60E-06		1,30E-06
Valor mínimo	8,20E-06	5,30E-07		3,40E-07
Nº total de análisis	364	7	7	7
Nº de análisis > LID	311	7	0	7
Nº de análisis < LID	53	0	7	0

Figura 2.43. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	6,54E-04	6,11E-06	1,66E-03	8,81E-03
Valor máximo	1,57E-03	7,84E-06	3,90E-03	1,53E-02
Valor mínimo	7,41E-05	5,00E-06	2,50E-04	5,16E-03
Nº total de análisis	364	28	28	28
Nº de análisis > LID	364	3	17	28
Nº de análisis < LID	0	25	11	0

### 2.2.2. Radiación directa

#### *Dosímetros de termoluminiscencia*

*Radiación gamma ambiental.* Como ya se ha comentado, con los dosímetros de termoluminiscencia se miden tasas de dosis muy relacionadas con las características del terreno y su contenido en isótopos naturales. Esta contribución hace que el porcentaje de resultados superiores al LID sea de un 100% en todos los casos.

#### Juzbado

La vigilancia se realiza mediante dosímetros expuestos trimestralmente. Como se observa en la figura 2.44 los valores medios obtenidos son muy estables a lo largo de los años, incluido el 2004.

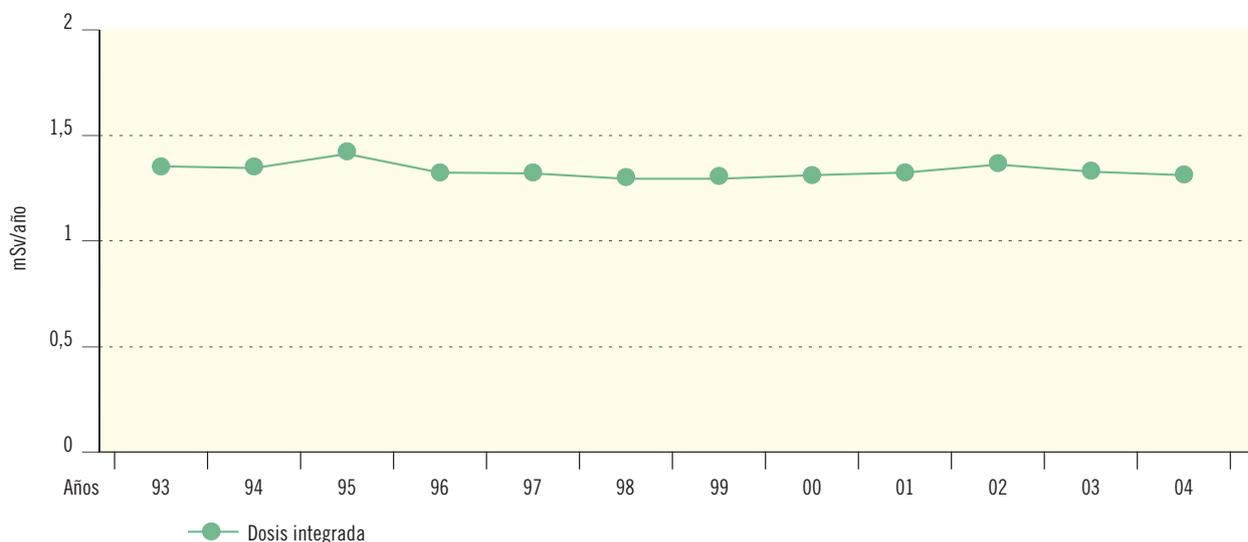
#### El Cabril

La vigilancia de la radiación gamma ambiental se lleva a cabo mediante la colocación de dosímetros cuya lectura se realiza trimestralmente.

Como se puede observar en la figura 2.45 la tendencia al ligero incremento en los valores medios de la dosis por radiación externa, observada en los años 2001 y 2002, que se relacionó con el almacenamiento de los residuos procedentes del incidente de Acerinox en estructuras provisionales, se ha invertido en los años 2003 y 2004. En las medidas trimestrales se registran valores paulatinamente más bajos, registrándose valores muy próximos a los valores habituales de fondo en la medida del cuarto trimestre de 2004 y coincidiendo con la finalización de la retirada de dichos residuos de las estructuras provisionales.

**Figura 2.44. Juzbado. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)**

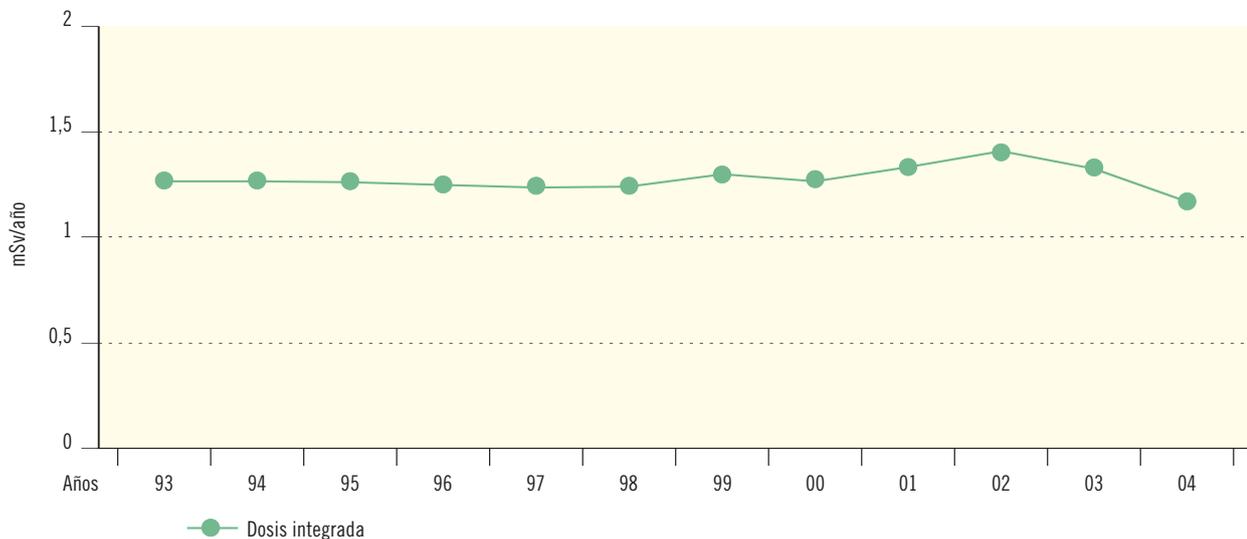
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Dosis integrada
Valor medio	1,36
Valor máximo	1,9
Valor mínimo	0,9
Nº total de análisis	83
Nº de análisis > LID	83
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.45. El Cabril. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Dosis integrada
Valor medio	1,2
Valor máximo	2,35
Valor mínimo	0,75
Nº total de análisis	132
Nº de análisis > LID	132
Nº de análisis < LID	0

### 2.2.3. Deposición

#### Suelo: deposición total

#### Juzbado

El muestreo se realiza con frecuencia anual. En cada muestra se determina el índice de actividad alfa total y se realiza un análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID es del 100% en todas las determinaciones, excepto para el U-235 que es del 55%. Como puede verse en la figura 2.46 los valores medios para el índice de actividad alfa total y para los isótopos de uranio se mantienen muy similares a los obtenidos desde la campaña de 1995.

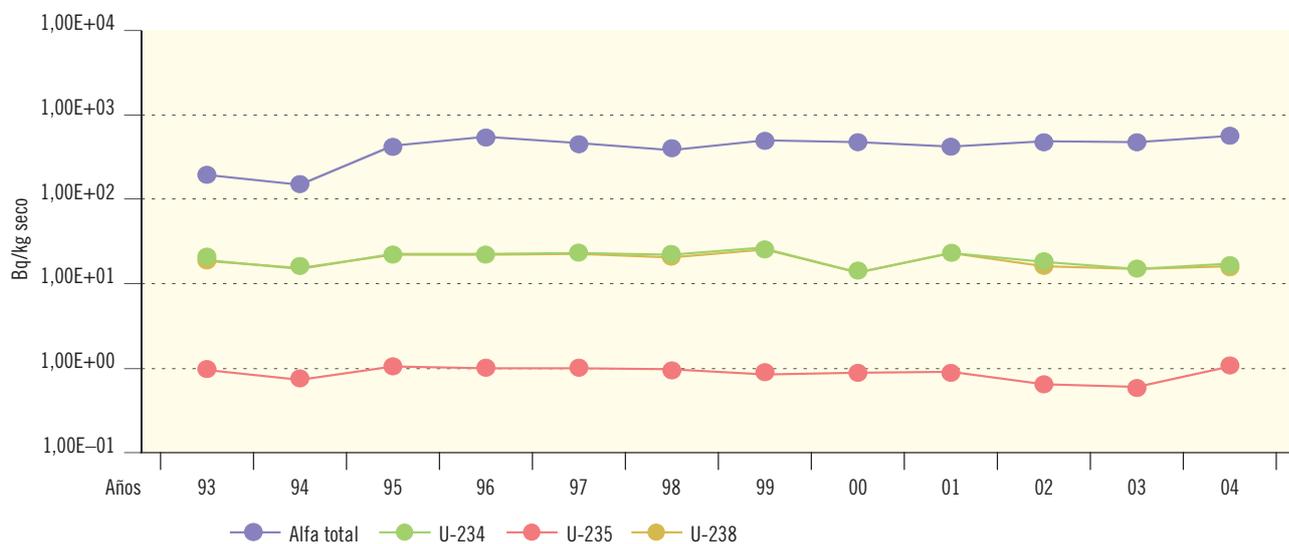
#### El Cabril

El muestreo se lleva a cabo con frecuencia anual. 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, que tienen como uno de sus posibles orígenes el poso radiactivo, se detectan con valores superiores al LID en todas las medidas. Los valores medios de cesio-137 son similares a lo largo de los años. El valor medio de estroncio-90 obtenido en 2004 es similar al obtenido en 2002, a su vez, ligeramente inferior al de años anteriores.

Figura 2.46. Juzbado. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

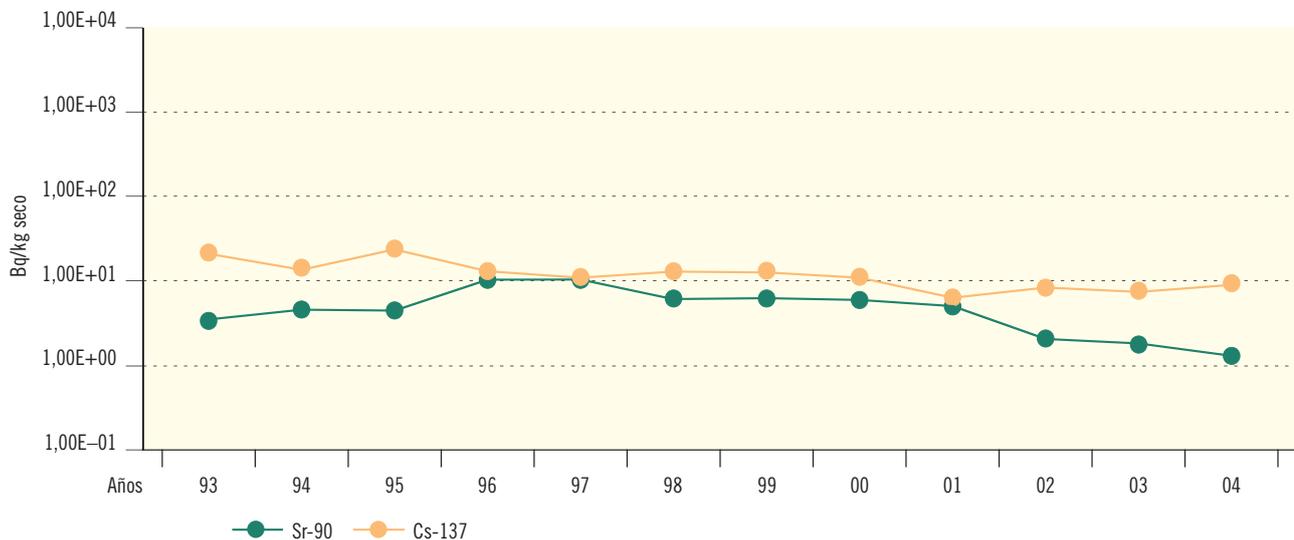
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,47E+02	1,58E+01	1,13E+00	1,51E+01
Valor máximo	8,71E+02	3,00E+01	1,80E+00	2,90E+01
Valor mínimo	3,56E+02	7,40E+00	5,10E-01	7,50E+00
Nº total de análisis	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	9	5	9
Nº de análisis < LID	0	0	4	0

Figura 2.47. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Sr-90	Cs-137
Valor medio	1,33E+00	8,37E+00
Valor máximo	2,12E+00	2,53E+01
Valor mínimo	8,11E-01	1,28E+00
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, también 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 del uranio. En el caso de que la actividad alfa total correspondiente al mes de diciembre en cada punto supere un valor establecido se realizará otro análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID para todos los análisis realizados en 2004 fue del 60% para los índices de actividad alfa total y beta total, del 19% para el índice de actividad beta resto y próximo al 100% para el resto de los análisis, excepto el uranio-235 que se detecta en una sola muestra.

#### 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 por último, después de realizar los adecuados procesos de separación radioquímica, se determina la actividad del estroncio-90 y adicionalmente, desde 1994, la del yodo-129 y tecnecio-99 en el 10% de las muestras recogidas.

En el año 2004 se obtienen valores de actividad superiores al LID para la determinación de los índices de actividad beta total y beta resto y el isótopo estroncio-90, siendo la magnitud de los valores medios y las proporciones de detección similares a anteriores campañas. Asimismo, se obtiene un valor de actividad de Cs-137 ligeramente superior al valor del LID obtenido en la estación testigo.

### *Agua potable*

Esta vía no se incluye en el PVRA del almacenamiento 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 del uranio. Además, recogen muestras de agua subterránea en una fuente con frecuencia trimestral. En estas muestras se realiza la determinación del índice de actividad alfa total y con frecuencia semestral un análisis isotópico del uranio.

Como se aprecia en la figura 2.50, en la que sólo se representan los resultados de las muestras procedentes del río Tormes, los valores medios obtenidos en 2004 para todas las determinaciones entran dentro de los rangos obtenidos en los años anteriores. Ninguno de los resultados supera los establecidos en el Real Decreto 140/2003 relativo a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, ni los de la guía 7.7 del CSN, "Control radiológico del agua de bebida".

En cuanto a la fuente vigilada, cuyas aguas se utilizan a veces con fines medicinales, los valores en 2004 son similares a los de otras campañas y, si bien las concentraciones del índice de actividad alfa total superan el nivel de investigación establecido en la guía 7.7 del CSN, los valores de concentración de los isótopos de uranio obtenidos corresponden a la fase de no actuación, según la secuencia de actuación indicada en dicha guía.

### *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. Como se ve en la figura 2.51, en la campaña de 2004 los valores medios obtenidos se encuentran dentro del rango de valores obtenidos anteriormente.

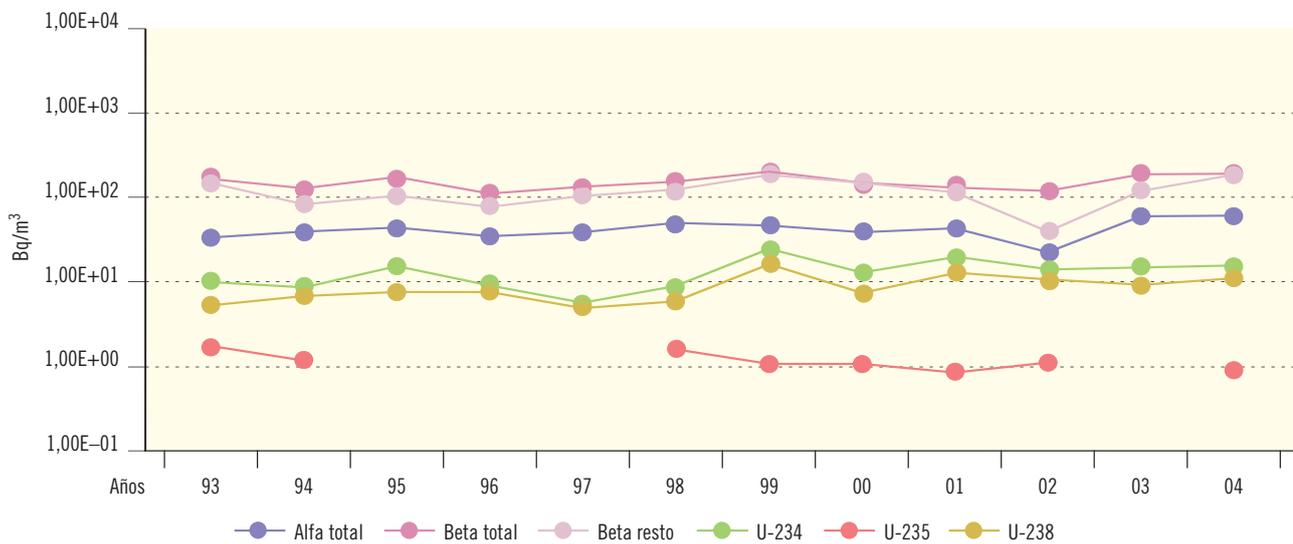
El Cabril

Las muestras de sedimentos se recogen en los mismos puntos en 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.

El porcentaje de valores superiores al LID para la determinación del índice de actividad beta total es siempre del 100%, manteniéndose los valores medios muy estables a lo largo de las diferentes campañas, como puede verse en la figura 2.52. En la espectrometría gamma los valores de los isótopos de origen artificial son en todas las campañas inferiores al LID, excepto en el caso del cesio-137 que se ha detectado en 2004 en el 100% de las muestras, siendo el valor medio de las medidas similar al obtenido en las anteriores campañas. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en los mismos.

Figura 2.48. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

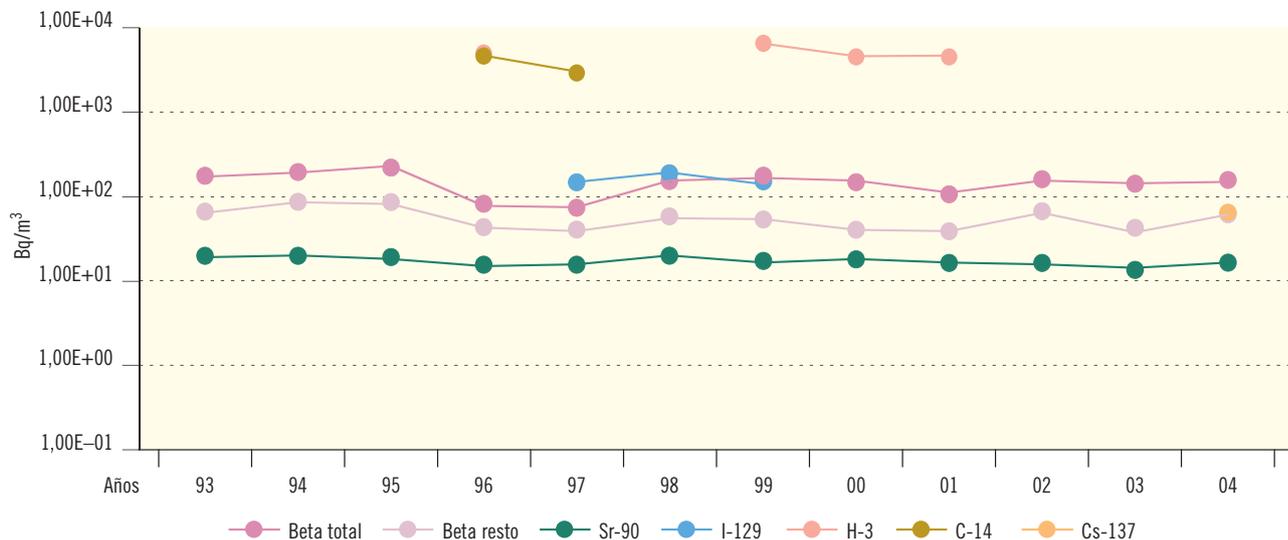
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,40E+01	1,45E+02	1,35E+02	1,31E+01	9,30E-01	9,90E+00
Valor máximo	9,52E+01	3,23E+02	2,36E+02	2,00E+01	9,30E-01	1,70E+01
Valor mínimo	2,22E+01	7,40E+01	7,43E+01	7,50E+00	9,30E-01	5,70E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	29	31	9	4	1	4
Nº de análisis < LID	19	17	39	0	3	0

Figura 2.49. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m<sup>3</sup>)

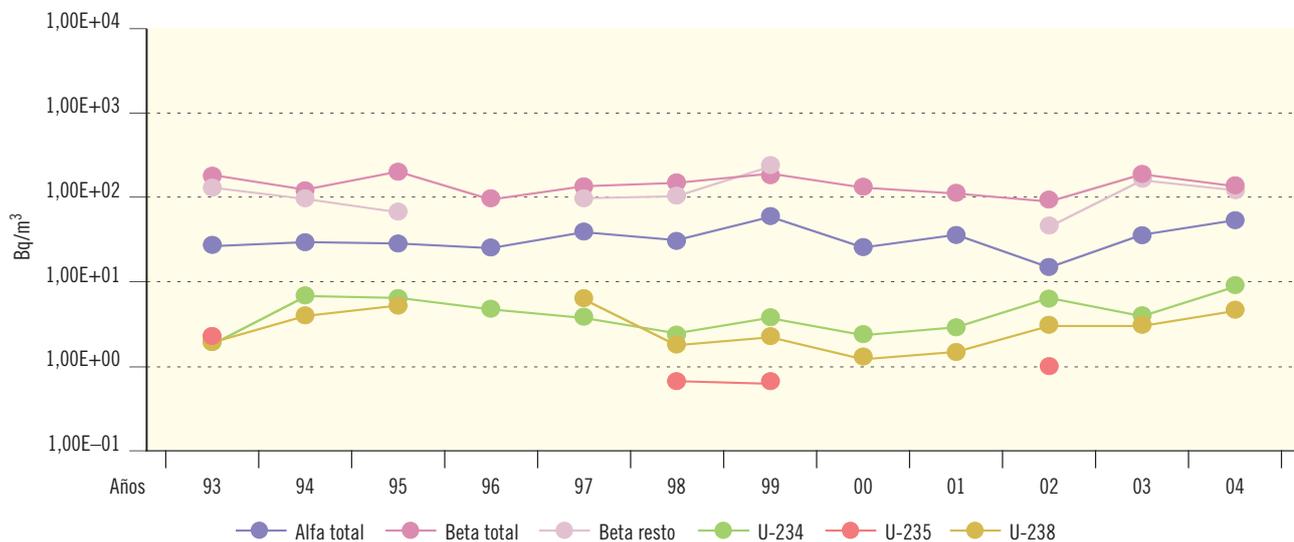
Evolución temporal valores medios



Valores 2003	Beta total	Beta resto	Sr-90	H-3	I-129	C-14	Tc-99	Cs-137
Valor medio	1,36E+02	7,80E+01	1,98E+01					7,57E+01
Valor máximo	3,50E+02	8,72E+01	2,49E+01					7,57E+01
Valor mínimo	4,66E+01	6,88E+01	1,31E+01					7,57E+01
Nº total de análisis	24	24	24	24	8	24	8	24
Nº de análisis > LID	24	2	7	0	0	0	0	1
Nº de análisis < LID	0	22	17	24	8	24	8	23

Figura 2.50. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m<sup>3</sup>)

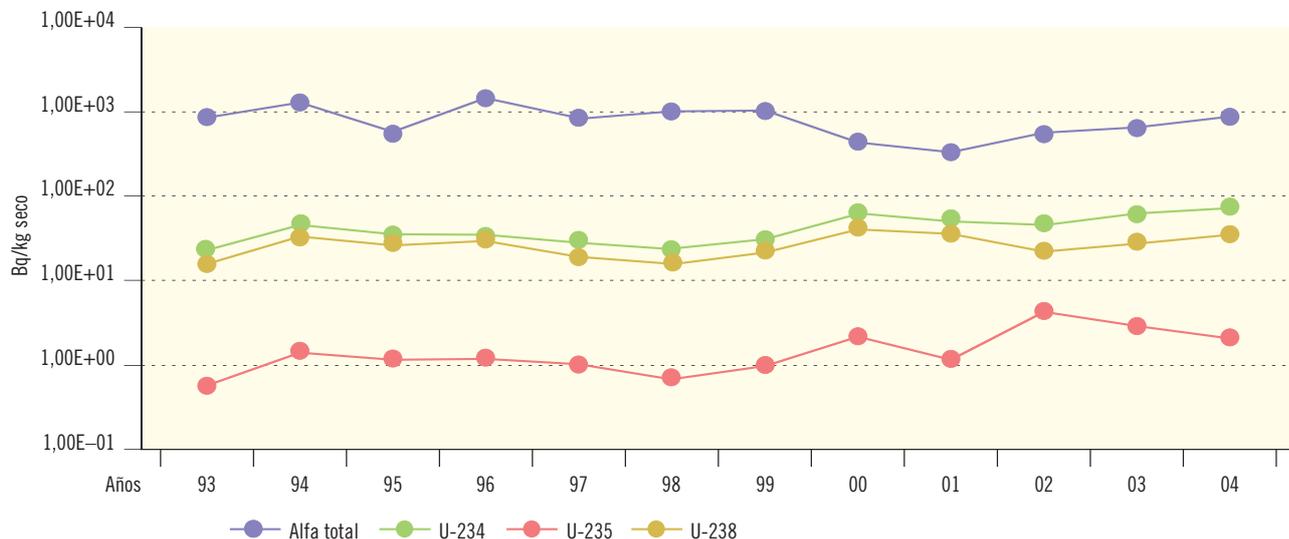
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,79E+01	1,16E+02	1,16E+02	8,80E+00		5,70E+00
Valor máximo	7,26E+01	1,89E+02	1,16E+02	9,30E+00		6,00E+00
Valor mínimo	3,17E+01	8,11E+01	1,16E+02	8,30E+00		5,40E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	5	4	1	2	0	2
Nº de análisis < LID	7	8	11	0	2	0

Figura 2.51. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

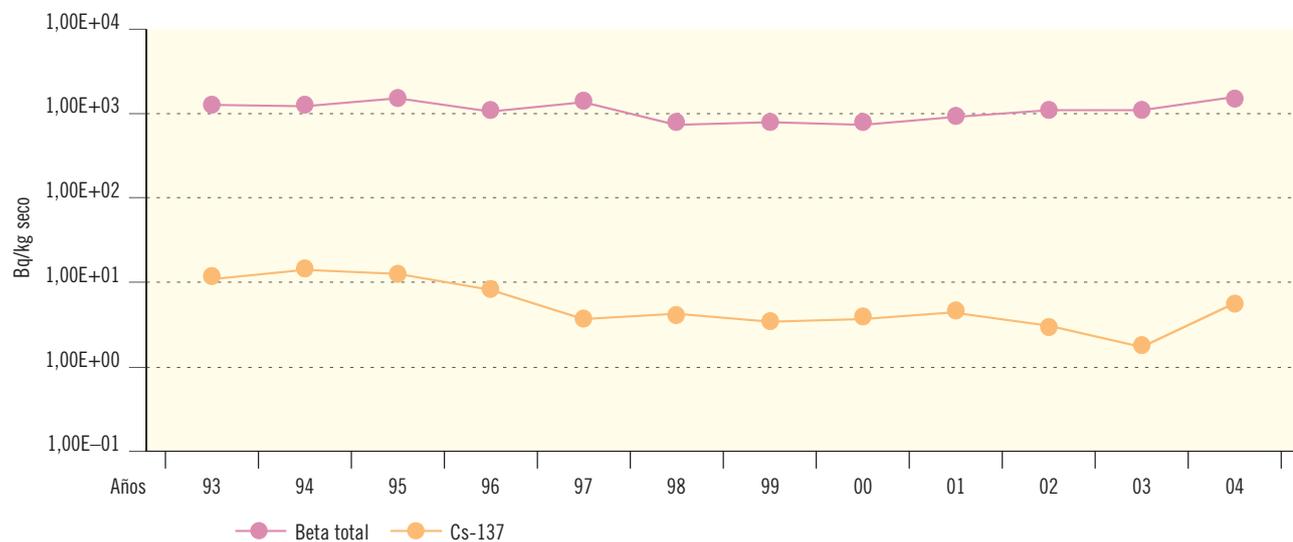
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	9,29E+02	7,19E+01	2,25E+00	4,53E+01
Valor máximo	1,44E+03	1,80E+02	5,30E+00	1,10E+02
Valor mínimo	4,06E+02	8,70E+00	3,00E-01	7,10E+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

Figura 2.52. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Beta total	Cs-137
Valor medio	1,36E+03	5,84E+00
Valor máximo	1,65E+03	2,31E+01
Valor mínimo	1,20E+03	1,45E+00
Nº total de análisis	6	6
Nº de análisis > LID	6	6
Nº de análisis < LID	0	0

### 2.2.5. Alimentos

En esta publicación se presentan por primera vez los resultados de las muestras de alimentos en estas dos instalaciones, representando la evolución temporal desde el año 1993.

#### *Carnes y aves*

Dentro de este tipo de muestra se recogen carnes de cerdo, oveja, ciervo y perdiz, dependiendo de las explotaciones 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 esta campaña se obtienen valores superiores al LID para la determinación del índice de actividad alfa total en dos de las cuatro muestras analizadas. El valor medio es similar al obtenido esporádicamente en campañas anteriores. Asimismo, se obtienen valores de actividad de U-238 en dos de las cuatro muestras analizadas, cuyo valor medio es de los más bajos obtenidos en todas las campañas.

#### El Cabril

Se recogen muestras de oveja en dos puntos de muestreo y ciervo o perdiz en uno, sobre las cuales se realiza una medida de los isótopos emisores gamma por espectrometría. Adicionalmente, se realiza la determinación del Sr-90 en toda la muestra, o sólo en hueso, siempre que se disponga de cantidad suficiente de muestra.

En esta campaña únicamente se obtienen valores de actividad de Sr-90 en todas las muestras de hueso, como es habitual, con un valor medio muy similar al obtenido en campañas anteriores.

#### *Vegetales de consumo humano*

Este tipo de alimentos se recoge en tres puntos de muestreo en el entorno de la instalación de Juzbado. Las mues-

tras seleccionadas son: berza entre los vegetales de hoja ancha, y patata y trigo entre los vegetales de hoja no ancha, sobre las cuales se determinan anualmente el índice de actividad alfa total y la concentración isotópica del uranio.

Se obtienen valores de actividad de los isótopos U-234 y U-238 en todas las muestras de hoja no ancha, siendo su valor medio muy similar al obtenido en campañas anteriores, tal como se observa en la figura 2.55. Asimismo, se obtienen valores de actividad similares a los de campañas anteriores, para el índice de actividad alfa total, U-234 y U-238 en las muestras analizadas de vegetales de hoja ancha (figura 2.56).

#### *Peces*

#### Juzbado

Se recogen muestras de barbo en dos puntos de muestreo con frecuencia anual y se determina el índice de actividad alfa total y las concentraciones de los isótopos de uranio.

En las muestras de este año se obtienen valores de actividad de U-234 y U-238 en ambas muestras y su valor medio se encuentra dentro del rango de valores obtenidos en otros años.

#### El Cabril

Se toma una muestra de especies de interés como pesca deportiva con frecuencia anual en un punto de muestreo y se analiza Sr-90 en esqueleto y los isótopos emisores gamma por espectrometría, en músculo.

En esta campaña se obtiene valor de actividad de Sr-90 en esqueleto que se encuentra dentro del rango de valores obtenidos con anterioridad.

#### *Leche*

Se recogen muestras de leche de vaca en tres puntos del programa de vigilancia de Juzbado con periodicidad trimestral, en las cuales, se determina el índice de actividad alfa total y las concentraciones de los isótopos del uranio.

En el 2004 se obtiene un valor de actividad superior al LID para el índice de actividad alfa total similar al obtenido esporádicamente en este programa. Valores de actividad del isótopo U-234 se obtienen en el 20% de las muestras y del U-238 en el 50%. La concentración media de estos isótopos en leche es uno de los más bajos de todos los años estudiados.

### 2.2.6. Organismos indicadores

#### El Cabril

En esta publicación se presentan, también por primera vez, los resultados obtenidos a partir del año 1993 de las muestras correspondientes a los organismos indicadores recogidos en el entorno de la instalación de El Cabril.

Se recogen anualmente muestras de especies vegetales, elegidas de entre las existentes en función de la zona, en nueve puntos de muestreo y, para cada una de ellas, se determinan los isótopos Sr-90, H-3 y C-14, y se realiza una medida de los emisores gamma por espectrometría.

Como se observa en la figura 2.60. en esta campaña se obtienen valores de actividad de Sr-90 en todas las muestras analizadas y de Cs-137 en un 44%. Para el resto de isótopos no se obtiene actividad. El valor medio de Sr-90 en toda la zona vigilada se mantiene muy estable a lo largo de los años. El Cs-137 se obtiene esporádicamente, siendo su valor medio en el 2004 uno de los más bajos de los obtenidos en el PVRA.

