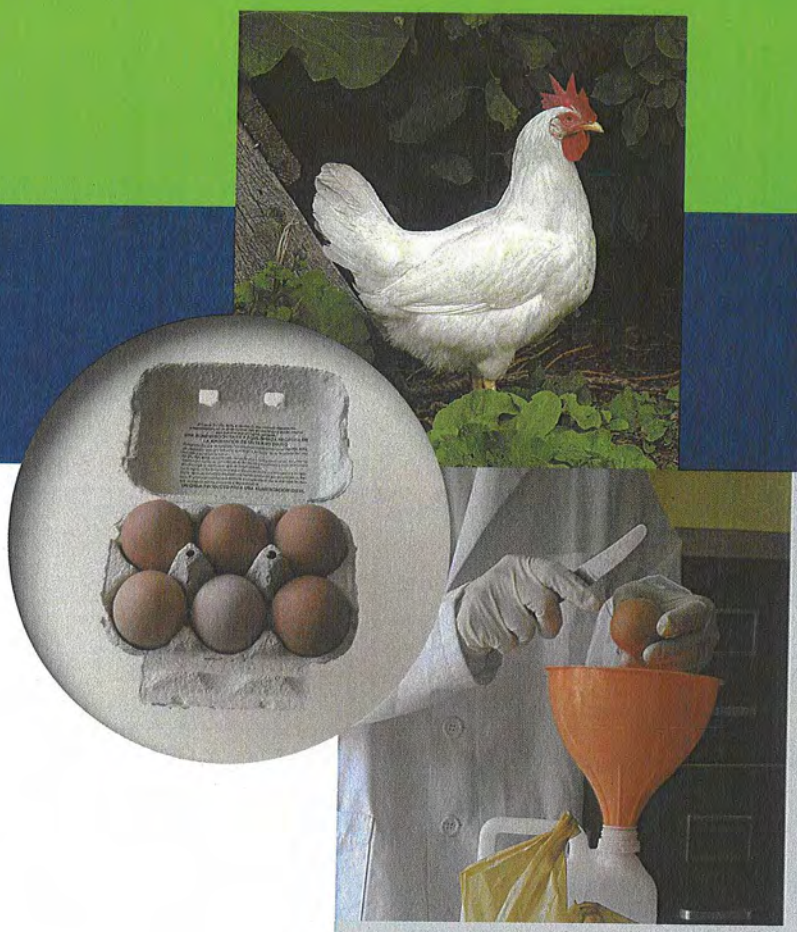
Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2006

CSN



Colección
Informes Técnicos
19.2007

Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 2006

Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 2006

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

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

Colección
Informes Técnicos
19.2007

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.15

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 2008, Consejo de Seguridad Nuclear

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

Maquetación: RGB Comunicación, S.L.
Impresión: EL ÁLAMO (Mark & Printing, S.L.)

Depósito legal: M-31997-2008

Introducción

Se presenta aquí el noveno informe anual sobre los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental desarrollados durante el año 2006, acompañados de los datos históricos que constituyen un marco de referencia. Este documento es continuación de los emitidos por el Consejo de Seguridad Nuclear desde que en 1999 inició la publicación de esta serie de informes técnicos que pone a disposición de ciudadanos e instituciones información sobre los niveles de radiactividad ambiental del país con un cierto nivel de detalle.

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

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

alimentos, disponiéndose de resultados desde el año 1993. Los programas de muestreo y análisis radiológico se adaptan a las recomendaciones que establece la Comisión de la Unión Europea con el fin de facilitar a los Estados miembros el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom[1, 2].

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

En el presente documento se describen brevemente las principales características de las redes y programas de vigilancia radiológica ambiental en España y los resultados de los mismos obtenidos en la campaña de vigilancia del año 2006, considerando la variación temporal de los parámetros más representativos en los últimos veinte años para el caso de las centrales nucleares, entre diez y quince años para la vigilancia nacional, o en otro caso, desde el primer año de que se dispongan datos. Valores de años previos a los aquí presentados pueden consultarse en ediciones anteriores de esta misma publicación.

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.

---

[1] Artículo 35: *Cada Estado miembro creará las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, así como la observancia de las normas básicas: la Comisión tendrá derecho de acceso a estas instalaciones de control y podrá verificar su cumplimiento y eficacia.*

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

Sumario

Introducción 7

Objetivos, alcance y desarrollo
de la vigilancia radiológica ambiental 11

Programas de vigilancia radiólogica
ambiental (PVRA) de las centrales nucleares
y de otras instalaciones nucleares y radiactivas ... 17

Programas de vigilancia radiológica ambiental
de ámbito nacional 107

Red de Estaciones Automáticas (REA) 165

Anexo 169

Índice de contenidos 173

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

1

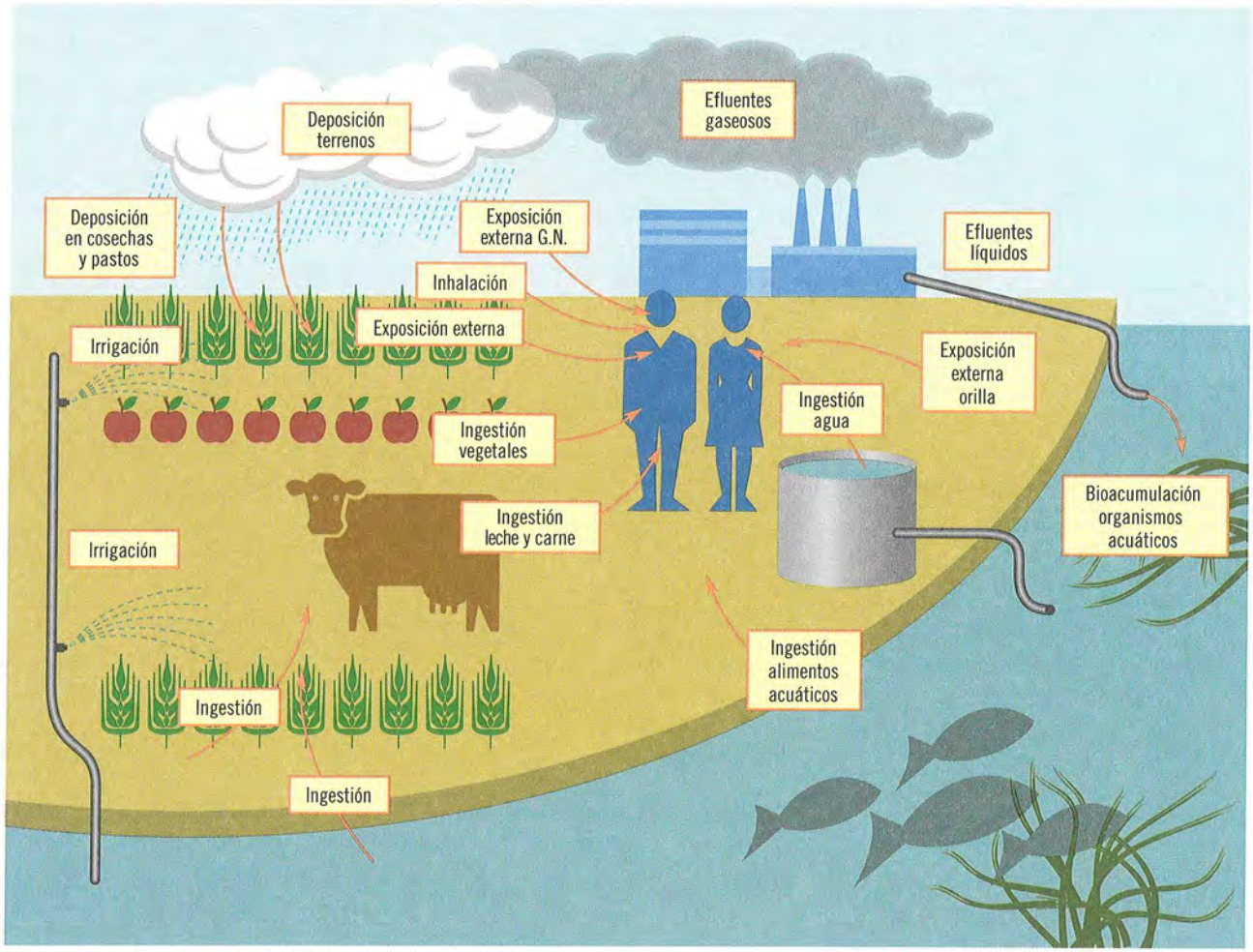
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

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

En el caso concreto de la vigilancia alrededor de las centrales nucleares y 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[1].

[1] 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 las que la concentración de un radionucleido es proporcional a la tasa de emisión del mismo por lo que, en principio, existirá concentración mientras exista emisión. Dadas las características de los vertidos, en condiciones normales de operación de las instalaciones, y si no existen otras causas externas (por ejemplo, el accidente de la central nuclear de Chernóbil), los valores de concentración de actividad de radionucleidos artificiales obtenidos en estas vías suelen estar por debajo del Límite Inferior de Detección (LID), o próximos a éste.

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

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

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

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

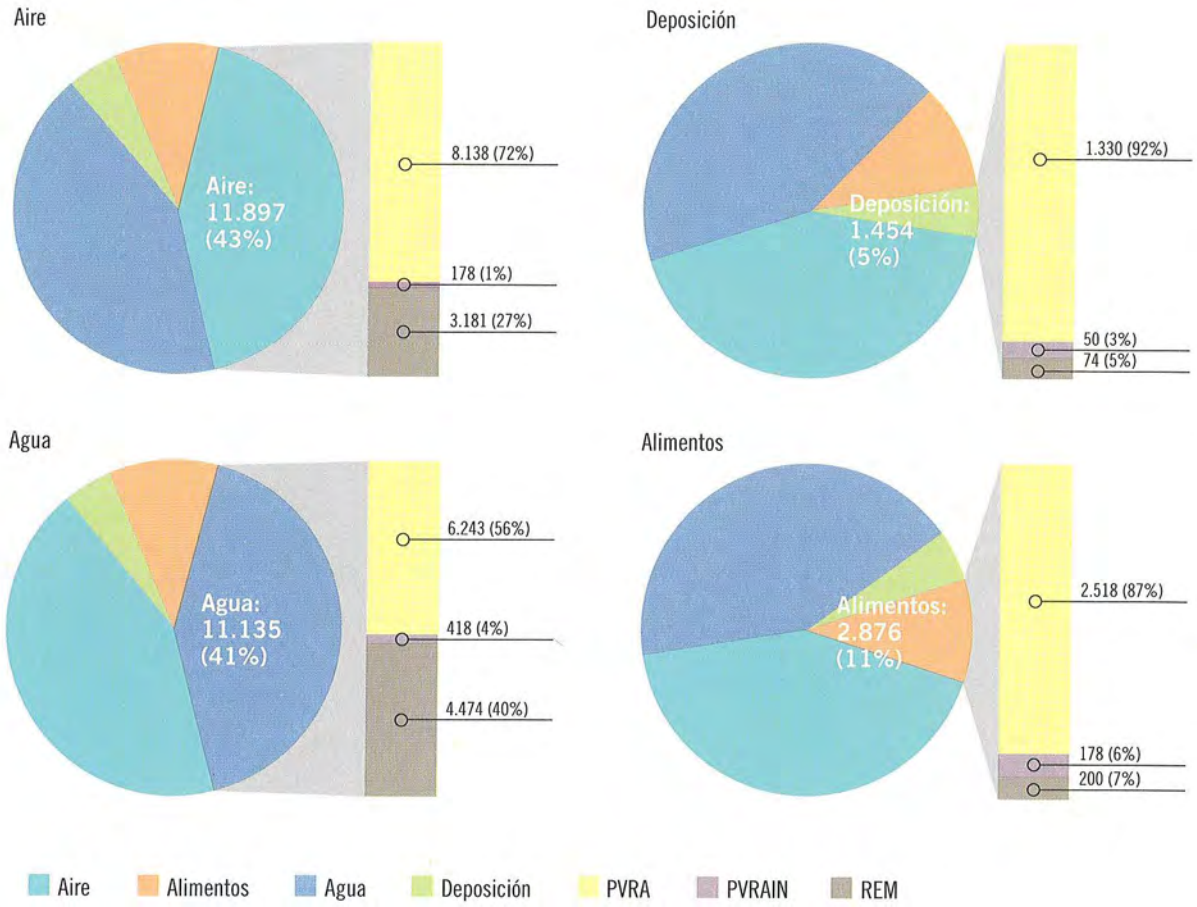
En la figura 1.2 se presenta el número total de análisis efectuado en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los diferentes programas de vigilancia a los que se asocian.

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

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

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 2006

Número de análisis realizados en cada vía



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

2

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

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

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

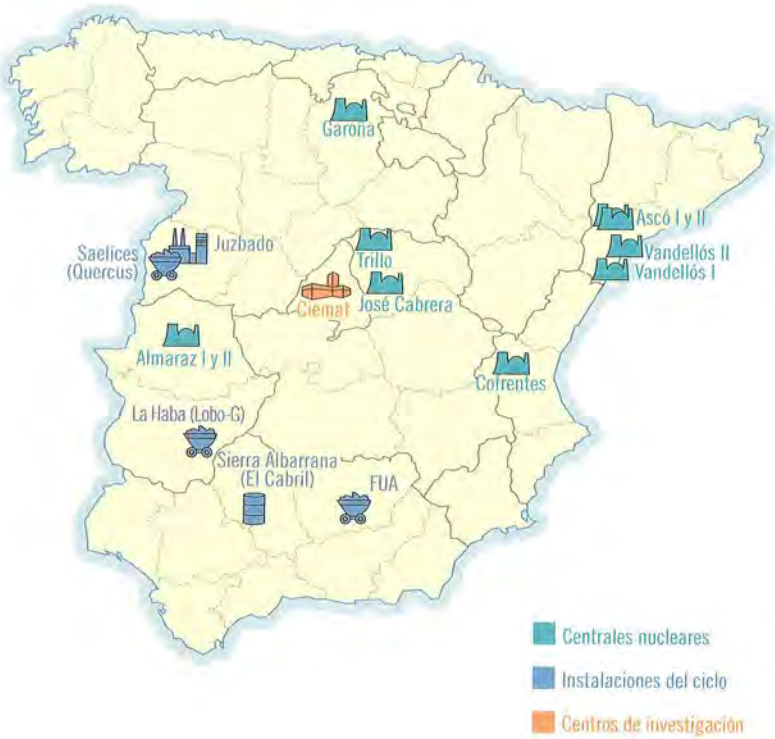
El conjunto de centrales nucleares que en la actualidad se encuentran en fase de explotación corresponde a tres generaciones diferentes dentro del programa nuclear de nuestro país.

- 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 Santa María de Garoña, José Cabrera (en parada) y Vandellós I (en latencia).

- 2ª generación. Centrales proyectadas a comienzo de la década de los 70, cuya construcción se inició en la misma época y cuya explotación comercial se emprendió al principio de los 80. Corresponden a esta generación las centrales nucleares Almaraz I y II, Ascó I y II y Cofrentes.

- 3ª generación. Centrales cuya construcción fue autorizada con posterioridad a la aprobación del Plan Energético Nacional en julio de 1979. Proyectadas a finales de la década de los 70, se inició su construcción a partir de 1979 y su explotación a finales de la década de los 80. Corresponden a esta generación las centrales nucleares Vandellós II y Trillo.

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



En operación

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

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

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

Instalación	Tipo	Fecha
Vandellós I	Magnox-CGR	2005 (l)
José Cabrera	W-PWR (160)	2006 (p)
Lobo-G	Tratamiento de minerales	2004 (c)
Ciemat	Investigación	2005 (d)
FUA	Fábrica de concentrados de uranio	1995 (l)
Planta Quercus	Fábrica de concentrados de uranio	2003 (p)

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

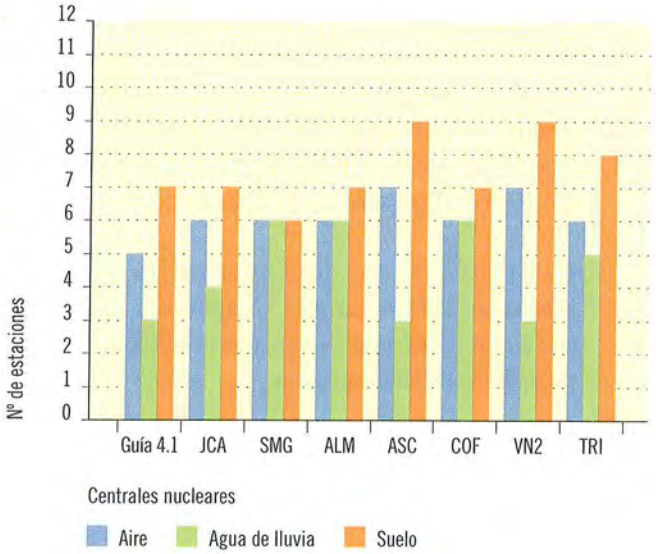
1.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

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 el número de estaciones de muestreo para cada vía de exposición, existentes en los PVRA de cada una de las centrales nucleares durante la campaña de 2006. A la derecha de las mismas se incluyen como referencia los criterios establecidos en dicha guía, y al principio de cada gráfico el número de estaciones recomendado en cada una de las principales vías de exposición de la población.