Figura 2.53. Juzbado. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

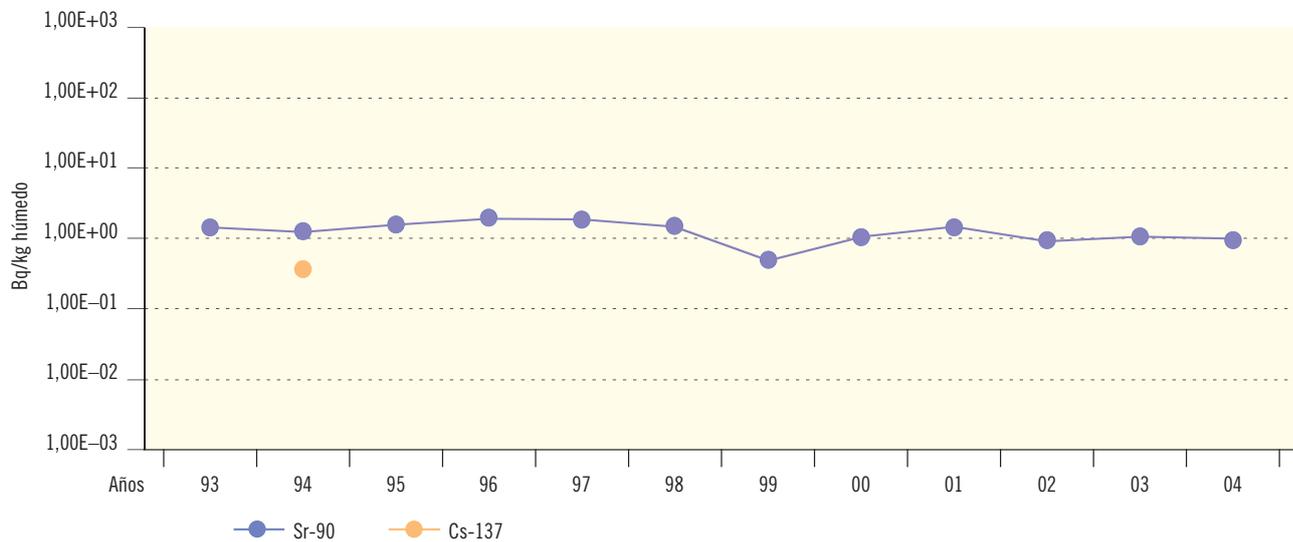
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,50E+00			1,27E-02
Valor máximo	1,64E+00			1,60E-02
Valor mínimo	1,35E+00			9,40E-03
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	2	0	0	2
Nº de análisis < LID	2	4	4	2

Figura 2.54. El Cabril. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

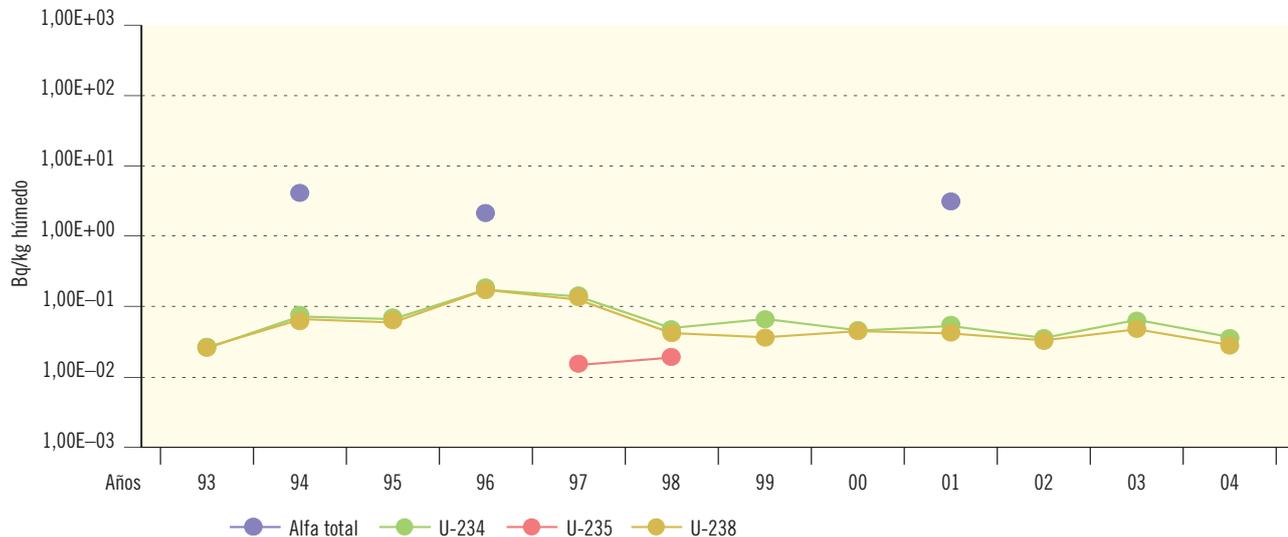
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Sr-90	Cs-137
Valor medio	1,03E+00	
Valor máximo	1,46E+00	
Valor mínimo	6,66E-01	
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	0
Nº de análisis < LID	0	4

Figura 2.55. Juzbado. Vegetales de hoja no ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

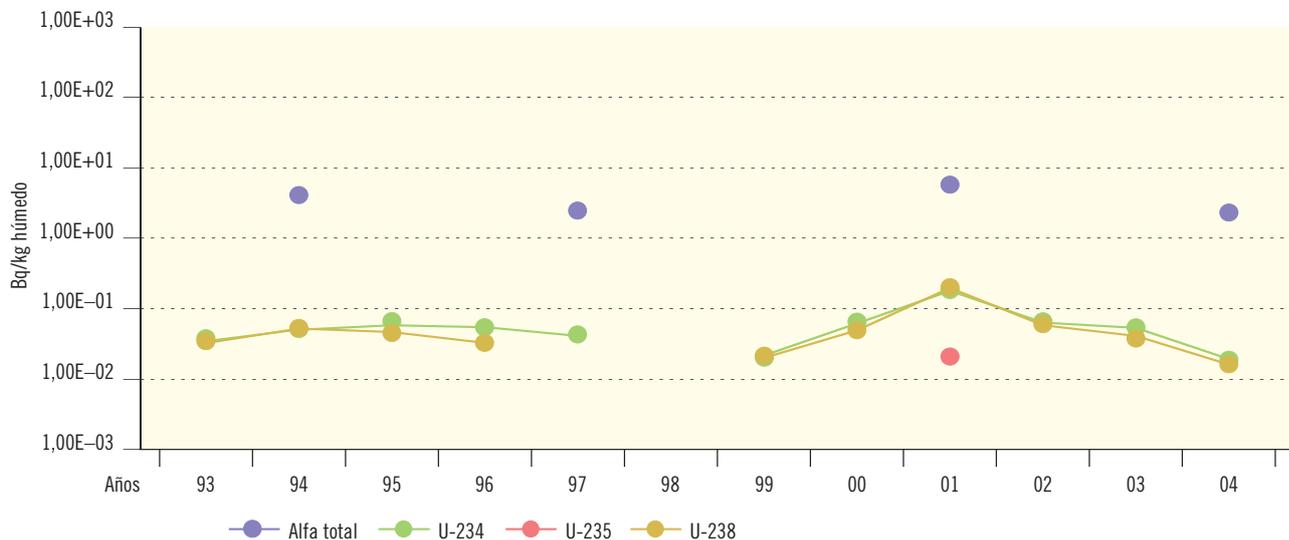
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		4,42E-02		3,38E-02
Valor máximo		5,90E-02		4,30E-02
Valor mínimo		3,10E-02		2,40E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	4	0	4
Nº de análisis < LID	4	0	4	0

Figura 2.56. Juzbado. Vegetales de hoja ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

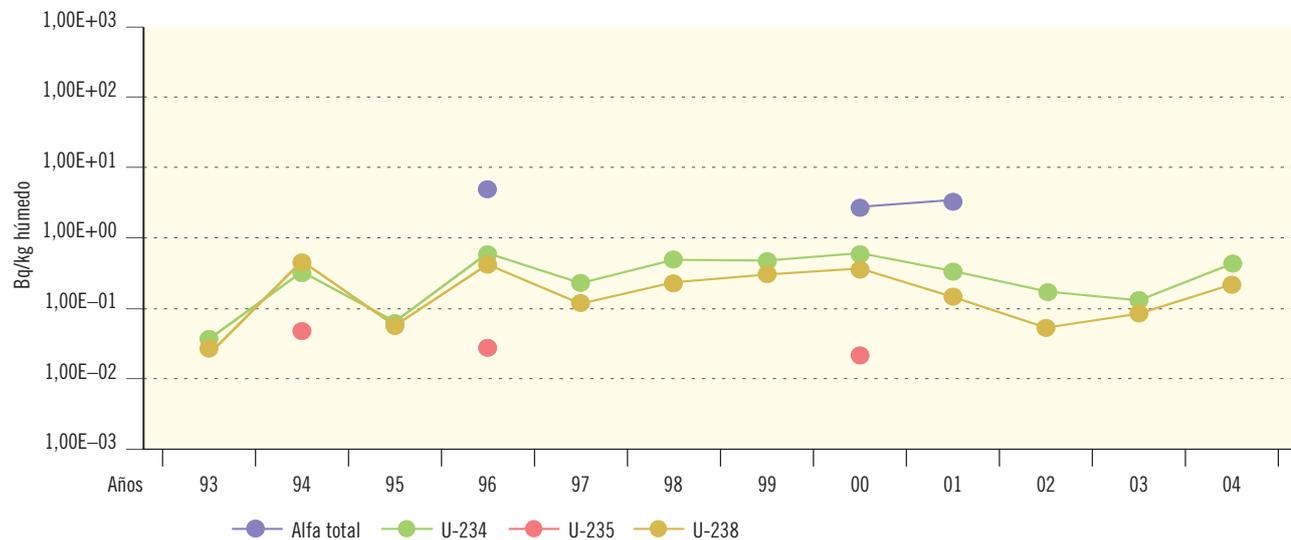
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	2,00E+00	1,70E-02		1,40E-02
Valor máximo	2,00E+00	2,20E-02		1,40E-02
Valor mínimo	2,00E+00	1,20E-02		1,40E-02
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	1	2	0	1
Nº de análisis < LID	1	0	2	1

Figura 2.57. Juzbado. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

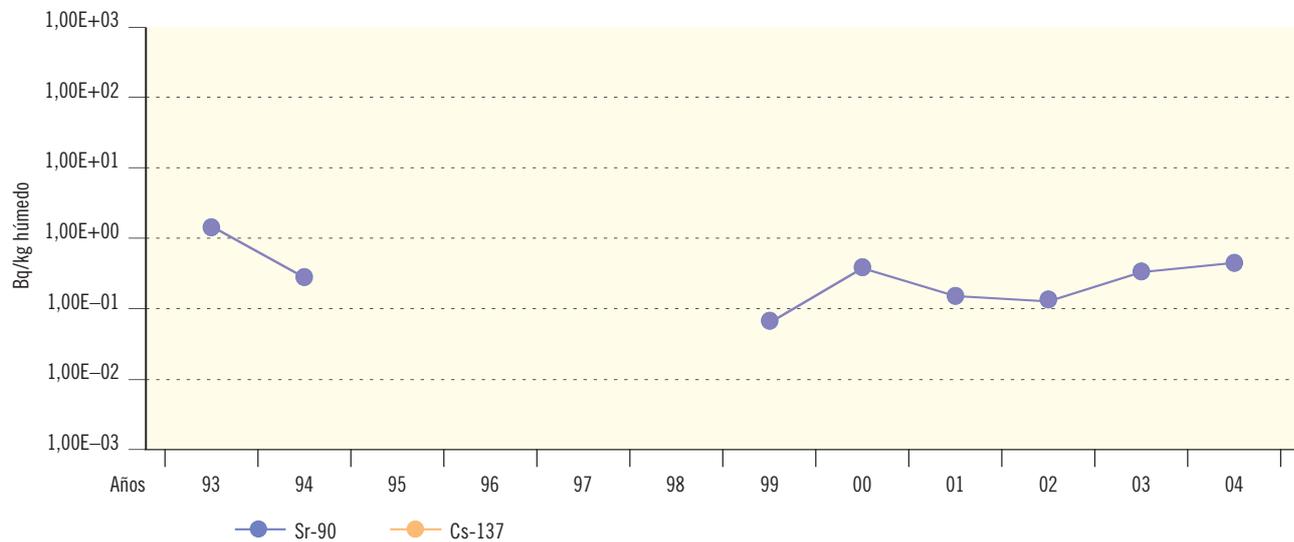
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		3,20E-01		2,00E-01
Valor máximo		3,40E-01		2,20E-01
Valor mínimo		3,00E-01		1,80E-01
Nº total de análisis	2	2	2	2
Nº de análisis > LID	0	2	0	2
Nº de análisis < LID	2	0	2	0

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

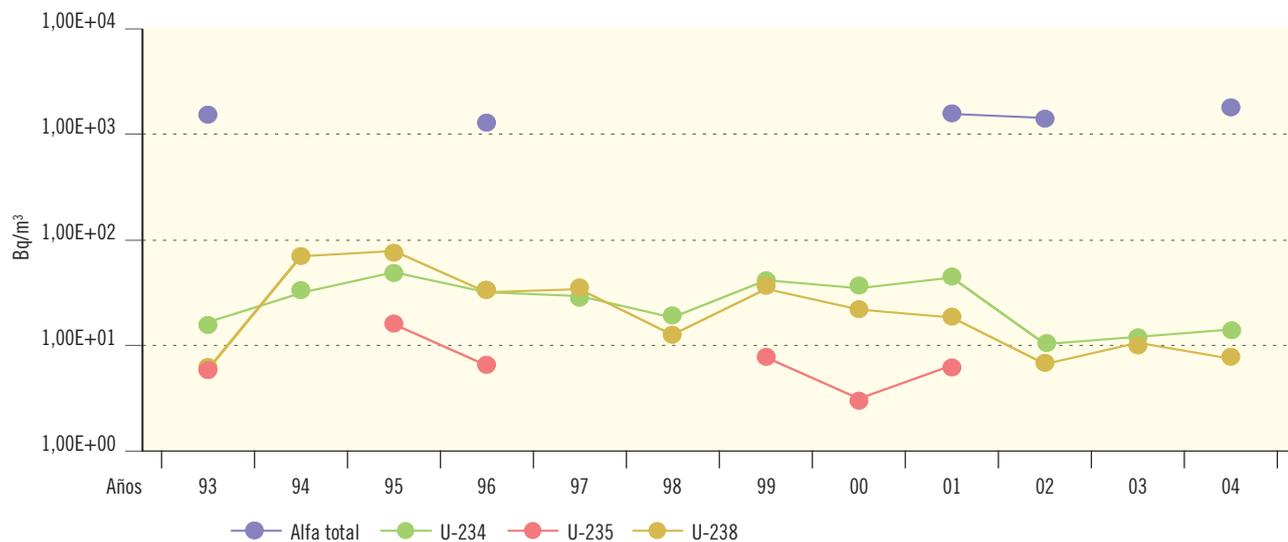
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Sr-90	Cs-137
Valor medio	3,81E-01	
Valor máximo	3,81E-01	
Valor mínimo	3,81E-01	
Nº total de análisis	1	1
Nº de análisis > LID	1	0
Nº de análisis < LID	0	1

Figura 2.59. Juzbado. Leche. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

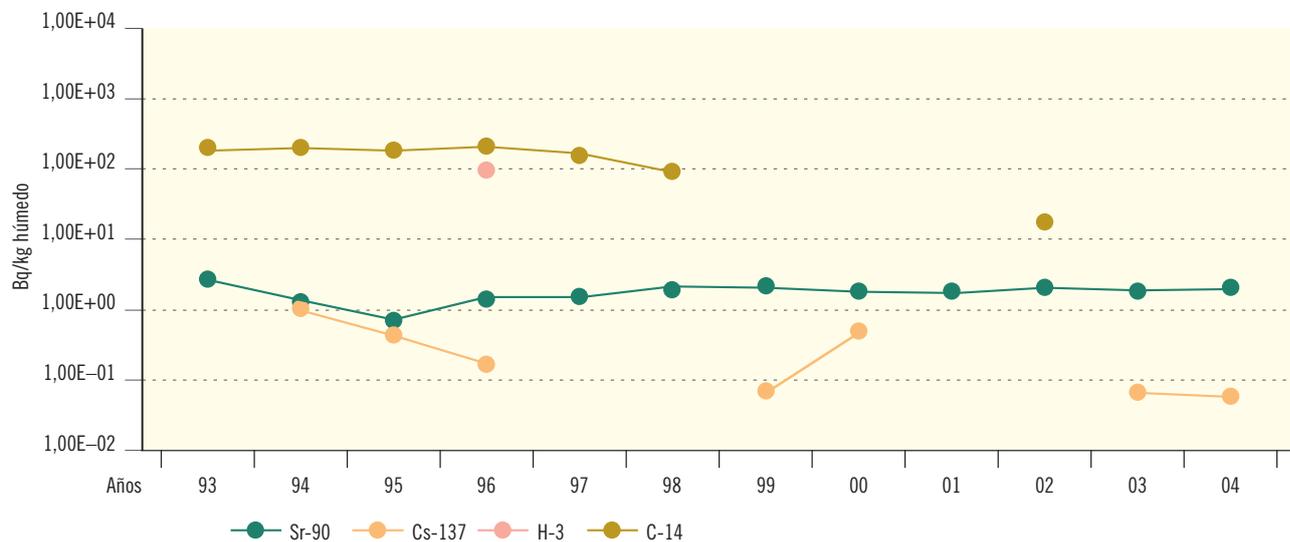
Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,58E+03	1,30E+01		8,70E+00
Valor máximo	1,58E+03	1,40E+01		1,50E+01
Valor mínimo	1,58E+03	1,20E+01		6,30E+00
Nº total de análisis	10	10	10	10
Nº de análisis > LID	1	2	0	5
Nº de análisis < LID	9	8	10	5

Figura 2.60. El Cabril. Plantas terrestres. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Evolución temporal valores medios



Valores 2004	Sr-90	Cs-137	H-3	C-14
Valor medio	1,47E+00	7,77E-02		
Valor máximo	2,25E+00	1,02E-01		
Valor mínimo	9,07E-01	6,11E-02		
Nº total de análisis	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	5	0	0
Nº de análisis < LID	0	4	9	9

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

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, la planta Lobo-G, y la planta Quercus.

El inicio de la operación de estas instalaciones fue anterior a la creación del CSN y era la antigua Junta de Energía Nuclear (JEN) la encargada del control y vigilancia de las mismas. A partir de 1980, fecha de creación del CSN y de acuerdo con las funciones encomendadas al mismo, es este organismo el que asume las competencias de vigilancia y control de estas instalaciones.

La información que a continuación se facilita se presenta agrupada para cada una de las instalaciones, proporcionando las características del PVRA que desarrollan y los resultados obtenidos en la campaña del 2004.

#### 3.1. Ciemat

##### 3.1.1. Características de la instalación

Este centro de investigación dispone de una autorización como instalación nuclear única incluyendo

bajo esta clasificación dos grupos diferenciados: un grupo de dieciocho instalaciones radiactivas operativas y un grupo de seis instalaciones, cuatro nucleares y dos radiactivas, no operativas en fase de clausura.

##### 3.1.2. Descripción y resultados del PVRA

El PVRA desarrollado, tanto durante su operación como en la fase de desmantelamiento y/o clausura, ha sido muy similar al descrito para las centrales nucleares en lo que respecta al tipo de muestras, si bien su alcance se ha adaptado a las características del centro.

Actualmente, teniendo en cuenta la ausencia de efluentes gaseosos, la vigilancia del aire y el suelo se ha reducido a una única estación de muestreo. Sin embargo, para el caso de muestras que precisan de infraestructura para su recogida, como son partículas de polvo, radioyodos y tritio en vapor de agua en aire, se mantienen operativos los equipos en las antiguas estaciones, para iniciar el muestreo en el caso de detectarse valores anómalos en los niveles de radiactividad medidos.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2004.

**Figura 2.61. Ciemat. Muestras de aire y suelo**

Campaña 2004

Aire	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 1</li> <li>• Frecuencia muestreo: semanal continuo y tritio mensual continuo</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): β total, α total, I-131 (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral compuesta) y H-3 (mensual)</li> </ul>	

Suelo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 1</li> <li>• Frecuencia muestreo: anual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90 y espectrometría γ (anual)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	8,30E-04	50	0
α total	7,31E-05	49	2
I-131	<LID	0	50
Tritio	<LID	0	11
Sr-90	<LID	0	4
Espectrometría γ	<LID	0	4

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	2,26E+00	1	0
Espectrometría γ			
Cs-137	9,41E+00	1	0

**Figura 2.62. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores**

Campaña 2004

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

Organismos indicadores	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 5 (número de muestras variable en función de la disponibilidad)</li> <li>• Frecuencia muestreo: anual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): U-natural y espectrometría γ (anual)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	2,67E+00	2	0
U-natural	1,55E+02	3	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,48E+00	2	1

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
U-natural	3,88E+00	2	17
Espectrometría γ			
Cs-137	<LID	0	19

Figura 2.63. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche

Campana 2004

Agua superficial	
• Número de estaciones:	5
• Frecuencia muestreo:	mensual
• Tipo de análisis (frecuencia):	$\beta$ total, $\beta$ resto y $\alpha$ total (mensual), Sr-90, espectrometría $\gamma$ y H-3 (trimestral compuesta), I-131 (trimestral individual)

Leche	
• Número de estaciones:	2
• Frecuencia muestreo:	trimestral
• Tipo de análisis (frecuencia):	I-131, Sr-90 y espectrometría $\gamma$ (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
$\beta$ total	2,71E+02	72	0
$\beta$ resto	8,62E+01	34	38
$\alpha$ total	7,22E+01	72	0
Tritio	5,82E+03	1	23
I-131	1,14E+03	15	9
Sr-90	4,40E+01	4	20
Espectrometría $\gamma$	<LID	0	24

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
I-131	<LID	0	7
Sr-90	3,49E+01	7	0
Espectrometría $\gamma$	<LID	0	7

Figura 2.64. Ciemat. Muestras de vegetales

Campana 2004

Vegetales de hoja ancha	
• Número de estaciones:	3
• Frecuencia 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 $\gamma$ (anual)

Vegetales de hoja no ancha	
• Número de estaciones:	3
• Frecuencia 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 $\gamma$ (anual)

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
I-131	<LID	0	4
Sr-90	4,67E-01	5	0
Espectrometría $\gamma$	<LID	0	7

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	2,62E-01	15	0
Espectrometría $\gamma$	<LID	0	14

Figura 2.65. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos

Campaña 2004

Carnes y aves	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 2</li> <li>• Frecuencia muestreo: anual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría <math>\gamma</math> (anual)</li> </ul>	

Huevos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 2</li> <li>• Frecuencia muestreo: anual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría <math>\gamma</math> (anual)</li> </ul>	

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Espectrometría $\gamma$	<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 inician en febrero de 1992 y en su desarrollo se distinguen tres fases:
  - Primer periodo: 1991-1994. Actividades de desmantelamiento y restauración.
  - Segundo periodo: 1994 con una duración mínima de 10 años. 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 subterráneas procedentes de

pozos y sondeos, agua superficial y flujo de radón en la superficie del dique. En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña de 2004.

Figura 2.66. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial y de pozo

Campaña 2004

Agua superficial				Agua de pozo			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 2</li> <li>Frecuencia muestreo: trimestral</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): <math>\alpha</math> total, <math>\beta</math> total, <math>\beta</math> resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría <math>\alpha</math> de uranio (trimestral)</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 9</li> <li>Frecuencia muestreo: trimestral</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): <math>\alpha</math> total, <math>\beta</math> total, <math>\beta</math> resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría <math>\alpha</math> de uranio (trimestral)</li> </ul>			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m <sup>3</sup>	>LID	<LID		Bq/m <sup>3</sup>	>LID	<LID
$\beta$ total	2,89E+02	8	0	$\beta$ total	2,20E+06	33	0
$\beta$ resto	2,55E+02	1	7	$\beta$ resto	2,07E+03	20	13
$\alpha$ total	2,81E+02	8	0	$\alpha$ total	3,41E+03	33	0
Pb-210	8,52E+00	3	5	Pb-210	5,45E+00	12	21
Ra-226	1,10E+01	8	0	Ra-226	4,03E+00	23	10
Ra-228	<LID	0	8	Ra-228	<LID	0	33
Th-230	5,15E+01	8	0	Th-230	1,59E+02	33	0
U-natural	8,69E+01	8	0	U-natural	3,71E+03	33	0
Espectrometría $\alpha$				Espectrometría $\alpha$			
U-234	5,07E+01	8	0	U-234	2,06E+03	33	0
U-235	2,30E+00	2	6	U-235	1,11E+02	30	3
U-238	4,63E+01	8	0	U-238	2,08E+03	33	0

Figura 2.67. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón

Campaña 2004

Exhalación de radón			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de puntos: 101 repartidos sobre la superficie del dique</li> <li>Frecuencia: 1 vez al año (mes de julio)</li> </ul>			
Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m <sup>2</sup> ·s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	7,01E+01	101	0

### 3.3. Vandellós I

#### 3.3.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:  
Central de uranio natural-grafito-gas, con potencia eléctrica nominal de 480 MWe. Ha sido la única central en España que ha utilizado uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO<sub>2</sub> 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 establece su cierre y se determinan los términos en los que se desarrollará su clausura, en la que se especifica el calendario completo de las fases del cierre definitivo y del desmantelamiento final. Por Orden Ministerial de 28 de enero de 1998 se autoriza la transferencia de titularidad de la central nuclear Vandellós I de la empresa Hifrensa a Enresa y se otorga a esta última autorización para la eje-

cución de las actividades de desmantelamiento de la central.

#### 3.3.2. Descripción y resultados del PVRA

El cambio de titularidad tiene repercusiones importantes en el PVRA. Formalmente se produce la entrada en vigor del Programa de Vigilancia propuesto por Enresa para la fase de desmantelamiento y clausura. Sin embargo la implantación de dicho programa se realiza de forma progresiva, al estar en marcha desde principios de enero, el PVRA que ya había sido autorizado a Hifrensa para el año 1998. Entre las adaptaciones del programa cabe citar su ajuste a la actividad isotópica prevista en efluentes como resultado de las tareas de desmantelamiento, la reducción del área de vigilancia a un radio de 10 km, intensificándose los controles ambientales sobre zonas más cercanas a aquellas en que tienen lugar las actividades de desmantelamiento, y cambios tanto en el número de estaciones como en la frecuencia de muestreo y análisis, que se fueron incorporado progresivamente a lo largo del año 1998.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2004.

Figura 2.68. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa

Campaña 2004

Aire
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 6</li> <li>Frecuencia muestreo: partículas de polvo semanal continuo, H-3 continuo durante un mes al semestre y C-14 continuo durante un mes al año</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): β total (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral-compuesta), H-3 (semestral) y C-14 (anual)</li> </ul>

Radiación directa
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 11</li> <li>Frecuencia muestreo: trimestral</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)</li> </ul>

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
β total	5,62E-04	208	1
C-14	1,35E-02	4	2
Tritio	2,30E-01	6	6
Sr-90	2,74E-06	1	15
Espectrometría γ Cs-137	<LID	0	16

Análisis	Actividad mSv/año	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radiación γ ambiental	5,91E-01	44	0

Figura 2.69. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo y agua de lluvia

Campaña 2004

Suelo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 7</li> <li>Frecuencia de muestreo: anual</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Sr-90 (anual)</li> </ul>

Agua de lluvia
<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de estaciones: 4</li> <li>Frecuencia de muestreo: mensual y bimestral</li> <li>Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, H-3, y Sr-90 (bimestral)</li> </ul>

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	3,54E+00	7	0
Espectrometría γ Cs-137	7,29E+00	6	1

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
H-3	<LID	0	24
Sr-90	<LID	0	24
Espectrometría γ	<LID	0	24

**Figura 2.70. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla**

Campaña 2004

Agua de mar	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 6 en superficie y 7 en profundidad</li> <li>• Frecuencia de muestreo: mensual y semestral (agua en profundidad)</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): <math>\beta</math> total, <math>\beta</math> resto, H-3 y espectrometría <math>\gamma</math> (mensual) en agua superficial y Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> en muestras de agua en profundidad (semestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
$\beta$ total	1,87E+04	98	0
$\beta$ resto	<LID	0	98
Tritio	9,51E+03	2	96
Sr-90	<LID	0	13
Pu-238	<LID	0	13
Am-241	<LID	0	13
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	2,09E+01	1	97

Sedimentos de orilla (arena de playa)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 5</li> <li>• Frecuencia de muestreo: anual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> (anual)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	1,08E+00	5	0
Pu-238	<LID	0	5
Am-241	<LID	0	5
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	7,30E-01	2	3

**Figura 2.71. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores**

Campaña 2004

Sedimentos de fondo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 7</li> <li>• Frecuencia de muestreo: semestral</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> (semestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	9,39E-01	8	6
Pu-238	<LID	0	14
Am-241	<LID	0	14
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	2,78E+00	9	5

Organismos indicadores	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 7</li> <li>• Frecuencia de muestreo: semestral</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> (semestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	1,12E-01	14	0
Pu-238	2,23E-03	1	13
Am-241	1,27E-03	3	11
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	1,11E-01	3	11
Co-58	1,57E-01	3	11
Co-60	9,90E-02	8	6

**Figura 2.72. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces**  
 Campaña 2004

<b>Mariscos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 2</li> <li>• Frecuencia de muestreo: trimestral</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> (trimestral)</li> </ul>	

<b>Peces</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 2</li> <li>• Frecuencia muestreo: trimestral (a partir del segundo trimestre)</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría <math>\gamma</math> (trimestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	9,13E-02	8	4
Pu-238	<LID	0	12
Am-241	2,25E-03	3	9
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	7,75E-02	2	10

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	8,18E-02	1	11
Pu-238	<LID	0	12
Am-241	4,09E-03	1	11
Espectrometría $\gamma$			
Cs-137	1,48E-01	10	2

**Figura 2.73. Central nuclear Vandellós I. Muestras de vegetales**  
 Campaña 2004

<b>Hoja no ancha</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 4</li> <li>• Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría <math>\gamma</math> y Sr-90 (anual)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/kg húmedo	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Sr-90	1,89E-01	6	0
Espectrometría $\gamma$	<LID	0	6

### 3.4. Planta Lobo G

#### 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:  
21 de abril de 1977.
- Parada de la operación:  
En marzo de 1991 Enusa comunicó la parada definitiva.
- Cierre y desmantelamiento:  
Por Orden Ministerial de 15 de noviembre de 1995

se autoriza a Enusa a desarrollar las actividades de desmantelamiento y clausura del dique de estériles que finalizaron en junio de 1997. Mediante Resolución de la Dirección General de la Energía de 30 de enero de 1998, obtuvo aprobación del Programa de Vigilancia y Control para el Periodo de Cumplimiento. En agosto de 2004 ha obtenido permiso para la clausura del dique de estériles.

#### 3.4.2. Descripción y resultados del PVRA

La vigilancia establecida para el periodo de cumplimiento se lleva a cabo sobre el aire, radiación directa, radón, agua superficial y subterránea. En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante la campaña del año 2004.

Figura 2.74. Planta Lobo-G. Muestras de aire y radiación directa  
Campaña 2004

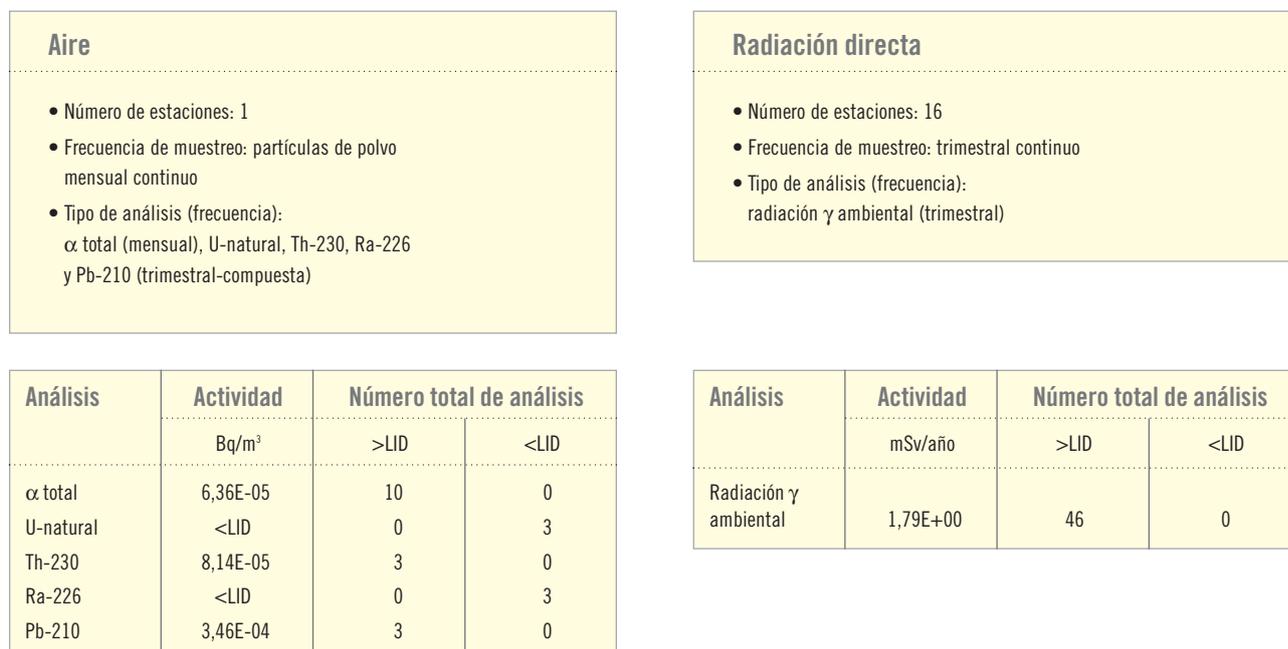


Figura 2.75. Planta Lobo-G. Muestras de radón

Campaña 2004

Radón (muestreo pasivo)	
• Número de estaciones:	7
• Frecuencia de muestreo:	semestral continuo
• Tipo de análisis (frecuencia):	Rn-222 (semestral)

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radón	3,73E+01	17	0

Figura 2.76. Planta Lobo-G. Muestras de agua superficial y subterránea

Campaña 2004

Agua superficial	
• Número de estaciones:	6
• Frecuencia de muestreo:	trimestral
• Tipo de análisis (frecuencia):	$\alpha$ total, $\beta$ total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
$\alpha$ total	1,31E+02	10	2
$\beta$ total	2,17E+02	11	1
U-natural	1,17E+02	9	3
Th-230	2,17E+01	12	0
Ra-226	9,23E+00	8	4
Pb-210	1,75E+01	12	0

Agua subterránea	
• Número de estaciones:	5
• Frecuencia de muestreo:	trimestral
• Tipo de análisis (frecuencia):	$\alpha$ total, $\beta$ total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
$\alpha$ total	8,94E+02	12	3
$\beta$ total	4,11E+02	12	3
U-natural	5,72E+02	10	5
Th-230	3,50E+01	15	0
Ra-226	1,83E+01	12	3
Pb-210	3,76E+01	15	0

### 3.5. Planta Quercus

#### 3.5.1. 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.
- Parada de la operación:  
Cese definitivo de la explotación concedido mediante Orden Ministerial de 14 de julio de 2003.

#### 3.5.2. Descripción y resultados del PVRA

Durante el 2004 la vigilancia establecida en el emplazamiento de la planta Quercus ha continuado sin modificaciones relevantes respecto a la que se venía realizando en el periodo de operación, dado que Enusa está realizando los trabajos de restauración minera del emplazamiento.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante la campaña del año 2004.

Figura 2.77. Planta Quercus. Muestras de aire y radiación directa  
Campaña 2004

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

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

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
$\alpha$ total	7,10E-05	309	0
U-natural	7,35E-06	2	22
Pb-210	4,67E-04	24	0
Ra-226	4,56E-06	7	17
Th-230	3,22E-05	24	0

Análisis	Actividad mSv/año	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Radiación y ambiental	1,56E+00	88	0

Figura 2.78. Planta Quercus. Muestras de radón

Campaña 2004

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Rn-222 (Bq/m <sup>3</sup> )	1,06E+02	18	0
Descend. (mWL)	5,75E+00	72	0

Figura 2.79. Planta Quercus. Muestras de agua superficial y potable

Campaña 2004

Agua superficial	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 9</li> <li>• Frecuencia de muestreo: continuo, semanal y mensual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-natural y Ra-226 (mensual) Pb-210, β total y Th-230 (trimestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	1,81E+02	61	29
β total	1,13E+02	30	1
U-natural	1,52E+02	61	29
Pb-210	<LID	0	16
Ra-226	1,42E+01	45	45
Th-230	1,98E+01	31	0

Agua potable	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 6</li> <li>• Frecuencia de muestreo: mensual</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (semestral)</li> </ul>	

Análisis	Actividad Bq/m <sup>3</sup>	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	8,16E+01	6	6
U-natural	8,21E+01	8	4
Pb-210	5,49E+01	12	0
Ra-226	9,25E+00	6	6
Th-230	2,03E+01	12	0

**Figura 2.80. Planta Quercus. Muestras de suelo y sedimentos**

Campaña 2004

Suelo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 11</li> <li>• Frecuencia de muestreo: trimestral</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)</li> </ul>

Sedimentos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de estaciones: 10</li> <li>• Frecuencia de muestreo: semestral</li> <li>• Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (semestral)</li> </ul>

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	3,44E+02	44	0
U-natural	6,22E+01	44	0
Pb-210	5,19E+01	44	0
Ra-226	5,32E+01	43	1
Th-230	8,21E+01	2	42

Análisis	Actividad Bq/kg seco	Número total de análisis	
		>LID	<LID
α total	4,31E+03	19	0
β total	3,20E+03	19	0
U-natural	2,06E+03	19	0
Pb-210	8,02E+01	16	3
Ra-226	2,33E+02	14	5
Th-230	<LID	0	19

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 del 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.
- 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.

### 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.

En la tabla 3.1 se incluye una relación de los laboratorios que colaboran con el CSN, el código de identificación (C.I.) 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 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 estaciones de muestreo de aire, agua potable, leche y dieta tipo que 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 general-

mente en el campus universitario o en las inmediaciones del laboratorio, si bien en el caso del suelo y la leche las muestras se toman ocasionalmente en zonas más alejadas, en puntos representativos de la deposición en el terreno o de la producción lechera de la zona, respectivamente. La muestra de dieta tipo se recoge en los

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

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 2004. 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 trans-

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

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

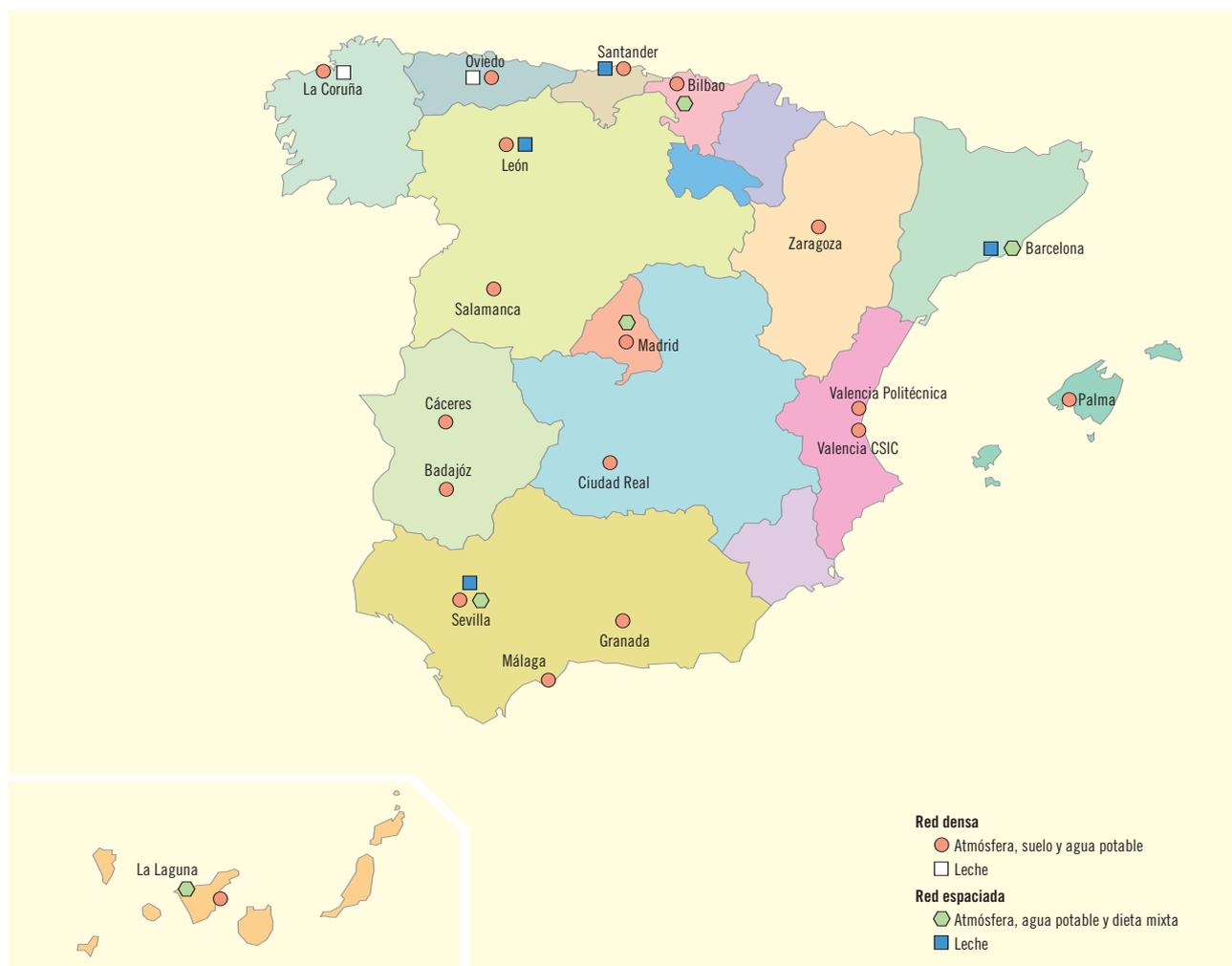


Tabla 3.2. Programa de muestreo y análisis de la atmósfera y del medio terrestre

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 (Esp. gamma) Be-7 (Esp. 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 Isotopos naturales	Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Bienal
Leche	Mensual	Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Mensual	Sr-90 Cs-137 (Esp. gamma)	Mensual Mensual
Dieta tipo	Trimestral			Sr-90 Cs-137 (Esp. gamma)	Trimestral Trimestral

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

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 se envían al CSN en soporte informático a medida que van estando disponibles. Además, en ambas redes los datos del programa de vigilancia son remitidos al CSN con periodicidad semestral, salvo que se detecten anomalías de las cuales se informa al CSN inmediatamente, en un informe que inclu-

ye 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 contaje 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 la calidad de los resultados; en este contexto, lleva a cabo campañas anuales de intercomparación analítica, con la colaboración técnica del Ciemat y requiere la participación en las mismas de los laboratorios.

El CSN proporciona información anualmente 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.

### 1.1.3. Resultados

Los resultados 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 el periodo 1995 a 2004 (desde el año 2000 en el caso del agua potable), la numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).
- Valores medios para la campaña del año 2004, 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 las gráficas históricas (tipo a) se incluyen por primera vez en este año, con los resultados desde el año 2001. En las gráficas correspondientes al año 2004 (tipo b), se representan los valores puntuales obtenidos, de acuerdo con la frecuencia de muestreo y análisis que se aplica a cada tipo de muestra, es decir: semanal para aerosoles con muestreador de alto flujo, mensual para agua potable y leche y trimestral para dieta tipo. En la información detallada se añade el valor medio de concentración de actividad obtenido en el periodo, y el rango de valores de LID alcanzado por cada laboratorio. Para el cálculo de los valores medios se consideran los valo-

res 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.

La valoración global de los resultados pone de manifiesto que los valores son coherentes con los niveles de fondo radiactivo y en general son relativamente estables a lo largo de los distintos periodos como se puede ver en las figuras que se incluyen a continuación, observándose también ligeras variaciones entre los puntos que son atribuibles a las características radiológicas de las distintas zonas.

#### Aire

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos hay que indicar que los equipos de recogida de muestras de partículas de polvo en aire utilizados en la red densa operan con caudales de aspiración entre 1,8 y 3 m<sup>3</sup>/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 cuyo caudal de aspiración se aproxima a 900 m<sup>3</sup>/hora, analizándose los filtros cada semana y realizándose medidas largas, durante unas 72 horas.

*Índice de actividad alfa total.* 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. Los valores medios del año 2004 son en general similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto.

*Índice de actividad beta total.* 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.

*Sr-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.

*Espectrometría gamma (Cs-137 y Be-7).* Desde que se encuentra operativa la red densa, año 1992, no se ha detectado la presencia de isótopos artificiales con valores superiores al LID.

Las condiciones de muestreo y medida de la red espaciada permiten disminuir notablemente los umbrales de detección, a pesar de lo cual el cesio-137 es detectado sólo de forma esporádica y siempre con valores muy próximos al LID.

La detección de berilio-7, isótopo de origen cósmico incluido en la Recomendación de la UE como control cualitativo del método utilizado, se produce prácticamente en la totalidad de las muestras y, en el caso de la red espaciada, en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID.

## Deposición

### *Suelo (deposición total)*

*Índice de actividad beta total.* La detección de actividad beta total en muestras de suelo se sitúa próxima al 100% en el conjunto del programa. En el año 2003 se detecta siempre que se mide, siendo los valores en general similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto.

*Sr-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 2004, el nivel más alto de estroncio-90 se vuelve a presentar en La Laguna.

*Espectrometría gamma (Cs-137).* La concentración de cesio-137 en suelo, procedente del poso radiactivo, resulta generalmente más elevada en Granada, La Laguna, Ferrol, Oviedo y Valencia, tendencia que se mantiene en los resultados del año 2004.

## Agua

### *Agua potable*

*Índice de actividad alfa total.* Se detecta actividad alfa total en proporción variable en todos los puntos excepto Ciudad Real en donde hasta ahora no se ha detectado, observándose también variaciones en los valores medios anuales entre los distintos puntos de muestreo. En el año 2004 ningún valor 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/m<sup>3</sup>).

*Índice de actividad beta total.* La detección de actividad beta total en agua potable se sitúa en torno al 100% en la mayoría de los puntos, siendo los valores de 2004 similares a los del año anterior en cada punto y destacando con los valores más altos Barcelona y La Laguna. En ninguna muestra se supera 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 (1000 Bq/m<sup>3</sup>).

*Índice de actividad beta resto.* Esta medida sólo 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, siendo en La Laguna donde se observan los valores más altos.

*Sr-90.* En el caso del estroncio-90 hay variabilidad tanto en las proporciones de detección como en los niveles de actividad. La localidad de Ciudad Real es la que presenta los valores más altos en todas las campañas.

*Tritio H-3.* Este radionucleido se mide en las muestras correspondientes a la red espaciada y en el año 2004 sólo se detectan valores de concentración de actividad por encima del límite de detección en muestras de Bilbao, Madrid y Sevilla, en esta última en todas las muestras analizadas.

Todos los valores son muy inferiores al límite establecido para el tritio en el Real Decreto 140/2003 relati-

vo a la Calidad de Agua de consumo humano (100.000 Bq/m<sup>3</sup>).

*Espectrometría gamma (Cs-137).* 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 1.200 litros de agua y tiempos de contaje de hasta 186 horas; estas técnicas analíticas han permitido disminuir los umbrales de detección hasta límites 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 2004 sólo se ha detectado en muestras recogidas en Madrid, y en una muestra de Sevilla, pero en todo caso los valores detectados son muy próximos a los correspondientes valores de LID.

#### Alimentos

##### *Leche*

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

*Sr-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 concentra-

ción de actividad se mantienen bastante homogéneos en cada uno de los puntos, destacando Ferrol con valores algo más altos.

*Espectrometría gamma (Cs-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, reflejando en algunos casos diferencias en los procedimientos analíticos utilizados, y en los umbrales de detección alcanzados. Barcelona, Ferrol y Cantabria detectan actividad de cesio-137 casi en todas las muestras recogidas en 2003, siendo los valores más altos en Ferrol; en Oviedo y Sevilla nunca se detectan valores por encima del LID.

##### *Dieta tipo*

*Sr-90.* Como en anteriores campañas, se detecta actividad de estroncio-90 en todas las muestras de dieta tipo analizadas.

*Espectrometría gamma (Cs-137).* Se detecta actividad de cesio-137 por encima del LID en todos los laboratorios excepto en Sevilla, donde los umbrales de detección son un poco más altos. 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 3.2a. 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 2004

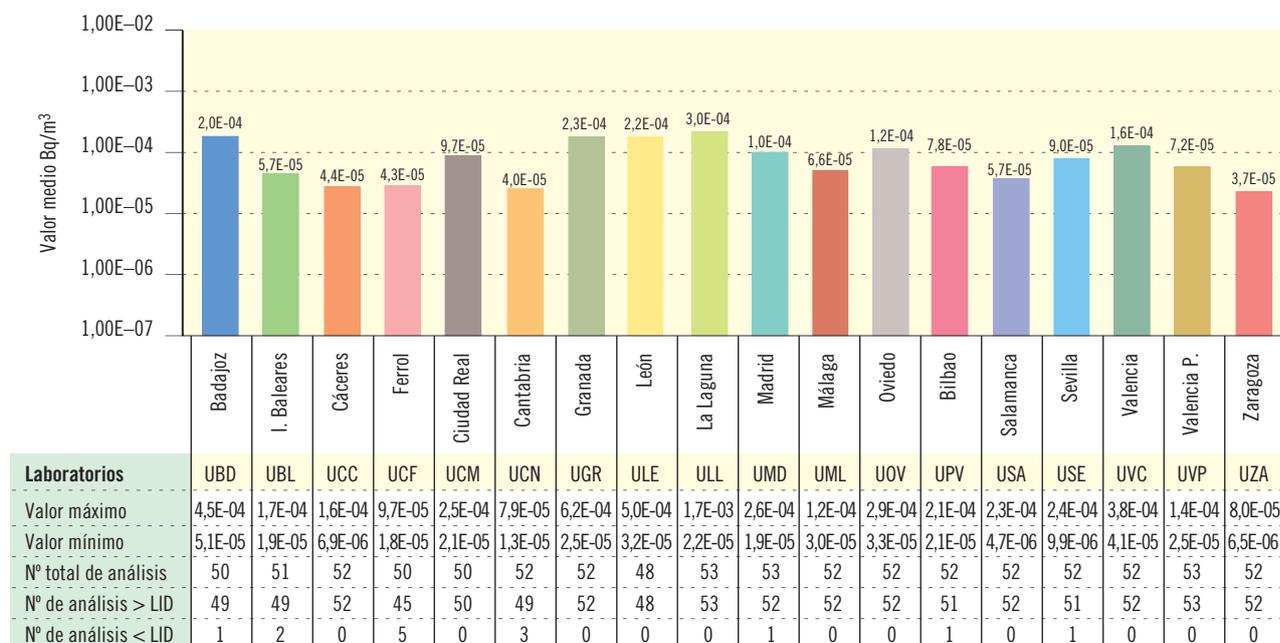


Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

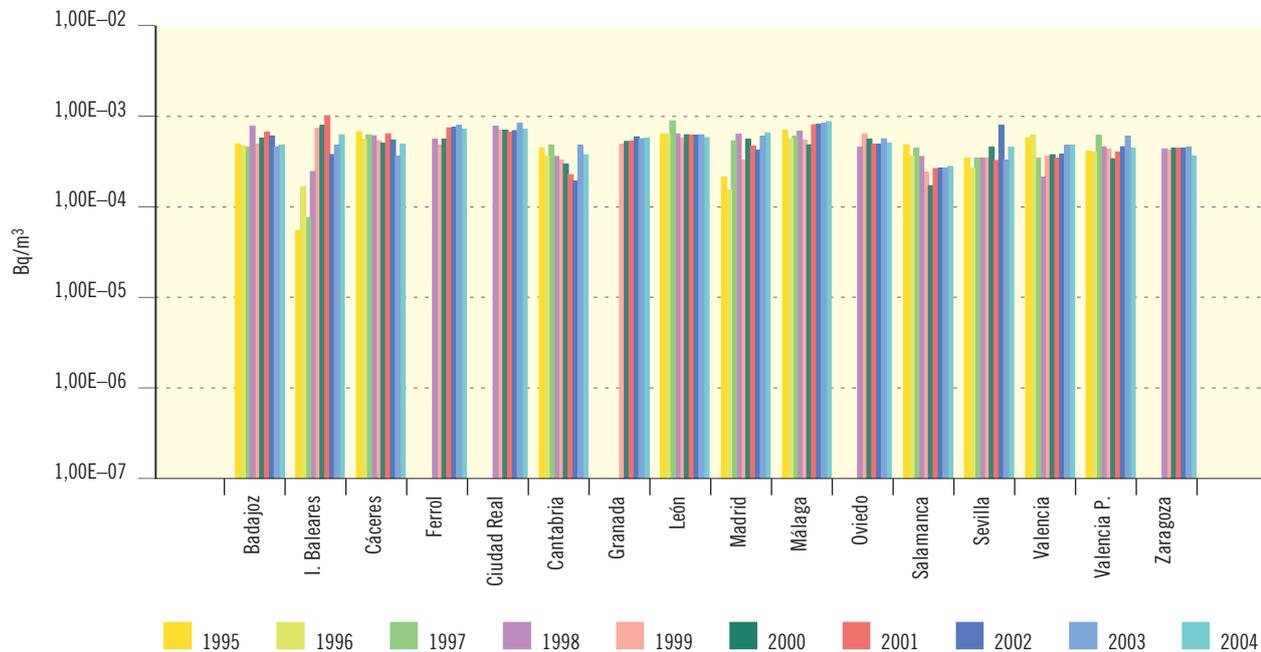


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

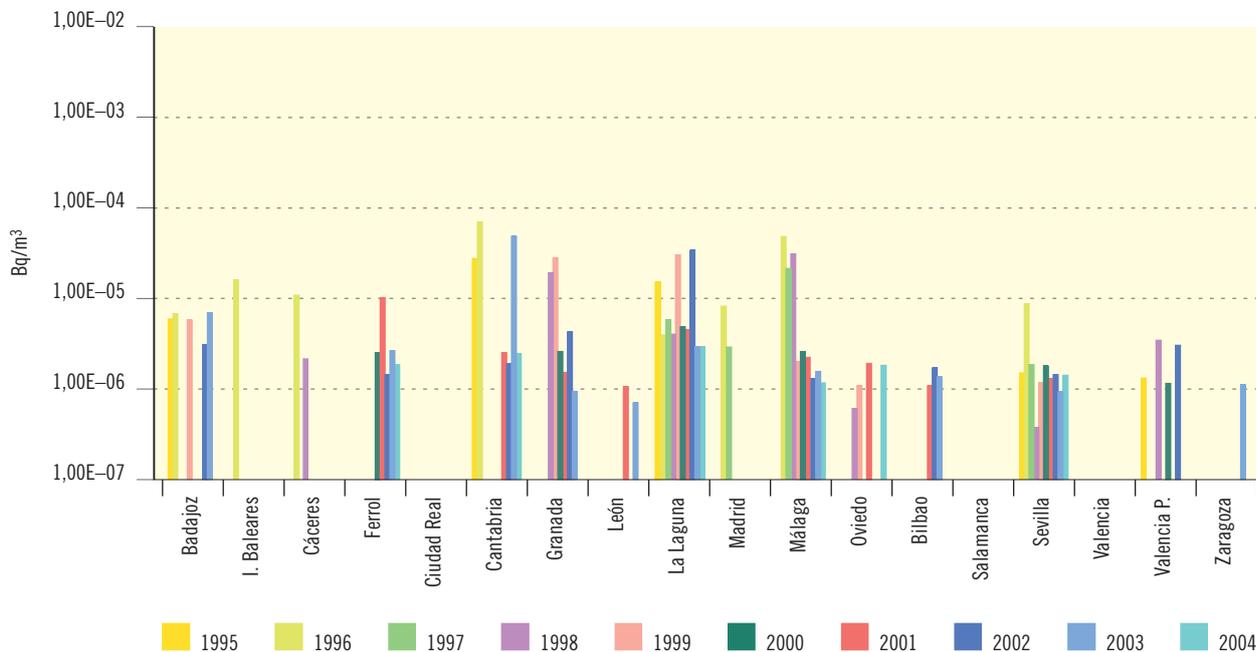


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004

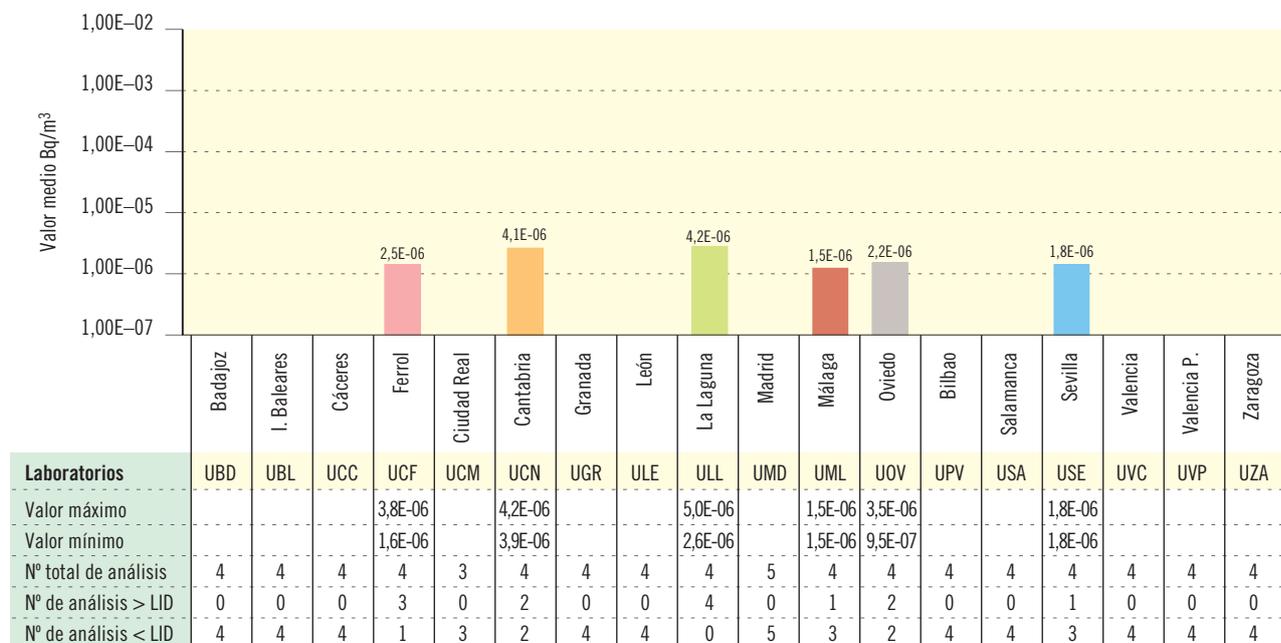




Figura 3.6a. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Be-7

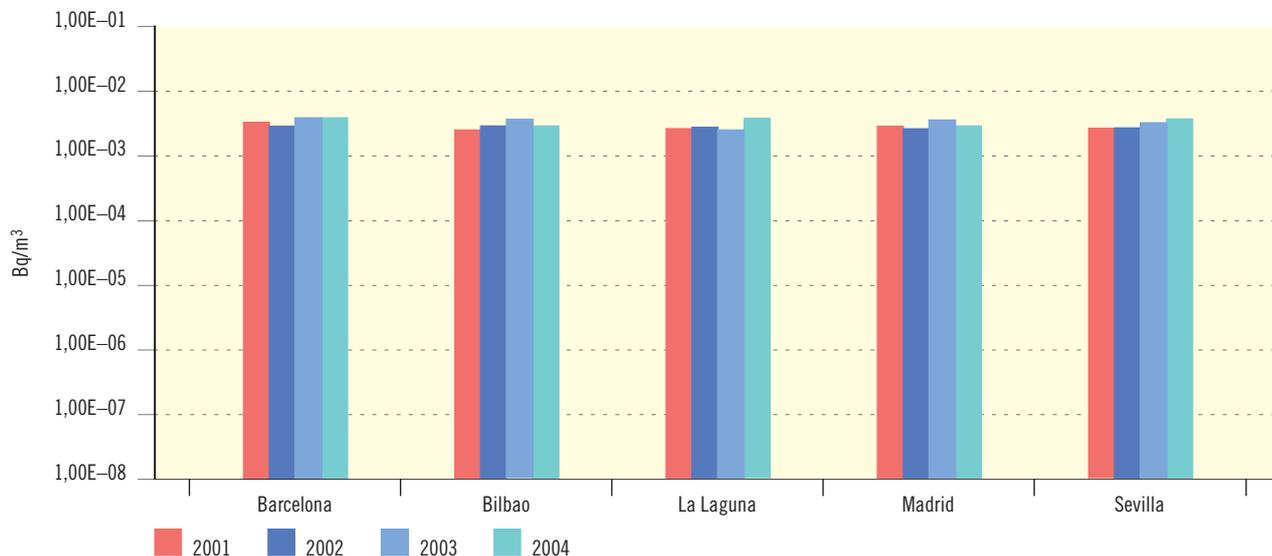
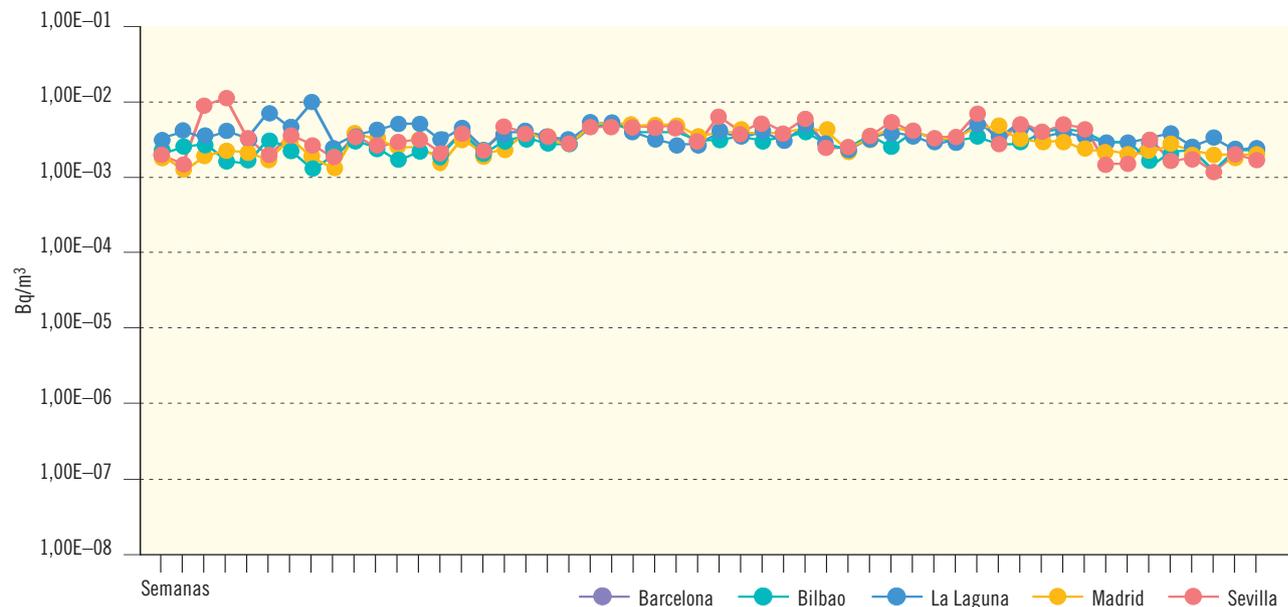


Figura 3.6b. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,77E-03	2,82E-03	3,92E-03	3,26E-03	3,72E-03
Valor máximo	6,08E-03	5,16E-03	1,01E-02	5,85E-03	1,17E-03
Valor mínimo	1,43E-03	1,28E-03	2,32E-03	1,18E-03	9,01E-04
LID máximo	1,25E-05	2,06E-05	3,34E-05	4,15E-06	8,61E-05
LID mínimo	1,72E-06	1,99E-06	2,84E-06	8,20E-07	4,62E-06
Nº total de análisis	52	53	53	51	52
Nº de análisis > LID	52	53	53	51	52
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Suelo

Evolución temporal del índice de actividad beta total



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

Valores de la campaña de 2004

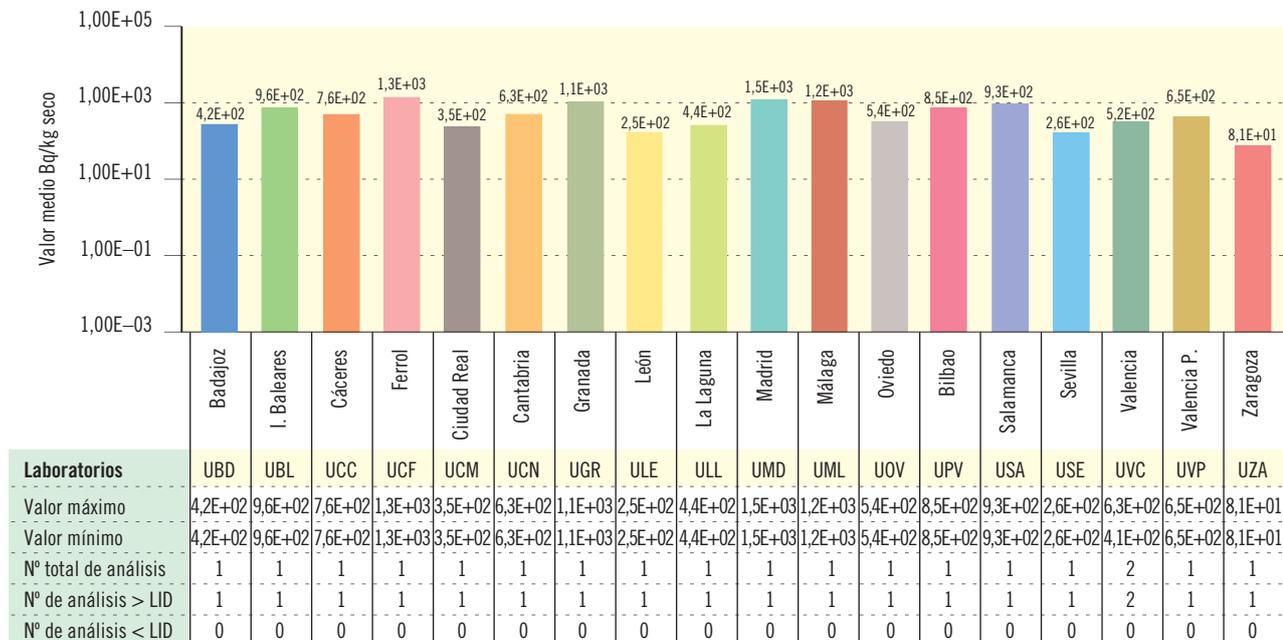


Figura 3.8a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

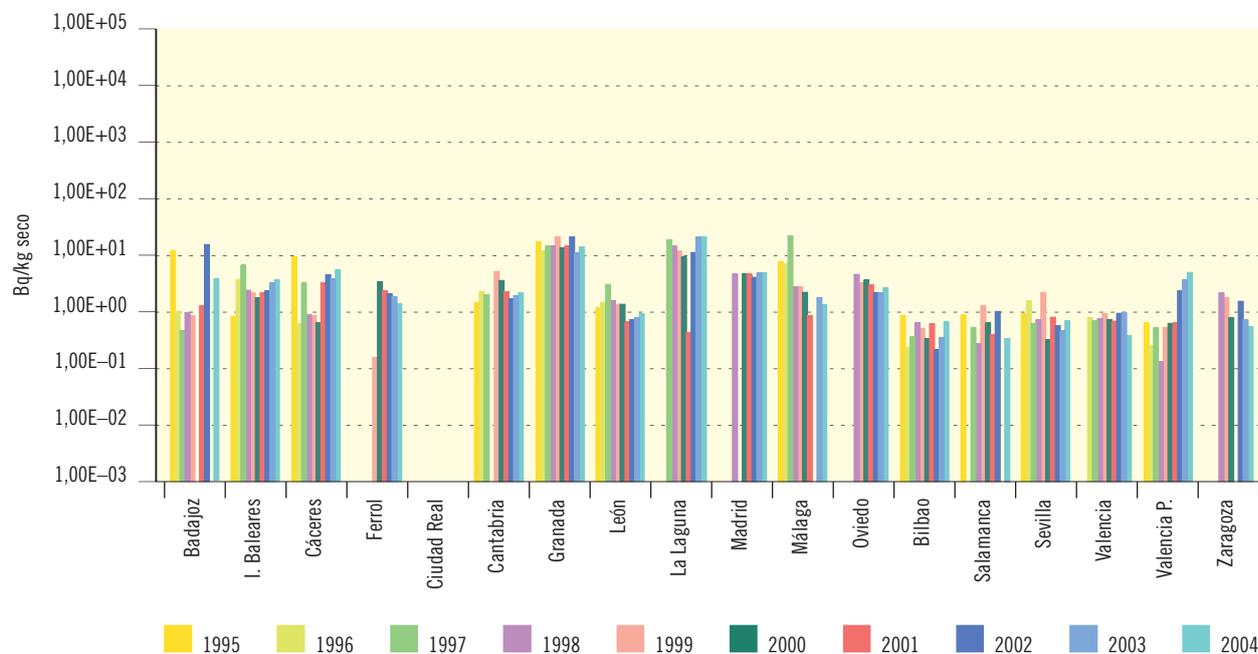


Figura 3.8b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2004

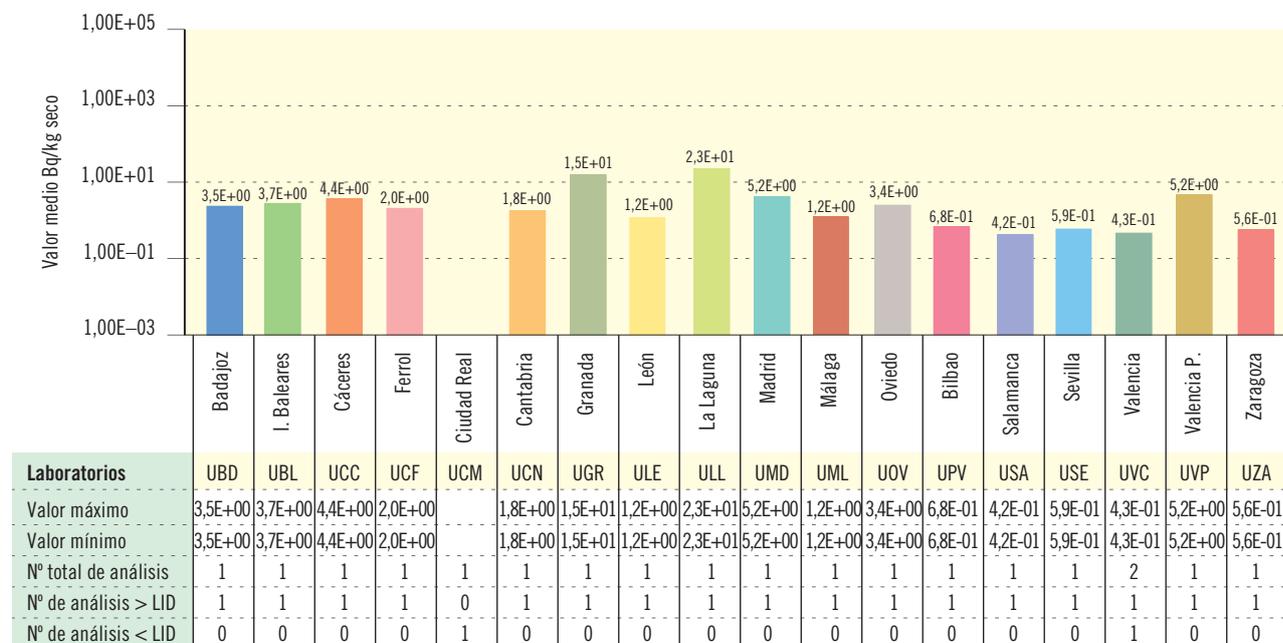


Figura 3.9a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



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

Valores de la campaña de 2004

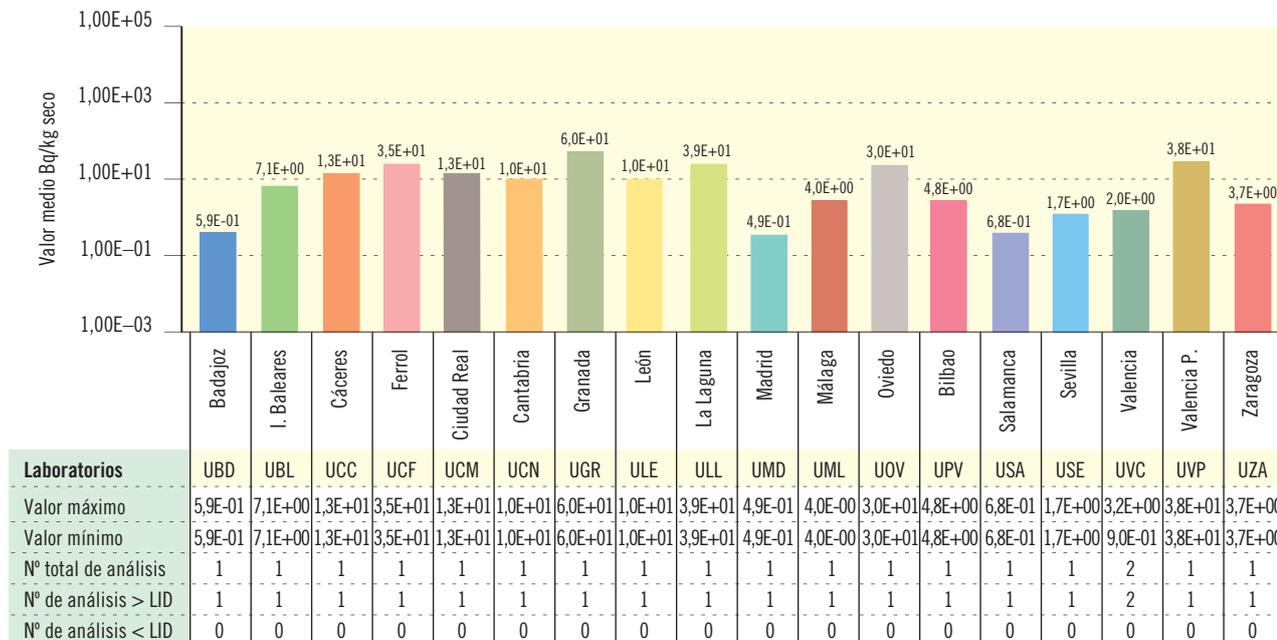


Figura 3.10a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

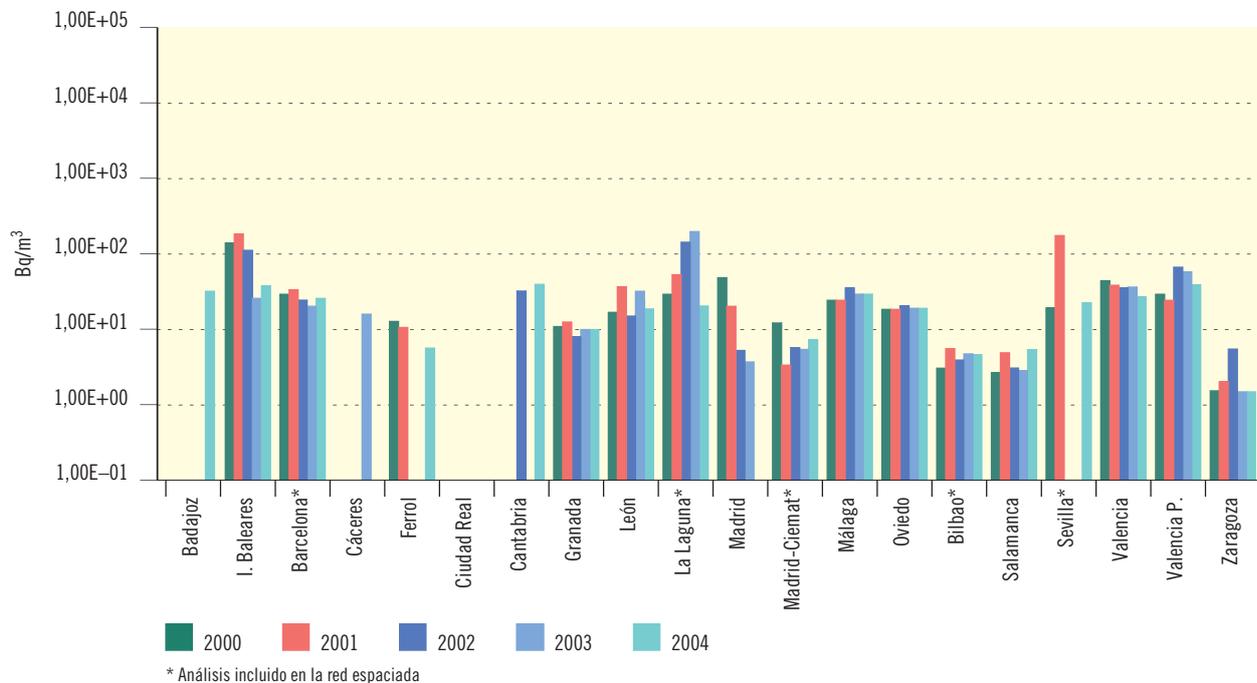
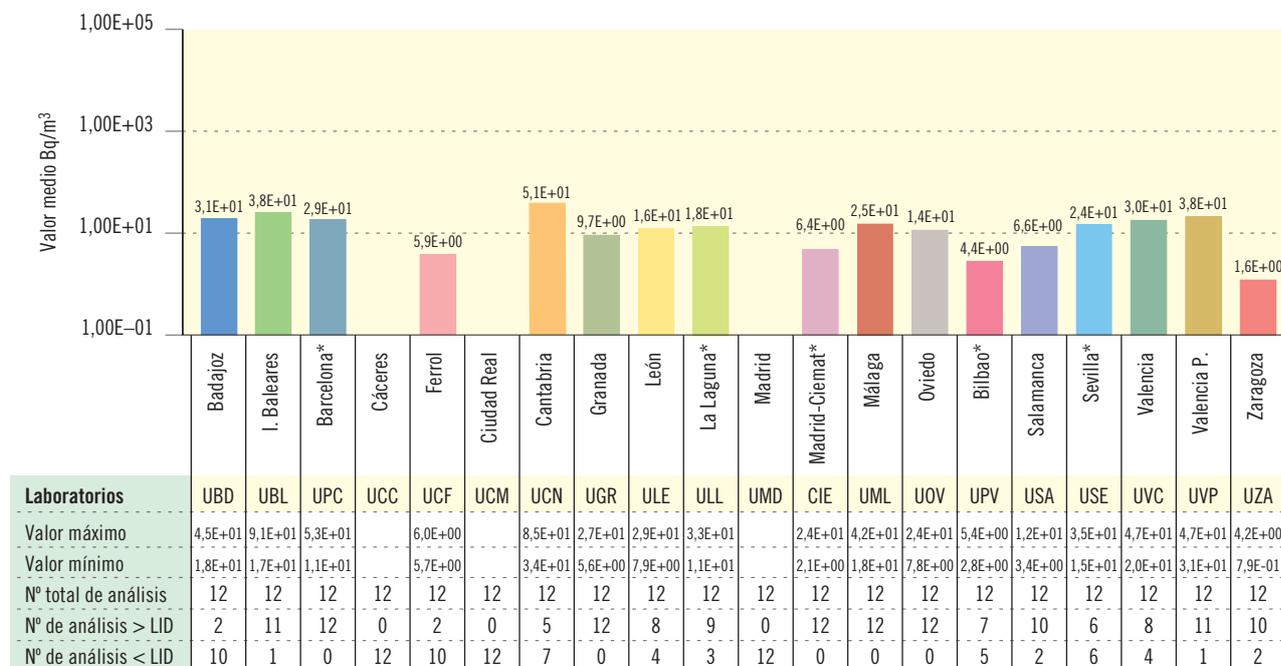