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

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

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2006
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)

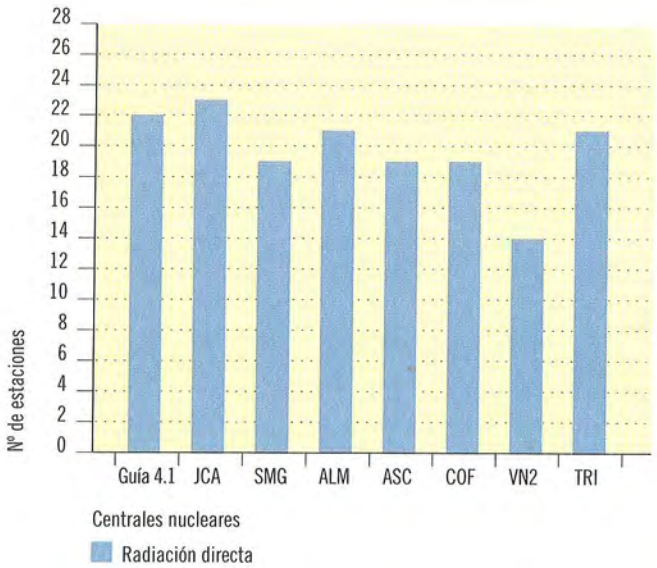
Agua de lluvia (deposición húmeda)

- 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 de control 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 2006
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Radiación directa

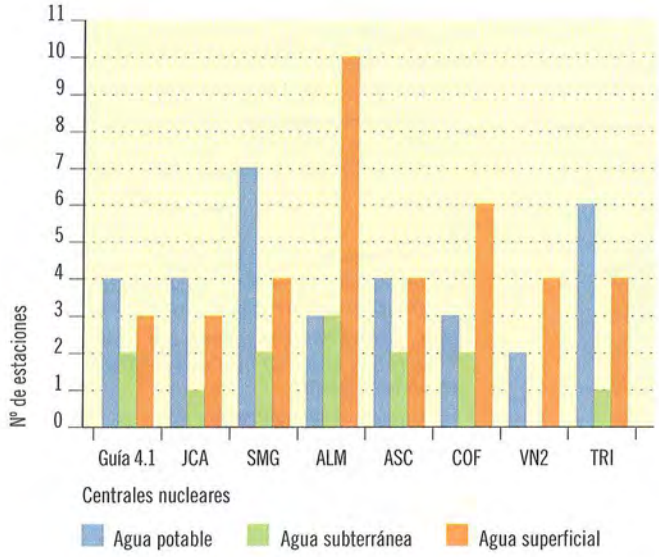


Criterios Guía 4.1

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 2006
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Agua potable, superficial y subterránea



Criterios Guía 4.1

Agua potable

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

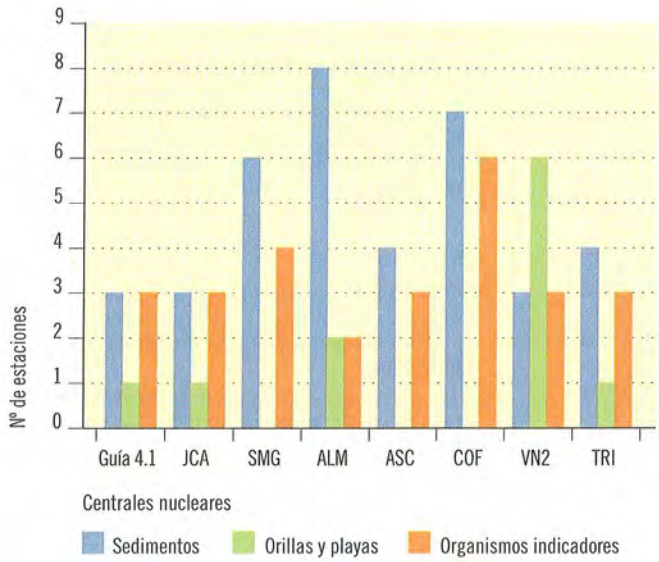
Agua subterránea

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

Agua superficial

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

Figura 2.5. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2006
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Sedimentos de fondo, de orilla y organismos indicadores



Criterios Guía 4.1

Sedimentos

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

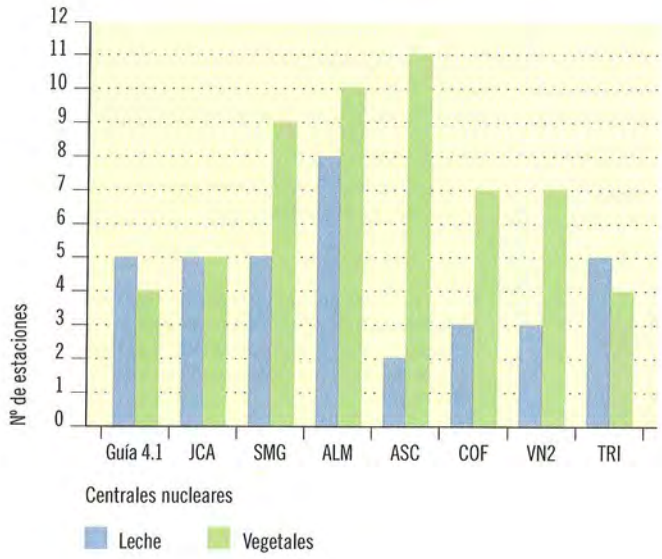
Orillas y playas

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

Organismos indicadores

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

Figura 2.6. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2006
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Alimentos (leche y vegetales)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

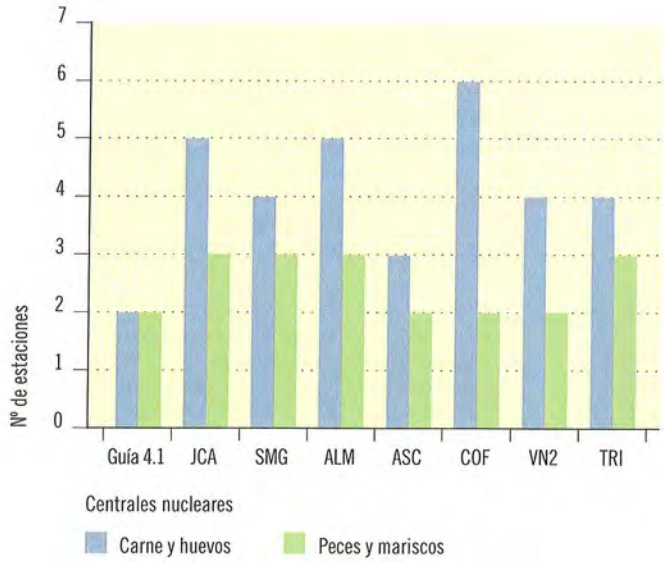
Leche

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

Vegetales

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

Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2006
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Alimentos (carne, huevos, peces y mariscos)



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 periodo de exposición máximo de un trimestre	Dosis integrada
Agua potable	Muestreo quincenal o de mayor frecuencia	Actividad beta total Actividad beta resto Sr-90 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 cosecha	Sr-90 Espectrometría gamma I-131
Carne, huevos, peces, mariscos y miel	Muestreo semestral	Espectrometría gamma

1.2. Resultados

Los resultados se presentan en forma gráfica, ordenados por vías de exposición, tipos de muestras y análisis en dos tipos de figuras (a y b). Las figuras cuya numeración se acompaña con la letra "a", recogen la variación temporal de los valores, con objeto de proporcionar un marco de referencia previo al valor obtenido en esta campaña, y en la figura de igual numeración y letra "b", se presentan los valores detallados para la campaña del año 2006. No se presentan gráficas de los isótopos que no han sido detectados en la presente campaña ni de los análisis que no continúan realizándose debido a una adaptación del PVRA.

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

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

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

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

- Considerando lo anterior, los gráficos presentan la variación temporal de los valores medios anuales de concentración de actividad obtenidos para cada tipo de muestra en las distintas instalaciones desde 1985 a 2006. Las discontinuidades entre periodos anuales, son un reflejo de que todos los resultados obtenidos en ese periodo han sido inferiores al LID (figuras "a").

- Para la campaña del año 2006, objeto principal de este documento, se proporciona una información más detallada (figuras "b"), indicando para las distintas muestras:

  - Número total de análisis realizados.

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

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

Aunque la central nuclear José Cabrera ya no se encuentre en funcionamiento, ha seguido manteniendo el programa de vigilancia con el mismo alcance que en los años anteriores, por lo que sus resultados continúan siendo incluidos en este apartado que proporciona información más contrastada sobre la calidad radiológica del medio ambiente en sus inmediaciones.

1.2.1. Aire

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

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 semejanza presente entre los valores a lo largo del tiempo para cada una de las centrales nucleares; el incremento observado en la campaña de 1986 en el caso de las centrales 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 tanto del poso radiactivo como de los efluentes de la central. El análisis se realiza con periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados para cada estación de muestreo.

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

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 (figura 3.4a), tanto por la baja proporción de valores superiores al LID como por los niveles de concentración. En la campaña de 2006 se han obtenido siete valores superiores al LID en la central José Cabrera, ligeramente superiores a los de años anteriores, pero que resultan ser tres órdenes de magnitud inferiores al nivel de notificación establecido por el CSN, y 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. Además en esta campaña se registra la presencia de Sr-89 en uno de los 24 análisis elaborados por la central de Cofrentes, con un valor de 5,62E-05, próximo al valor del LID y similar a los obtenidos esporádicamente en años anteriores.

Espectrometría gamma

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

En la campaña de 2006 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 2006 no se detecta actividad de I-131 en ninguna de las 2.286 muestras tomadas por las centrales nucleares españolas.

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

Valores medios en la zona vigilada

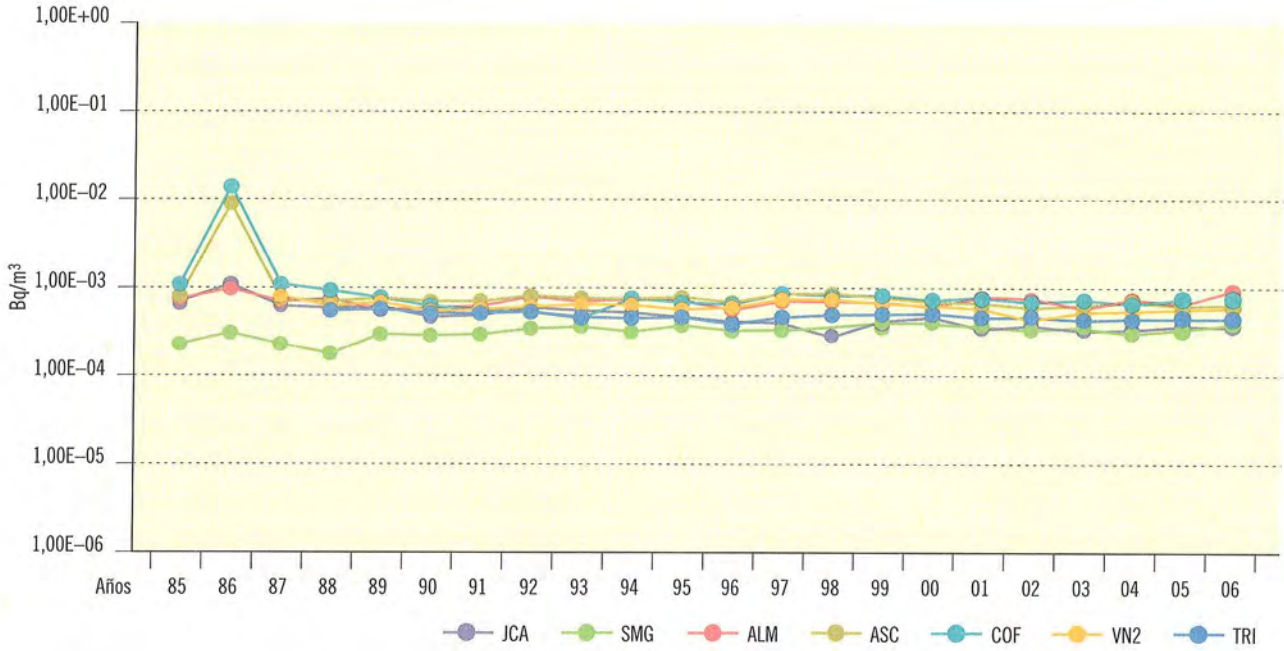
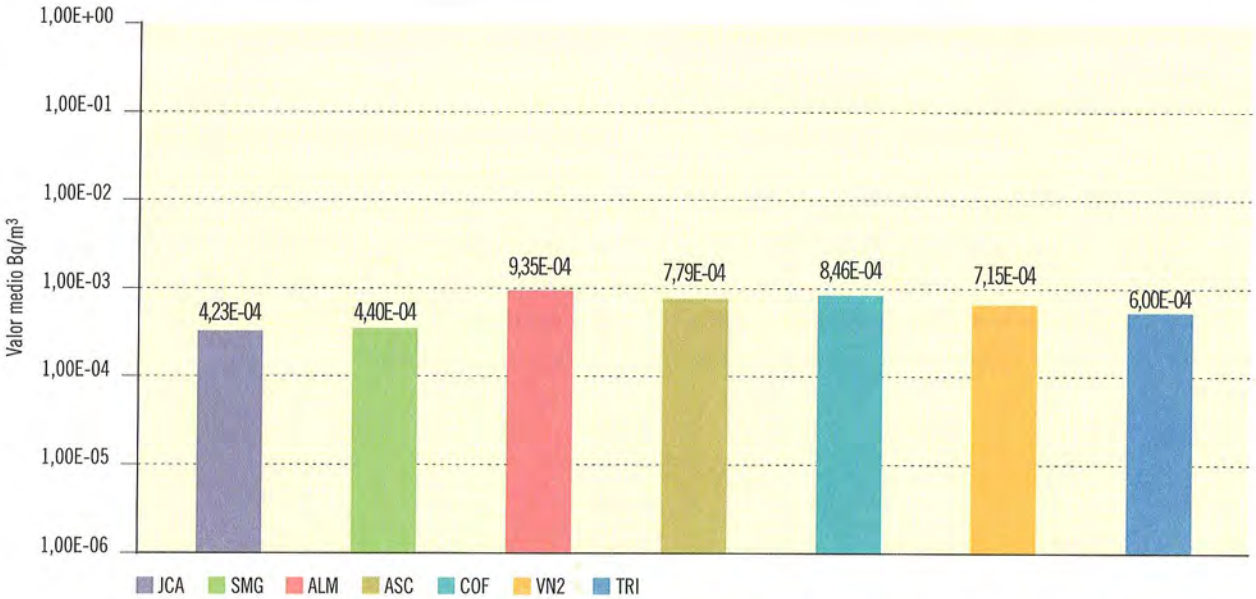


Figura 2.8b. Partículas de polvo en aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,02E-03	1,37E-03	3,62E-03	2,14E-03	2,04E-03	2,04E-03	1,54E-03
Valor mínimo	4,40E-05	8,82E-05	6,25E-05	1,72E-04	2,27E-04	1,56E-04	1,72E-04
Nº total de análisis	317	312	306	364	312	363	312
Nº de análisis > LID	285	312	303	364	312	363	312
Nº de análisis < LID	32	0	3	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

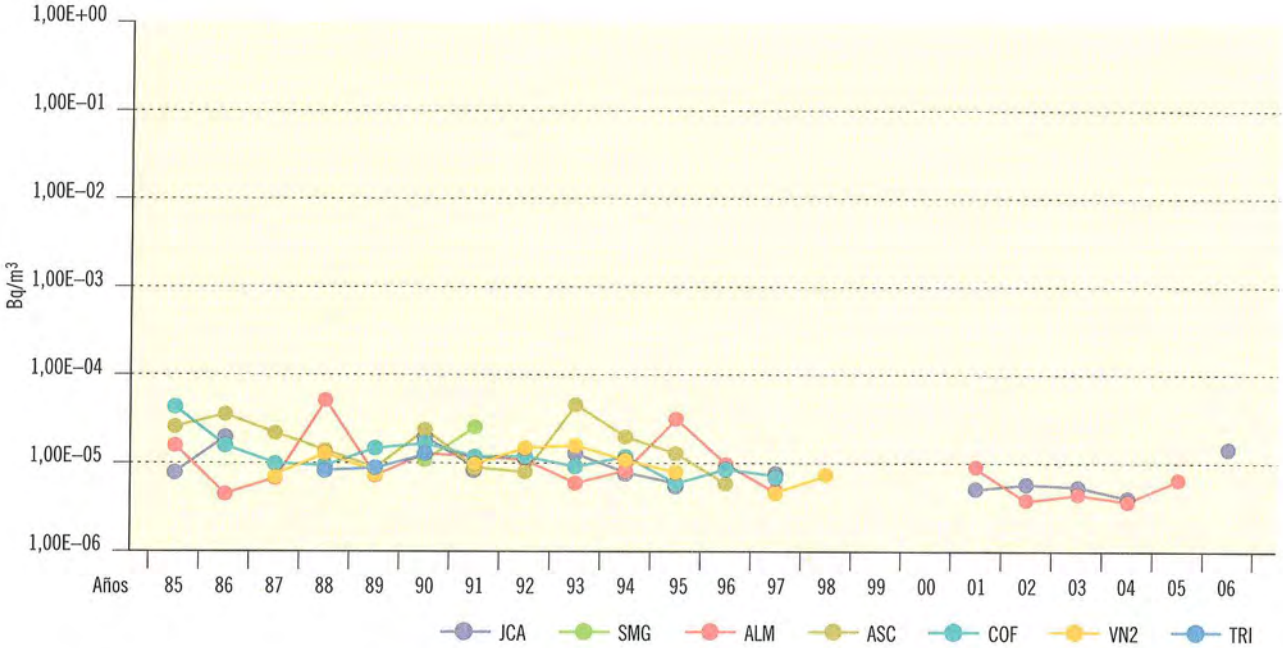
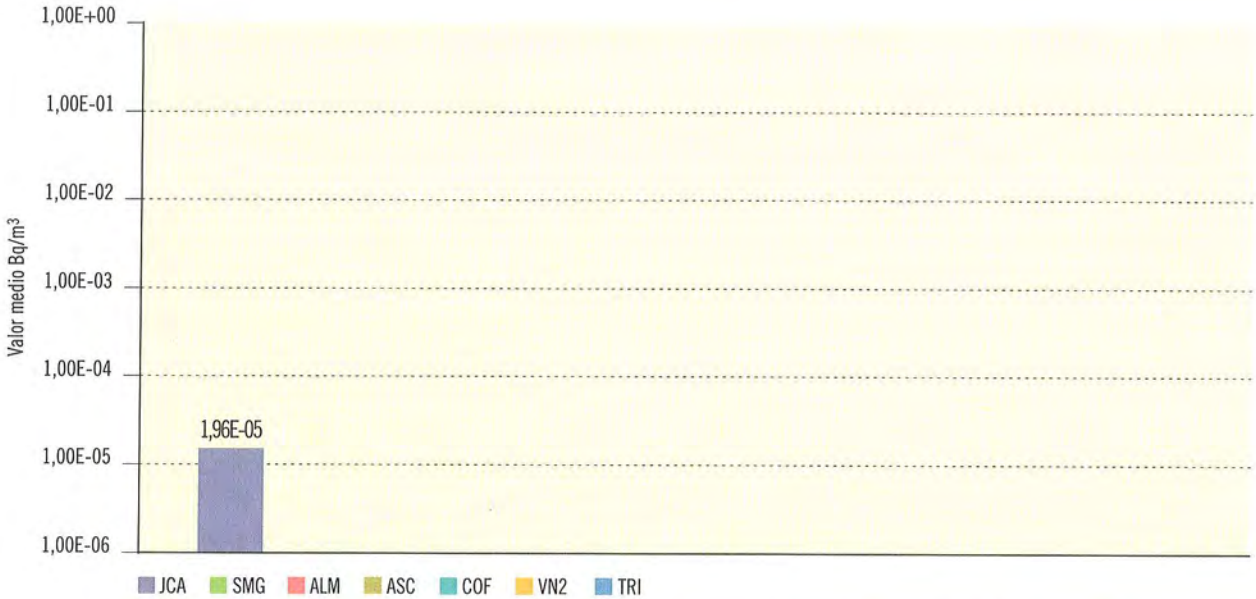


Figura 2.9b. Partículas de polvo en aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,71E-05						
Valor mínimo	1,04E-05						
Nº total de análisis	30	24	18	28	24	28	24
Nº de análisis > LID	7	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	23	24	18	28	24	28	24

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 2.10a, los valores se encuentran en general próximos a 1 mSv/a y presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones más notables se atribuyen a diferencias en el método empleado en la obtención y expresión de resultados por los diferentes laboratorios que efectúan las medidas, y que están siendo objeto de estudio. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se encuentran valores ligeramente superiores que son propios de las características geológicas del área geográfica donde se sitúa, como se confirma tanto con los valores preoperacionales como con los obtenidos en la *estación testigo*. En la figura 2.10b los datos representados corresponden para todas las centrales a dosímetros expuestos trimestralmente, excepto para la central nuclear Santa Mª 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 2006 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.