Figura 3.10b. Agua potable. Concentración de actividad de alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



\* Análisis incluido en la red espaciada

Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	4,5E+01	9,1E+01	5,3E+01		6,0E+00		8,5E+01	2,7E+01	2,9E+01	3,3E+01		2,4E+01	4,2E+01	2,4E+01	5,4E+00	1,2E+01	3,5E+01	4,7E+01	4,7E+01	4,2E+00
Valor mínimo	1,8E+01	1,7E+01	1,1E+01		5,7E+00		3,4E+01	5,6E+00	7,9E+00	1,1E+01		2,1E+00	1,8E+01	7,8E+00	2,8E+00	3,4E+00	1,5E+01	2,0E+01	3,1E+01	7,9E-01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	2	11	12	0	2	0	5	12	8	9	0	12	12	12	7	10	6	8	11	10
Nº de análisis < LID	10	1	0	12	10	12	7	0	4	3	12	0	0	0	5	2	6	4	1	2

Figura 3.11a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta total

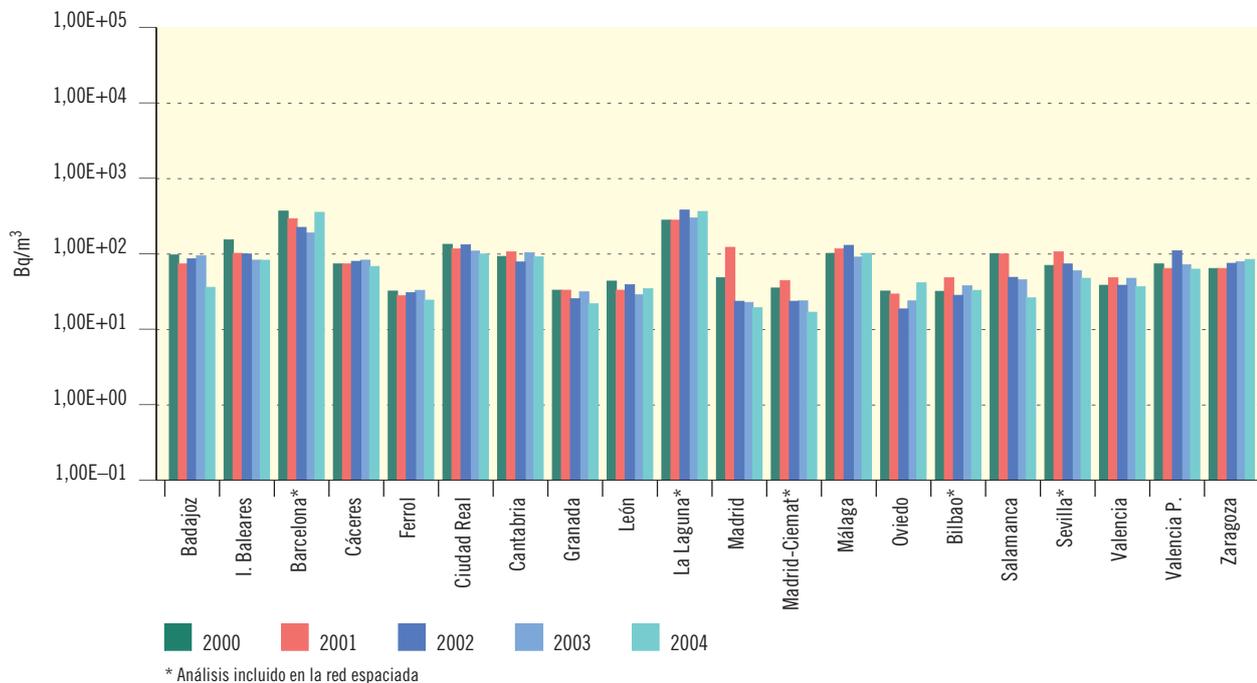
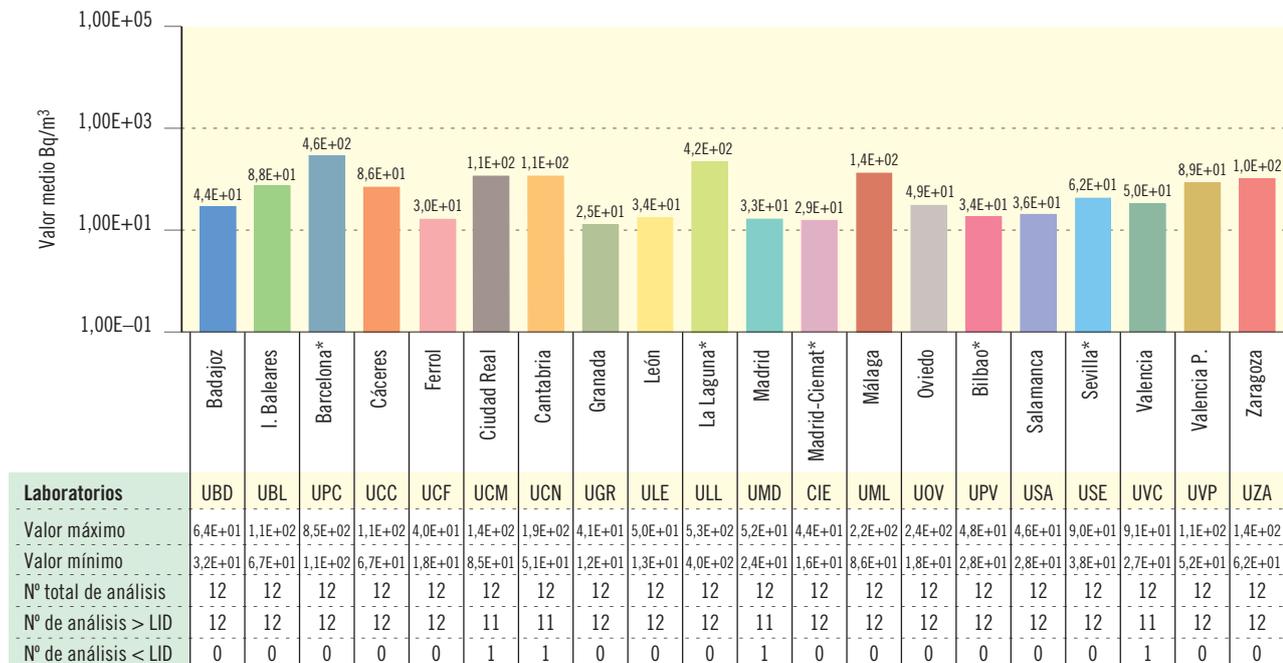


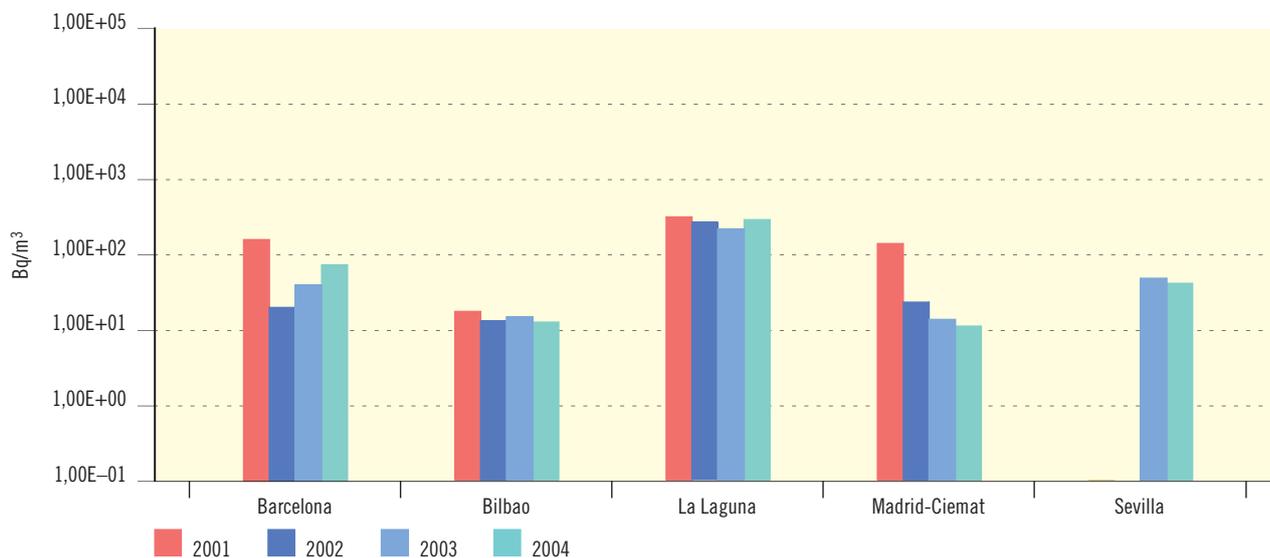
Figura 3.11b. Agua potable. Concentración de actividad de beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



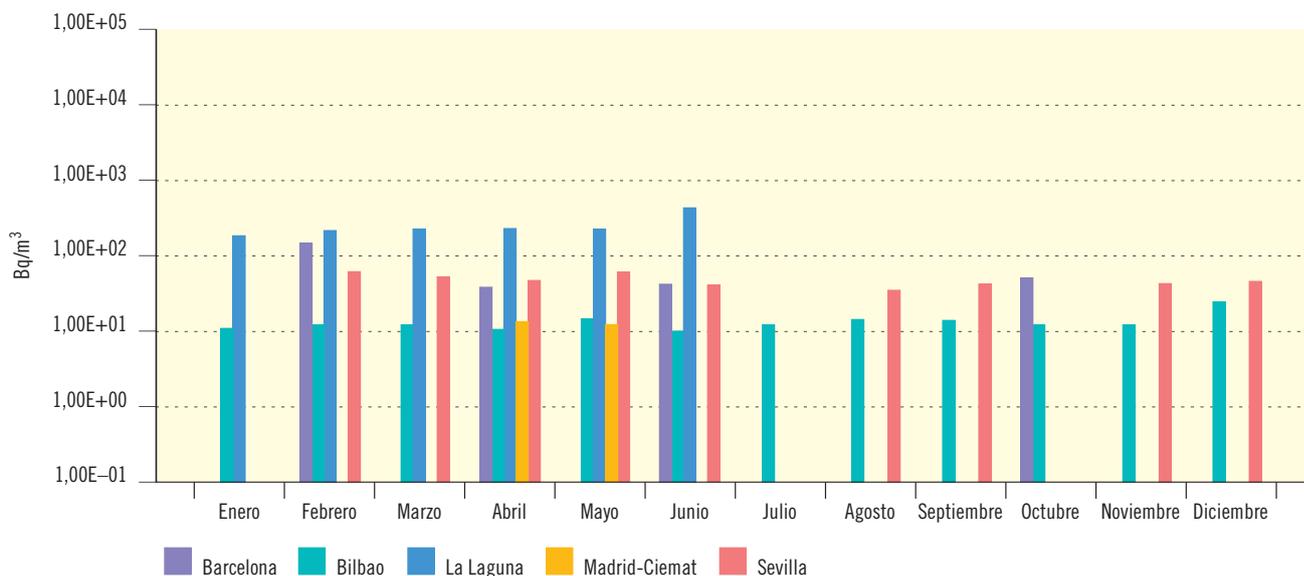
**Figura 3.12a. Agua potable**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



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

Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	6,95E+01	1,42E+01	2,99E+02	1,34E+01	4,47E+01
Valor máximo	1,63E+02	2,29E+01	4,05E+02	1,38E+01	5,92E+01
Valor mínimo	2,70E+01	1,00E+01	2,34E+02	1,31E+01	3,25E+01
LID máximo	3,60E+01	8,62E+00	3,24E+01	1,29E+01	3,77E+01
LID mínimo	2,70E+00	5,60E+00	1,71E+01	1,10E+01	2,84E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	4	12	6	2	9
Nº de análisis < LID	8	0	6	10	3

Figura 3.13a. Agua potable

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

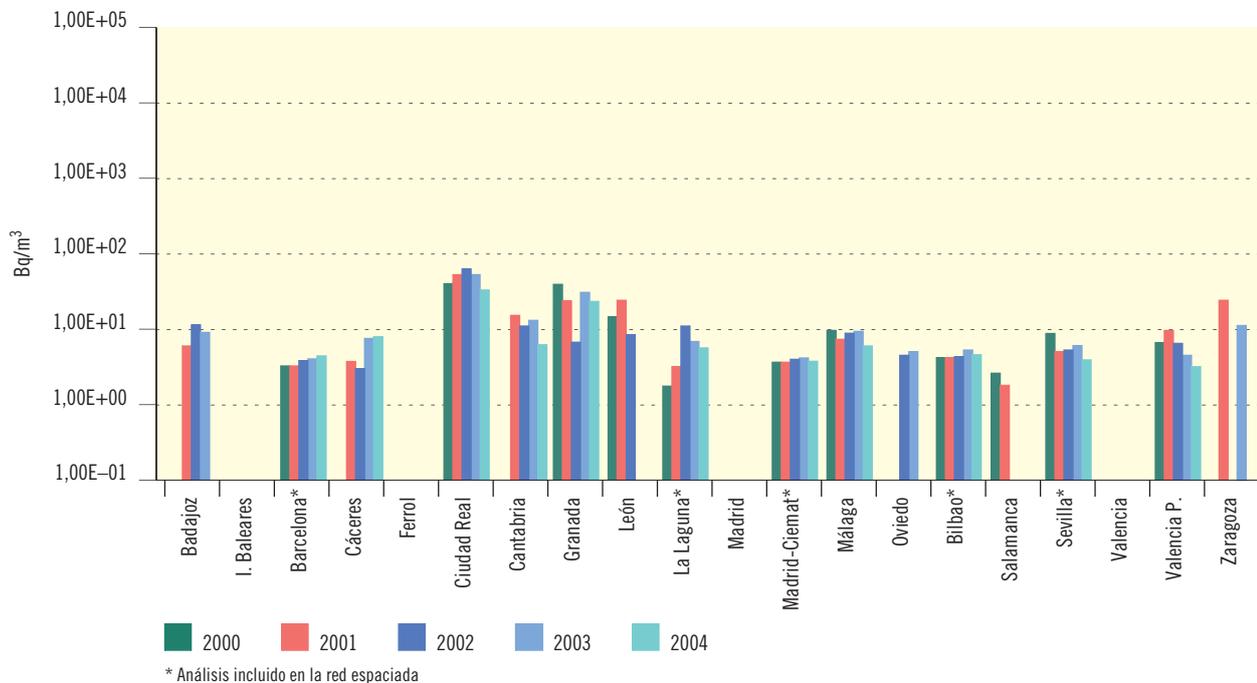
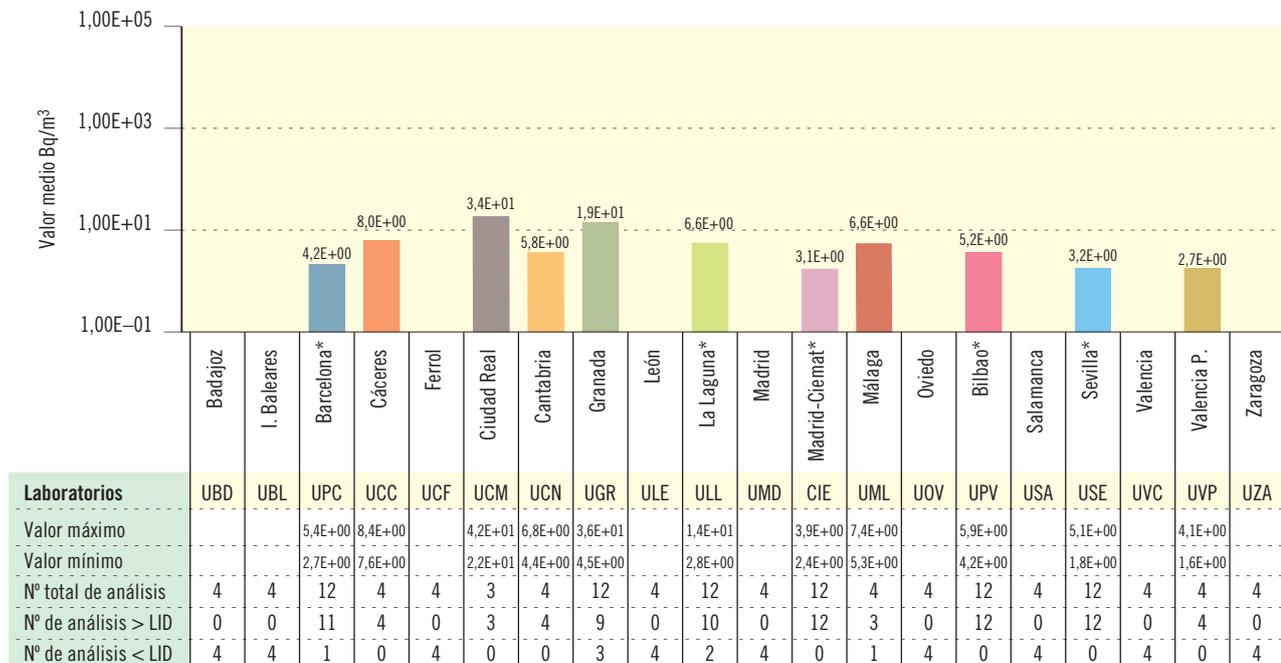


Figura 3.13b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



\* Análisis incluido en la red espaciada

Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo			5,4E+00	8,4E+00		4,2E+01	6,8E+00	3,6E+01		1,4E+01		3,9E+00	7,4E+00		5,9E+00		5,1E+00		4,1E+00	
Valor mínimo			2,7E+00	7,6E+00		2,2E+01	4,4E+00	4,5E+00		2,8E+00		2,4E+00	5,3E+00		4,2E+00		1,8E+00		1,6E+00	
Nº total de análisis	4	4	12	4	4	3	4	12	4	12	4	12	4	4	12	4	12	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	0	11	4	0	3	4	9	0	10	0	12	3	0	12	0	12	0	4	0
Nº de análisis < LID	4	4	1	0	4	0	0	3	4	2	4	0	1	4	0	4	0	4	0	4

Figura 3.14a. Agua potable

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

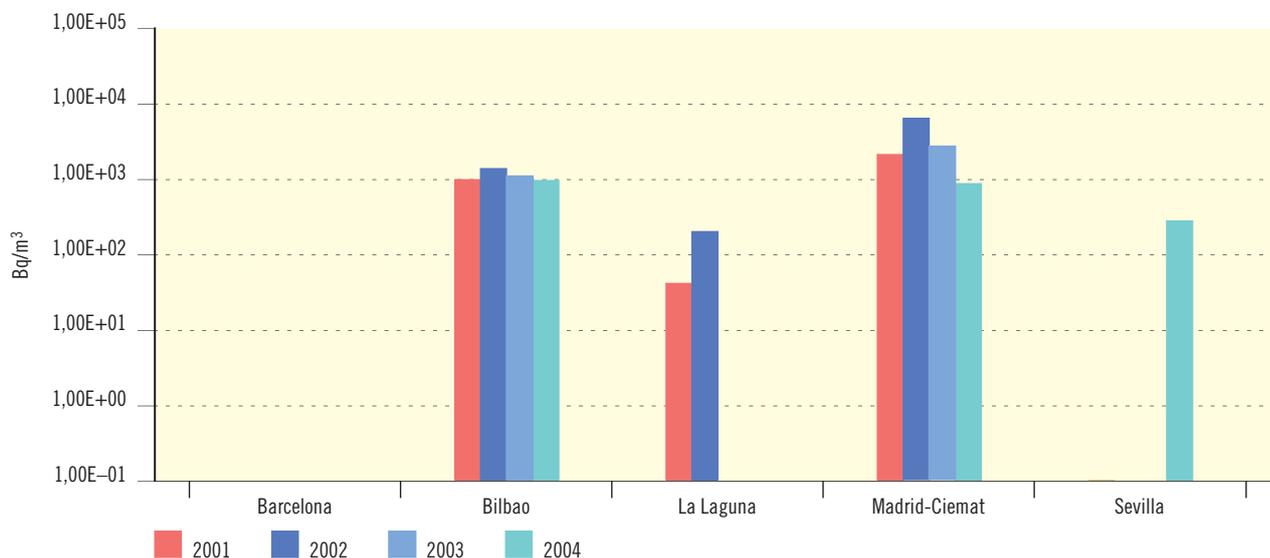
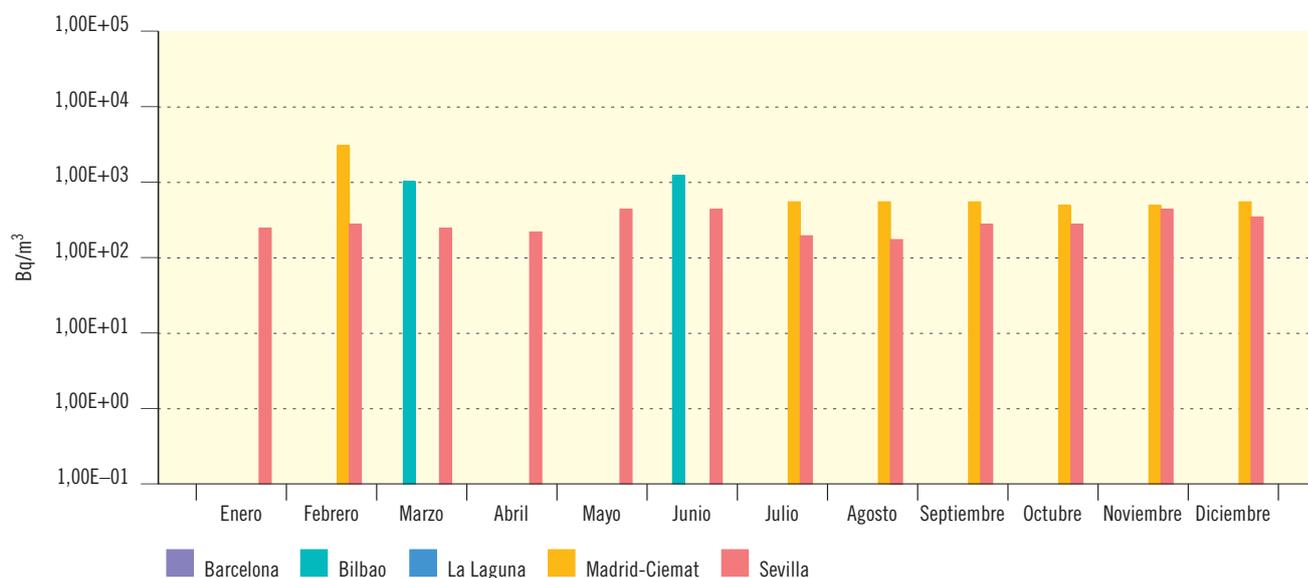


Figura 3.14b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,11E+03		9,78E+02	2,99E+02
Valor máximo		1,27E+03		3,99E+03	4,21E+02
Valor mínimo		9,57E+02		4,42E+02	1,90E+02
LID máximo	1,82E+03	1,07E+03	5,00E+01	4,60E+03	2,12E+02
LID mínimo	1,54E+03	7,82E+02	1,40E+01	8,40E+01	1,71E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	0	2	0	7	12
Nº de análisis < LID	12	10	12	5	0

Figura 3.15a. Agua potable

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

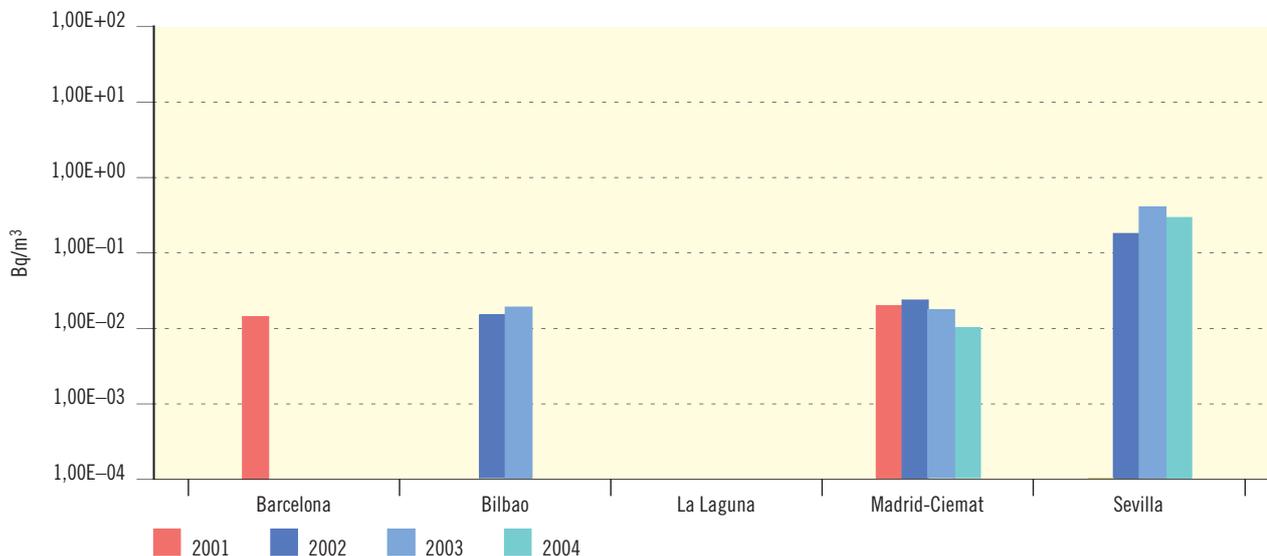
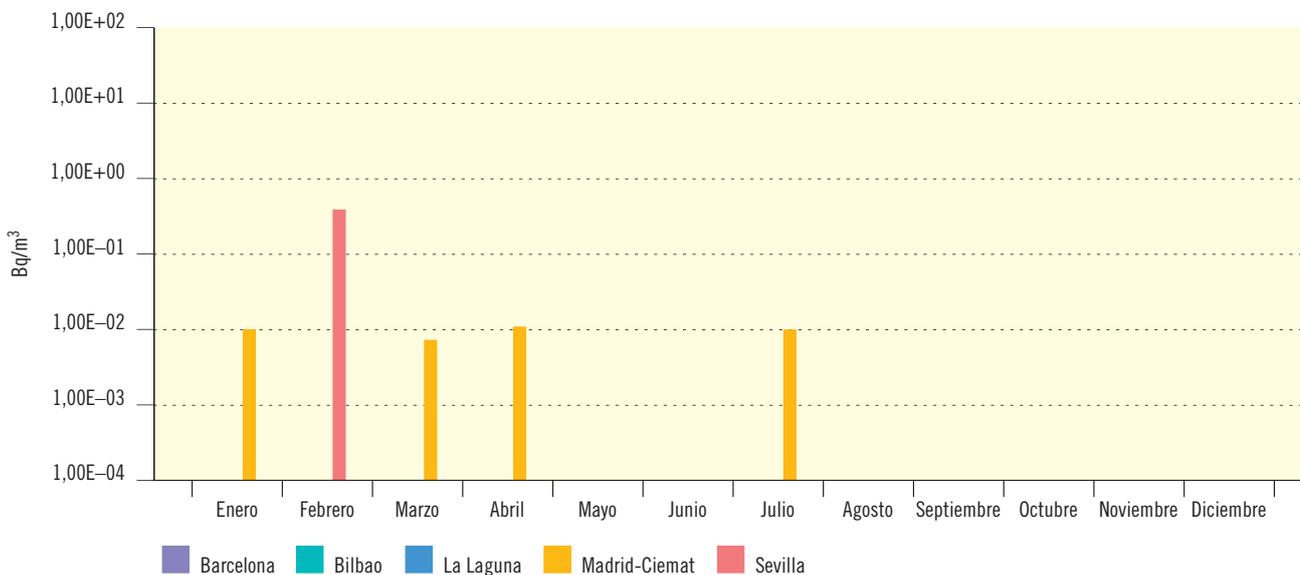


Figura 3.15b. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

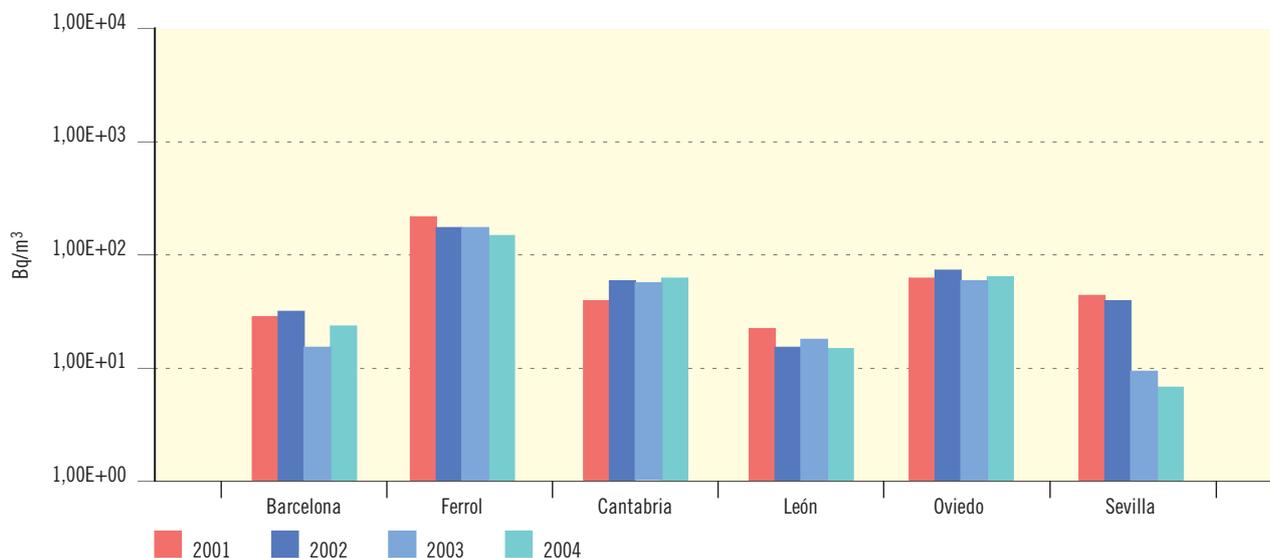
Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio				1,04E-02	3,80E-01
Valor máximo				1,17E-02	3,80E-01
Valor mínimo				7,49E-03	3,80E-01
LID máximo	3,69E-02	2,12E-02	1,25E+00	3,70E-02	2,60E-01
LID mínimo	2,05E-02	1,24E-02	6,32E-02	7,30E-03	2,10E-01
Nº total de análisis	12	12	12	12	4
Nº de análisis > LID	0	0	0	4	1
Nº de análisis < LID	12	12	12	8	3