Los valores gráficos se han centrado en los resultados correspondientes a deposición total sobre el suelo, si bien en los distintos PVRA se realiza también el muestreo y análisis 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 poso radiactivo, por lo que las variaciones que se observan en los gráficos 2.11a y 2.11b pueden estar relacionadas con las características edafológicas de cada lugar de muestreo, que condicionan los procesos de retención y migración de los distintos radionucleidos. 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 2006 han estado comprendidos entre 0,04 y 9,92 Bq/kg seco. Los valores del año 2006 en el entorno de las centrales nucleares están comprendidos 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 poso 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 2006 son similares a los de campañas anteriores (figura 2.12b).

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

Valores medios en la zona vigilada

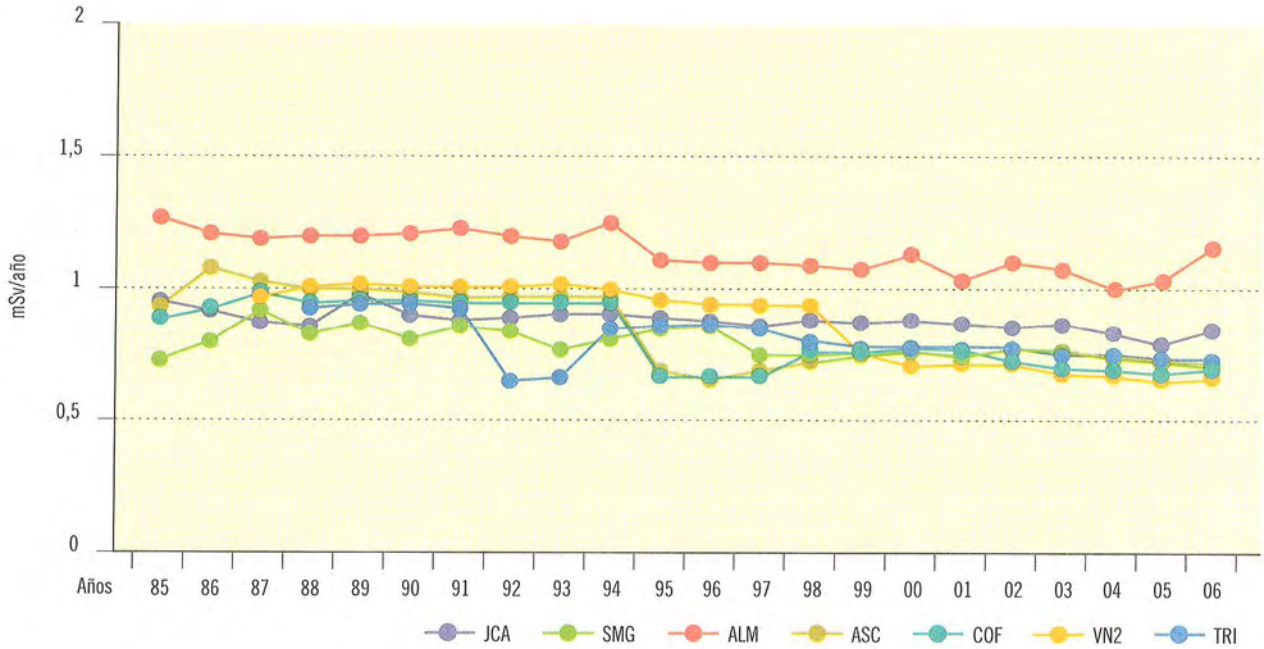


Figura 2.10b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Valores de la campaña de 2006

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,30	0,98	1,69	1,25	0,95	0,83	0,83
Valor mínimo	0,54	0,59	0,63	0,46	0,45	0,48	0,55
Nº total de análisis	108	76	84	76	76	54	84
Nº de análisis > LID	108	76	84	76	76	54	84
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

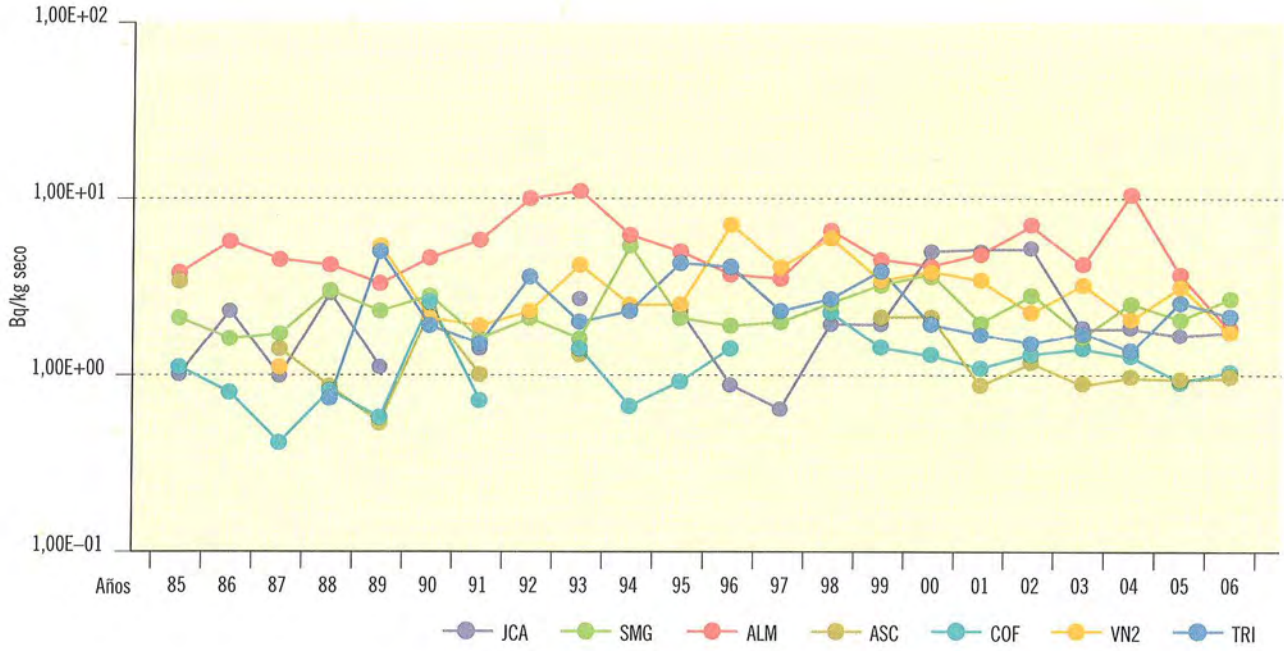
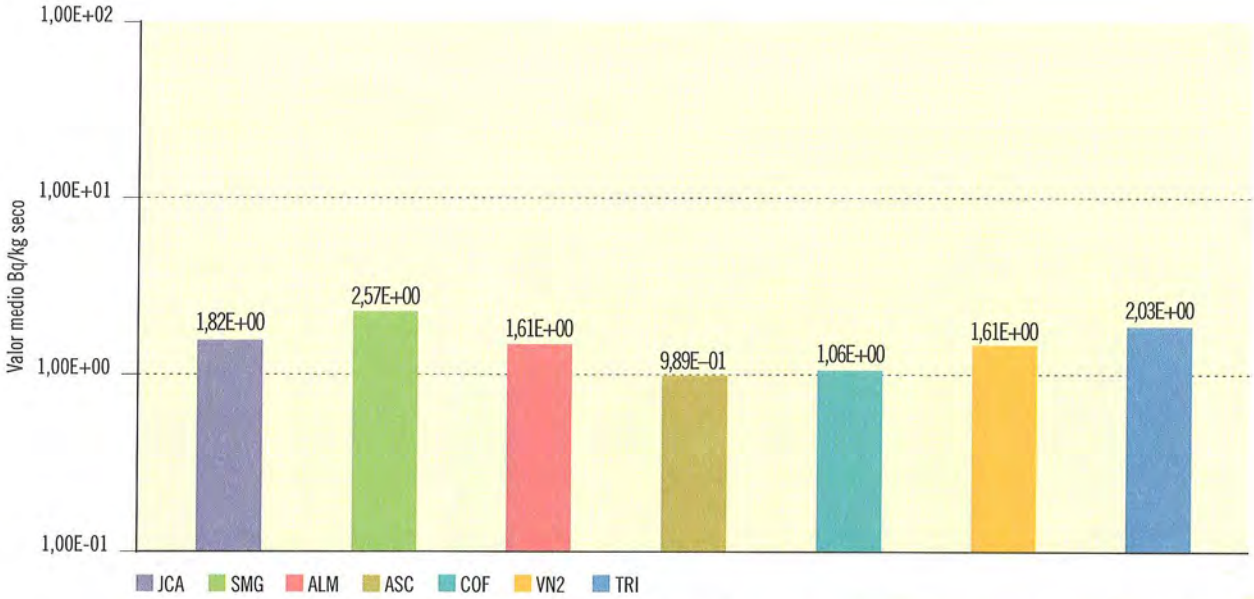


Figura 2.11b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,40E+00	3,01E+00	4,39E+00	1,13E+00	1,71E+00	3,65E+00	5,97E+00
Valor mínimo	1,27E+00	1,95E+00	4,51E-01	8,94E-01	3,30E-01	3,71E-01	7,77E-01
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	5	7	4	5	8	8
Nº de análisis < LID	0	1	0	5	2	1	0

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

Valores medios en la zona vigilada

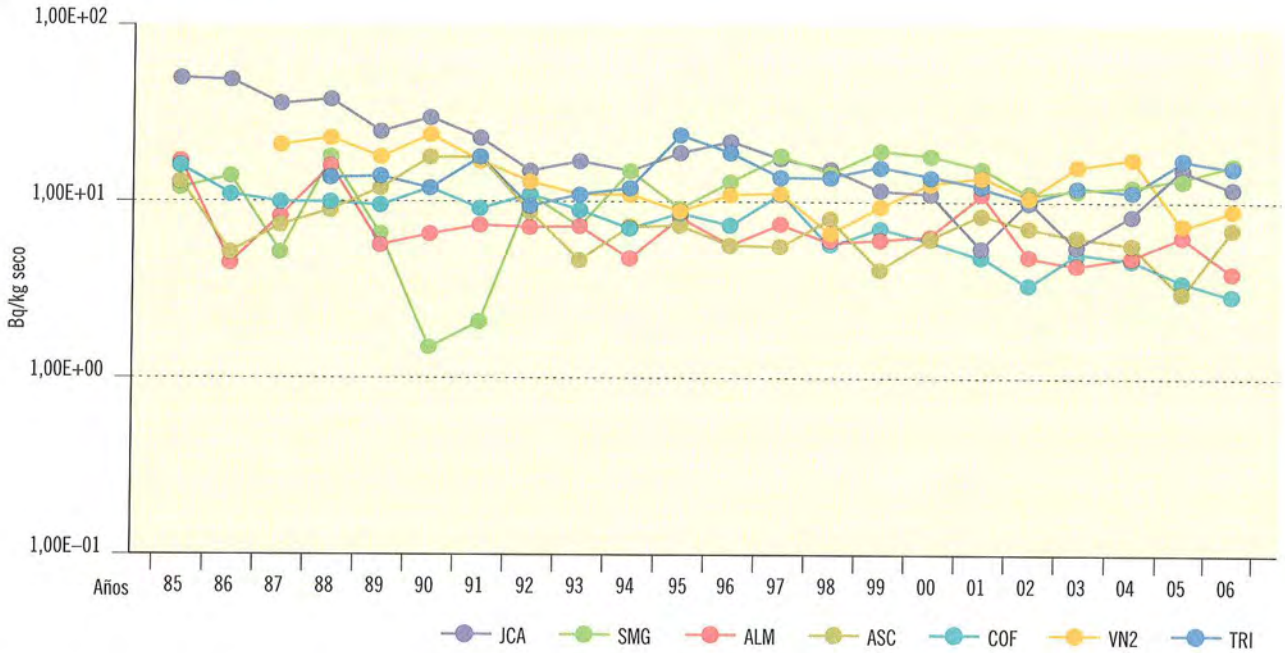
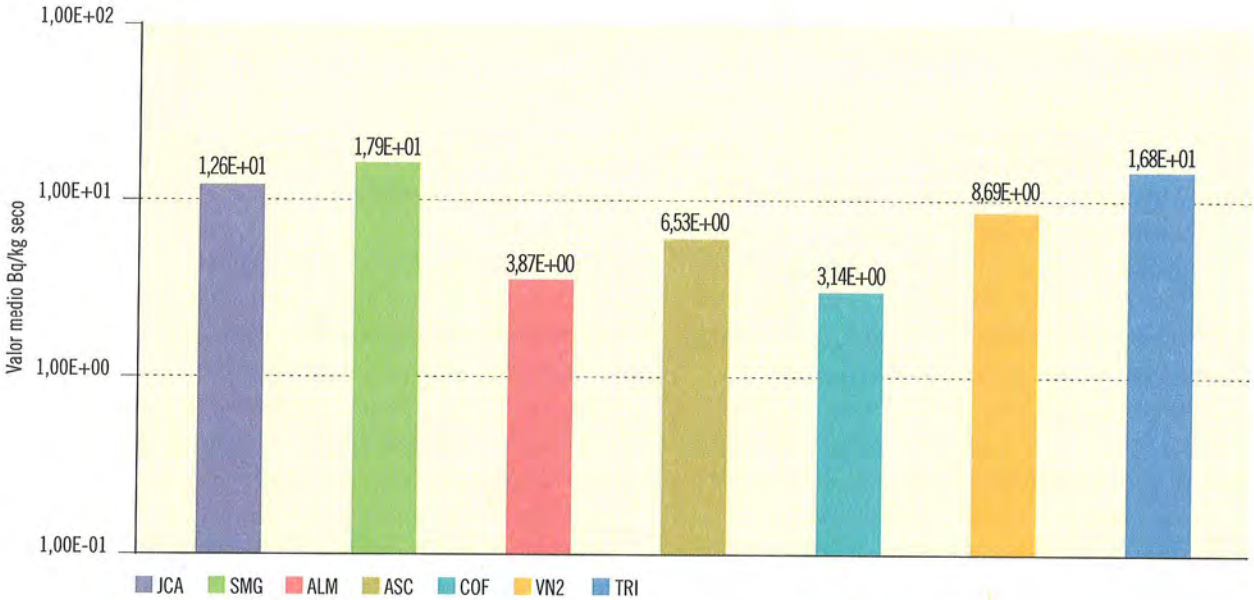


Figura 2.12b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,87E+01	3,18E+01	9,80E+00	1,68E+01	7,16E+00	2,01E+01	5,74E+01
Valor mínimo	1,51E+00	2,16E+00	1,30E+00	3,82E-01	4,65E-01	5,26E-01	2,58E+00
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	6	6	7	6	6	7	8
Nº de análisis < LID	1	0	0	3	1	2	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 2.13a se puede apreciar la diferencia existente entre los valores de actividad alfa total en las aguas continentales y en las 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 2006 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 substraída la correspondiente al potasio-40. Tanto los valores de concentración como el porcentaje de medidas detectadas, desciende en relación con los observados para la medida del índice de actividad beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente (figura 2.14a). Los valores medios obtenidos para este índice de actividad en 2006 son similares a los de años anteriores.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza únicamente en las muestras del PVRA de la central nuclear de Ascó y hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz. Los valores obtenidos en 2006 son similares a los registrados desde el año 1999 (figura 2.15a).

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 están en 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 obtienen habitualmente concentraciones medias de actividad de tritio inferiores a aquellas encontradas en las muestras de agua analizadas en las inmediaciones de Almaraz, Trillo y José Cabrera.

Los valores medios de la campaña de 2006 son similares a los de años anteriores.

Espectrometría gamma. En esta campaña todos los valores de concentración de radionucleidos artificiales son inferiores al LID, salvo en el río Tajo, aguas abajo del punto de vertido de la central José Cabrera, en que se detecta cesio-137 en una única muestra de agua y con una concentración inferior 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.

Agua potable

La recogida de estas muestras tiene como finalidad evaluar la dosis potencial que puede recibir la población como consecuencia de su ingestión. Ninguno de los

valores obtenidos en los diferentes análisis realizados en la campaña de 2006 supera los niveles de notificación. Tampoco se 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 2.17a y 2.17b, los resultados obtenidos para cada instalación en los distintos periodos de muestreo son bastante homogéneos. Las concentraciones de actividad beta total detectadas son debidas fundamentalmente, a la concentración de potasio-40 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 2.18a y 2.18b 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 2006 se han detectado valores en los programas de las centrales de Almaraz, Ascó, Santa María de Garoña, José Cabrera y Cofrentes 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. En el año 2006 se detecta estroncio-90 en cuatro muestras de agua del PVRA de la central nuclear de Ascó.

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 2006 son similares a los de campañas anteriores (figura 2.20a). 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 (figura 2.20b). Todos los valores obtenidos entran 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.

Sedimentos de fondo y de orilla

El seguimiento del material sedimentado en el cauce de los ríos, embalses, fondo del mar o en las orillas de todos ellos, 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. Este análisis sólo se realiza en sedimentos de fondo. Los valores obtenidos en la campaña de 2006 son similares a los de campañas anteriores salvo en el caso de José Cabrera cuyo valor medio vuelve a recuperar el nivel que presentaba con anterioridad a su descenso en el año 2005, y Almaraz, cuyo nivel de estroncio en sedimentos presenta una marcada disminución, ofreciendo el valor medio anual más bajo de todo su periodo de vigilancia, y situándose por primera vez en niveles inferiores a los valores medios presentados por los sedimentos del área vigilada en centrales como José Cabrera, Vandellós y Ascó (figura 2.21b). El hecho de que este descenso no sea equiparable en el caso de la concentración de otros isótopos habitualmente detectados en sedimentos como es el caso del cesio-137 (figuras 2.22a y 2.22b) y tampoco se registre un descenso en la actividad de estroncio emitida en efluentes líquidos, puede atribuirse al cambio de laboratorio que analiza las muestras del PVRA de la central nuclear de Almaraz ocurrido en el año 2006, y que está siendo objeto de estudio.

Espectrometría gamma. Entre los radionucleidos de origen artificial que se detectan en sedimentos, se encuentran

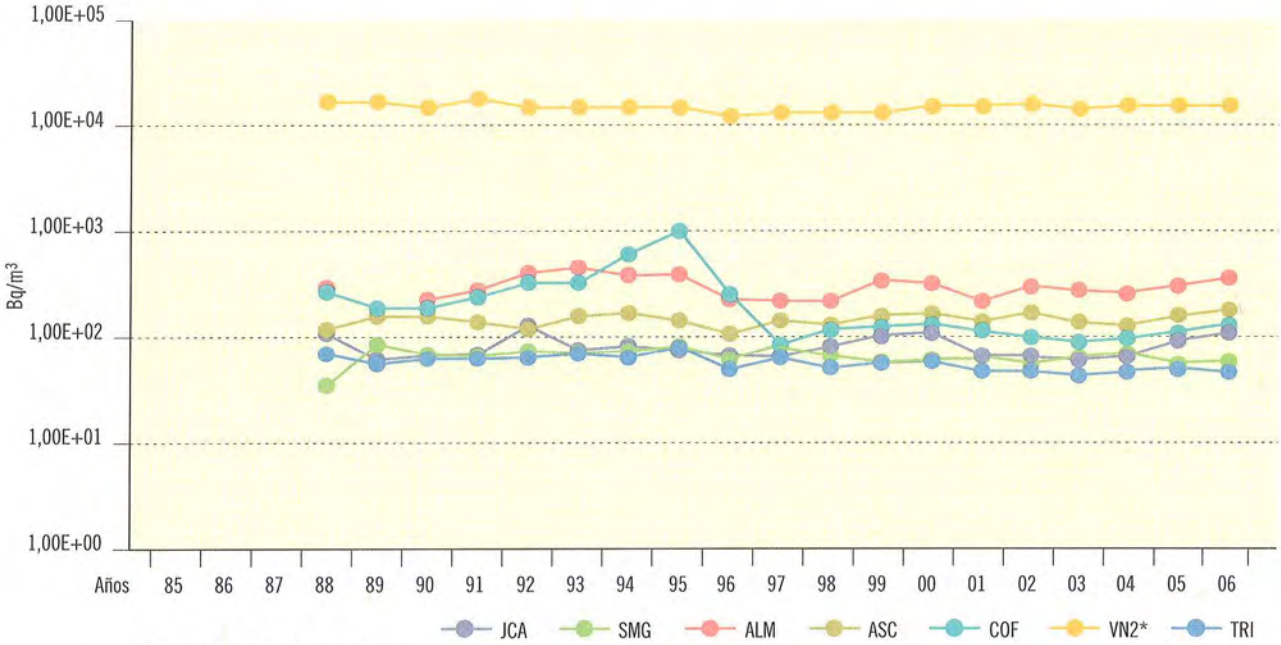
productos de fisión como el cesio-137, detectado tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de las instalaciones, el cesio-134 y productos de activación como el cobalto-60, cobalto-58 y manganeso-54, estos últimos detectados sólo en las estaciones situadas aguas abajo de las mismas.

En la campaña de 2006 se obtienen valores de cesio-137 y cobalto-60 en muestras de sedimentos de fondo de todas las centrales y se sitúan dentro del rango de variación de campañas anteriores (figuras 2.22 y 2.23). Además en este año se vuelve a detectar plata-110 metaestable en sedimentos de Ascó y de Almaraz.

Los sedimentos de orilla se vigilan en los PVRA de José Cabrera, Almaraz, Vandellós II y Trillo, encontrándose la presencia de cesio-137 en los sedimentos de orilla de José Cabrera y Vandellós II.

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

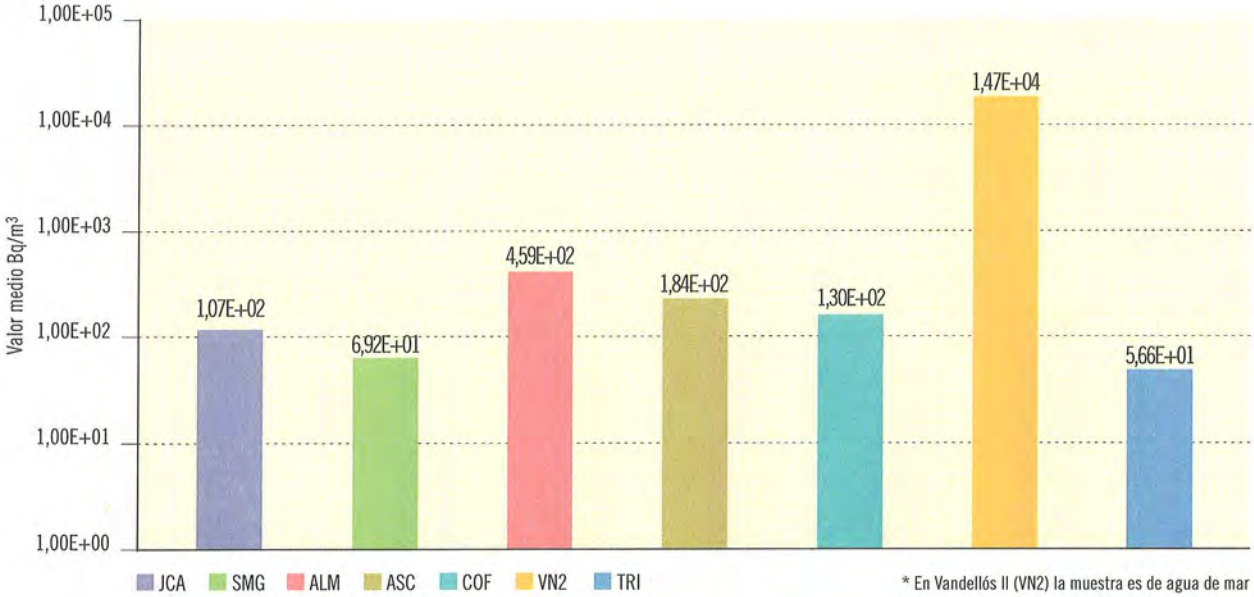
Valores medios en la zona vigilada



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

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

Valores de la campaña de 2006

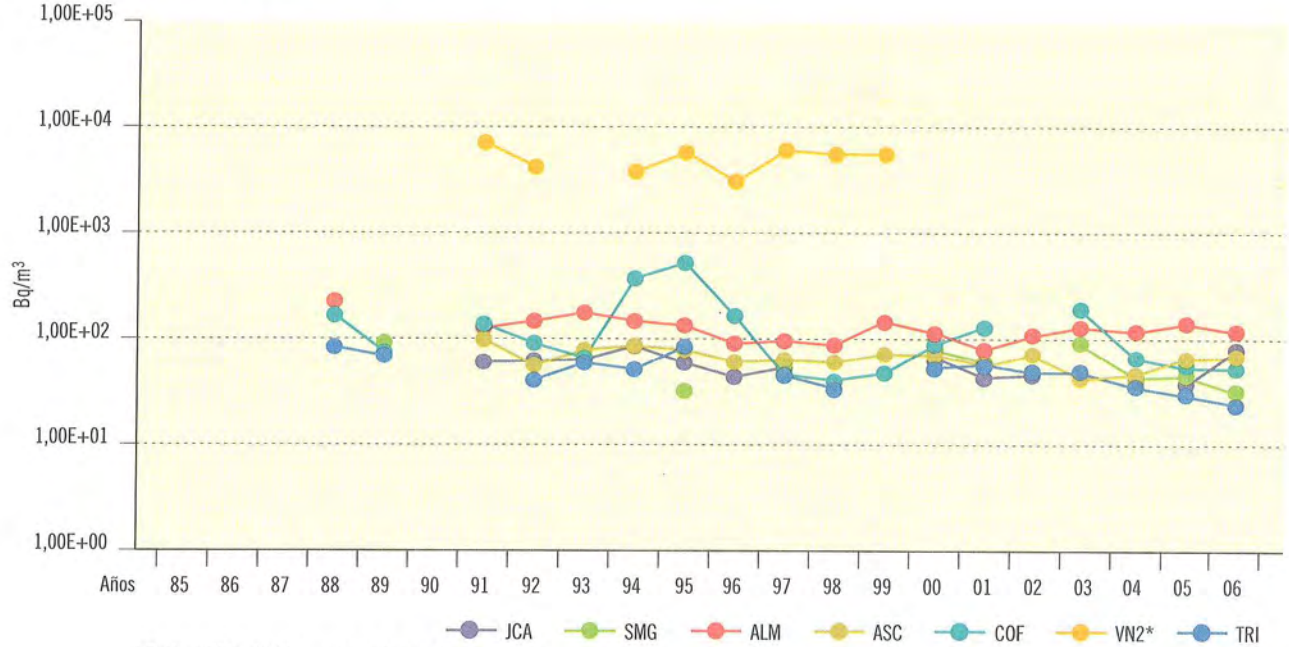


* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	2,46E+02	1,06E+02	7,24E+02	2,28E+02	3,11E+02	1,67E+04	9,01E+01
Valor mínimo	6,31E+01	4,05E+01	1,53E+02	1,49E+02	7,82E+01	1,35E+04	2,82E+01
Nº total de análisis	39	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	39	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

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

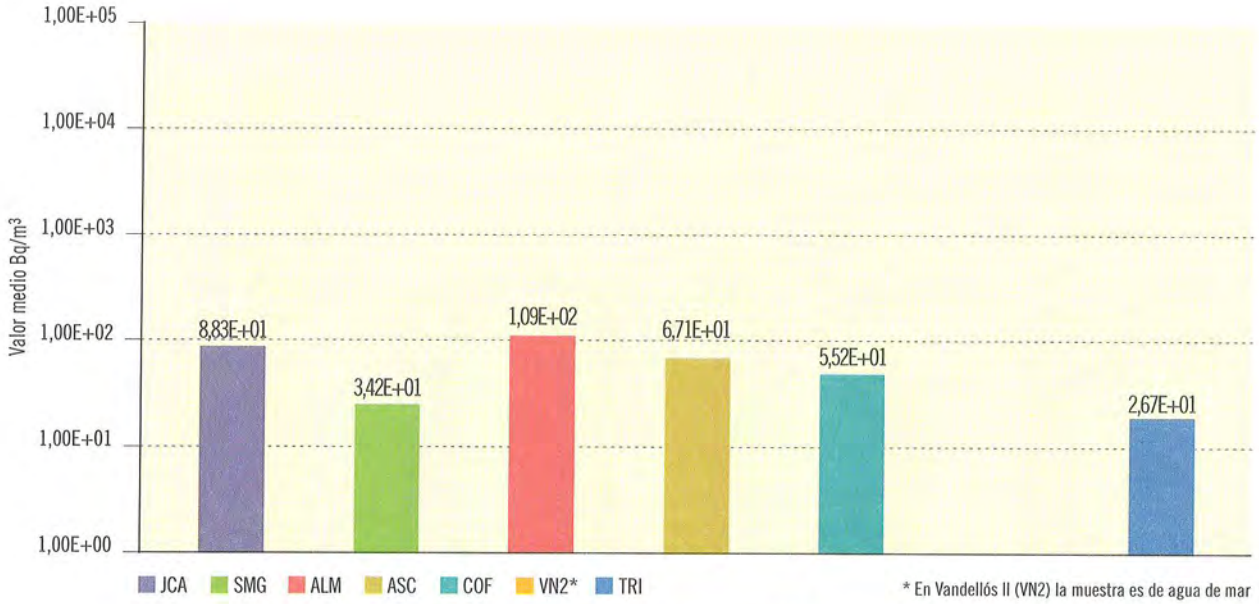
Valores medios en la zona vigilada



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

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

Valores de la campaña de 2006



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,72E+02	3,42E+01	3,55E+02	9,72E+01	8,41E+01		2,67E+01
Valor mínimo	5,25E+01	3,42E+01	4,17E+01	4,41E+01	3,50E+01		2,67E+01
Nº total de análisis	39	16	108	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	8	1	100	13	10	0	1
Nº de análisis < LID	31	15	8	3	62	16	47

Figura 2.15a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

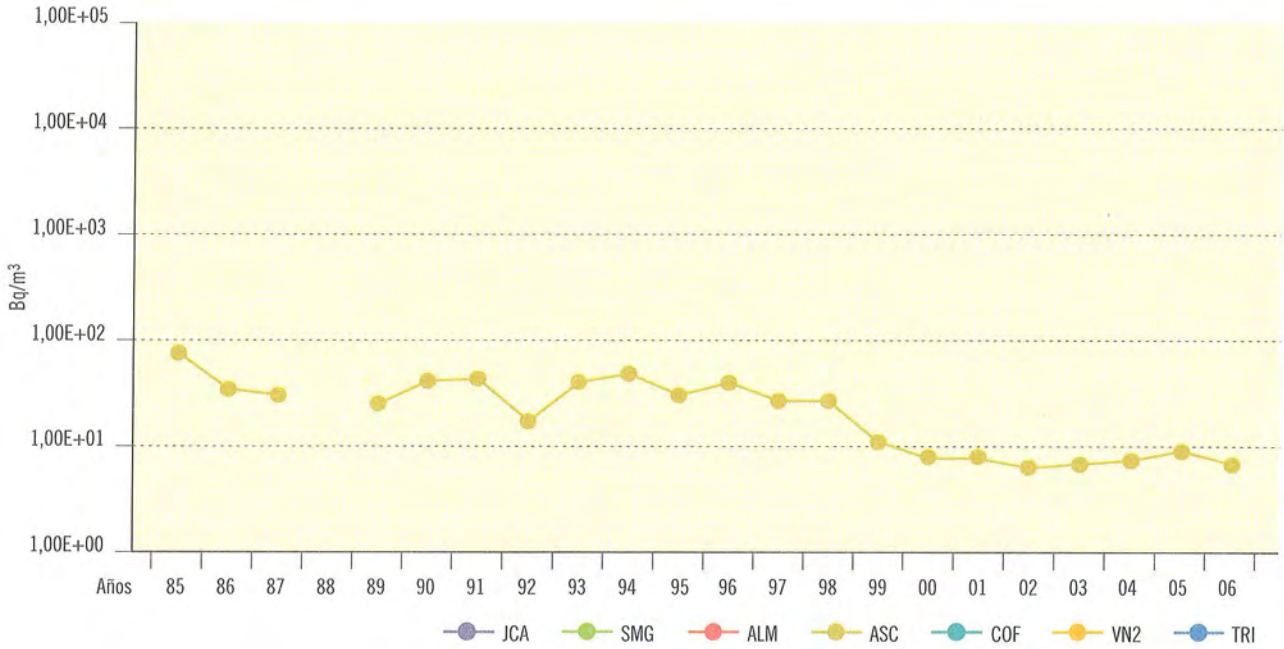
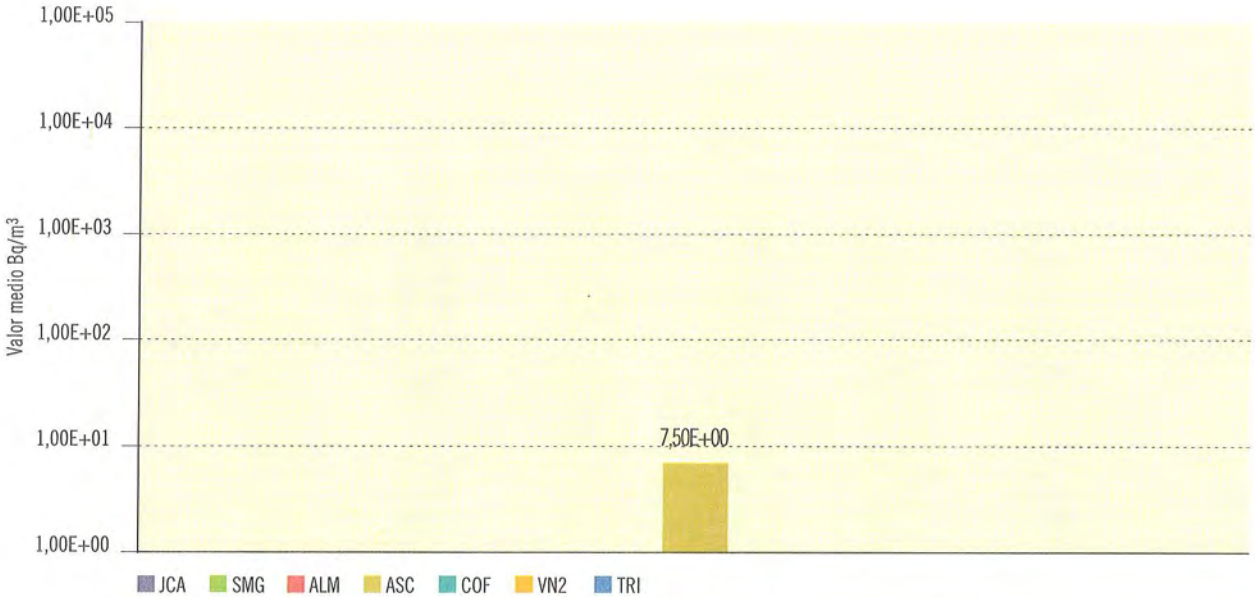