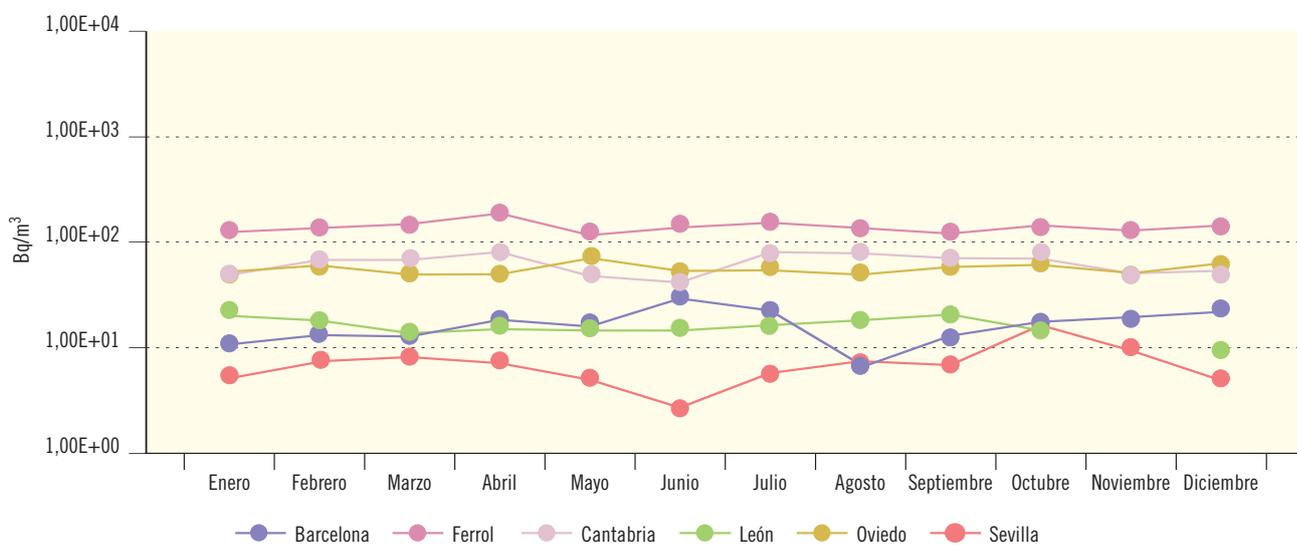
**Figura 3.16a. Leche**

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



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

Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	1,60E+01	1,42E+01	6,06E+01	1,60E+01	5,27E+01	6,80E+00
Valor máximo	2,60E+01	1,77E+02	8,60E+01	2,25E+01	7,08E+01	1,52E+01
Valor mínimo	8,00E+00	1,23E+02	3,78E+01	1,01E+01	4,56E+01	2,70E+00
LID máximo	7,70E+00	3,95E+00	2,50E+01	1,58E+01	4,83E+00	1,74E+00
LID mínimo	4,17E+00	1,37E+00	4,00E+00	3,87E+00	3,71E+00	1,23E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	12	12	12	11	12	12
Nº de análisis < LID	0	0	0	1	0	0

Figura 3.17a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

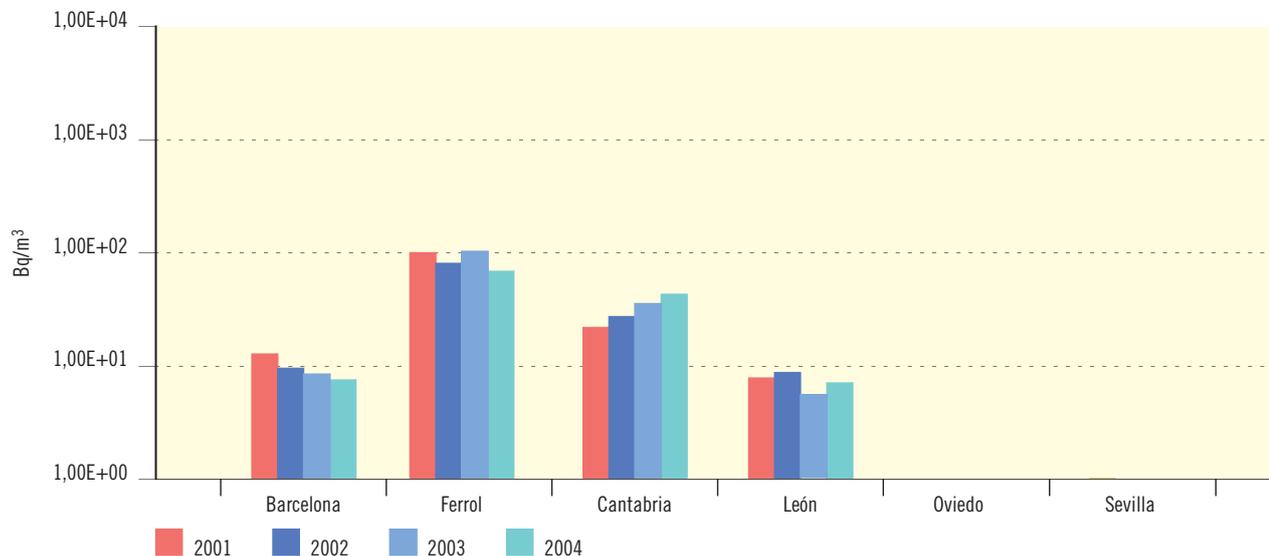
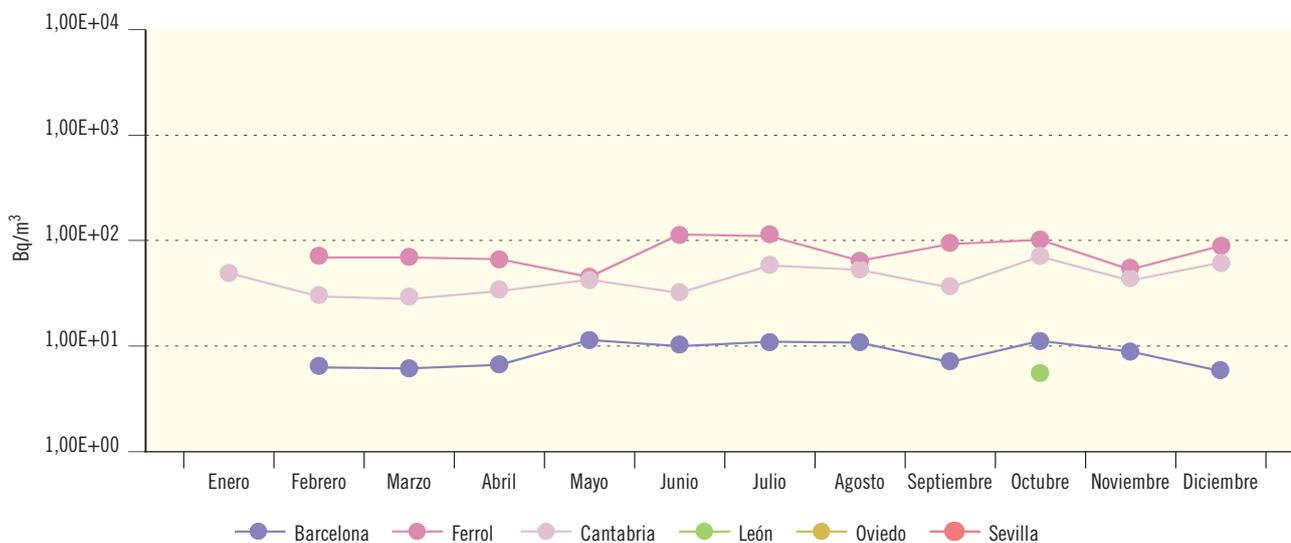


Figura 3.17b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

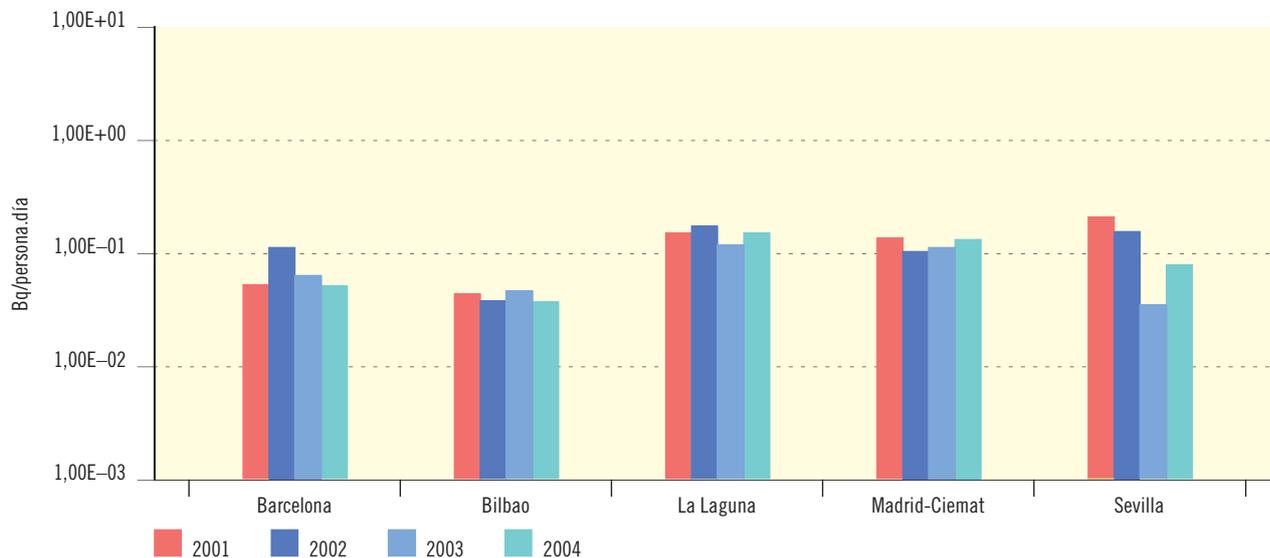
Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	8,87E+00	7,87E+01	4,72E+01	7,05E+00		
Valor máximo	1,16E+01	1,21E+02	6,71E+01	7,05E+00		
Valor mínimo	5,90E+00	5,09E+01	3,18E+01	7,05E+00		
LID máximo	9,70E+00	5,55E+01	2,94E+01	1,57E+01	8,98E+01	1,94E+02
LID mínimo	3,80E+00	4,47E+01	1,62E+01	5,63E+00	7,92E+01	1,13E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	11	11	12	1	0	0
Nº de análisis < LID	1	1	0	11	12	12

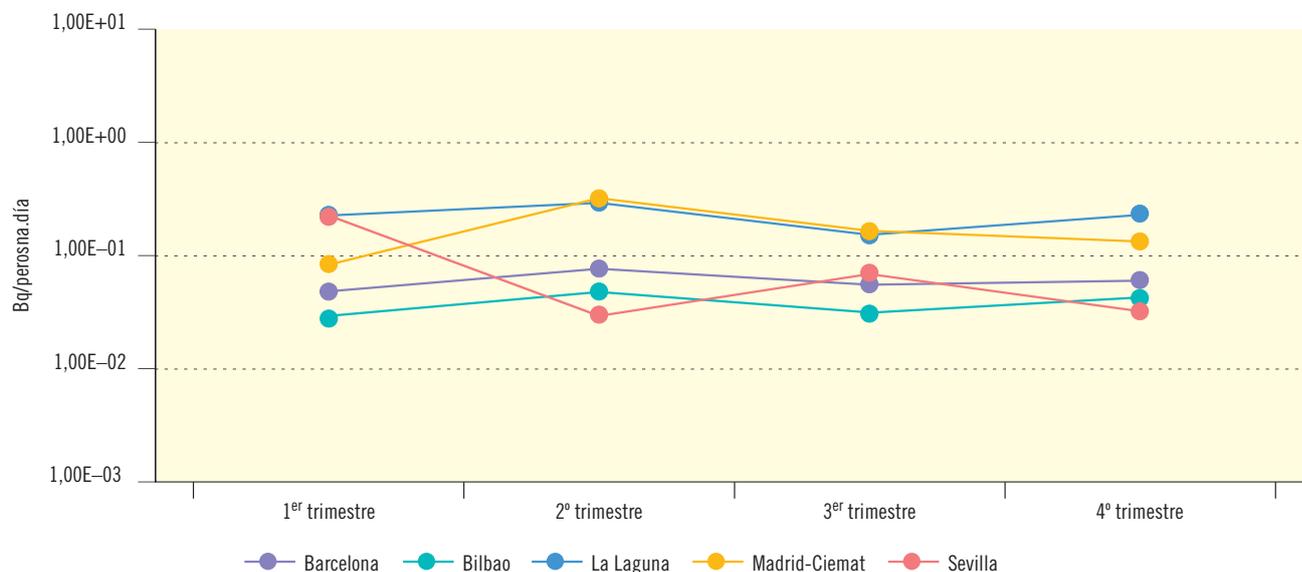
**Figura 3.18a. Dieta tipo**

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



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

Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	5,75E-02	4,23E-02	1,81E-01	1,52E-01	7,35E-02
Valor máximo	6,90E-02	5,08E-02	2,46E-01	2,55E-01	1,69E-01
Valor mínimo	4,80E-02	3,75E-02	1,42E-01	9,17E-02	3,24E-02
LID máximo	1,10E-02	5,81E-03	1,21E-02	4,18E-03	1,20E-02
LID mínimo	1,60E-02	1,30E-02	1,78E-02	9,36E-03	1,41E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0

Figura 3.19a. Dieta tipo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

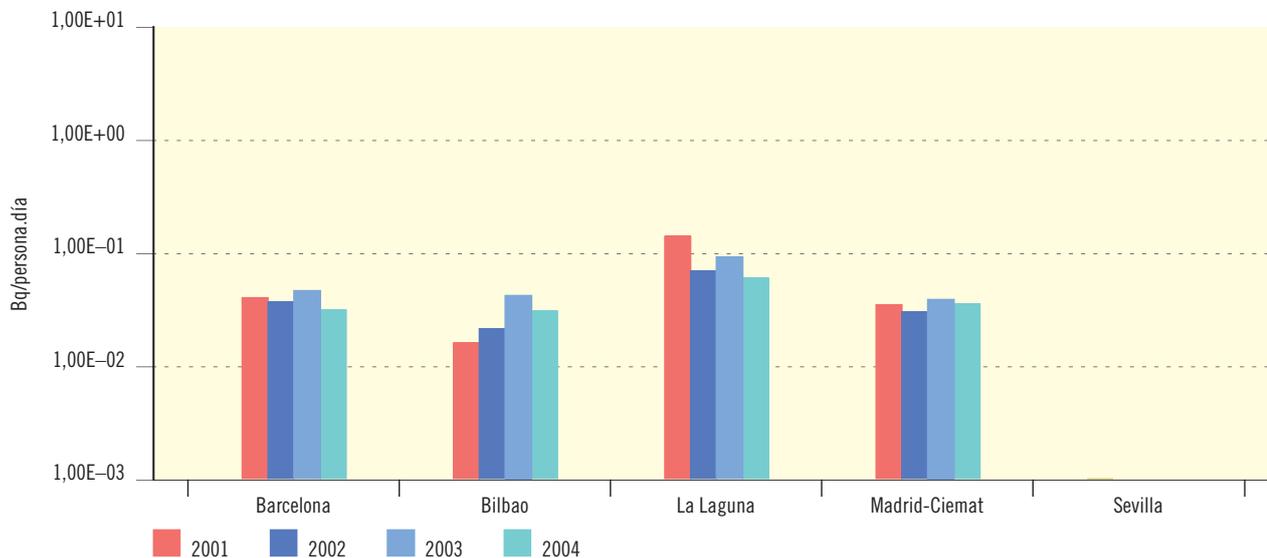
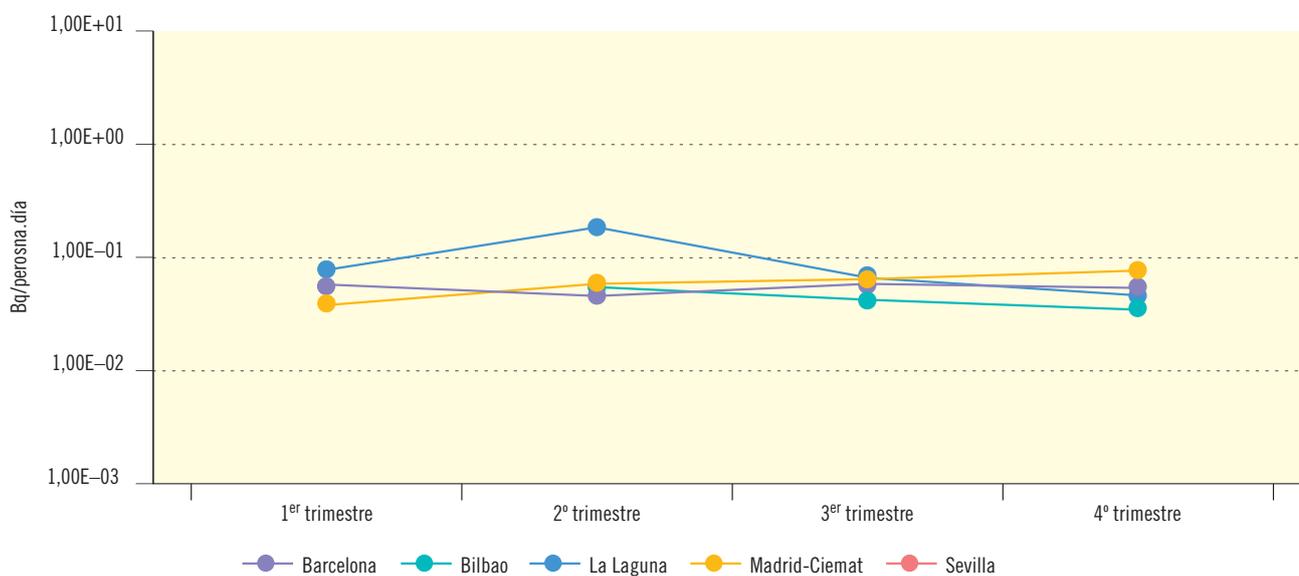


Figura 3.19b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2004



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,50E-02	3,08E-02	6,33E-02	3,93E-02	
Valor máximo	4,00E-02	3,69E-02	1,27E-01	5,77E-02	
Valor mínimo	3,00E-02	2,32E-02	3,66E-02	2,00E-02	
LID máximo	2,00E-02	1,30E-02	5,94E-02	1,89E-02	2,85E-01
LID mínimo	1,70E-02	1,01E-03	2,33E-02	1,53E-02	8,54E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	3	4	4	0
Nº de análisis < LID	0	1	0	0	4

## 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 1992, se fir-

mó 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.

### 1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales

#### Estaciones de muestreo

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

Figura 3.20. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales



Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña 2004

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		94	
Duero	13		123	
Tajo	21	1	152	4
Guadiana	5		19	
Guadalquivir	12		87	
Ebro	11	1	154	4
Júcar	6		40	
Cuencas hidrográficas catalanas	7		28	
Segura	4		24	

ellas incluyendo en la actualidad más de 80 puntos (ver figura 3.20). 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

Las muestras se recogen con frecuencia mensual, trimestral o con dispositivos de recogida proporcional continua en aquellas estaciones situadas aguas abajo de las instalaciones. En la red espaciada la frecuencia es 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 2004.

#### 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:  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ .

En el programa de la red espaciada se realiza exclusivamente la determinación de la concentración de actividad de cesio-137.

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, los valores medios anuales obtenidos en las estaciones de muestreo consideradas durante el periodo 1992 a 2004 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes (ver publicaciones anteriores para resultados de los años 1984 a 1991).

Del punto del río Tajo situado aguas abajo de Trillo, no se incluyen resultados en el año 2004 porque se ha suspendido la recogida de muestras puntuales, y se ha puesto a punto un muestreador en continuo que permita la recogida de muestras integradas, más representativas de la concentración de tritio que ha pasado por ese punto a lo largo del año; los resultados de las muestras recogidas con este equipo se incluirán en el informe del próximo año 2005.

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 como los resultados del índice beta resto en las estaciones del río Llobregat, cuyos análisis se incluyen desde el año 2002 en que se aplicó una nueva técnica analítica, u otros en que la falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

Una valoración global de los resultados, considerando su evolución temporal y la ubicación de los puntos de muestreo, permite concluir lo siguiente:

- Los valores de las concentraciones de actividad alfa y beta total, reflejan las características del terreno de la cuenca receptora, así como la existencia

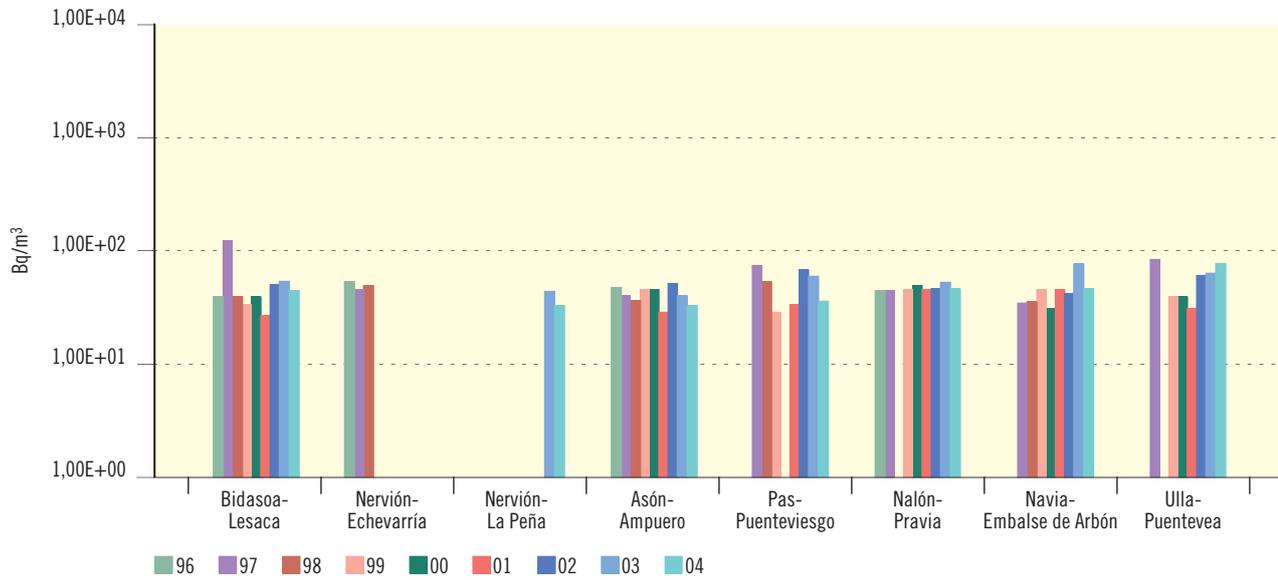
en sus márgenes de zonas de cultivos, cuyos abonos podrían ser arrastrados al cauce de los ríos y, ocasionalmente, detectarse los isótopos que acompañan a los fertilizantes como potasio-40 y descendientes de la serie del uranio-238.

- De la comparación de los valores de concentración de actividad beta total y beta resto, se ha observado la incidencia de los vertidos orgánicos de las diferentes ciudades (incremento de potasio-40).
- En los análisis realizados para la red densa, no se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguno de los ríos vigilados.
- En los análisis de cesio-137 realizados dentro del programa de la red espaciada, las técnicas analíticas desarrolladas han permitido detectar actividad de este isótopo por encima del LID en todas las muestras, siendo los valores de concentración de actividad del orden de E-02 Bq/m<sup>3</sup>. 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.
- 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, José Cabrera y Almaraz en el Tajo y, de la primera de ellas, en el Júcar a través del trasvase Tajo-Segura; así como de la central de Ascó en el Ebro. Como se ha señalado anteriormente, en el año 2004 no se incluyen resultados del punto del río Tajo situado aguas abajo de Trillo, porque se ha suspendido la recogida de muestras puntuales, y se ha puesto a punto un muestreador en continuo que permita la recogida de muestras integradas, que sobre todo respecto al tritio, serán más representativas de la concentración que ha pasado por ese punto a lo largo del año; los resultados se volverán a incluir en el año 2005.

*Cuencas del norte de España*

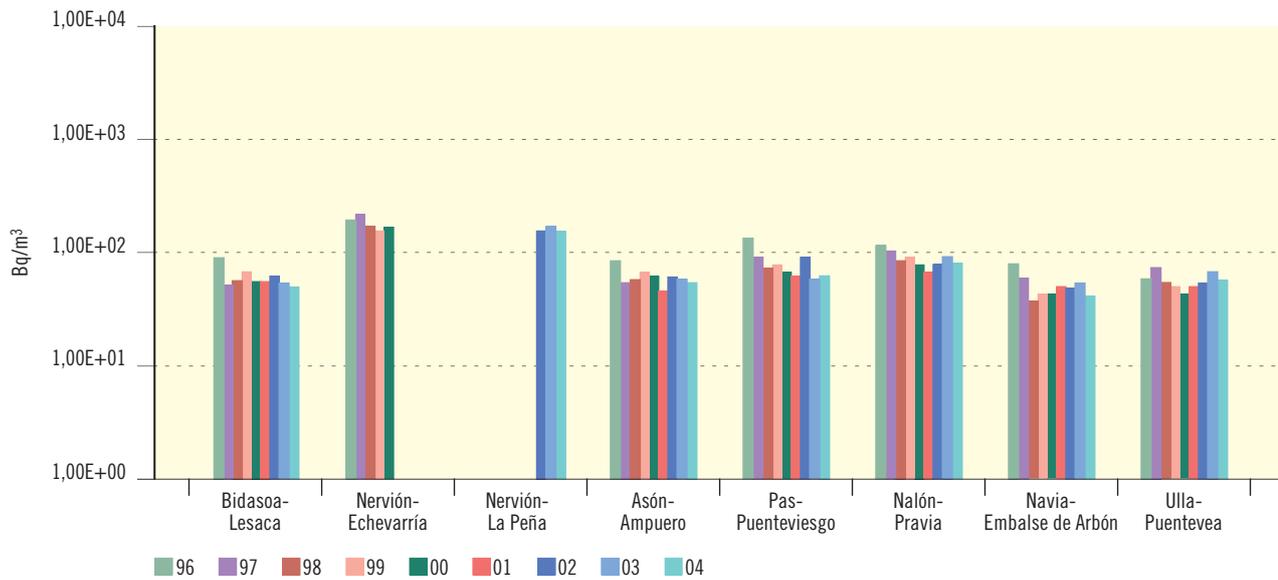
**Figura 3.21. Cuencas del norte de España**

Evolución temporal del índice de actividad alfa total



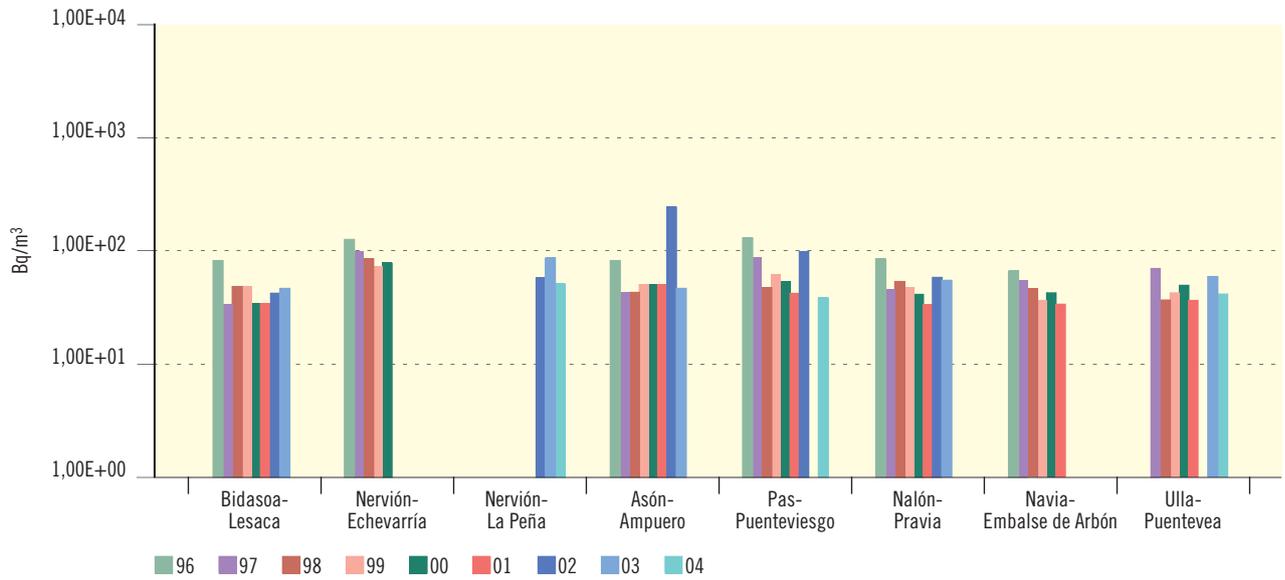
**Figura 3.22. Cuencas del norte de España**

Evolución temporal del índice de actividad beta total



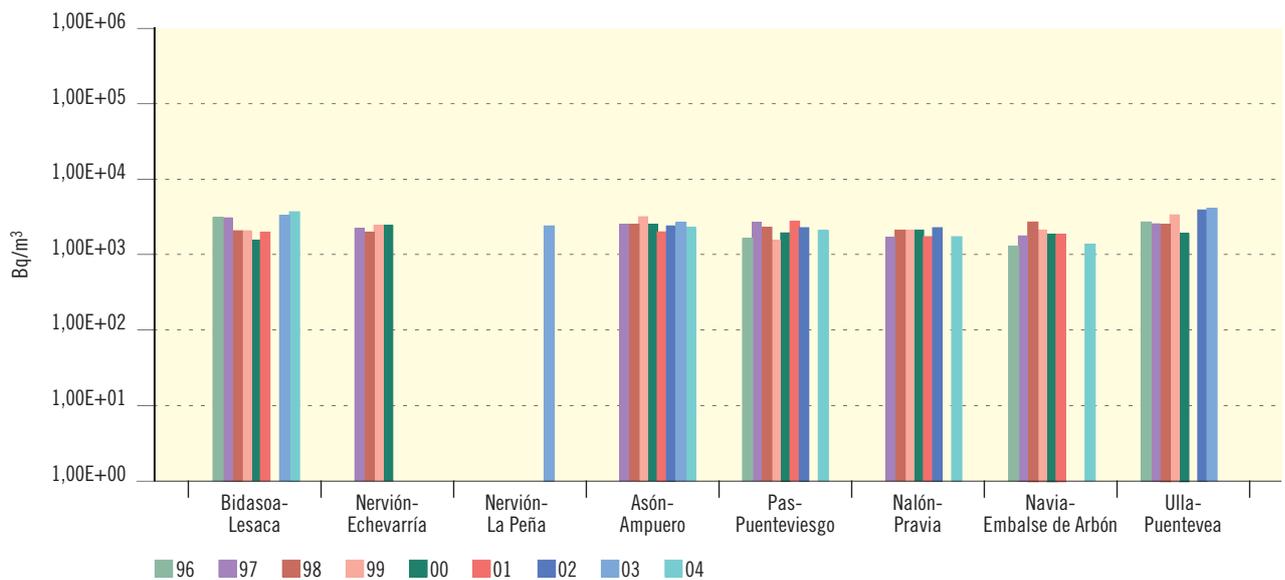
**Figura 3.23. Cuencas del norte de España**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.24. Cuencas del norte de España**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Miño

Figura 3.25. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

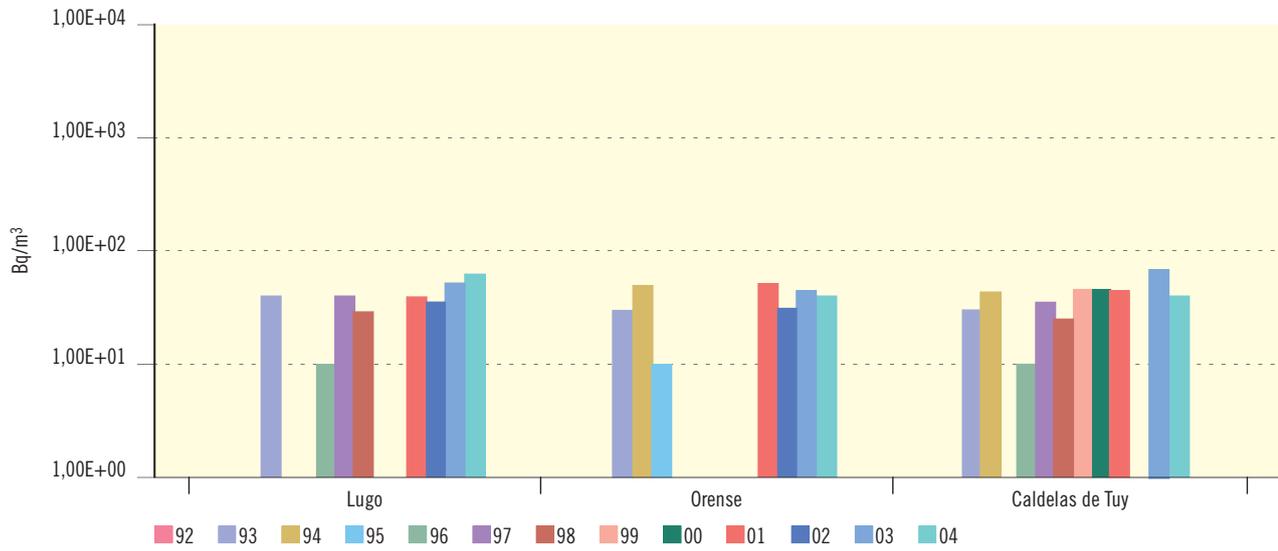
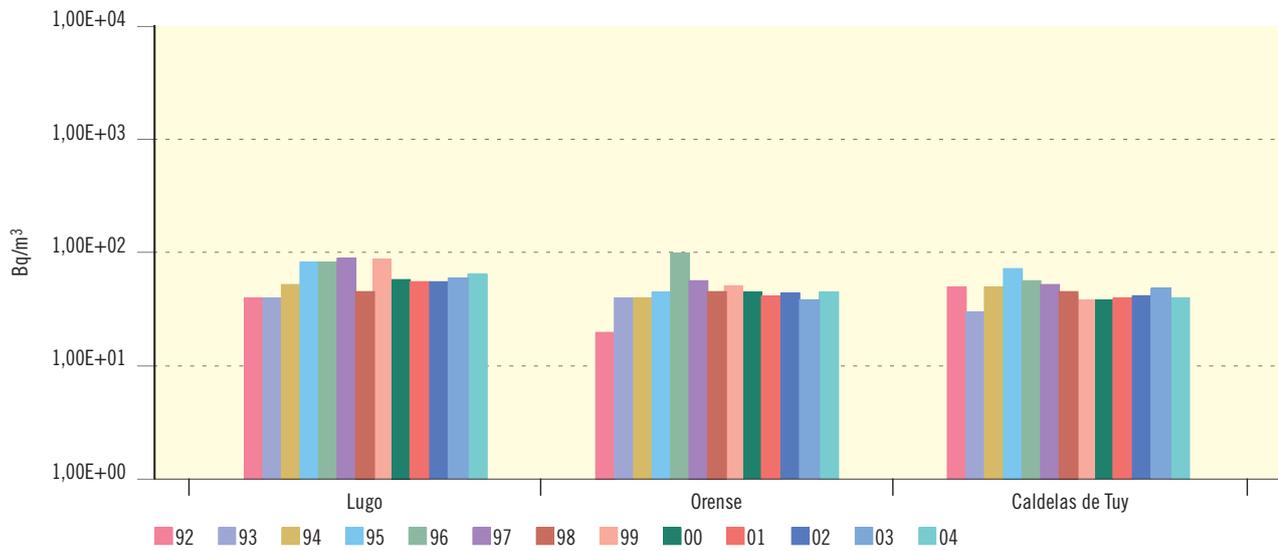


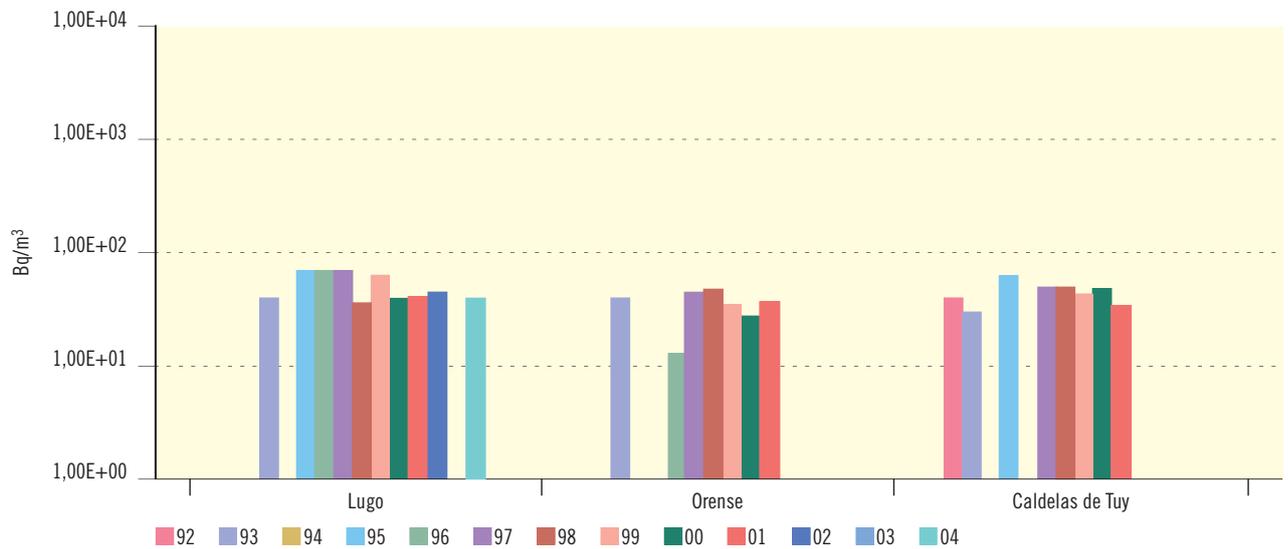
Figura 3.26. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total



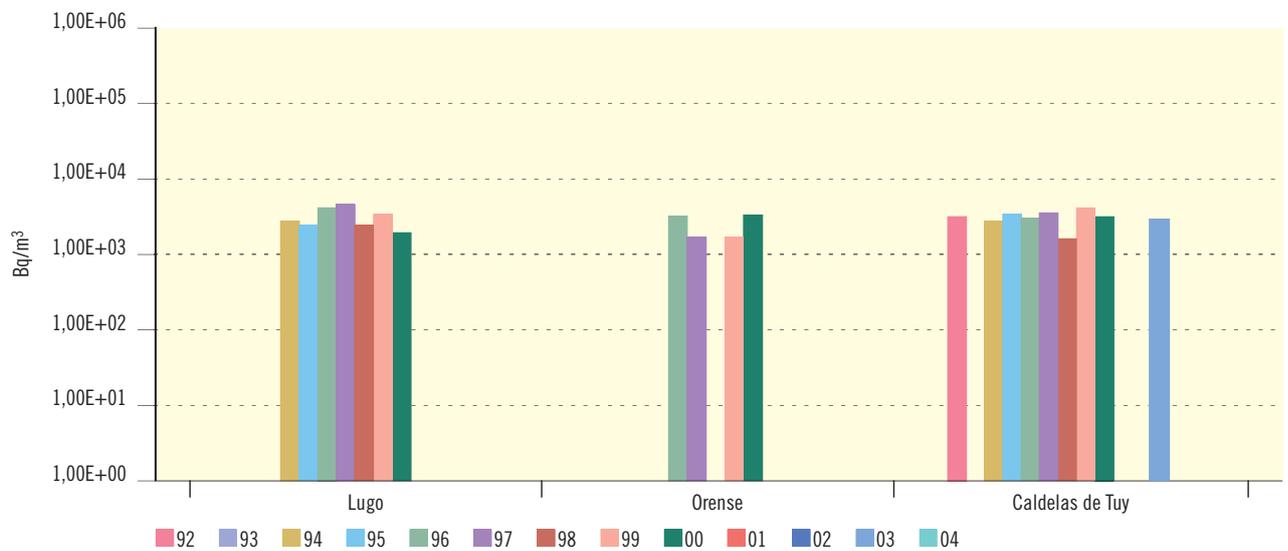
**Figura 3.27. Río Miño**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.28. Río Miño**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.29. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

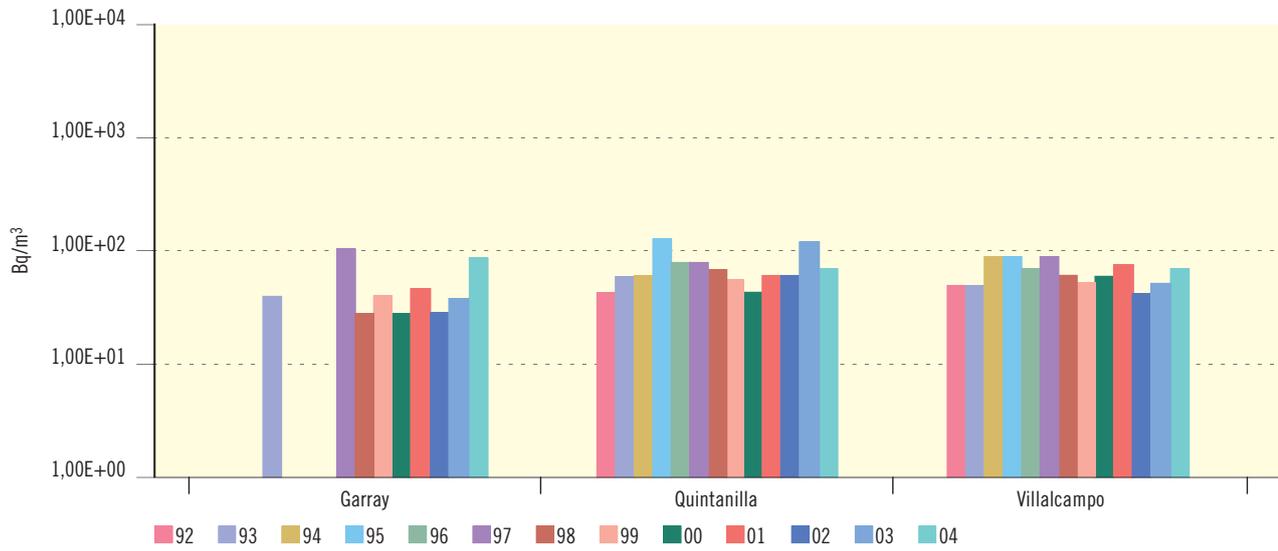
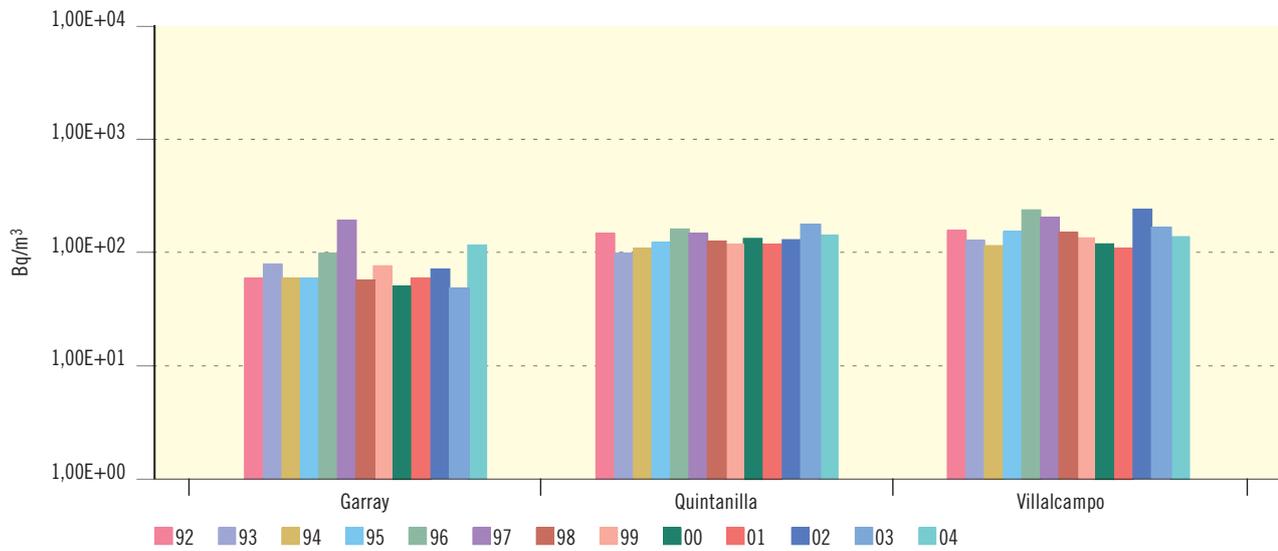


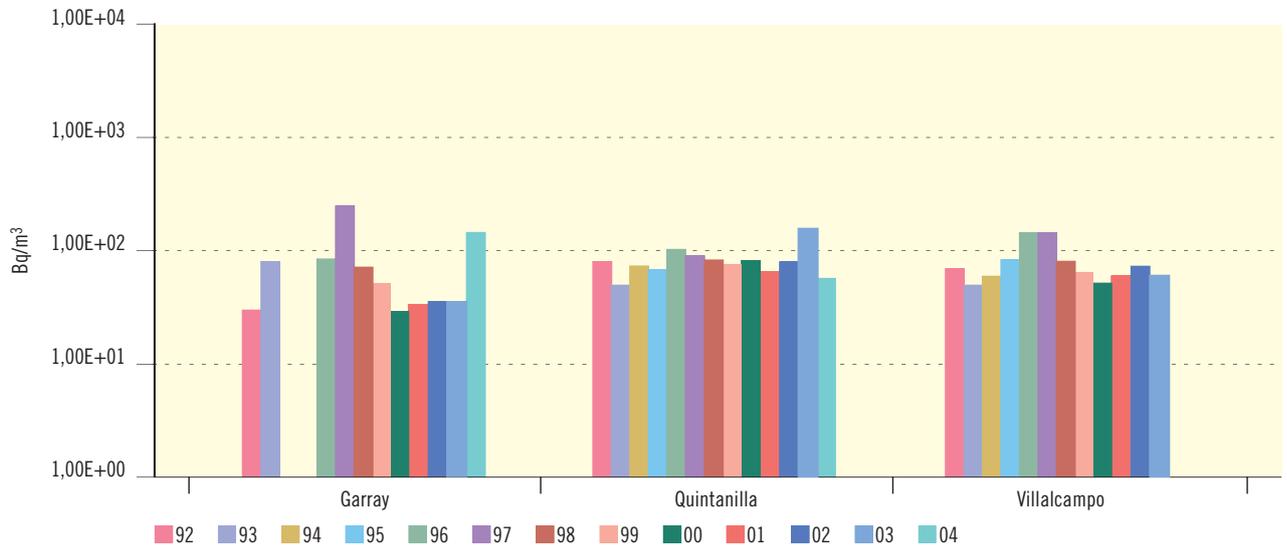
Figura 3.30. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total



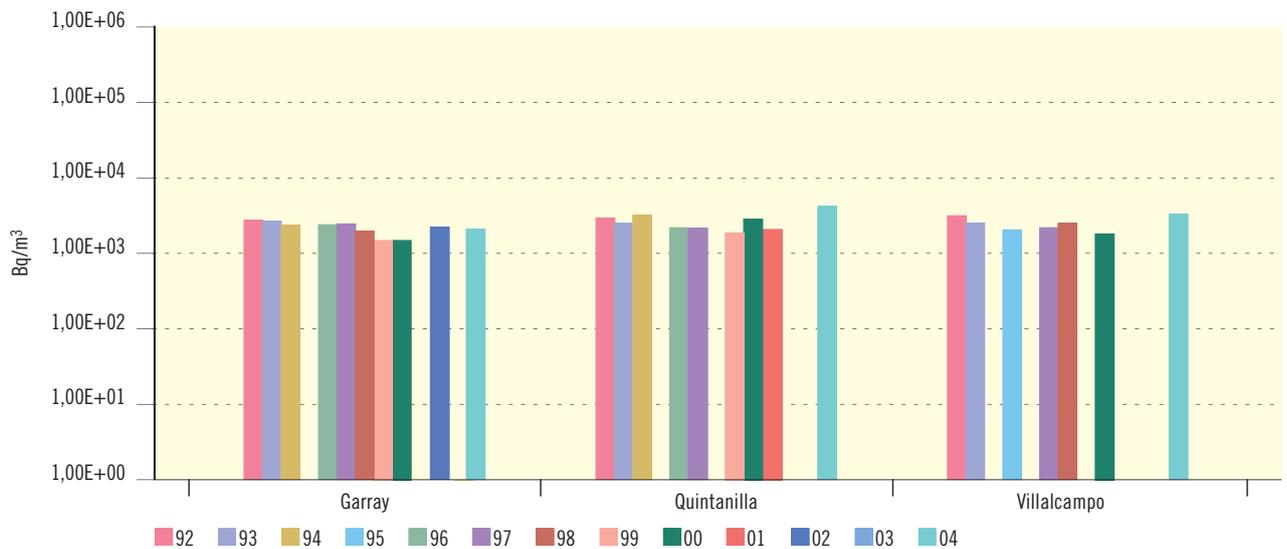
**Figura 3.31. Río Duero**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.32. Río Duero**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.33. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

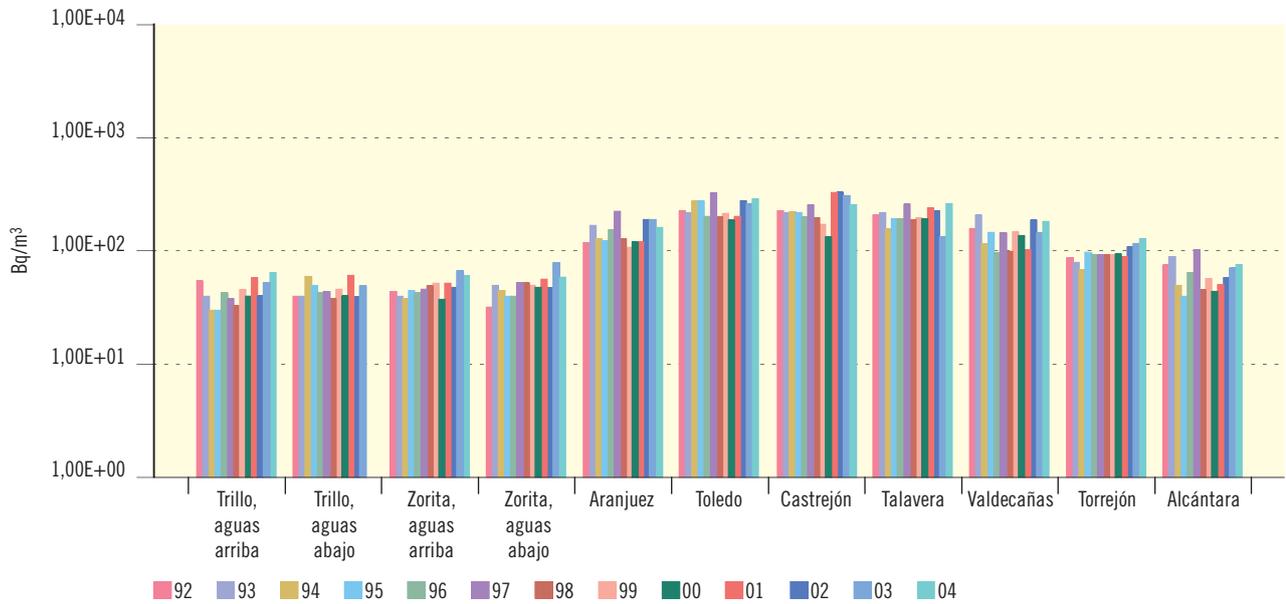
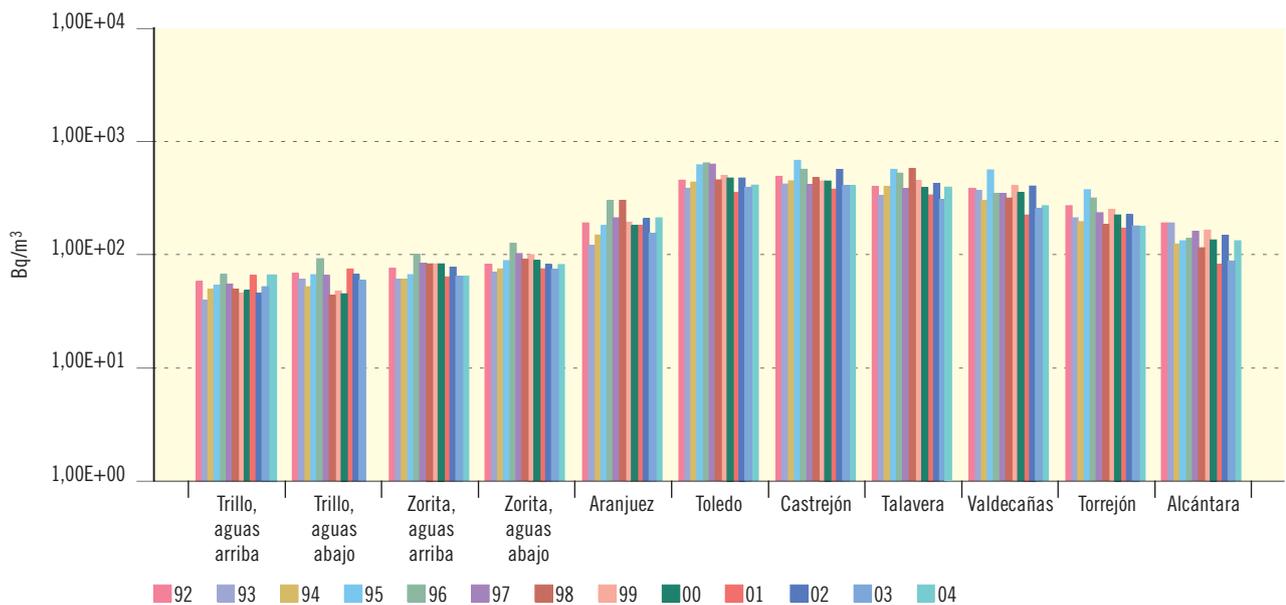


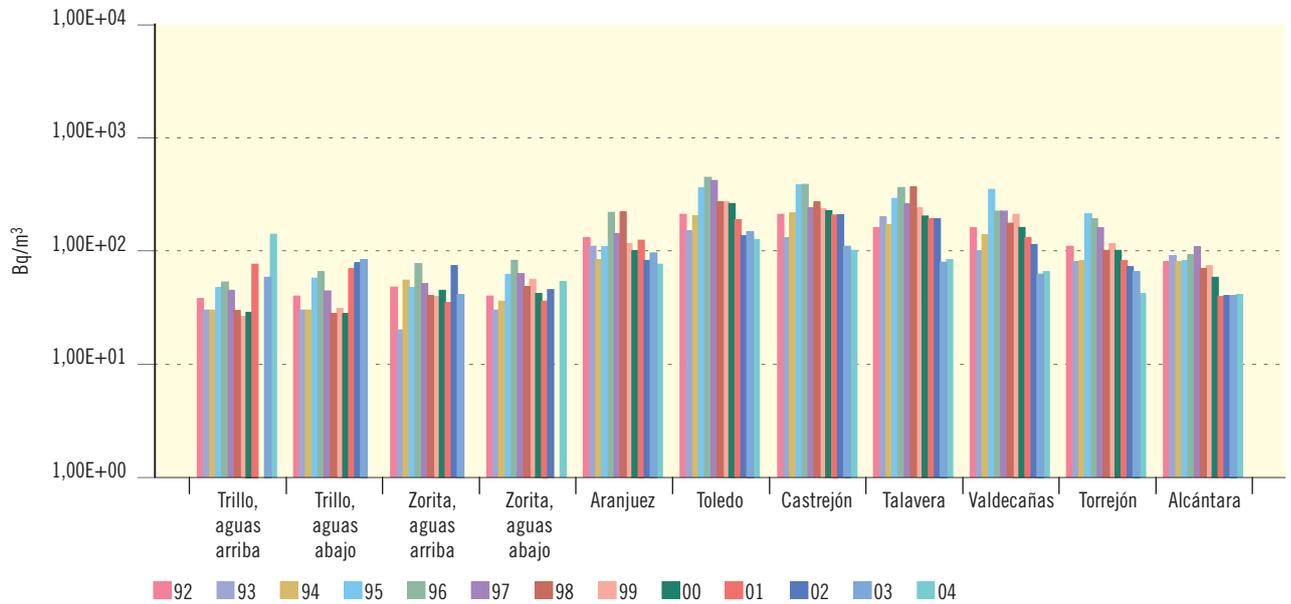
Figura 3.34. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total



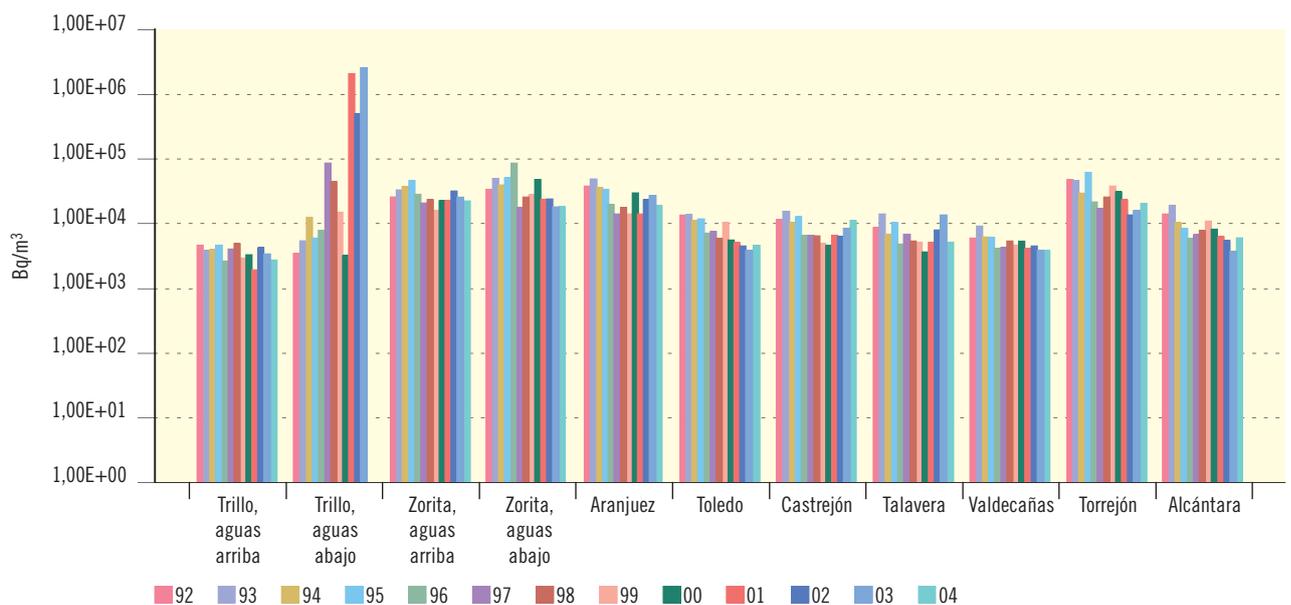
**Figura 3.35. Río Tajo**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.36. Río Tajo**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Gadiana

Figura 3.37. Río Gadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

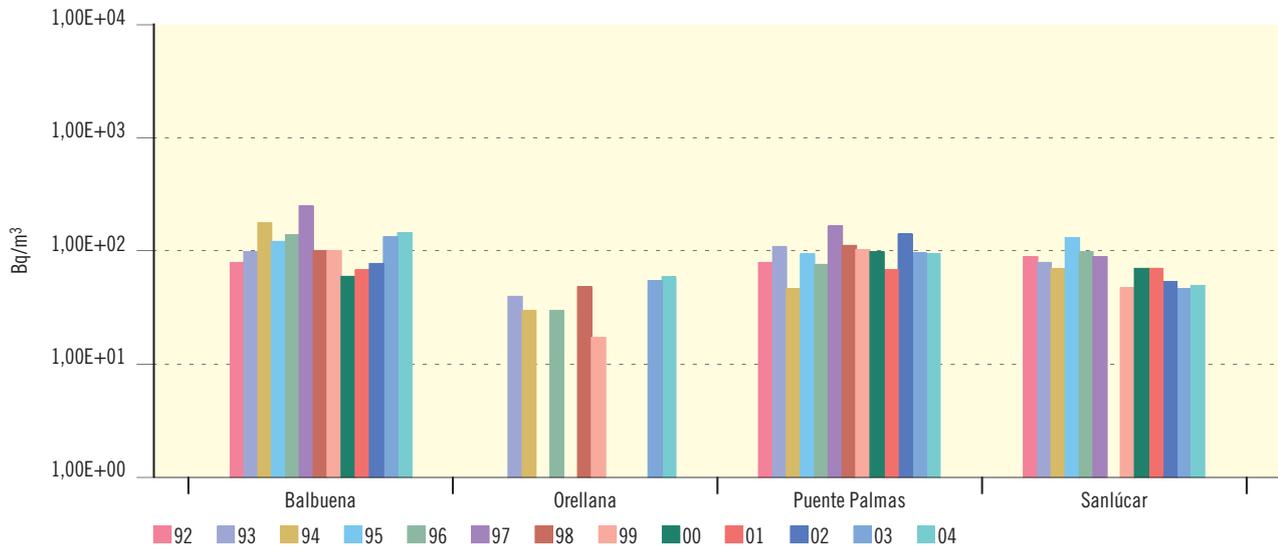
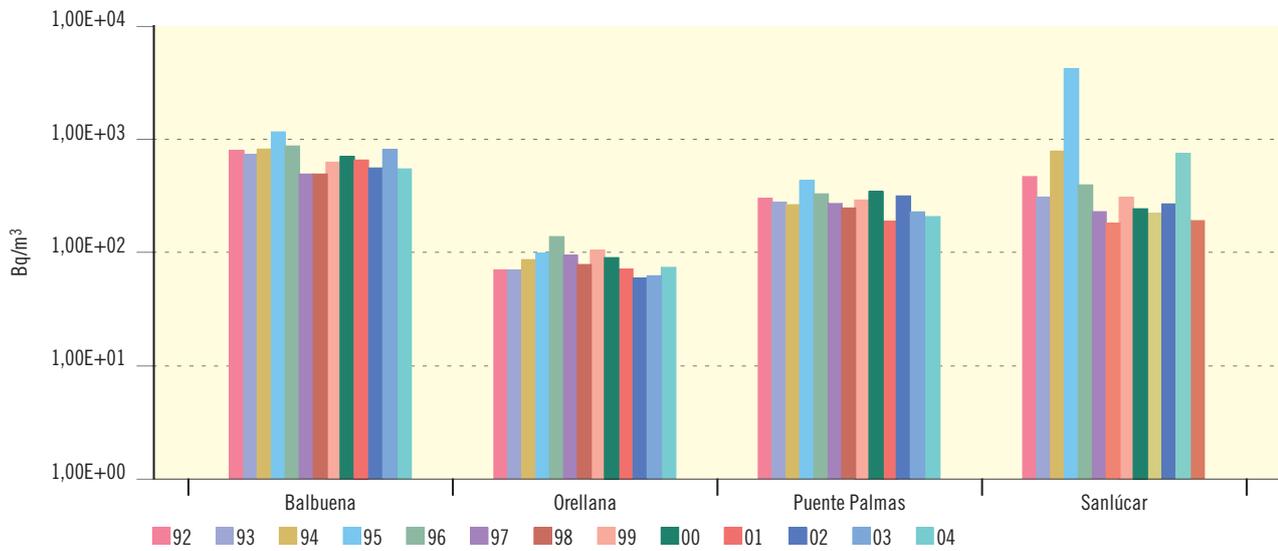


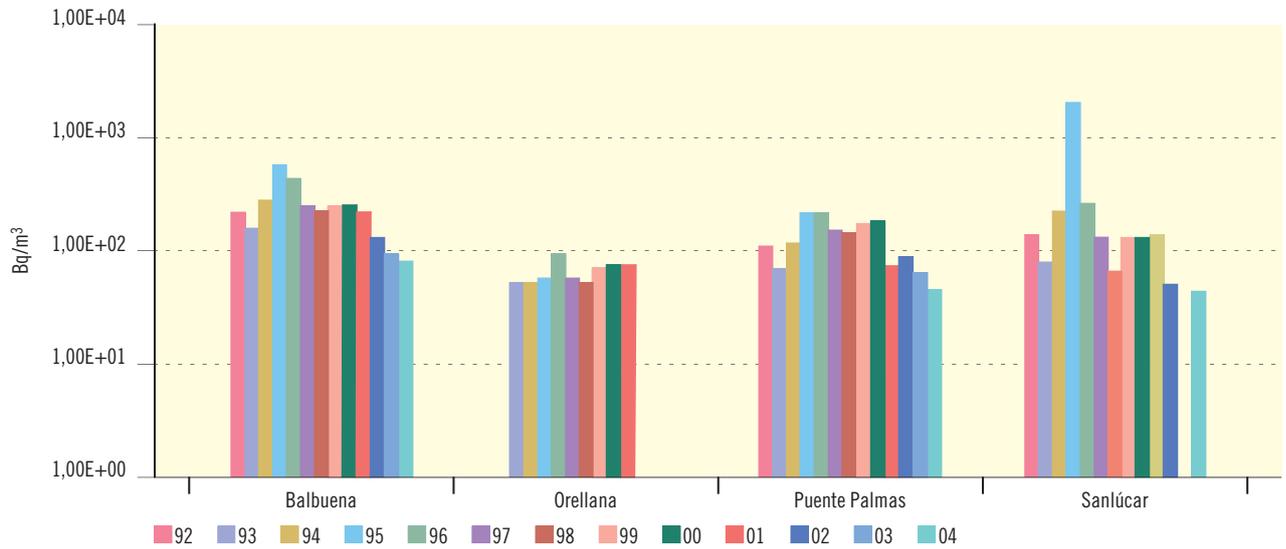
Figura 3.38. Río Gadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total



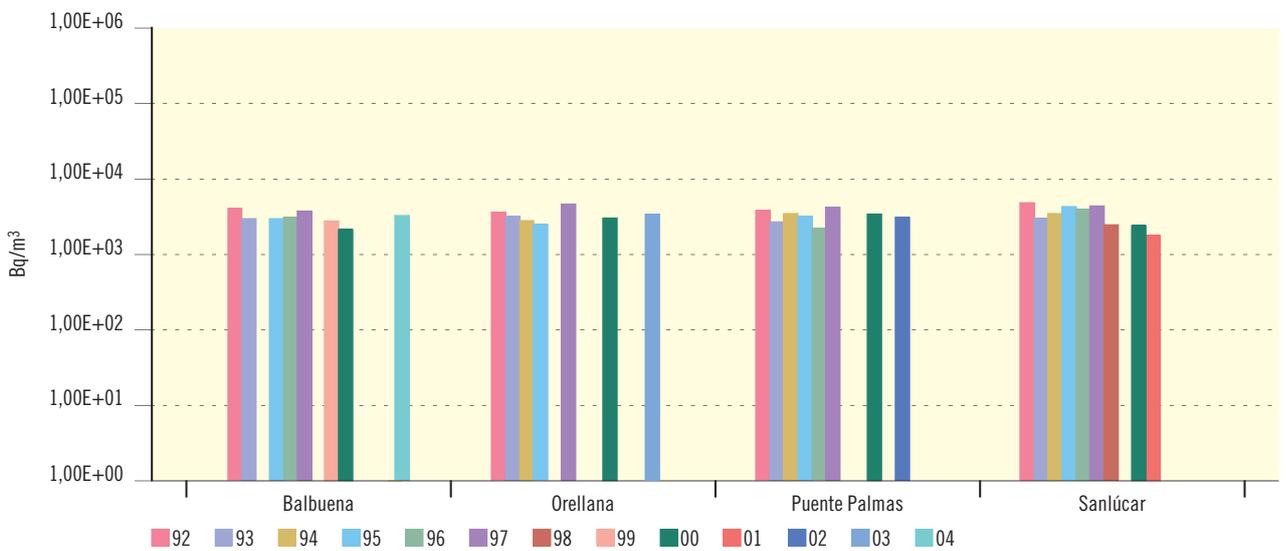
**Figura 3.39. Río Guadiana**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.40. Río Guadiana**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadalquivir

Figura 3.41. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

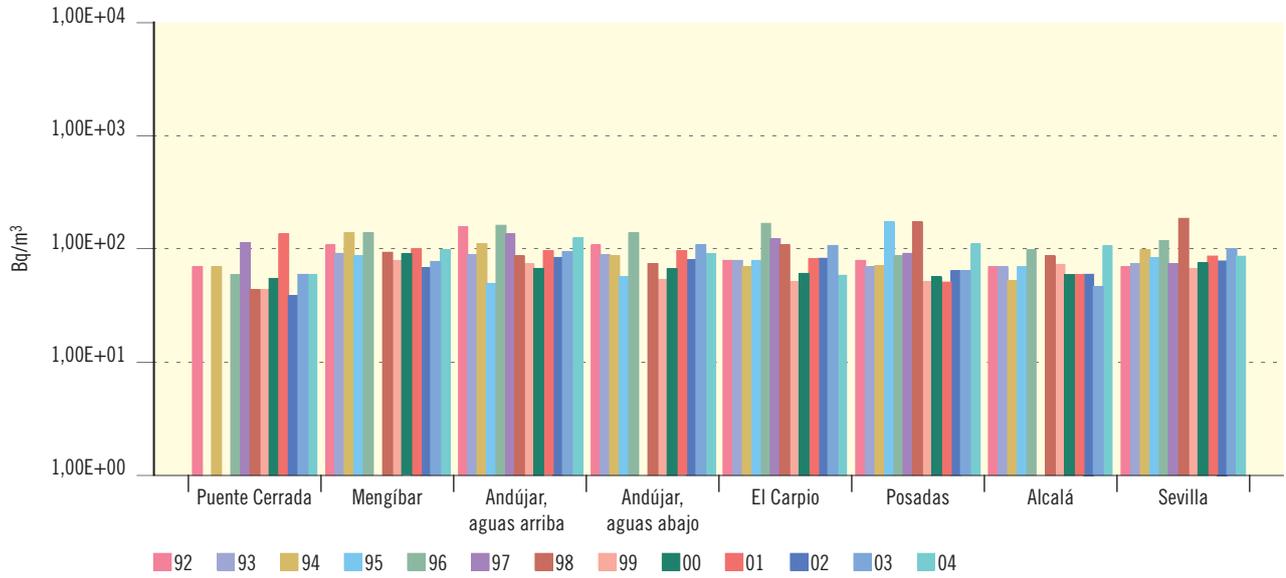
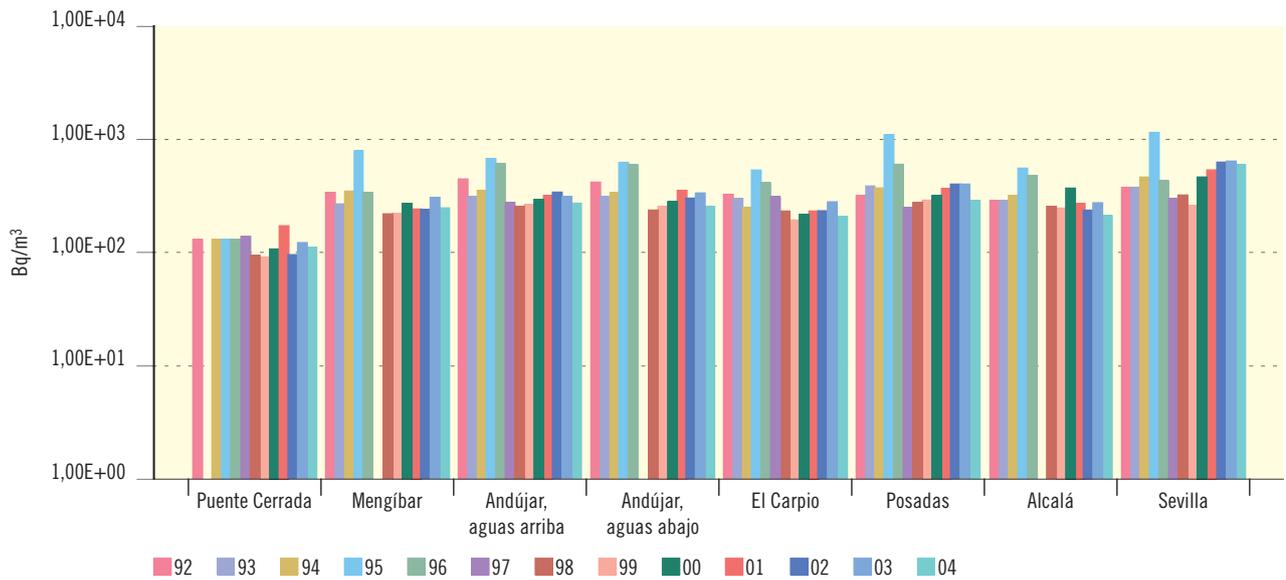