Figura 2.15b. Agua superficial. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

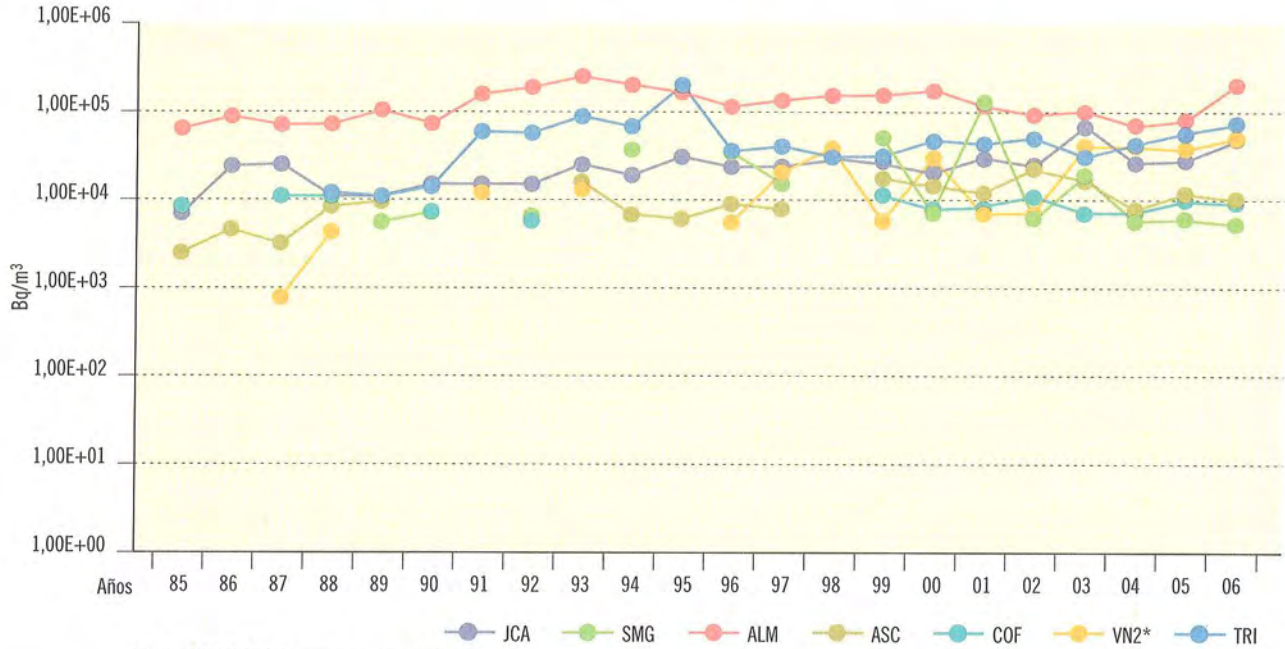
Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				7,95E+00			
Valor mínimo				6,69E+00			
Nº total de análisis				16			
Nº de análisis > LID				5			
Nº de análisis < LID				11			

Figura 2.16a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

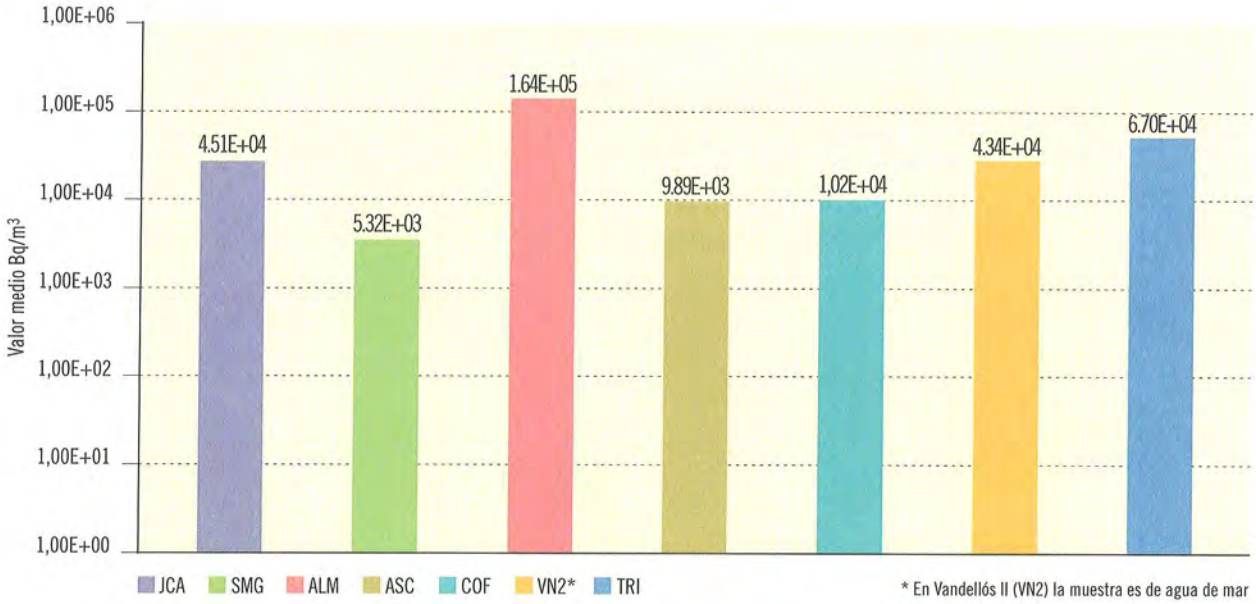
Valores medios en la zona vigilada



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

Figura 2.16b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,22E+05	5,85E+03	4,90E+05	1,27E+04	2,86E+04	8,94E+04	1,00E+05
Valor mínimo	2,14E+04	4,73E+03	5,16E+03	6,05E+03	5,60E+03	8,59E+03	5,74E+03
Nº total de análisis	15	48	58	16	24	16	16
Nº de análisis > LID	15	6	54	9	18	5	13
Nº de análisis < LID	0	42	4	7	6	11	3

Figura 2.17a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

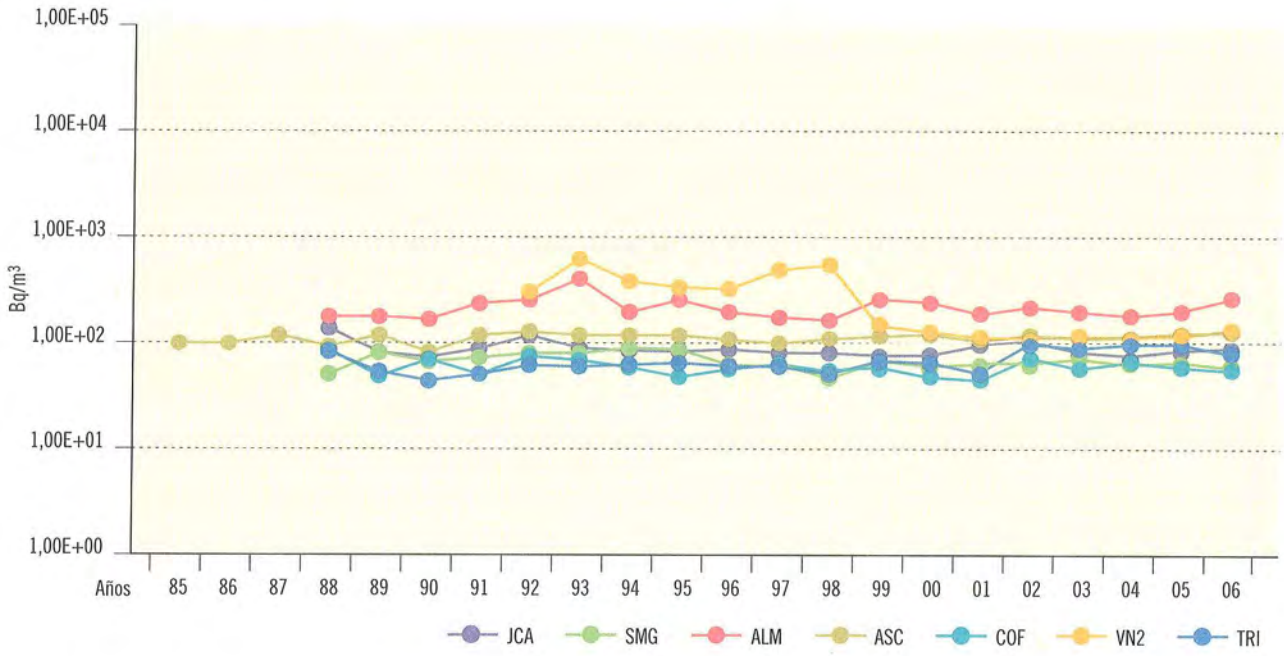
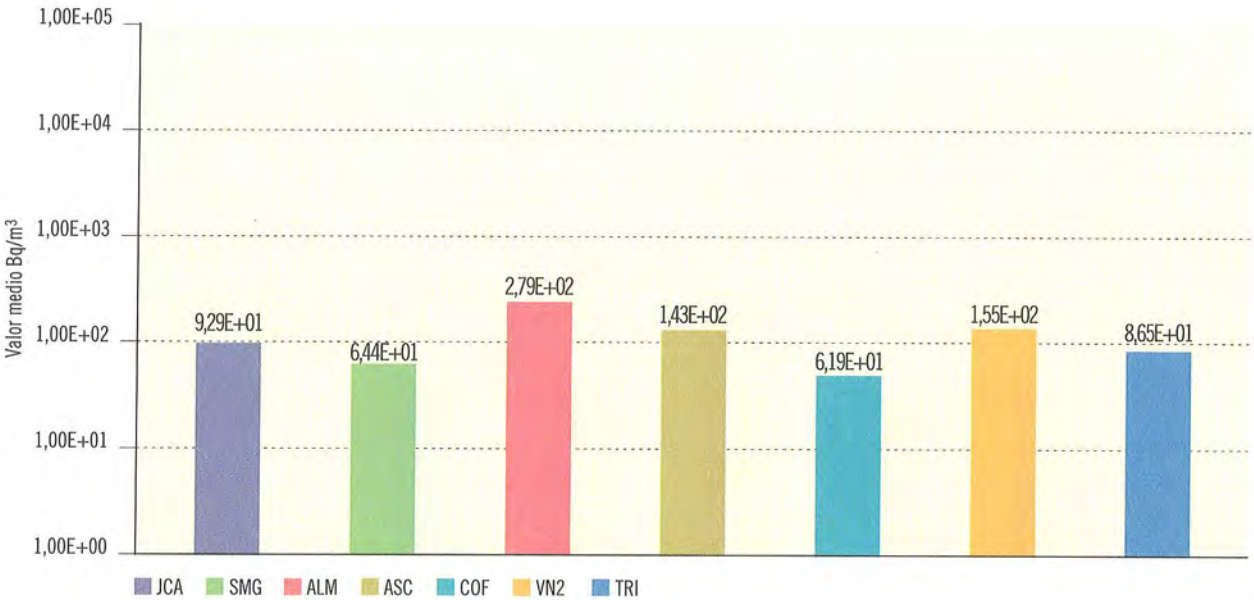


Figura 2.17b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,68E+02	1,10E+02	4,75E+02	2,16E+02	1,27E+02	2,50E+02	2,99E+02
Valor mínimo	5,73E+01	3,05E+01	3,05E+01	7,65E+01	3,11E+01	1,15E+02	4,84E+01
Nº total de análisis	17	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	17	19	34	48	7	4	24
Nº de análisis < LID	0	9	2	0	5	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

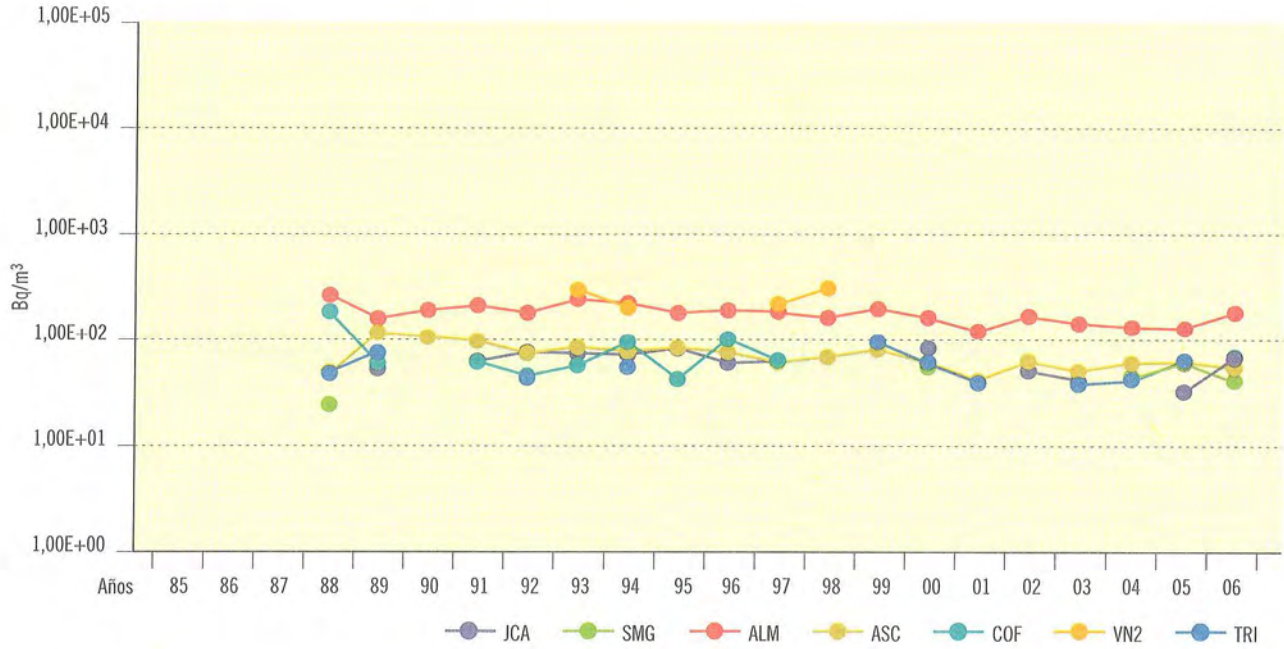
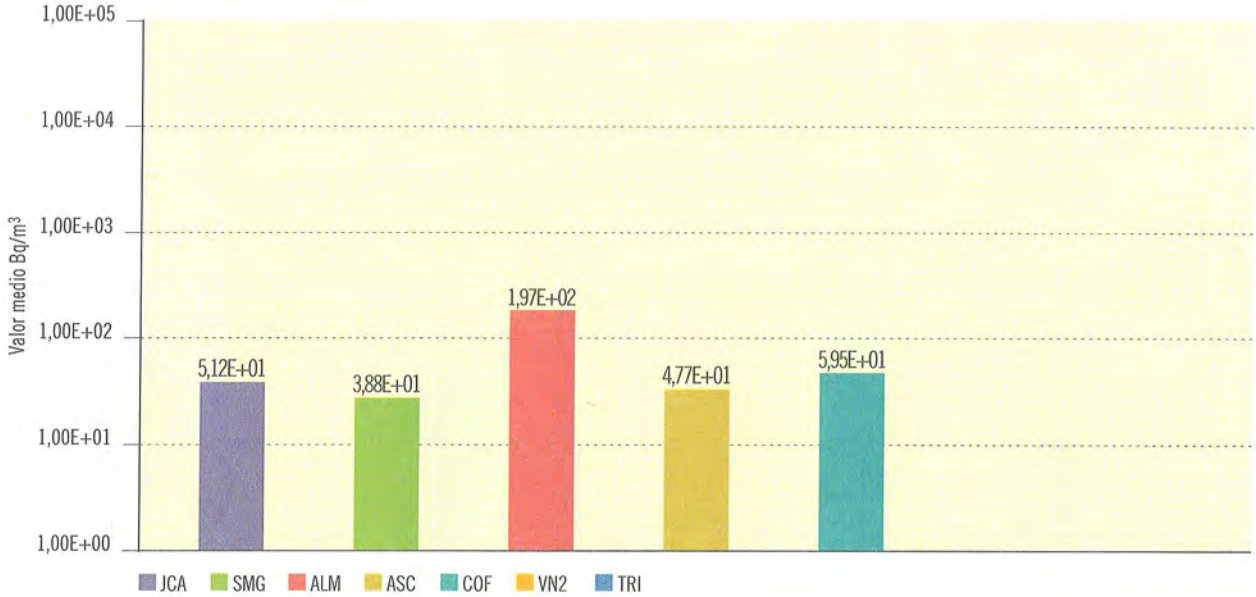


Figura 2.18b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6,30E+01	3,88E+01	3,72E+02	6,05E+01	5,95E+01		
Valor mínimo	3,98E+01	3,88E+01	5,21E+01	3,31E+01	5,95E+01		
Nº total de análisis	17	28	36	48	12	4	24
Nº de análisis > LID	3	1	23	19	1	0	0
Nº de análisis < LID	14	27	13	29	11	4	24

Figura 2.19a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

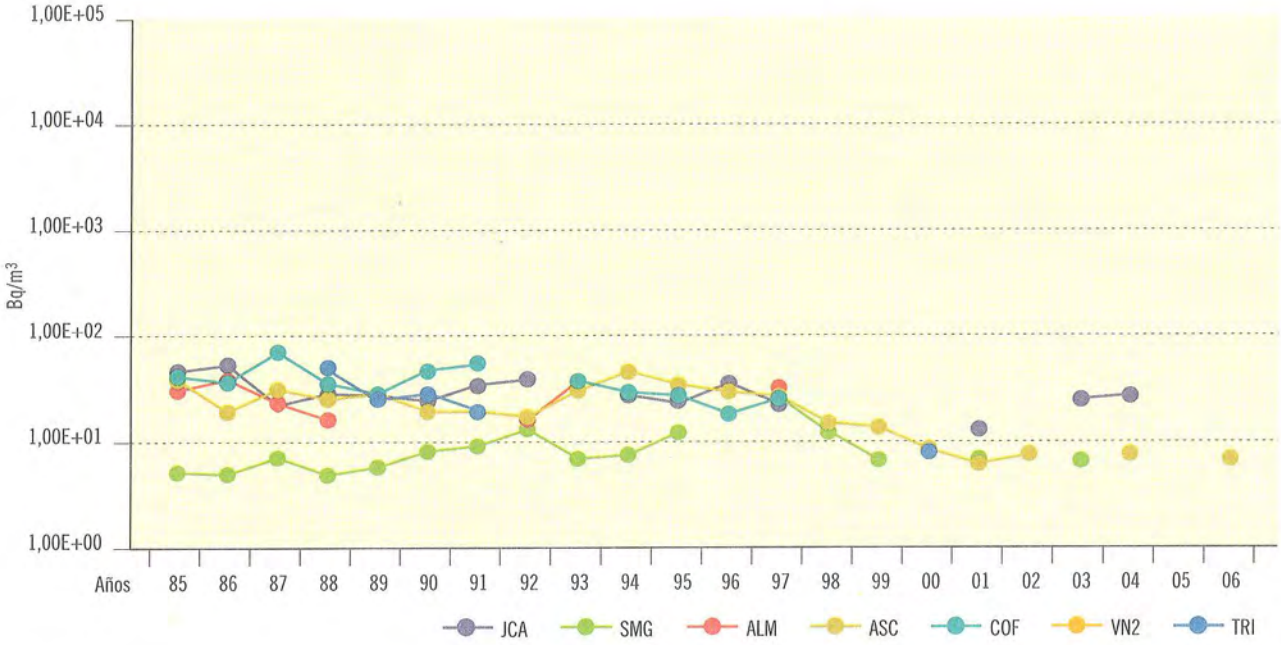
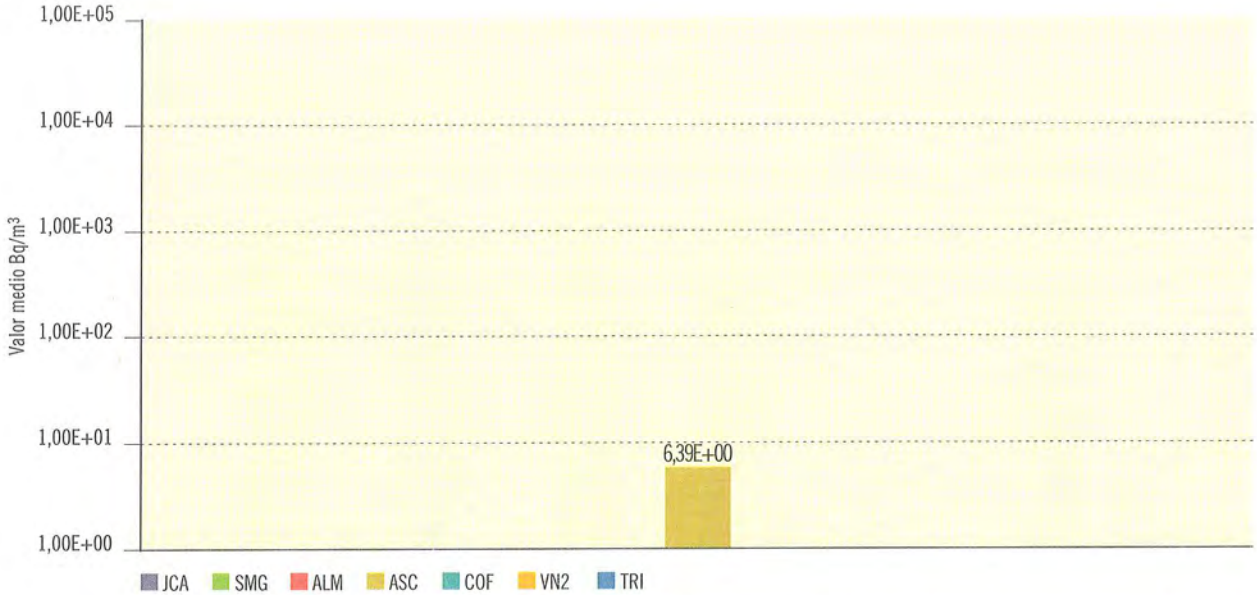


Figura 2.19b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				7,15E+00			
Valor mínimo				5,68E+00			
Nº total de análisis	16	28	12	16	12		24
Nº de análisis > LID	0	0	0	4	0		0
Nº de análisis < LID	16	28	12	12	12		24

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

Valores medios en la zona vigilada

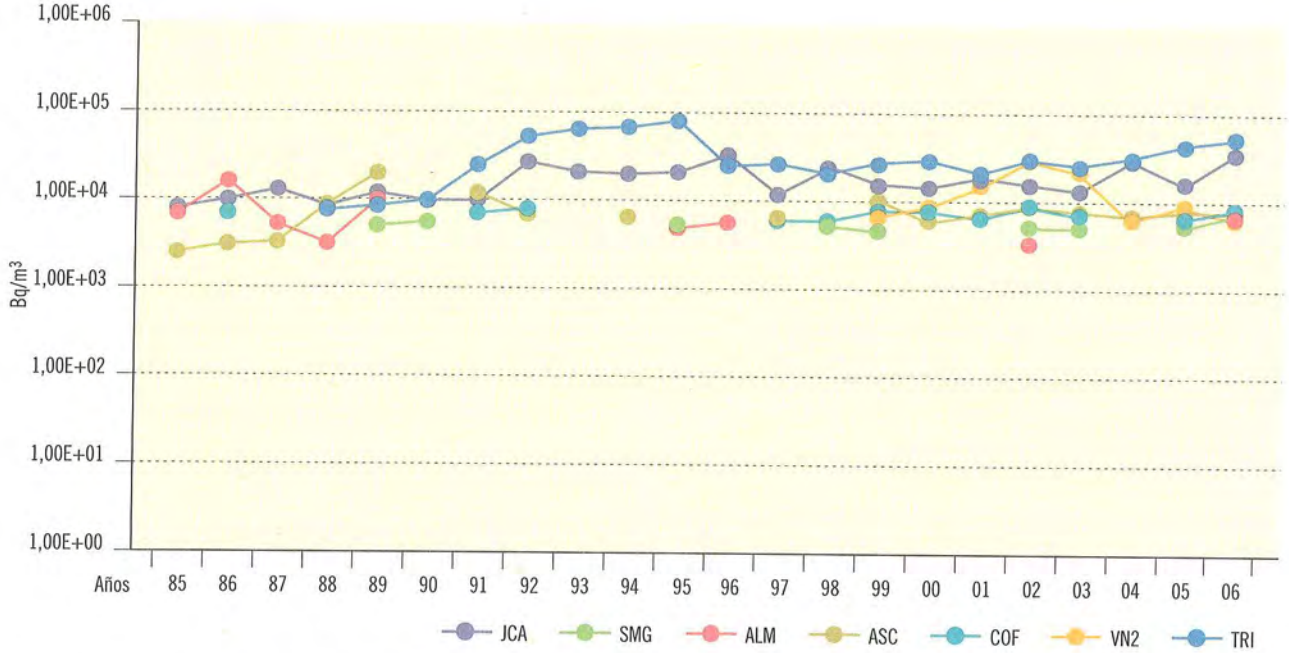
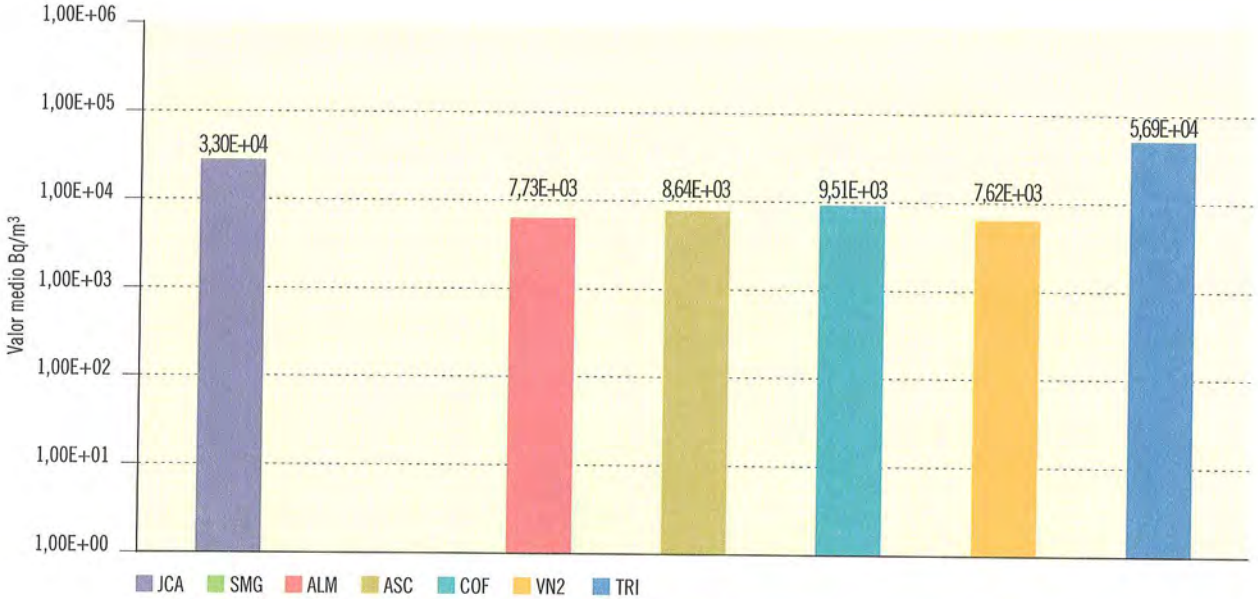


Figura 2.20b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,43E+04		8,81E+03	1,29E+03	1,41E+04	8,28E+03	7,40E+04
Valor mínimo	1,86E+04		5,98E+03	5,63E+03	7,10E+03	6,96E+03	1,73E+04
Nº total de análisis	17	28	12	16	12	4	24
Nº de análisis > LID	8	0	3	6	3	2	16
Nº de análisis < LID	9	28	9	10	9	2	8

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

Valores medios en la zona vigilada

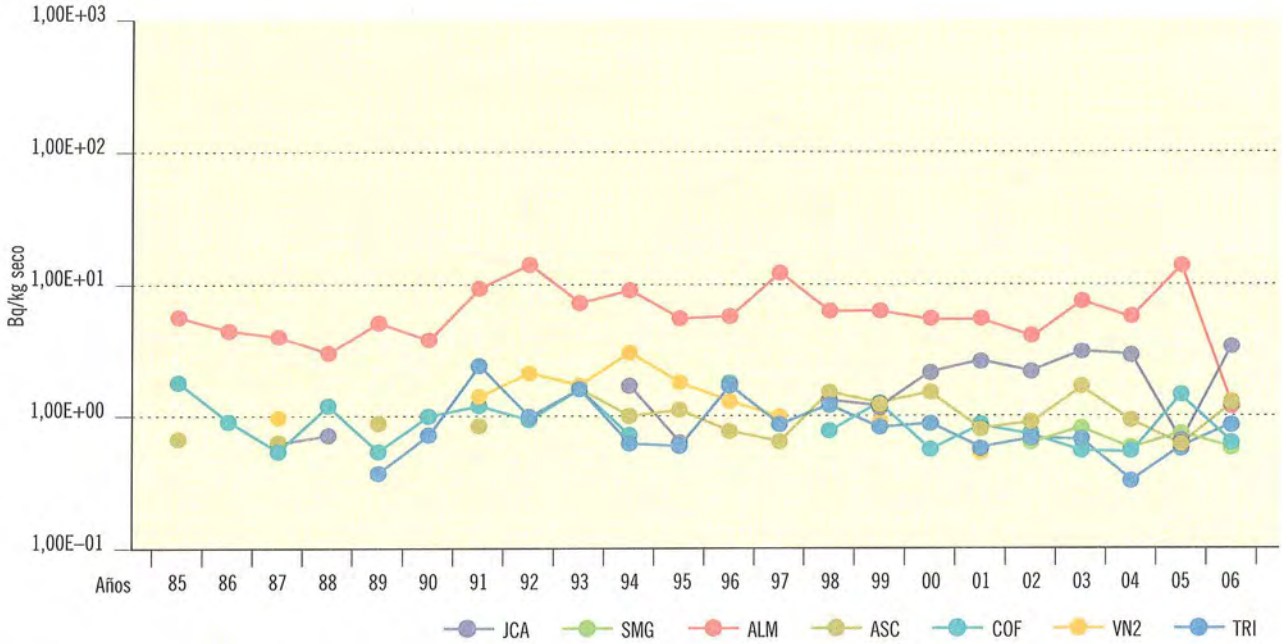
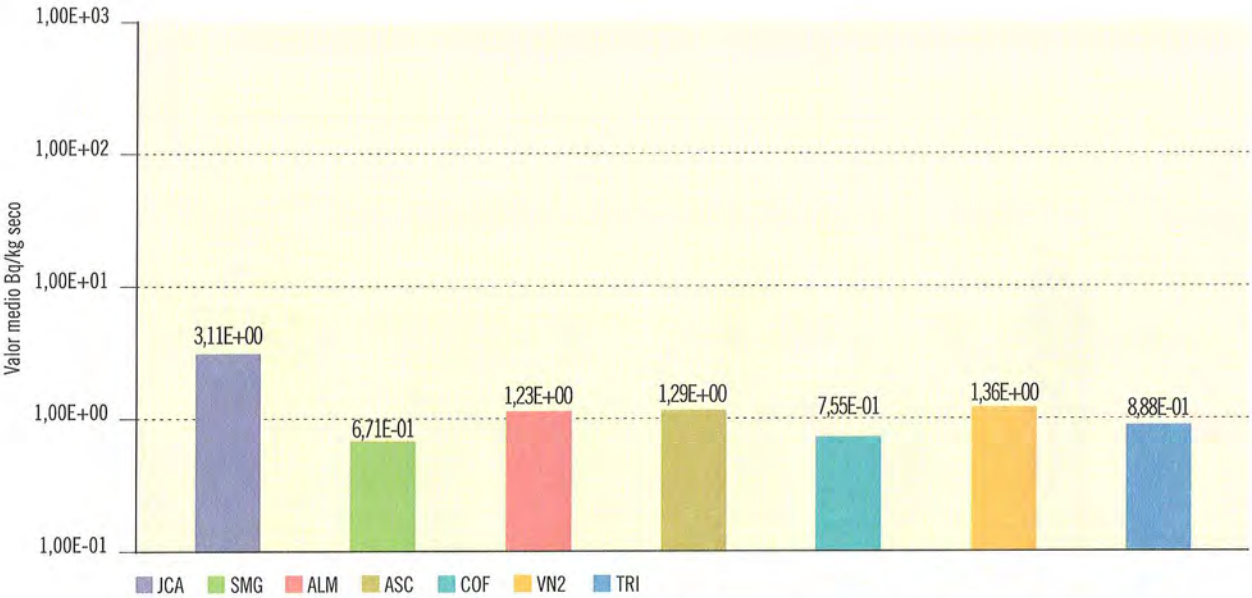


Figura 2.21b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,49E+00	7,51E-01	1,84E+00	3,63E+00	2,18E+00	1,36E+00	1,64E+00
Valor mínimo	2,51E+00	5,91E-01	5,16E-01	4,98E-01	3,10E-01	1,35E+00	4,69E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	6	2	9	7	10	2	6
Nº de análisis < LID	0	10	7	1	4	4	2

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

Valores medios en la zona vigilada

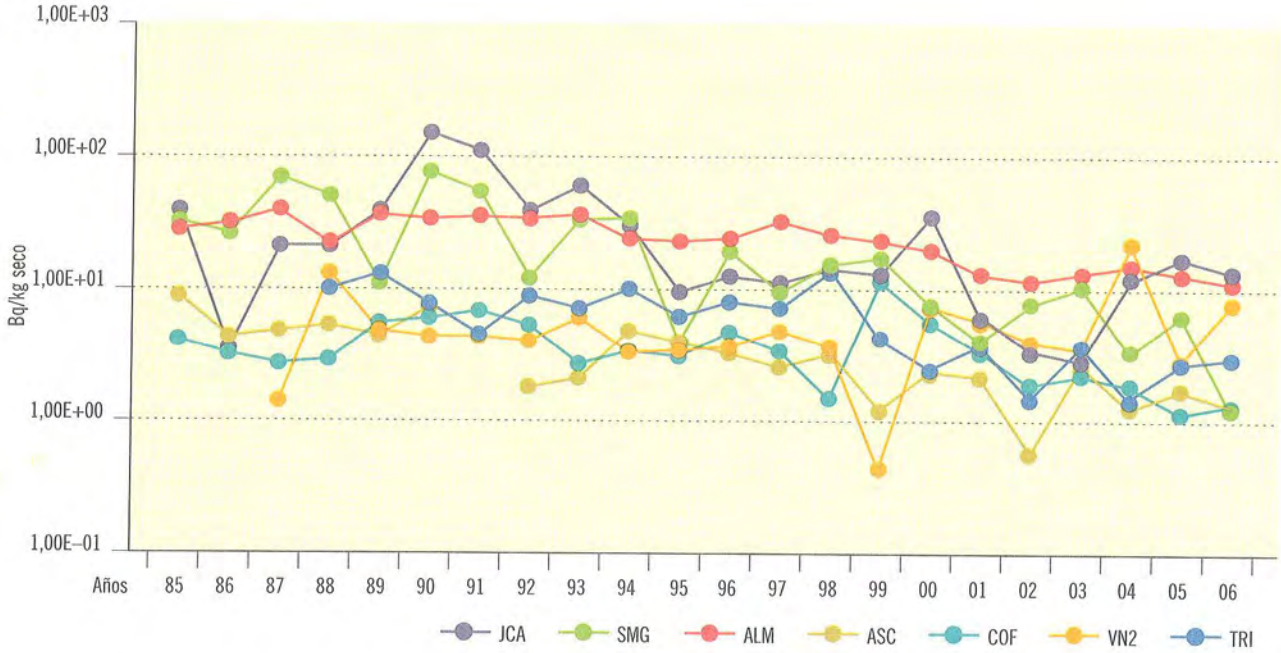
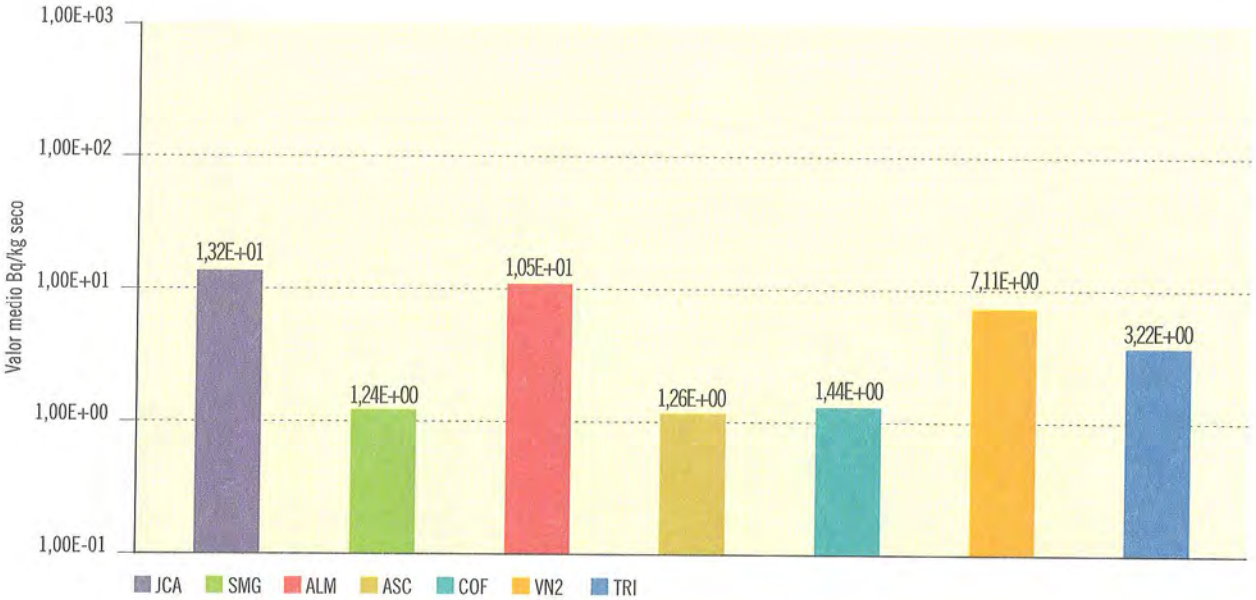