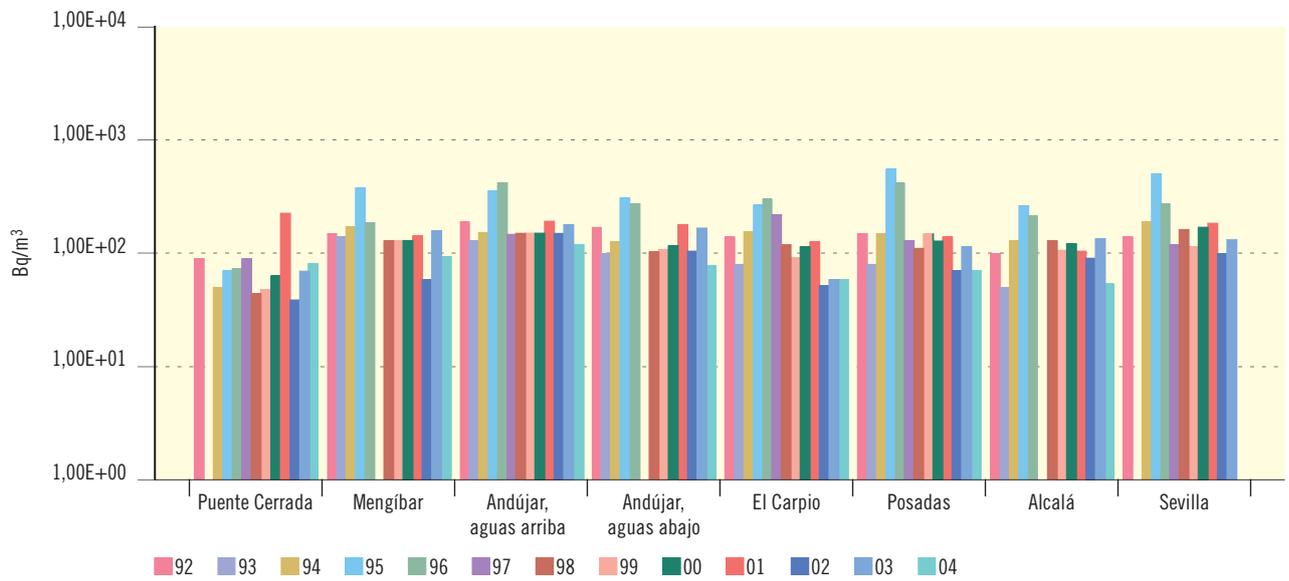
Figura 3.42. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total



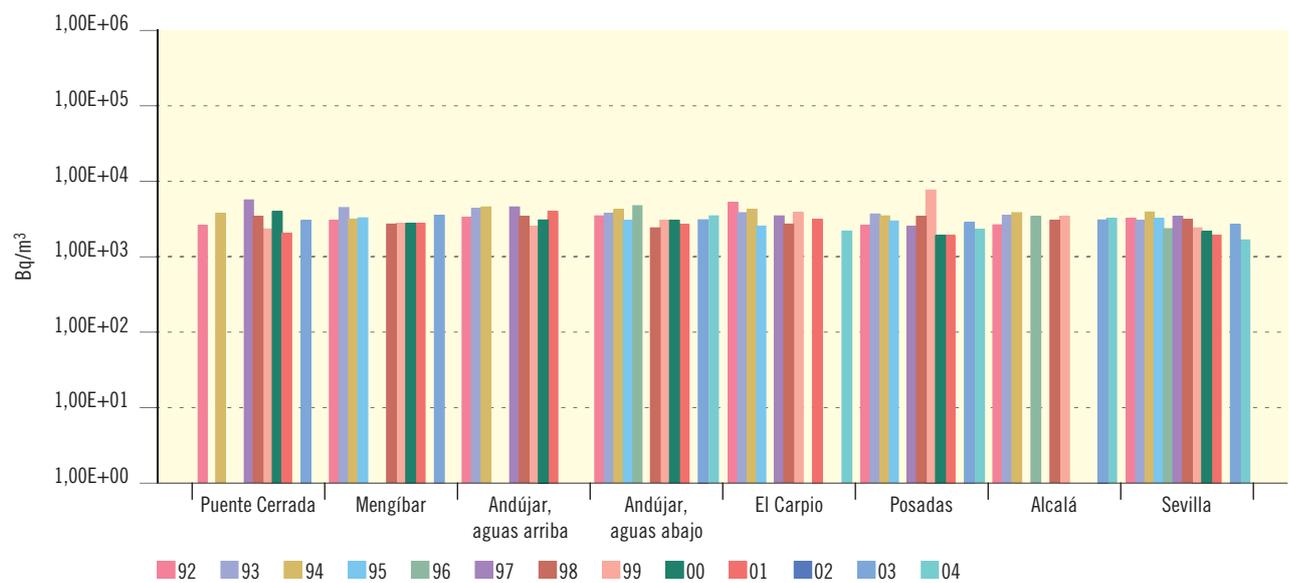
**Figura 3.43. Río Guadalquivir**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.44. Río Guadalquivir**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Segura

Figura 3.45. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

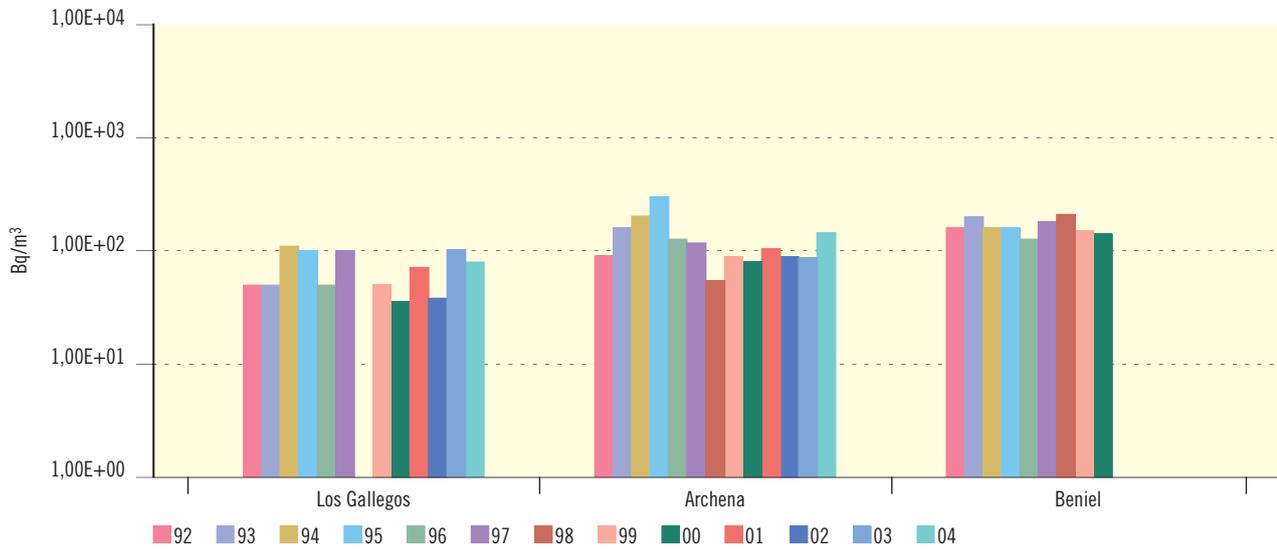
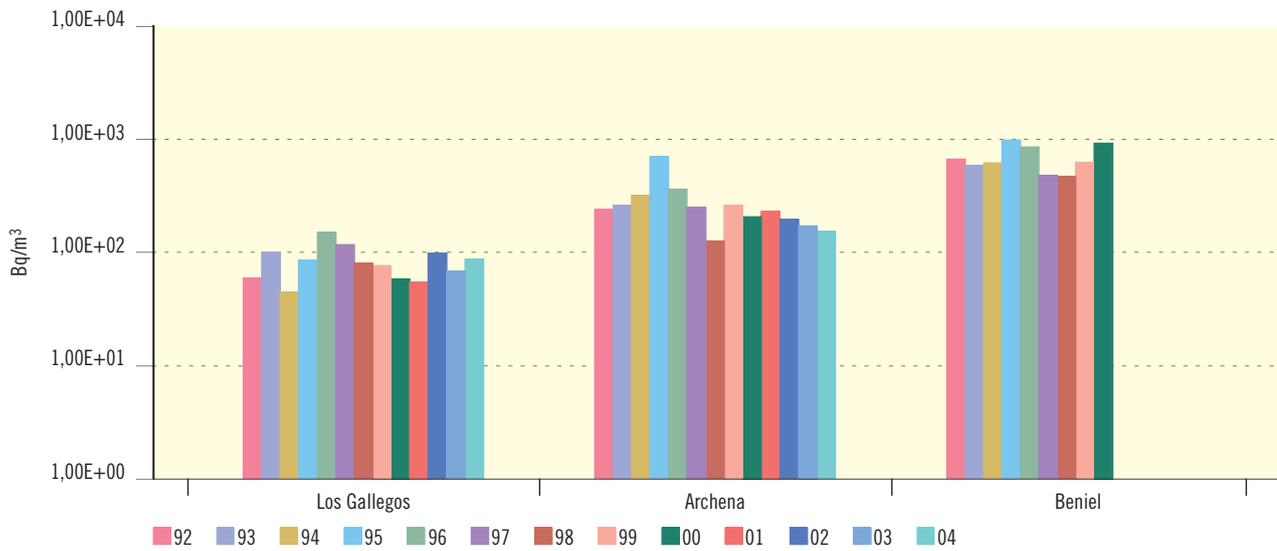


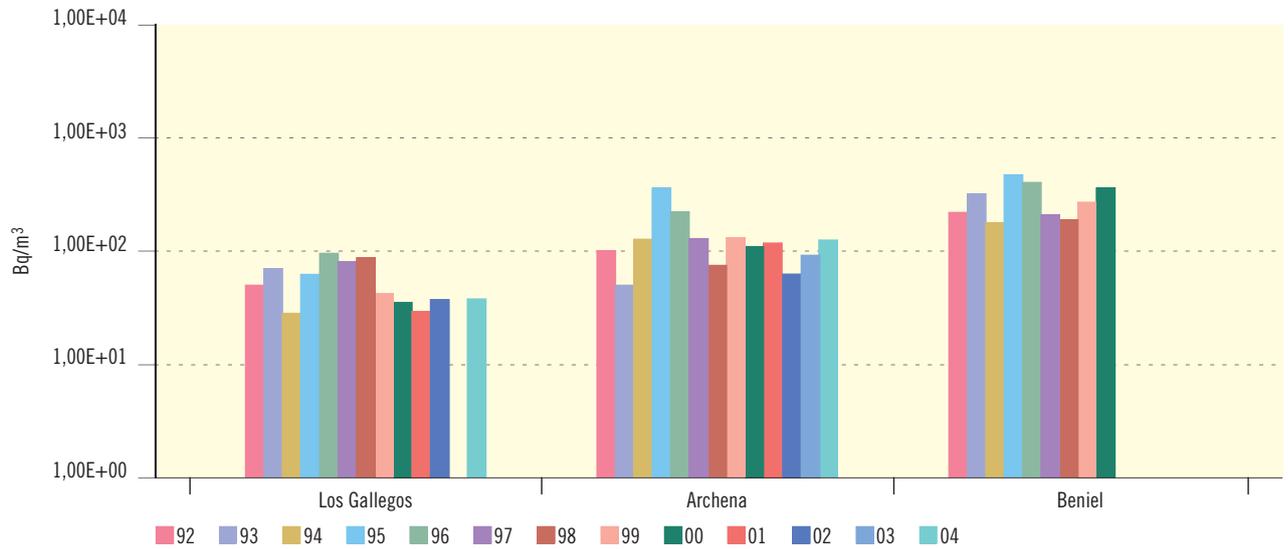
Figura 3.46. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total



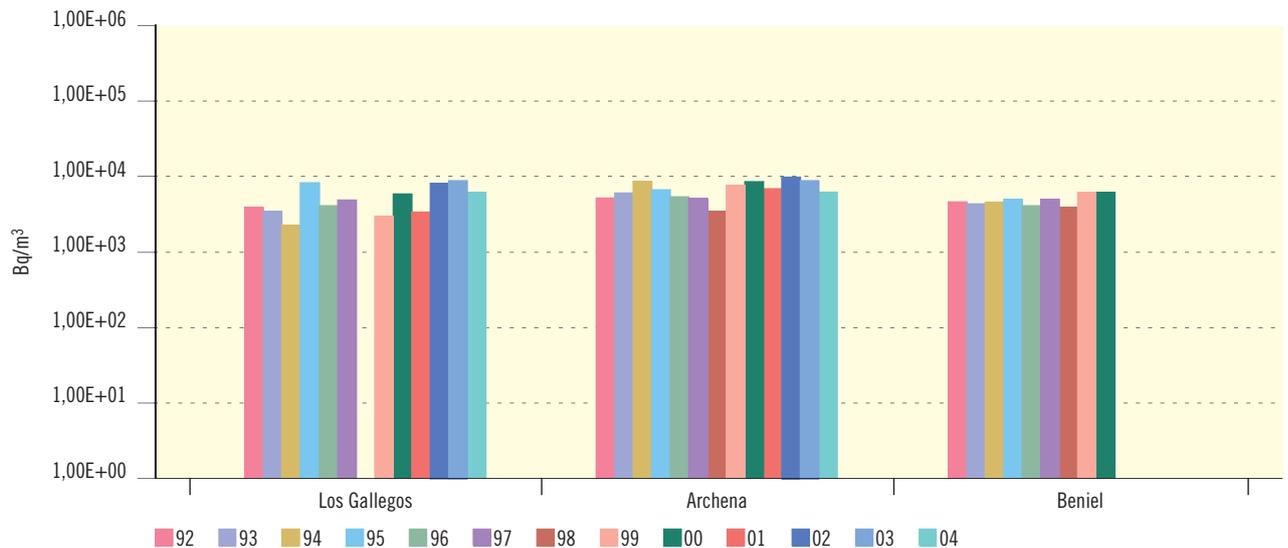
**Figura 3.47. Río Segura**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.48. Río Segura**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Júcar

Figura 3.49. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

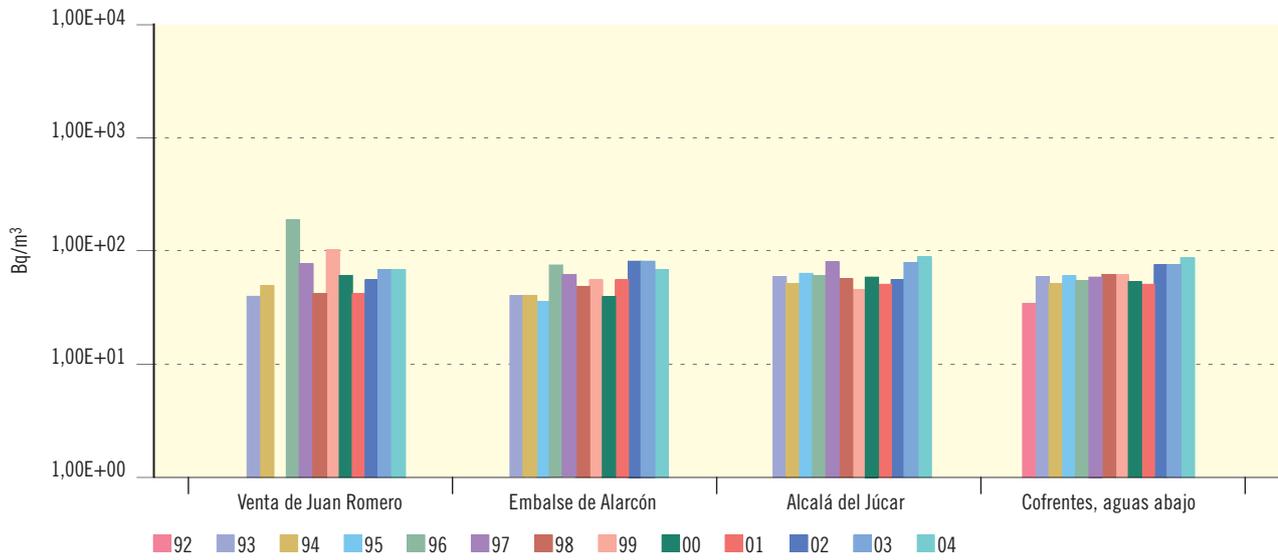
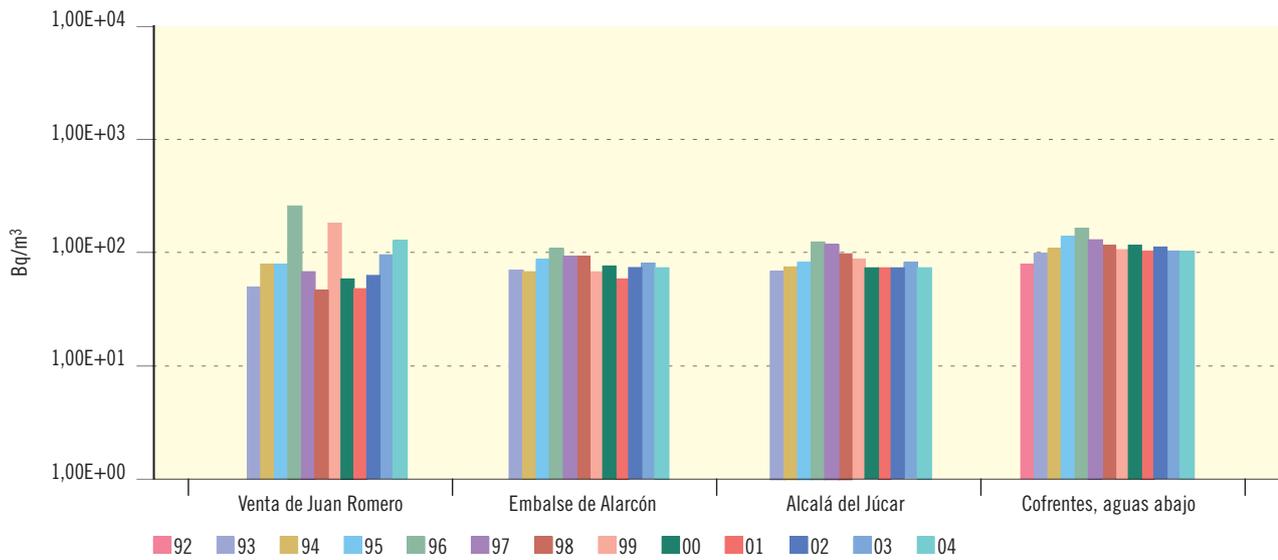


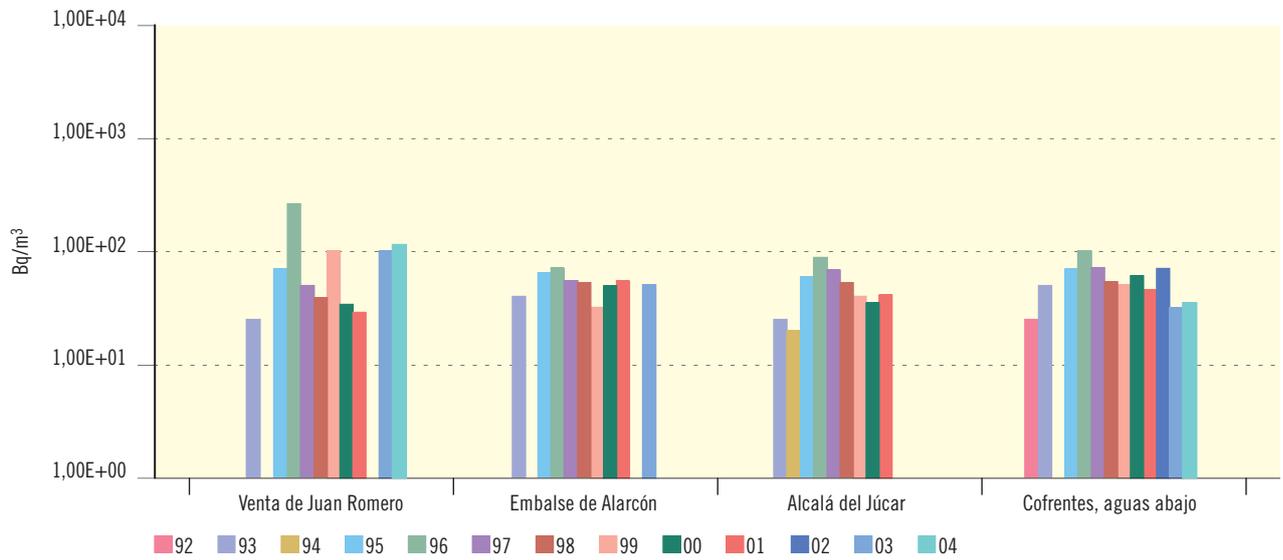
Figura 3.50. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total



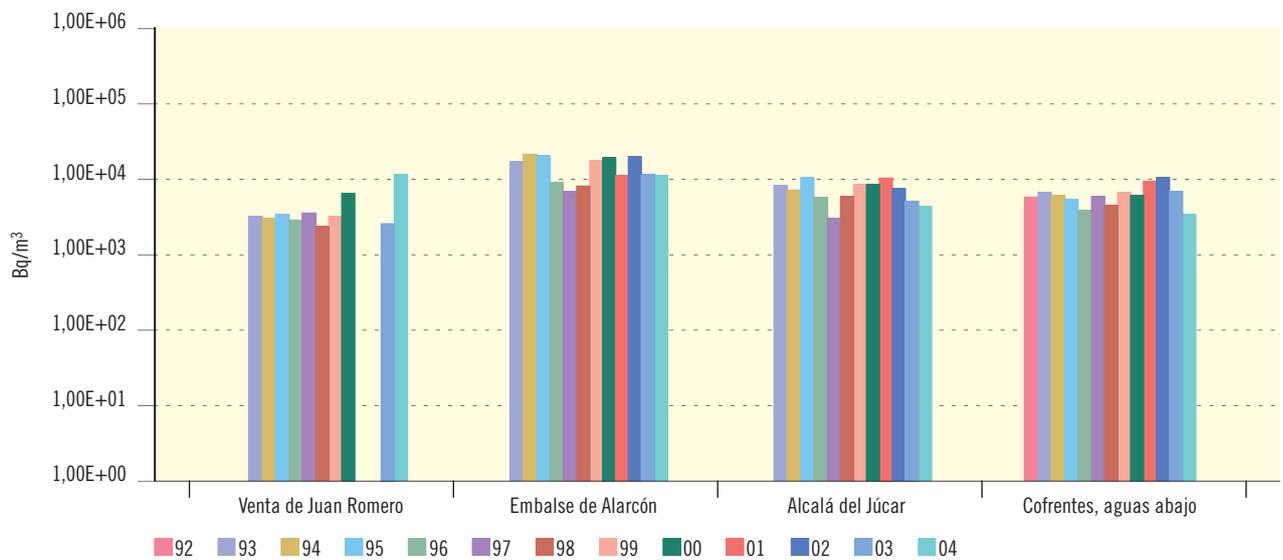
**Figura 3.51. Río Júcar**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.52. Río Júcar**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Ebro

Figura 3.53. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

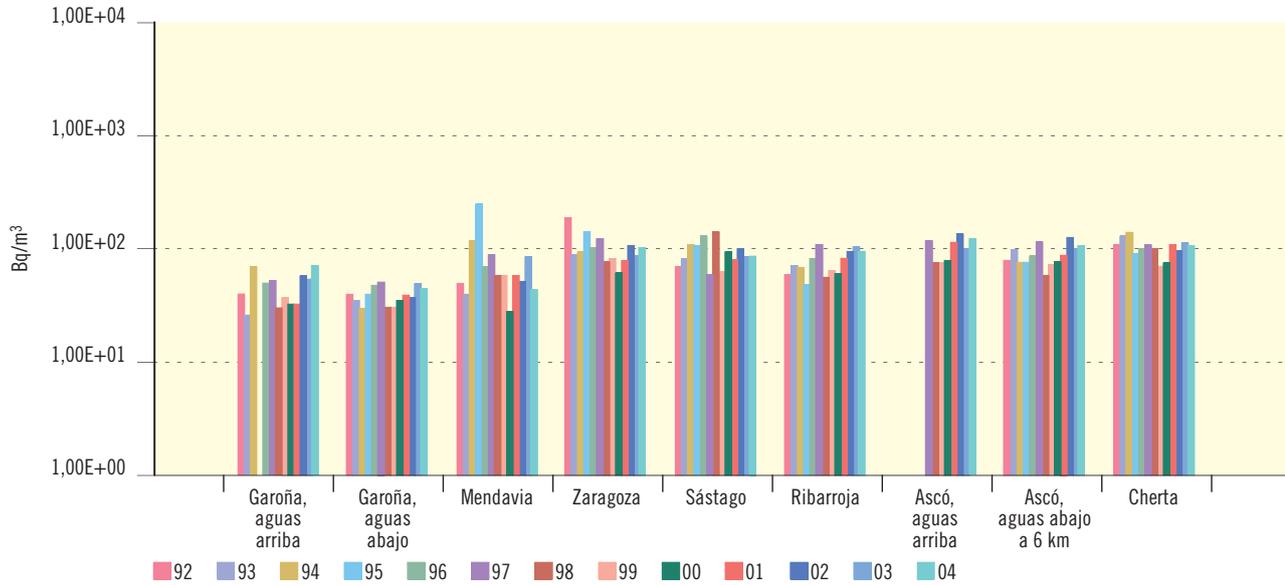
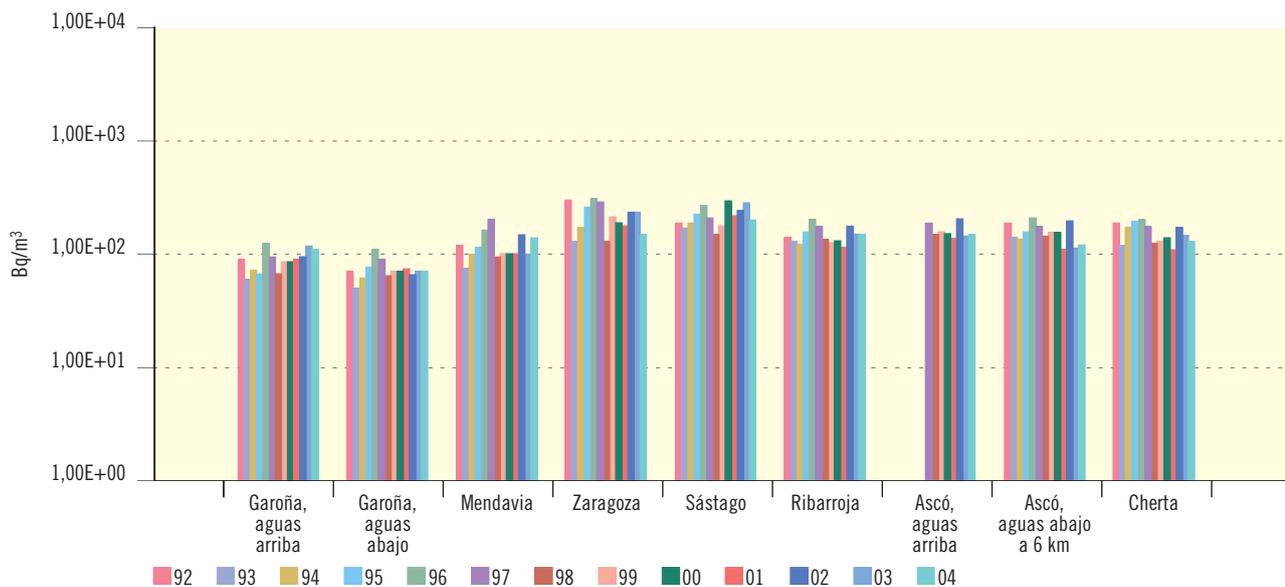


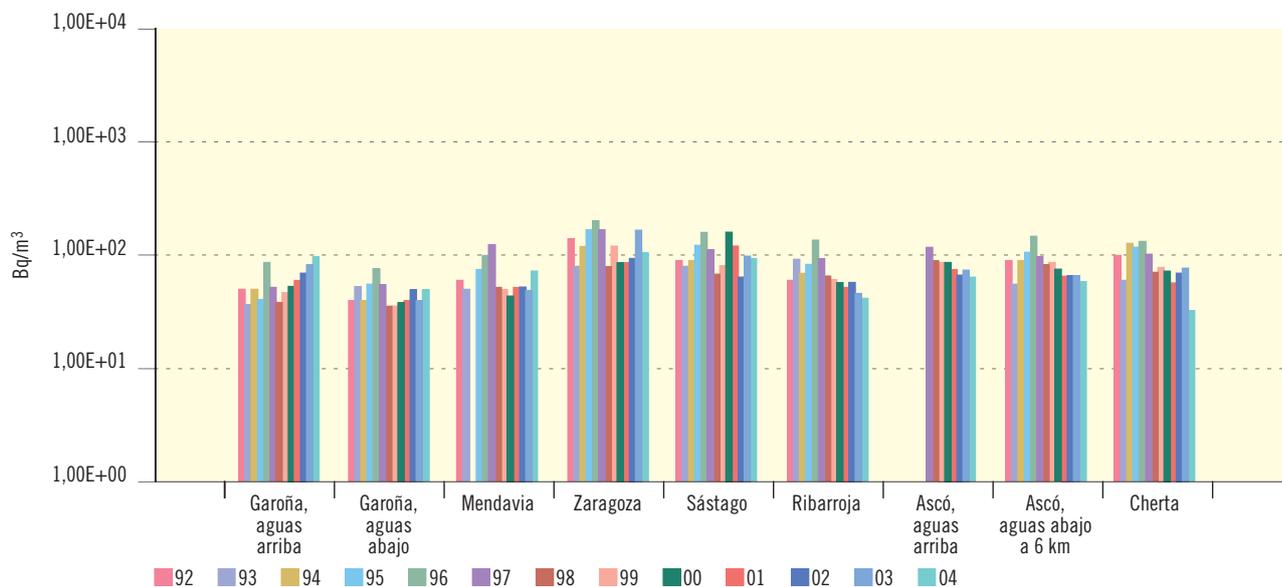
Figura 3.54. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total



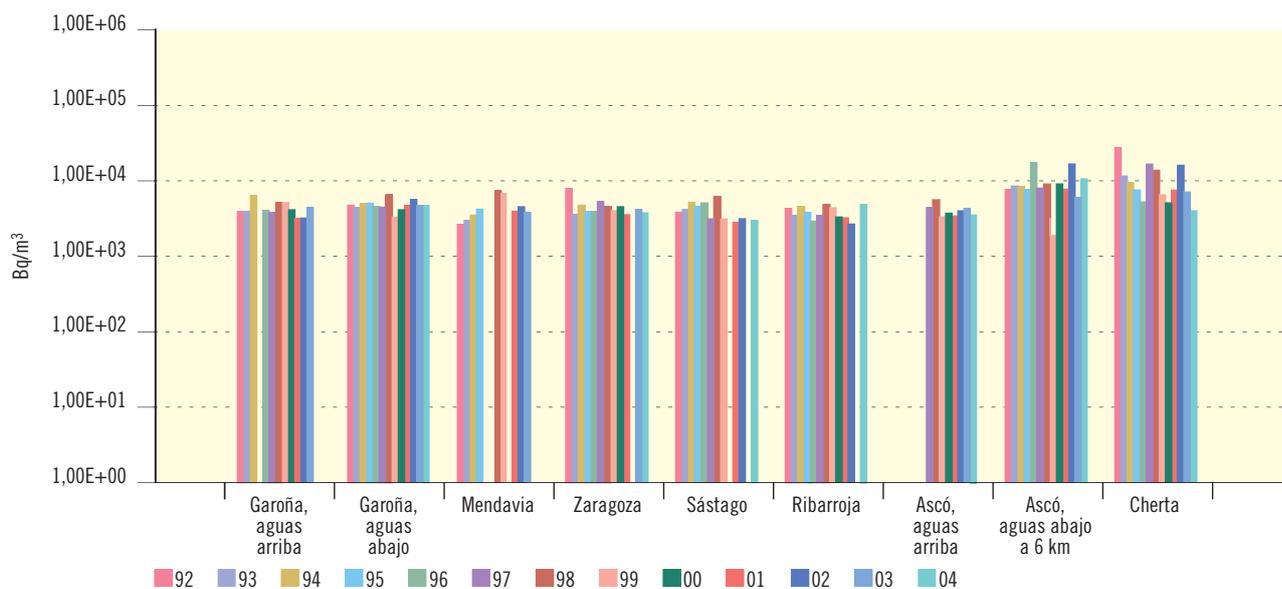
**Figura 3.55. Río Ebro**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.56. Río Ebro**

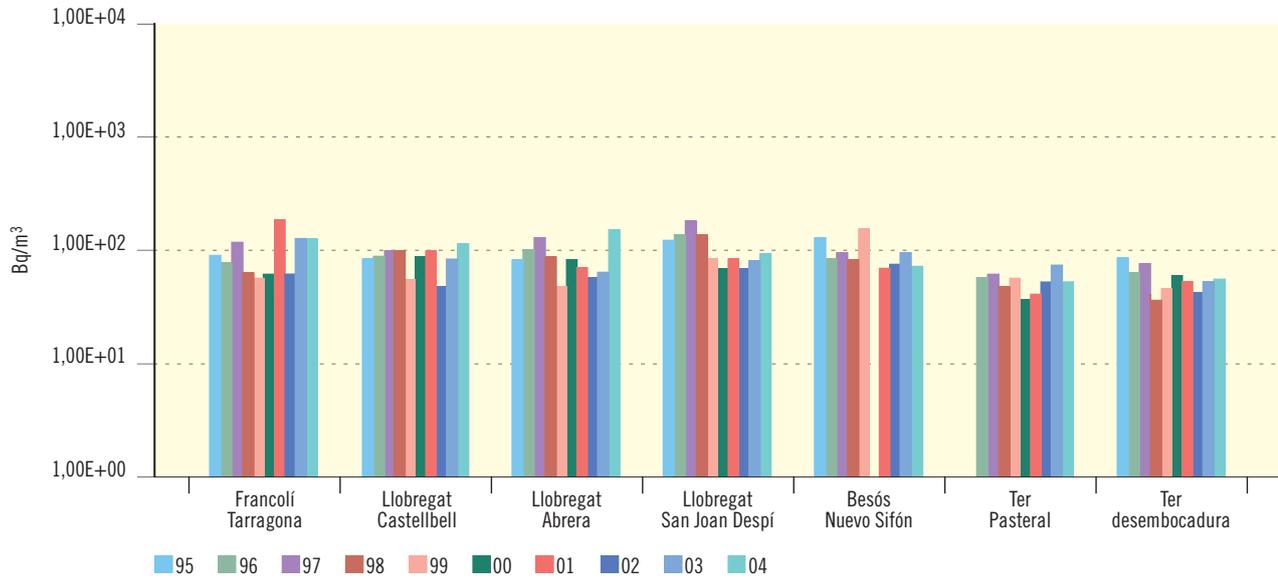
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



*Cuencas catalanas*

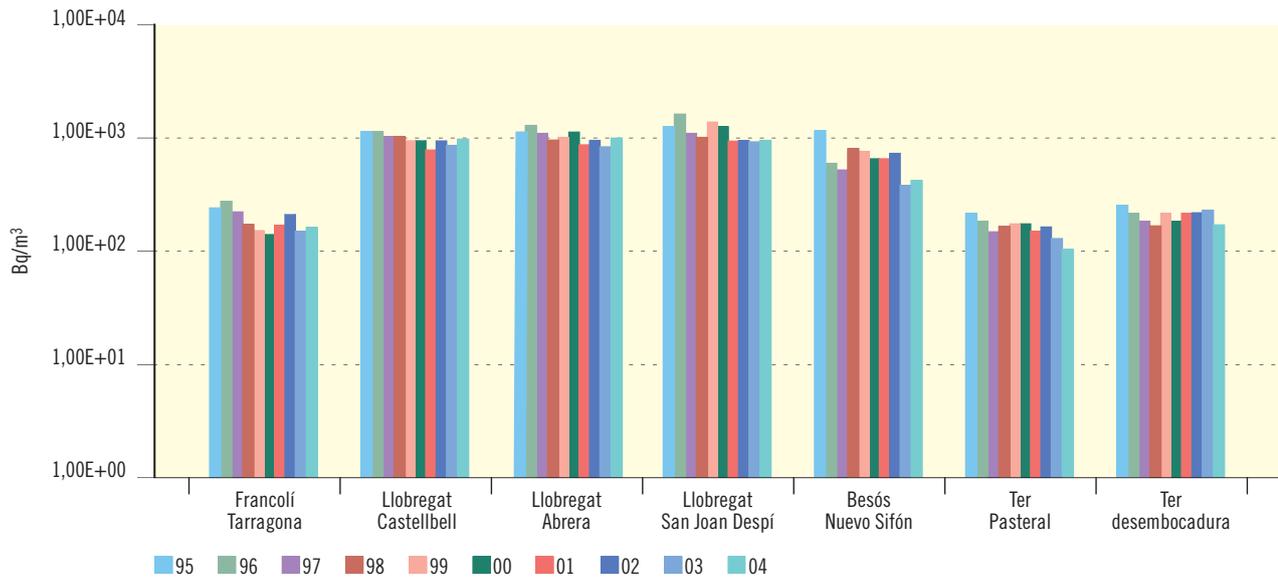
**Figura 3.57. Cuencas catalanas**

Evolución temporal del índice de actividad alfa total



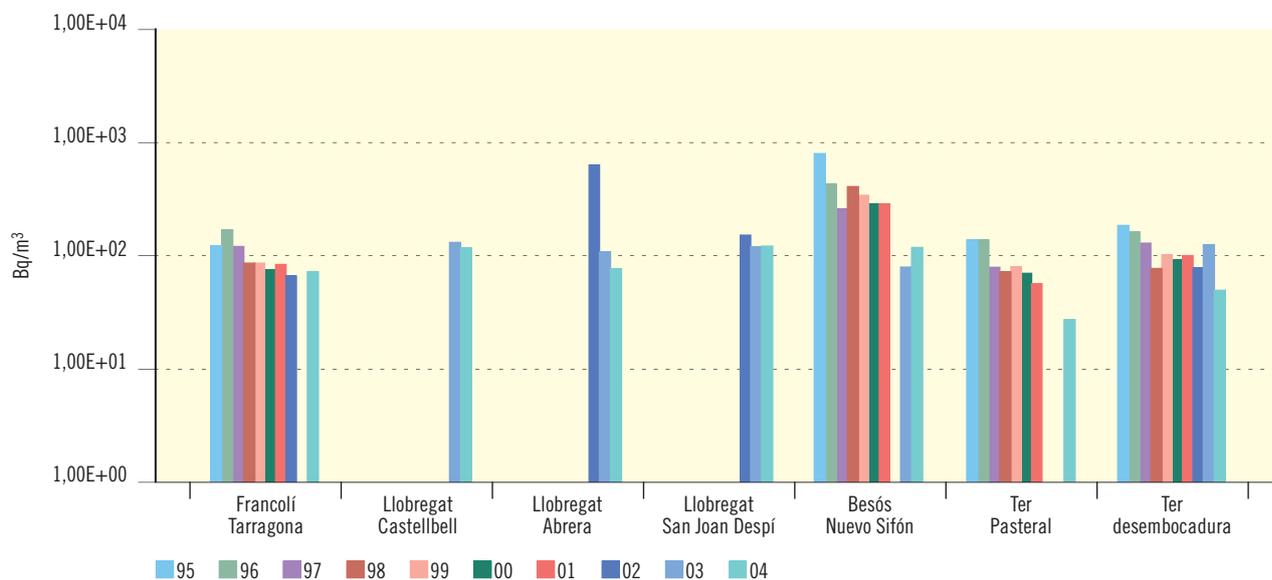
**Figura 3.58. Cuencas catalanas**

Evolución temporal del índice de actividad beta total



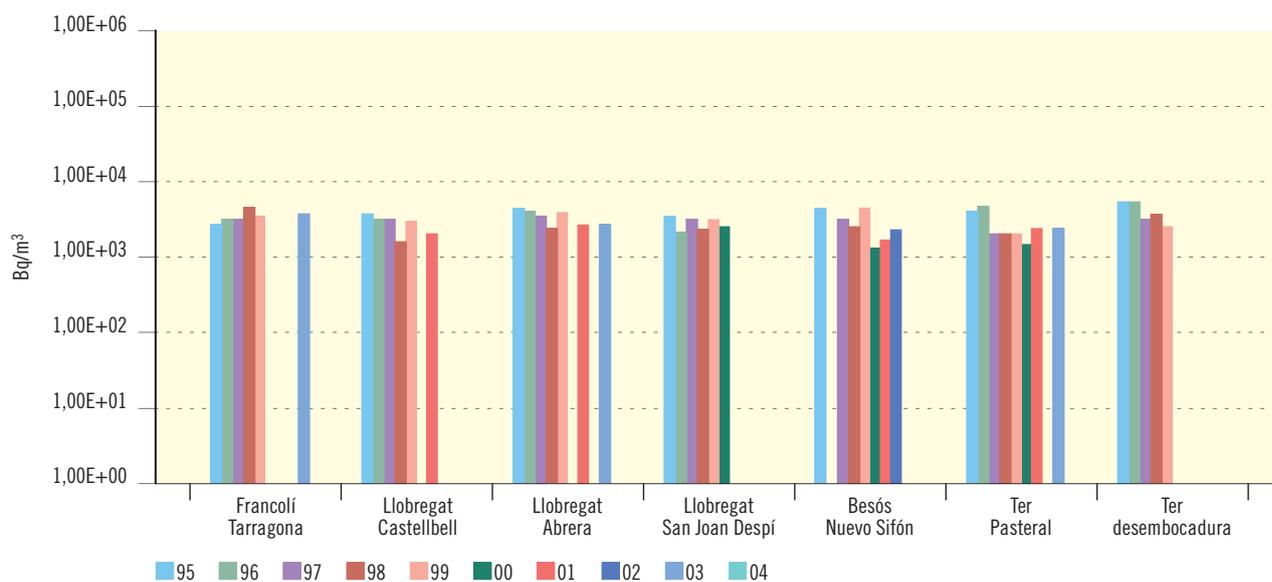
**Figura 3.59. Cuencas catalanas**

Evolución temporal del índice de actividad beta resto



**Figura 3.60. Cuencas catalanas**

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



### 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 14 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 3.61. Las últimas estaciones incorporadas al

programa han sido puerto de Tarragona en el año 1999, puerto de Palma de Mallorca en el año 2000 y puerto de Las Palmas en la campaña de 2002.

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 Cedex cuenta con la colaboración de diversos organismos públicos: Dirección General de Costas, autoridades

Figura 3.61. 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 de Ortegal
	Cabo Villano
	Cabo Silleiro
	Isla Cristina
	Puerto de Cádiz
	Estrecho de Gibraltar
Mar Mediterráneo	Puerto de Las Palmas de G.C.
	Puerto de Cartagena
	Cabo de San Antonio
	Puerto de Tarragona
	Puerto de Barcelona
	Puerto de Palma
	Cabo de Creus

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, realizándose las mismas determinaciones analíticas que en las aguas continentales, y aplicándose inicialmente los procedimientos que se empleaban en ellas. Como consecuencia de las actividades desarrolladas para la mejora continua de la calidad de la red de vigilancia radiológica que lleva a cabo el Cedex, la metodología de análisis empleada en estas determinaciones se ha ido optimizando y adecuando a las características salinas de las muestras de agua de mar, de forma que aproximadamente desde el año 1998 se utiliza una metodología específica, cuyas principales modificaciones se han señalado en los informes de años anteriores.

En el año 2004 se realizó además la determinación de cesio-137 dentro del programa de la red espaciada, con procedimientos analíticos desarrollados para su adecuación a las características salinas de las muestras de agua de mar.

## Resultados

Los resultados 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 el periodo 1998 a 2003, en el que la aplicación de los nuevos procedimientos analíticos específicos para el agua de mar garantiza la fiabilidad de los datos. La numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).
- Valores detallados para la campaña de 2004 se representan con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra (b).

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 total y para el tritio. Los valores que se obtienen para el índice de actividad beta resto son en su mayoría inferiores al límite inferior de detección, y no se representan en las gráficas.

En la campaña de 2004 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 índice de actividad beta resto sólo se han detectado valores por encima del LID en tres muestras, una procedente del Cabo de Ajo, otra del Cabo Silleiro y otra del Puerto de Tarragona, y en todas ellas con valores muy próximos a sus correspondientes LID.

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

Figura 3.62a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

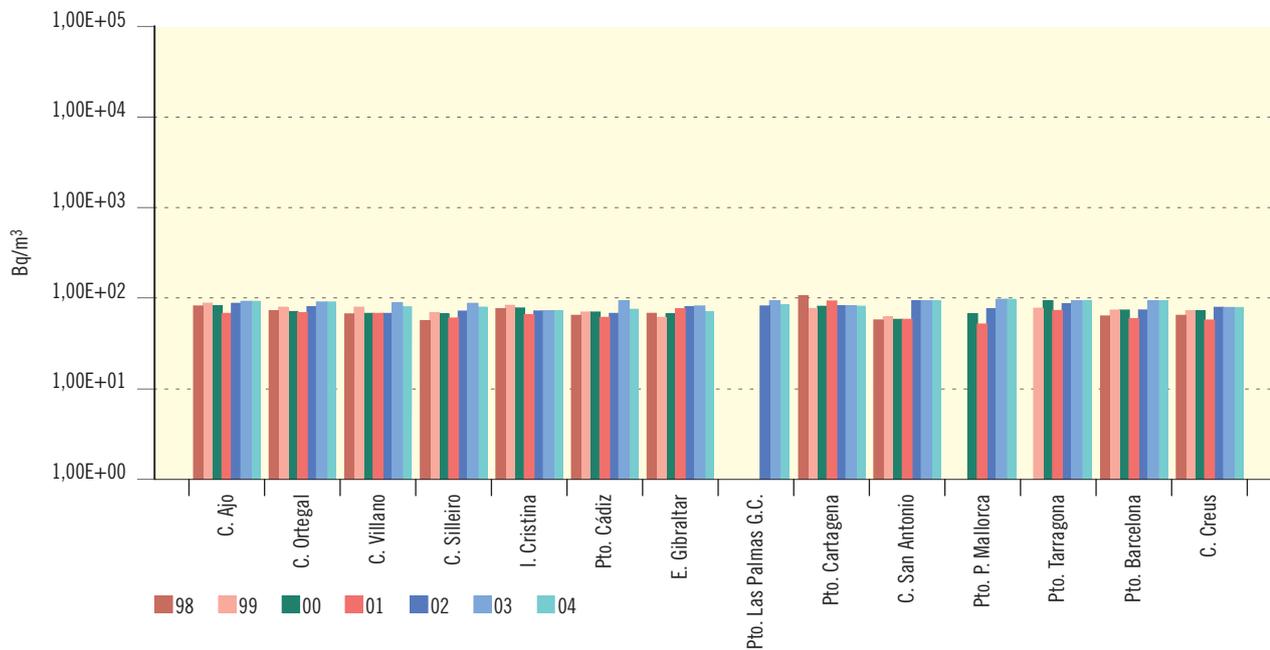
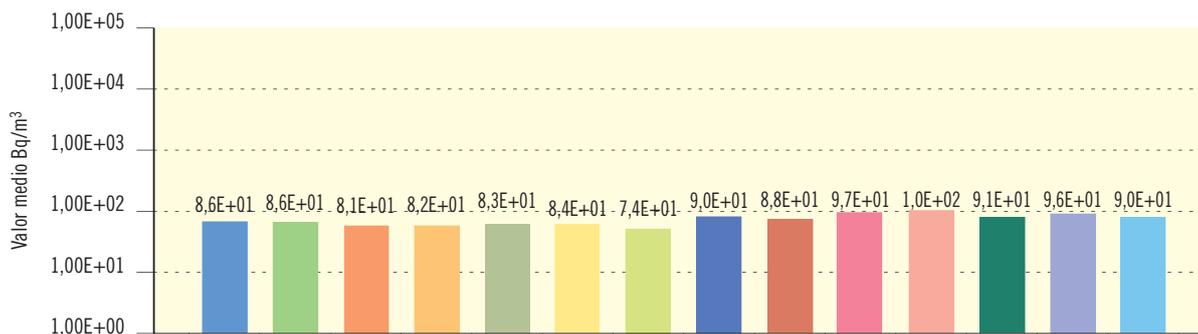


Figura 3.62b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Estación	C. Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	9,60E+01	9,22E+01	8,97E+01	9,00E+01	9,12E+01	9,06E+01	8,41E+01	1,01E+02	9,18E+01	1,09E+02	1,16E+02	1,04E+02	1,05E+02	9,35E+01
Valor mínimo	7,51E+01	7,88E+01	7,06E+01	6,92E+01	7,52E+01	7,99E+01	7,00E+01	8,19E+01	8,34E+01	7,79E+01	9,47E+01	7,52E+01	8,05E+01	8,58E+01
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	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

Figura 3.63a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

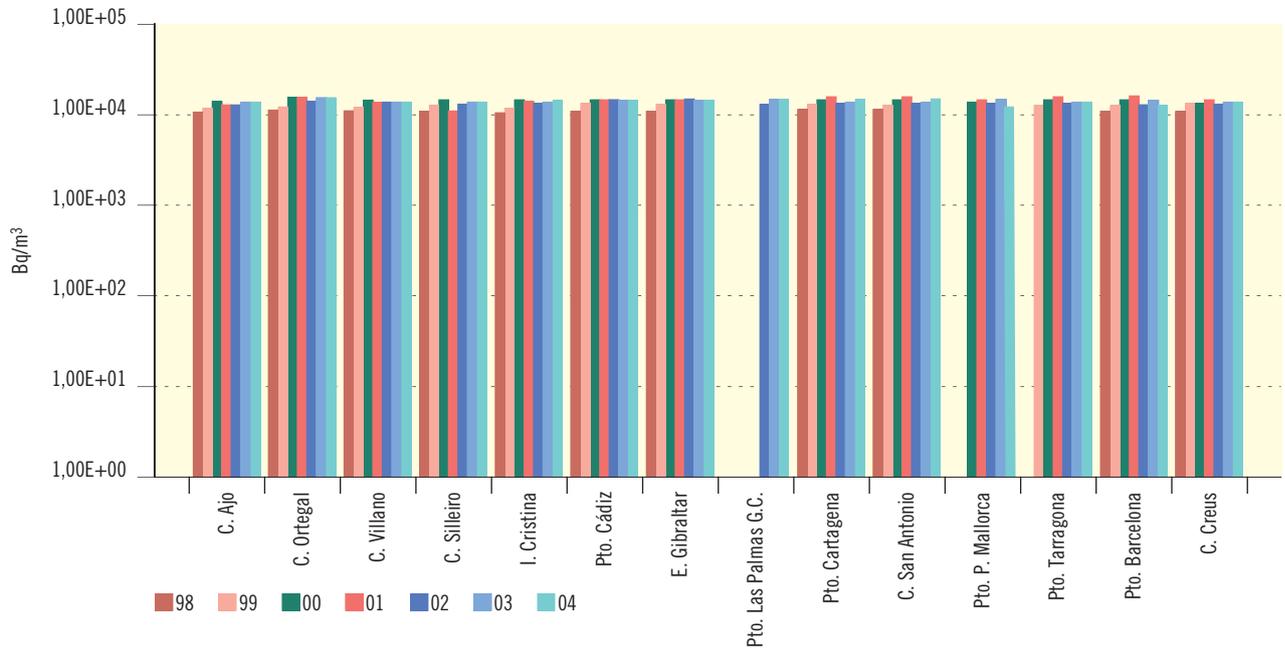


Figura 3.63b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004

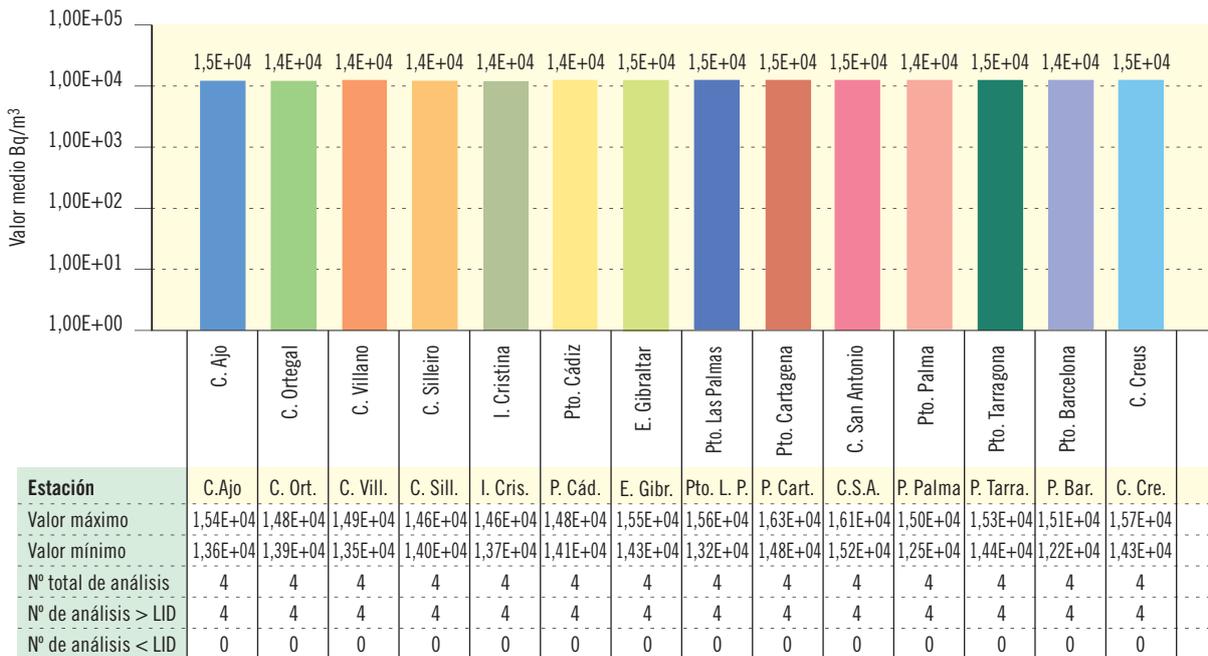


Figura 3.64a. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

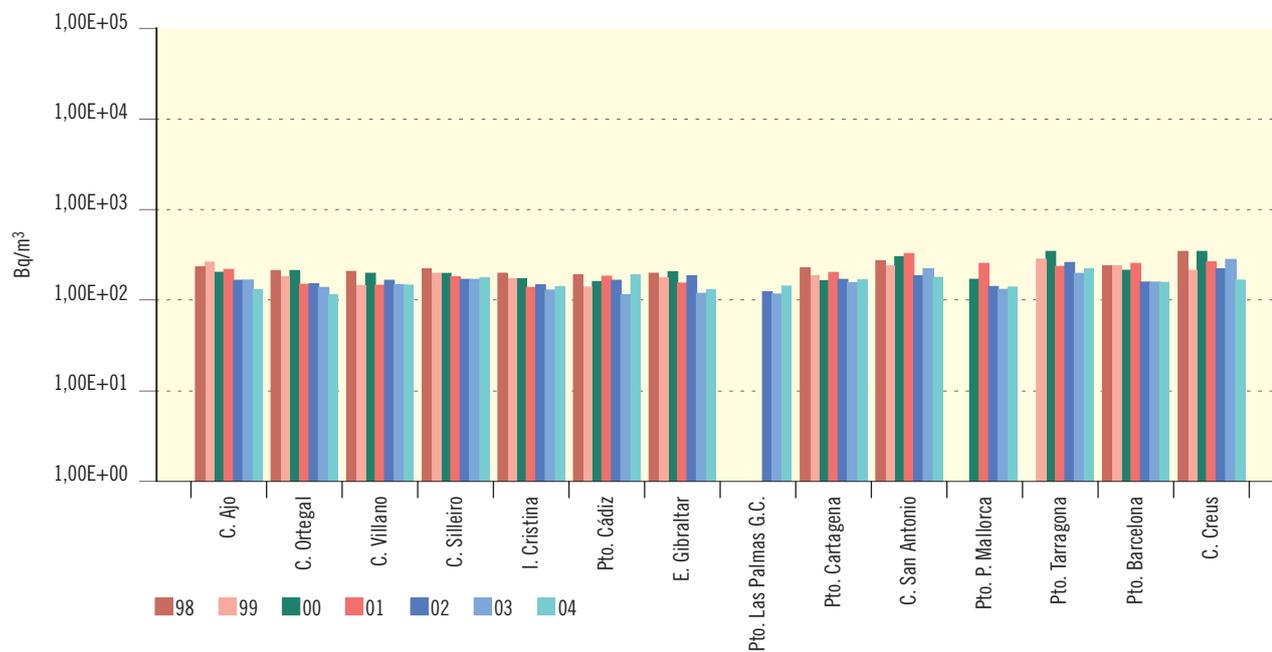
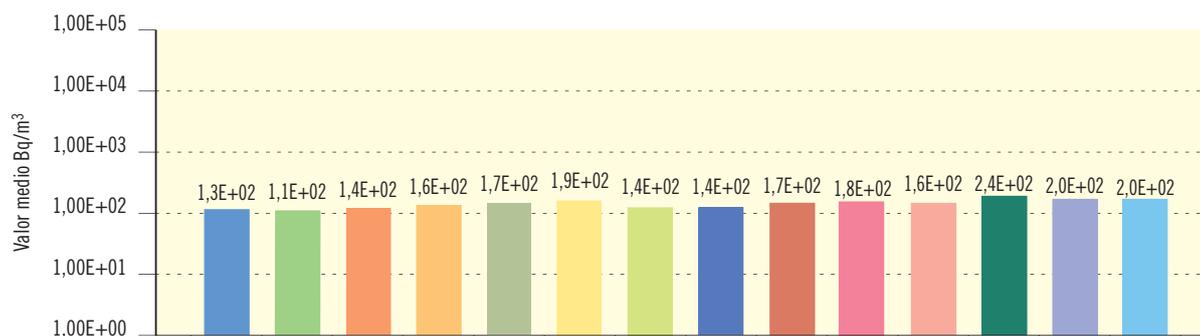


Figura 3.64b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2004



Estación	C. Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	P. Cart.	C. S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,70E+02	1,49E+02	1,78E+02	1,88E+02	2,27E+02	2,97E+02	2,06E+02	1,86E+02	2,65E+02	2,42E+02	2,69E+02	2,87E+02	2,65E+02	2,36E+02
Valor mínimo	1,08E+02	8,22E+01	9,23E+01	1,01E+02	8,14E+01	1,23E+02	8,79E+01	1,10E+02	1,15E+02	1,52E+02	9,68E+01	1,81E+02	1,49E+02	1,55E+02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	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 compartiendo 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-

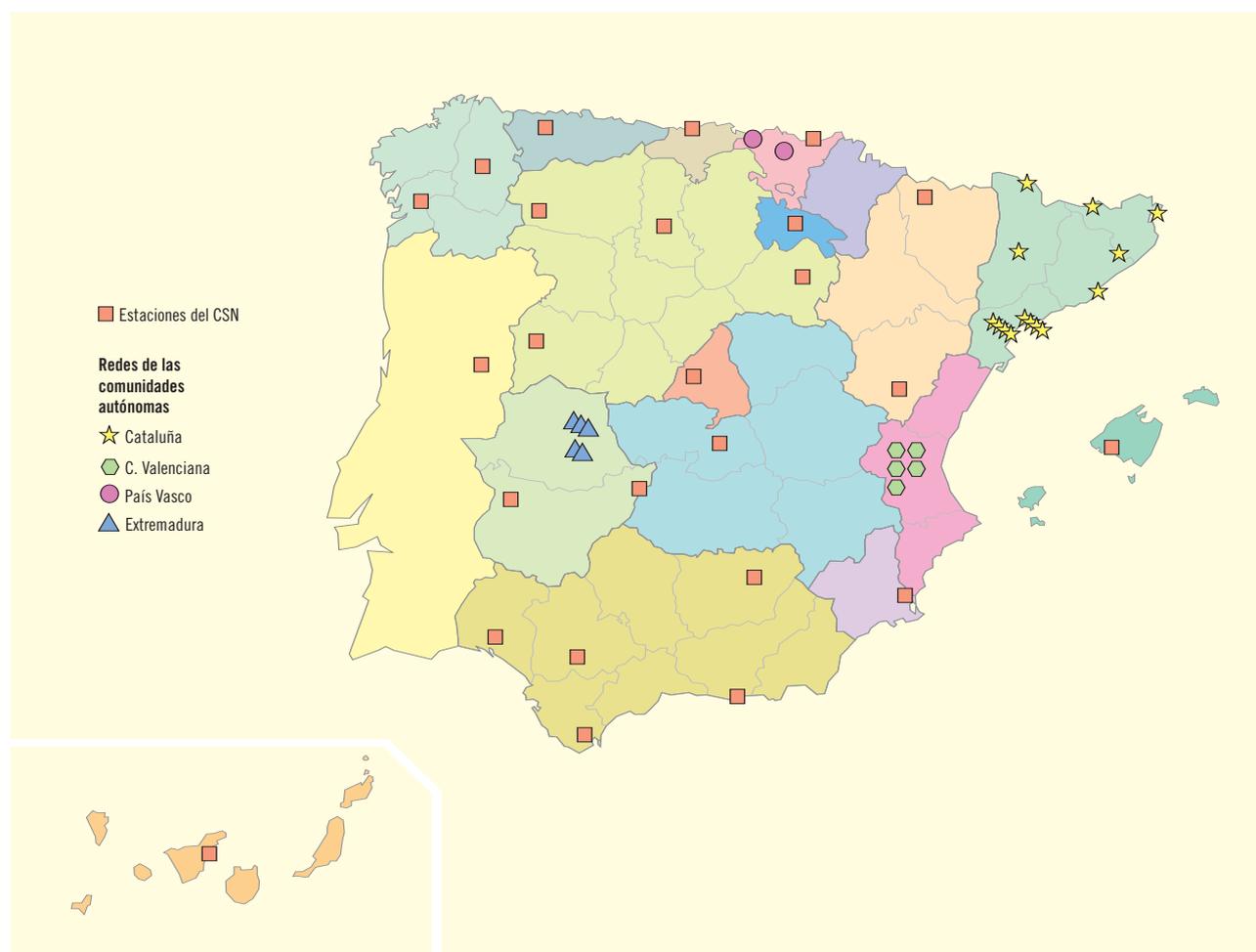
nente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por al REA, incluidas las alarmas que se generan.

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 y el País Vasco. El acuerdo con el País Vasco se firmó en diciembre del año 2000 y la conexión se puso en marcha a finales del año 2001.

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

**Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental (Revira)**

Red de estaciones automáticas (REA)



## 2. Diseño de la REA

Las estaciones de la REA, salvo Madrid y Penhas Douradas, se sitúan, por acuerdo entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el CSN, junto a estaciones automáticas del INM compartiendo con ellas infraestructura y el sistema de comunicaciones. Cada una de las estaciones se compone de:

- Una estación radiológica automática.
- Un discriminador selectivo de comunicaciones.

Además, junto a la estación radiológica automática se sitúa una estación radiológica automática del INM.

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 comunicacio-

nes, trabajos de mantenimiento, cambio de emplazamiento o circunstancias ajenas a la red.

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

## 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 2004 en cada una de las estaciones de la red.

El análisis de la operación y los resultados de la REA durante el año 2004 será objeto de la publicación *Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2004 y 2005.*

Tabla 4.1

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

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 2004

Estación	Tasa de dosis media anual en $\mu\text{Sv/hora}$	Estación	Tasa de dosis media anual en $\mu\text{Sv/hora}$
Andújar	0,13	Herrera del Duque	0,20
Huelva	0,12	Lugo	0,15
Motril	0,10	Pontevedra	0,15
Sevilla	0,14	Madrid	0,20
Tarifa	0,15	Murcia	0,13
Jaca	0,17	San Sebastián	0,11
Teruel	0,13	Agoncillo	0,10
Avilés	0,12	Penhas Douradas	0,26
Palma de Mallorca	0,16	Cofrentes (red valenciana)	0,16
Santa Cruz de Tenerife	0,09	Pedrones (red valenciana)	0,16
Santander	0,13	Jalance (red valenciana)	0,16
Quintanar de la Orden	0,16	Cortes de Pallás (red valenciana)	0,16
Almázcara	0,21	Almadraba (red catalana)	0,11
Autilla	0,14	Ascó (red catalana)	0,12
Saelices el Chico	0,16	Bilbao (red vasca)	0,08
Soria	0,19	Vitoria (red vasca)	0,08
Talavera la Real	0,10		

ANEXO



## 1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2004

### 1.1. Instalaciones en explotación

#### 1.1.1. Centrales nucleares

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	José Cabrera	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Gases nobles	3,28E+11	1,28E+13	1,27E+10	4,94E+13	8,17E+12	<LID	1,20E+11	1,71E+11
Alfa total	3,79E+03	<LID	<LID	8,29E+04	<LID	3,37E+04	<LID	<LID
Ag-110m	4,70E+04	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID
Co-58	5,18E+04	5,55E+05	1,01E+06	8,12E+05	<LID	4,21E+05	2,32E+04	3,01E+04
Co-60	1,28E+05	4,50E+05	4,61E+05	3,20E+06	3,04E+05	3,57E+06	4,97E+04	<LID
Cs-134	<LID	2,11E+05	2,32E+02	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID
Cs-137	<LID	3,02E+05	4,73E+05	6,24E+05	<LID	<LID	<LID	4,37E+04
H-3	4,43E+12	5,73E+11	1,11E+12	2,89E+12	7,56E+10	4,52E+11	1,18E+12	1,46E+11
I-131	<LID	3,11E+08	8,29E+04	1,67E+09	<LID	8,62E+06	<LID	2,42E+06
Mn-54	<LID	7,62E+03	6,99E+04	1,54E+05	<LID	7,96E+05	<LID	<LID
Sr-90	<LID	<LID	<LID	4,39E+06	<LID	1,22E+06	<LID	<LID
Otros radionucleidos	<LID	5,40E+07	1,46E+06	2,01E+10	<LID	8,29E+08	3,18E+10	1,69E+06

#### 1.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	El Cabril
Alfa total	3,28E+04	6,41E+03
Beta total	–	1,10E+05
Actividad gamma	–	<LID
H-3	–	1,69E+09
C-14	–	3,41E+08

### 1.2. Instalaciones en fase de parada definitiva, desmantelamiento o clausura

#### 1.2.1. Centrales nucleares

Vandellós I: la central se encuentra en fase de latencia y no se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos al exterior en el año 2004.

#### 1.2.2. Instalaciones del ciclo del combustible

Planta Quercus: debido al cese de las actividades productivas no se han generado efluentes gaseosos radiactivos a lo largo del año 2004.

#### 1.2.3. Centros de investigación: Ciemat

En la actualidad no se producen emisiones de efluentes radiactivos gaseosos al exterior.

## 2. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2004

### 2.1. Instalaciones en explotación

#### 2.1.1. Centrales nucleares

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	José Cabrera	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Alfa total	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	2,63E+05	<LID	<LID
Ag-110m	1,11E+08	1,89E+09	2,97E+09	<LID	<LID	<LID	4,55E+07	<LID
Co-58	3,05E+08	5,54E+08	9,05E+08	1,22E+04	2,42E+07	1,08E+07	2,65E+07	2,56E+09
Co-60	8,50E+08	1,21E+09	1,20E+09	1,65E+07	1,14E+07	1,44E+08	1,30E+08	2,34E+09
Cs-134	2,65E+07	1,09E+08	5,80E+07	1,72E+04	<LID	2,19E+06	8,80E+04	3,91E+08
Cs-137	3,15E+08	1,90E+08	4,88E+08	7,94E+05	5,73E+05	4,97E+07	3,90E+07	6,29E+08
H-3	4,42E+13	3,91E+13	1,65E+13	7,09E+10	2,96E+12	2,54E+11	2,85E+13	2,86E+13
I-131	5,75E+05	4,52E+07	5,05E+06	4,70E+04	<LID	6,28E+05	<LID	4,12E+06
Mn-54	3,52E+07	6,71E+07	1,02E+08	2,17E+05	<LID	7,41E+07	6,24E+06	1,66E+08
Sr-90	5,26E+05	3,94E+08	3,05E+08	2,89E+05	<LID	1,11E+07	<LID	7,07E+06
Otros radionucleidos	5,30E+08	1,91E+09	1,33E+09	2,89E+05	<LID	4,88E+07	1,10E+08	2,03E+08

#### 2.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado
Alfa total	1,75E+07

El Cabril es una instalación licenciada con condición de vertido nulo para los efluentes radiactivos líquidos.

### 2.2. Instalaciones en fase de parada definitiva, desmantelamiento o clausura

#### 2.2.1. Centrales nucleares

Vandellós I: la central se encuentra en fase de latencia y no se han producido emisiones de efluentes radiactivos líquidos al exterior en el año 2004.

#### 2.2.2. Instalaciones del ciclo del combustible

Planta Quercus:

	Planta Quercus
Alfa total	4,04E+07

Estos 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.

#### 2.2.3. Centros de investigación

	Ciemat*
Co-60	<LID
Cs-137	7,24E+06
H-3	2,15E+08
I-125	<LID
Sr-90	7,23E+05
Otros radionucleidos	7,23E+05

\*Se incluyen los efluentes de una instalación radiactiva actualmente en operación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	7
SUMARIO .....	9
1. OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL ...	11
2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y 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 .....	29
1.2.3. Deposición .....	29
1.2.4. Agua .....	33
1.2.5. Organismos indicadores .....	50
1.2.6. Alimentos .....	60
1.3. Visita de verificación de la Comisión Europea a la central nuclear de Trillo .....	70
1.3.1. Conclusiones de la verificación .....	71
2. Vigilancia alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación .....	72
2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental .....	72
2.2. Resultados .....	74
2.2.1. Aire .....	74
2.2.2. Radiación directa .....	77
2.2.3. Deposición .....	79
2.2.4. Agua .....	81
2.2.5. Alimentos .....	87
2.2.6. Organismos indicadores .....	88
3. Vigilancia alrededor de instalaciones nucleares y radiactivas en situación de parada definitiva, desmantelamiento o clausura .....	96
3.1. Ciemat .....	96
3.1.1. Características de la instalación .....	96
3.1.2. Descripción y resultados del PVRA .....	96
3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) .....	99
3.2.1. Características de la instalación .....	99
3.2.2. Descripción y resultados del PVRA .....	99

3.3. Vandellós I .....	101
3.3.1. Características de la instalación .....	101
3.3.2. Descripción y resultados del PVRA .....	101
3.4. Planta Lobo G .....	105
3.4.1. Características de la instalación .....	105
3.4.2. Descripción y resultados del PVRA .....	105
3.5. Planta Quercus .....	107
3.4.1. Características de la instalación .....	107
3.4.2. Descripción y resultados del PVRA .....	107
3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL .....	111
1. Red de Estaciones de Muestreo (REM) .....	112
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre .....	112
1.1.1. Estaciones de muestreo .....	112
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia .....	113
1.1.3. Resultados .....	116
— Aire .....	116
— Deposición .....	117
— Agua .....	117
— Alimentos .....	118
1.2. Vigilancia del medio acuático .....	137
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales .....	137
— Estaciones de muestreo .....	137
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia .....	138
— Resultados .....	139
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras .....	160
— Estaciones de muestreo .....	160
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia .....	160
— Resultados .....	161
4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) .....	165
1. Estaciones automáticas .....	166
2. Diseño y desarrollo del programa .....	167
3. Resultados .....	167
ANEXO .....	169
1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos. Año 2004 .....	170
2. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos. Año 2004 .....	171