Figura 2.22b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,10E+01	2,07E+00	3,66E+01	2,11E+00	6,08E+00	1,76E+01	8,08E+00
Valor mínimo	8,62E-01	5,21E-01	1,87E+00	4,85E-01	2,75E-01	2,98E+00	1,01E+00
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	6	7	14	4	10	4	6
Nº de análisis < LID	0	5	2	4	4	2	2

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

Valores medios en la zona vigilada

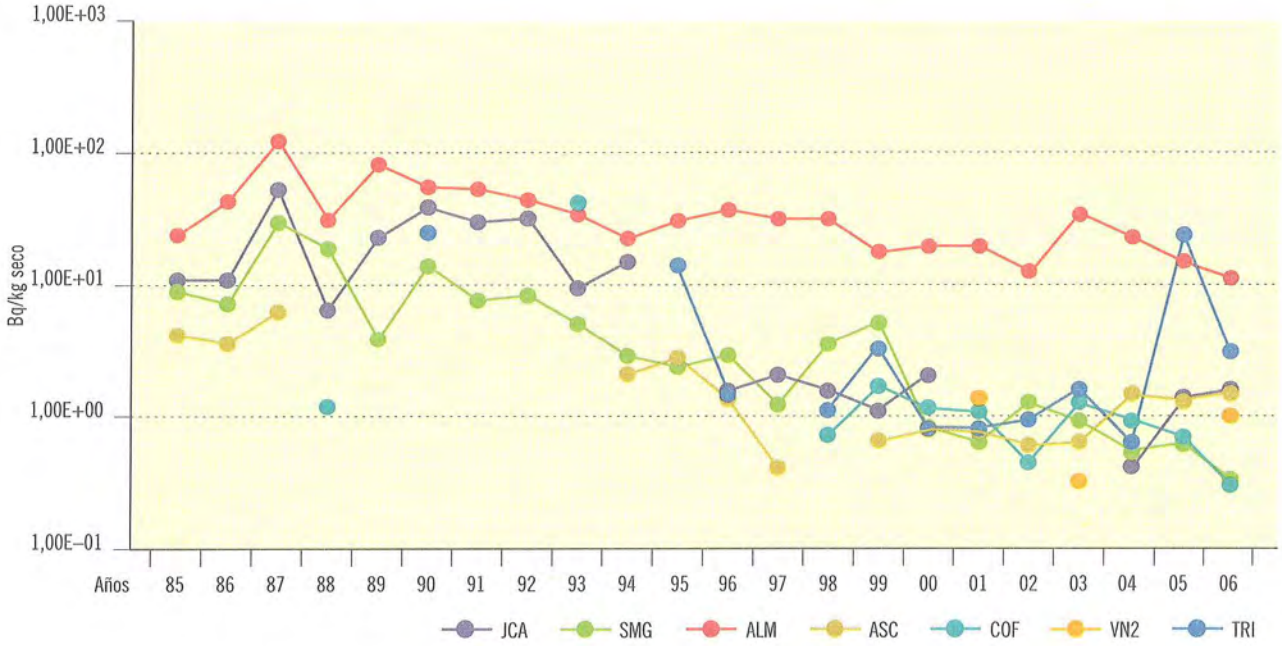
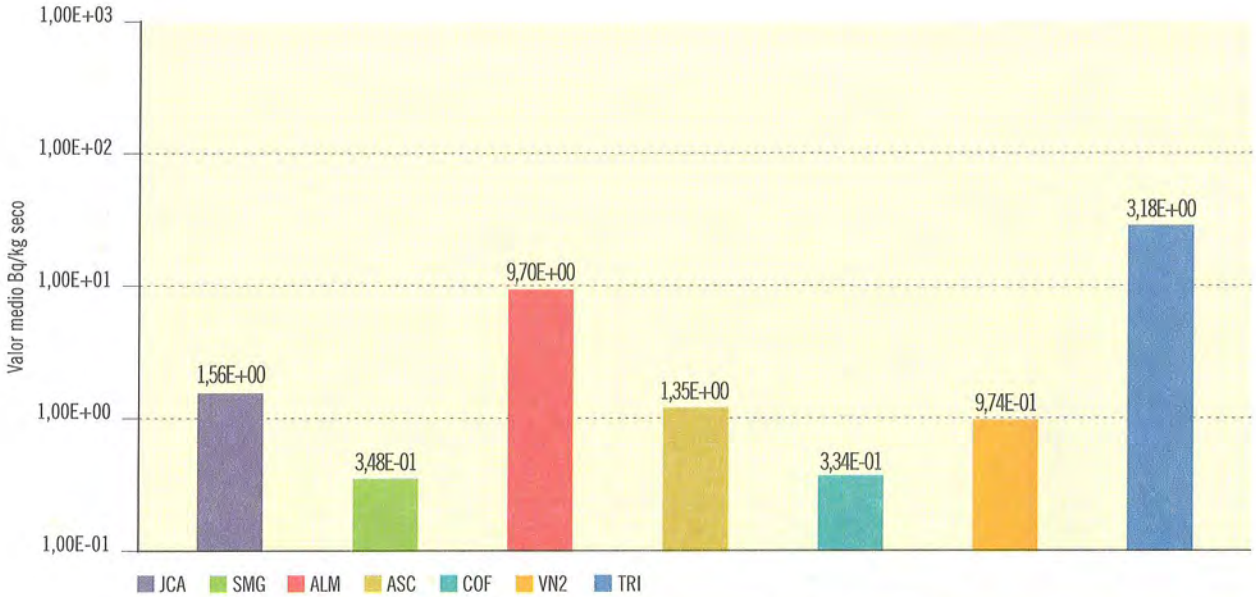


Figura 2.23b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,56E+00	3,48E-01	3,45E+01	2,39E+00	3,34E-01	9,74E-01	4,10E+00
Valor mínimo	1,56E+00	3,48E-01	9,37E-01	4,75E-01	3,34E-01	9,74E-01	1,48E+00
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	1	1	8	6	1	1	3
Nº de análisis < LID	5	11	8	2	13	5	5

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

Valores medios en la zona vigilada

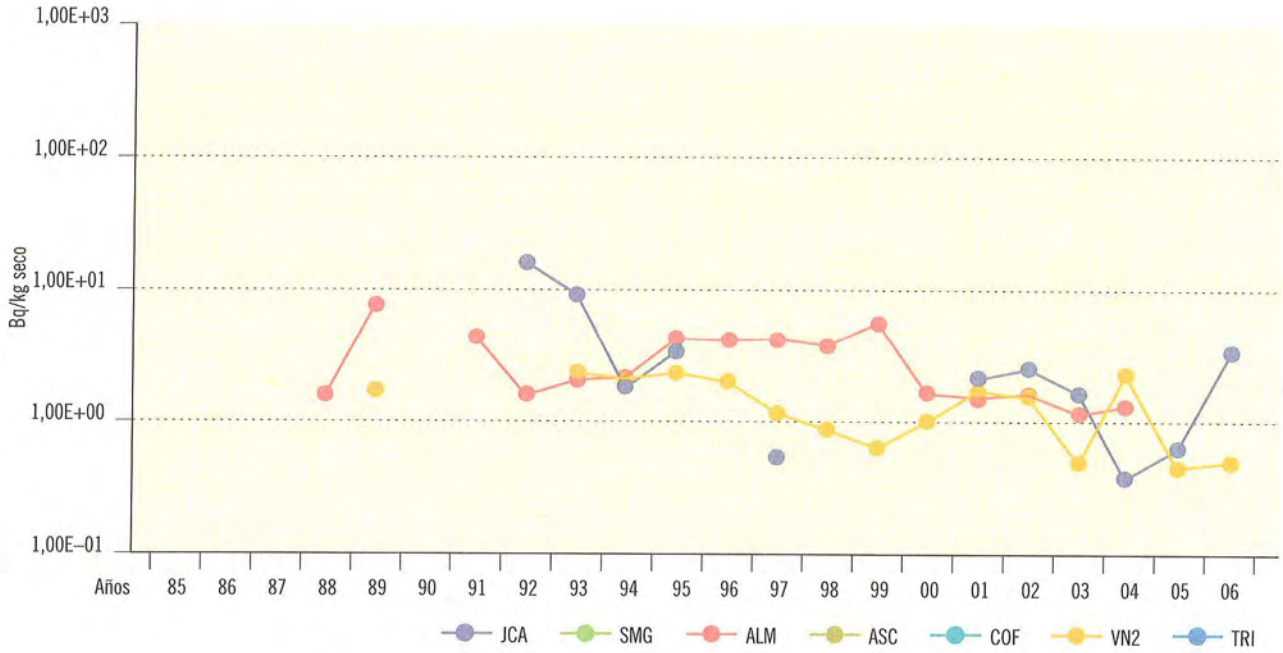
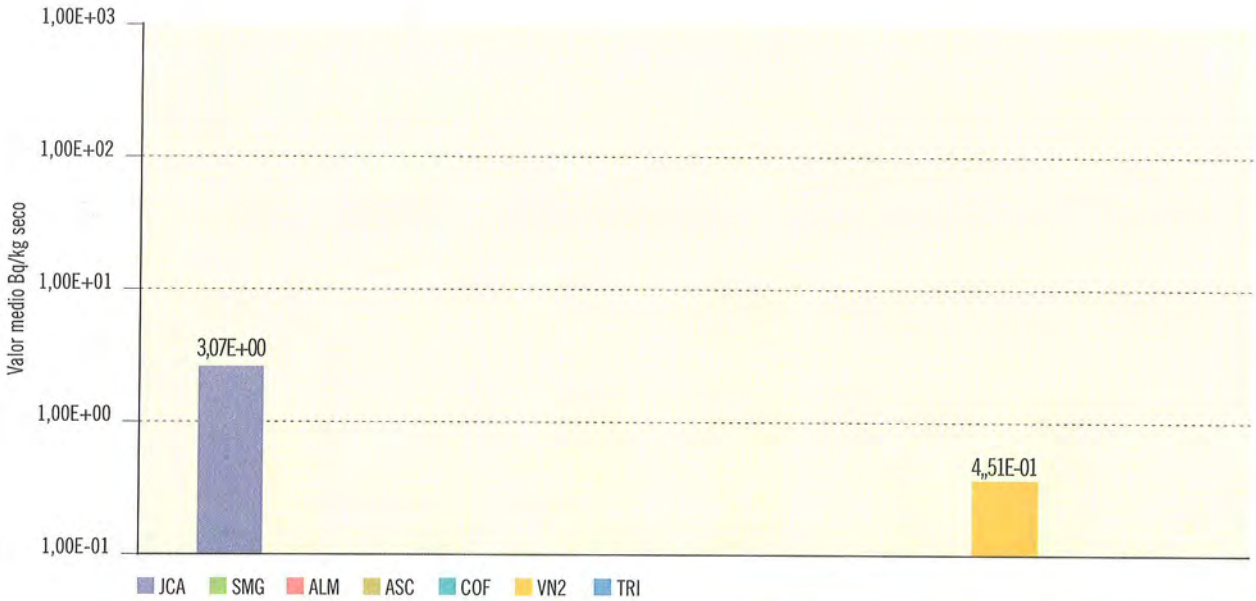


Figura 2.24b. Sedimentos de orilla. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,51E+00					7,69E-01	
Valor mínimo	1,62E+00					1,82E-01	
Nº total de análisis	2		4			12	2
Nº de análisis > LID	2		0			5	0
Nº de análisis < LID	0		4			7	2

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 2006, 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 2006 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), *Myriophyllum sp.* en Ascó (aguas arriba y aguas abajo), plantas acuáticas sin identificar en José Cabrera 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 y Cofrentes (aguas arriba y aguas abajo).

- Plantas terrestres. Muestras de retama en Almaraz (aguas arriba y aguas abajo) y de *Carex sp.* en Trillo.

- 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 2006 para las diferentes determinaciones realizadas confirman los resultados obtenidos en campañas anteriores. En las muestras de plantas acuáticas, plantas de orilla y musgos se aprecian diferencias cualitativas y a veces también cuantitativas entre las muestras recogidas aguas arriba o aguas abajo de los puntos de vertido de los efluentes.

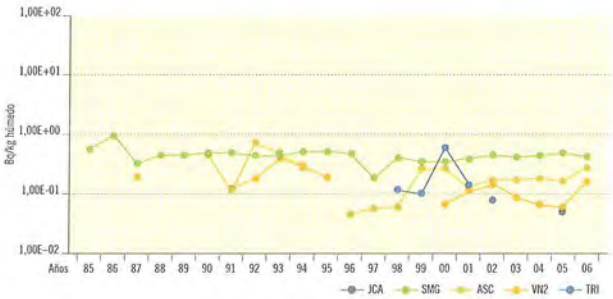
En el caso de los isótopos estroncio-90 y cesio-137, que provienen del poso radiactivo además de la aportación por el funcionamiento de la central, como ya se ha

mencionado en otros apartados, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del punto de vertido, con porcentajes próximos al 100% en todos los tipos de muestras para el estroncio-90, y más bajos y variables para el cesio-137.

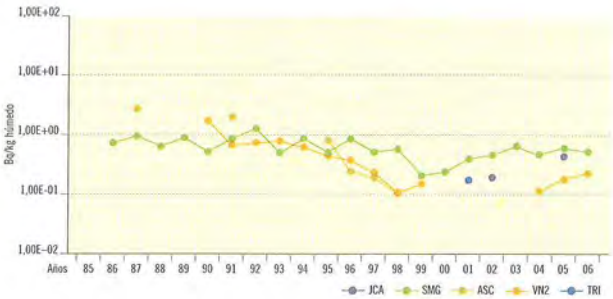
La detección de productos de activación como el cobalto-58, cobalto-60 y manganeso-54 y otros de fisión como la plata-110 metaestable se produce de forma esporádica y casi exclusivamente en muestras recogidas aguas abajo de la instalación, y así ha ocurrido también en esta campaña de 2006.

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

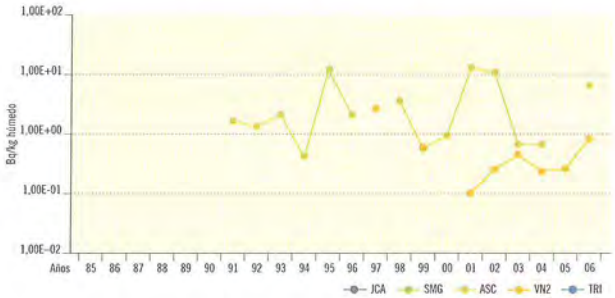
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



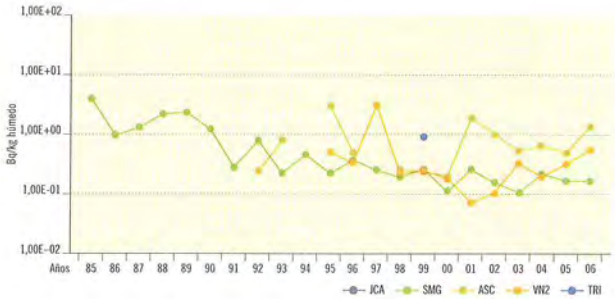
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



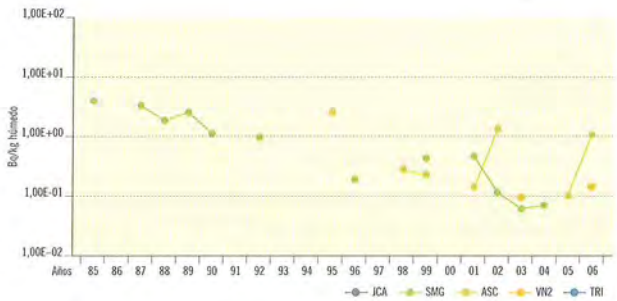
Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54



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

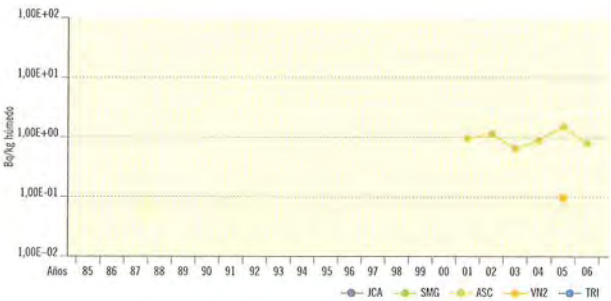
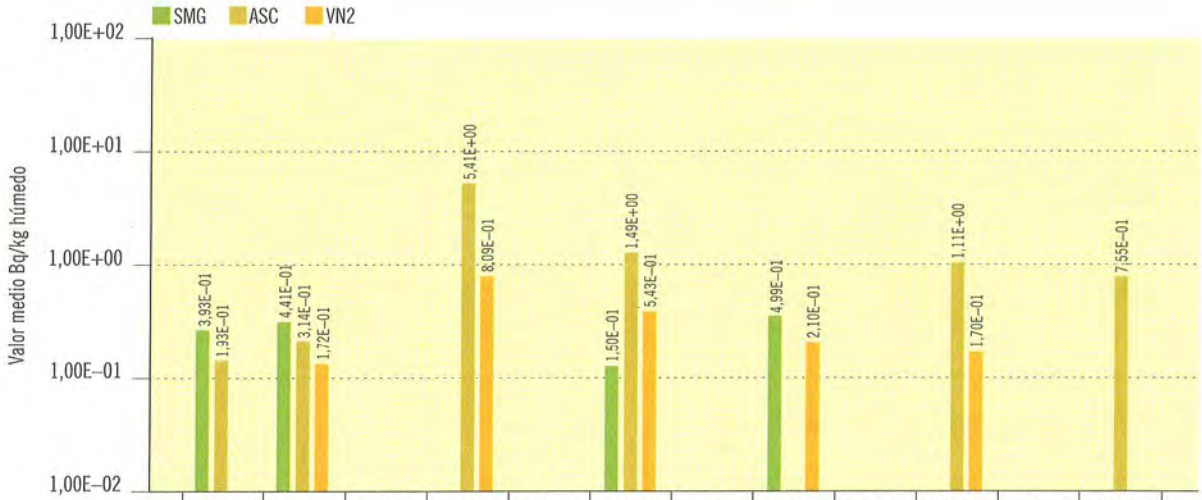


Figura 2.25b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006

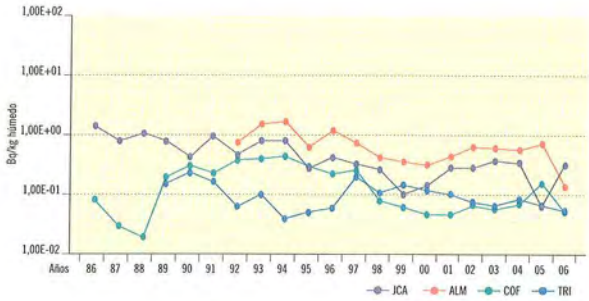


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-58 AR	Co-58 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB	Ag-110m AR	Ag-110m AB
SMG												
Valor máximo	4,86E-01	7,55E-01				1,77E-01		6,11E-01				
Valor mínimo	3,00E-01	1,88E-01				1,08E-01		3,22E-01				
ASC												
Valor máximo	2,30E-01	4,85E-01		2,02E+01		3,02E+00				2,13E+00		1,32E+00
Valor mínimo	1,55E-01	1,67E-01		1,02E-01		3,50E-01				9,04E-02		3,43E-01
VN2												
Valor máximo		2,40E-01		3,12E+00		7,63E-01		2,23E-01		2,21E-01		
Valor mínimo		7,24E-02		2,18E-01		3,04E-01		2,00E-01		1,36E-01		
Nº total análisis	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	1	7
Nº análisis>LID	4	14	0	10	0	14	0	6	0	6	0	4
Nº análisis<LID	0	2	4	6	4	2	4	10	4	10	1	3

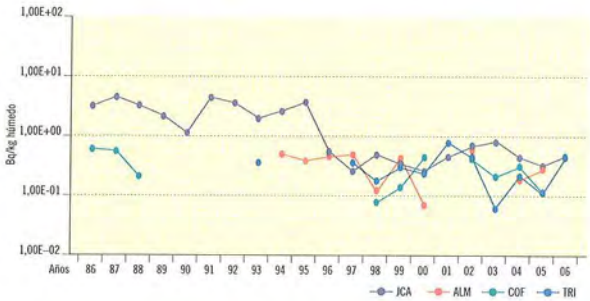
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.26a. Plantas de orilla. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

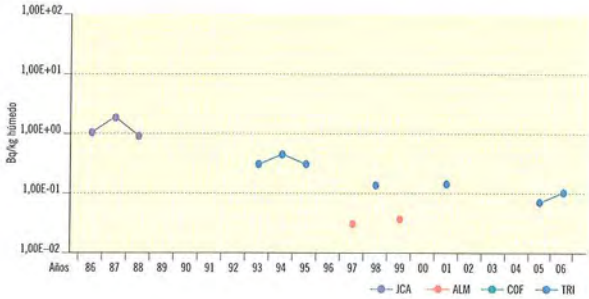
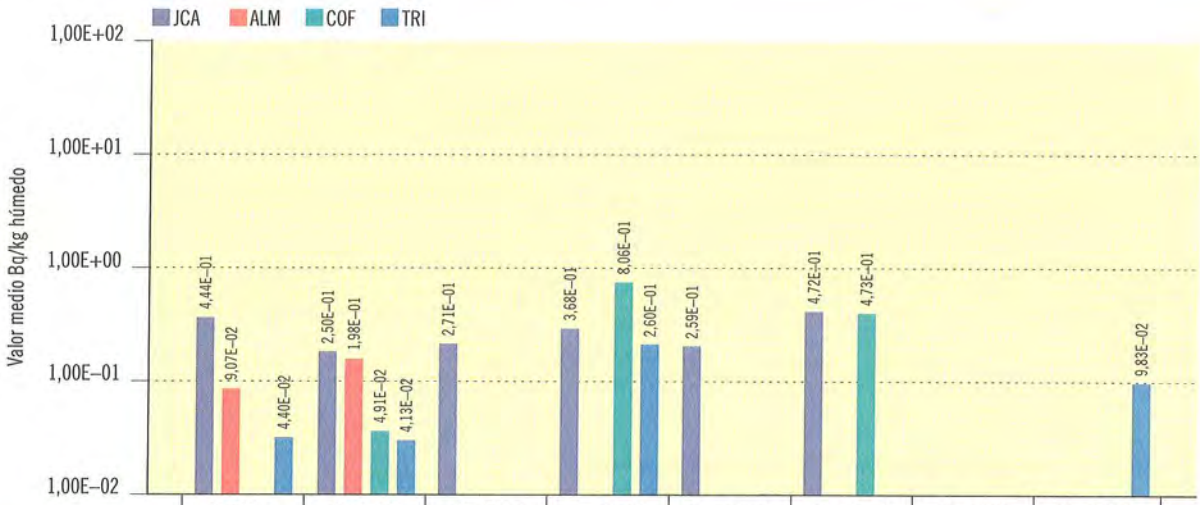


Figura 2.26b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006

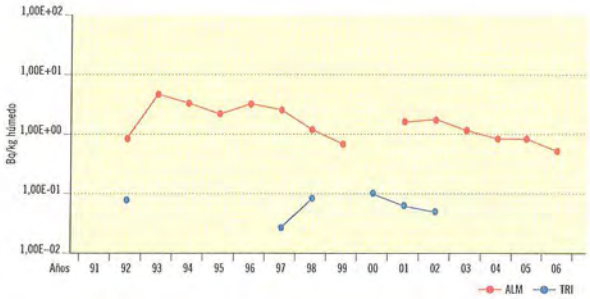


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB
JCA								
Valor máximo	6,55E-01	5,78E-01	2,71E-01	8,17E-01	4,92E-01	8,19E-01		
Valor mínimo	3,08E-01	7,09E-02	2,71E-01	6,35E-02	9,46E-02	1,50E-01		
ALM								
Valor máximo	1,37E-01	3,34E-01						
Valor mínimo	5,68E-02	6,69E-02						
COF								
Valor máximo		9,46E-02		8,06E-01		9,31E-01		
Valor mínimo		2,55E-02		8,06E-01		1,77E-01		
TRI								
Valor máximo	6,39E-02	4,61E-02		3,60E-01				1,05E-01
Valor mínimo	2,41E-02	3,35E-02		1,97E-01				9,16E-02
Nº total análisis	12	26	12	26	12	26	12	26
Nº análisis>LID	10	23	1	9	4	14	0	2
Nº análisis<LID	2	3	11	17	8	12	12	24

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

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

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

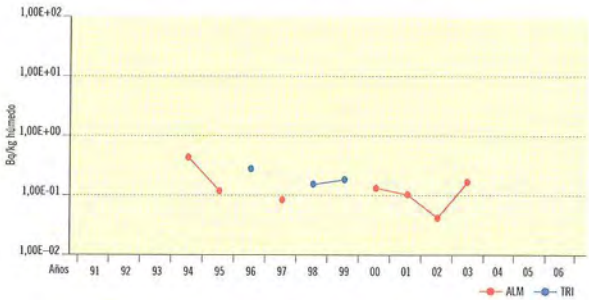
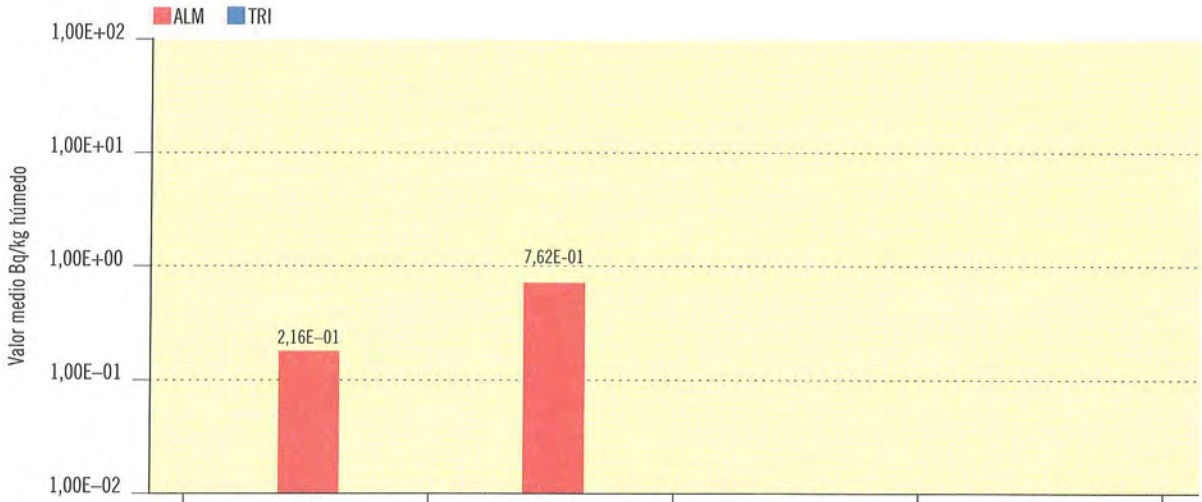


Figura 2.27b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006

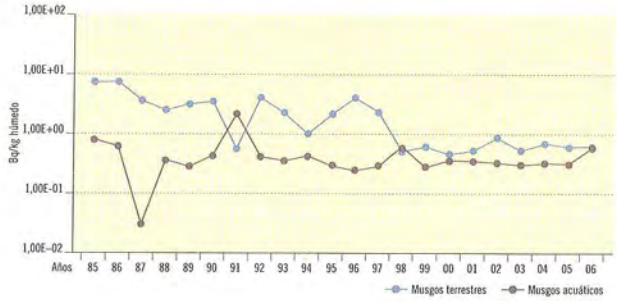


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
ALM				
Valor máximo	3,09E-01	7,66E-01		
Valor mínimo	1,22E-01	7,57E-01		
TRI				
Valor máximo				
Valor mínimo				
Nº total análisis	2	2	2	2
Nº análisis>LID	2	2	0	0
Nº análisis<LID	0	0	2	2

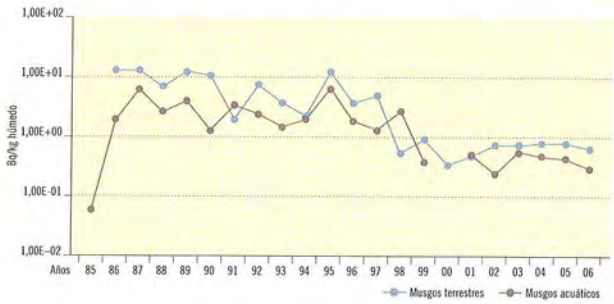
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.28a. 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

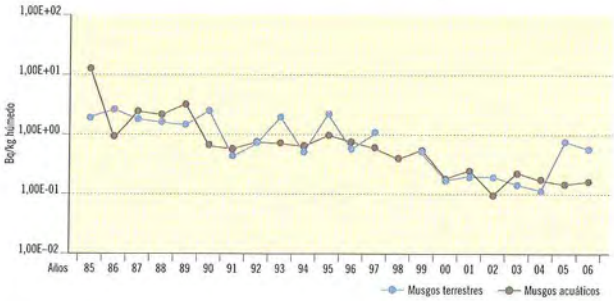
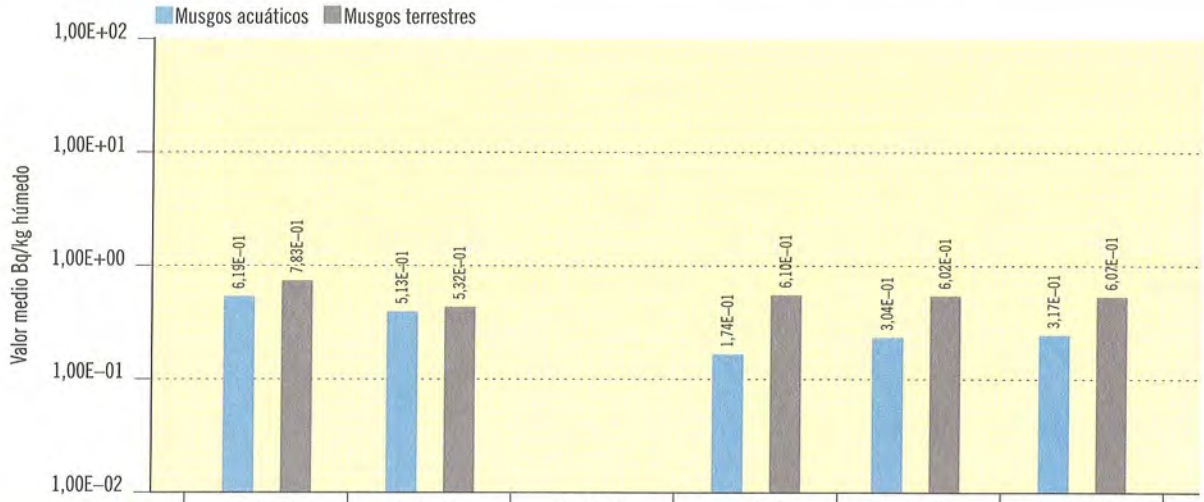


Figura 2.28b. Musgos. Central nuclear Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006



	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
Musgos acuáticos						
Valor máximo	6,19E-01	6,02E-01		1,74E-01	3,04E-01	3,37E-01
Valor mínimo	6,19E-01	4,24E-01		1,74E-01	3,04E-01	2,96E-01
Musgos terrestres						
Valor máximo	8,28E-01	1,10E+00		6,91E-01	7,38E-01	8,94E-01
Valor mínimo	7,37E-01	2,17E-01		5,29E-01	4,66E-01	2,53E-01
Nº total análisis	3	8	3	8	3	8
Nº análisis>LID	3	8	0	3	3	6
Nº análisis<LID	0	0	3	5	0	2

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

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

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

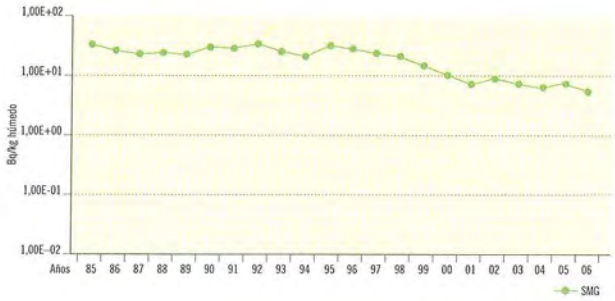
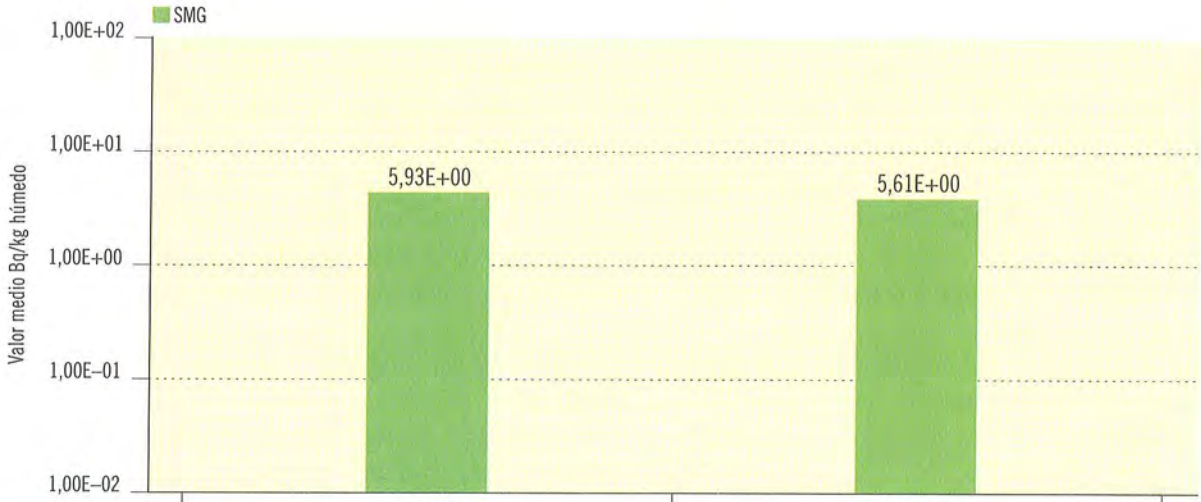


Figura 2.29b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006



	Sr-90 AR	Sr-90 AB
SMG		
Valor máximo	9,25E+00	1,08E+01
Valor mínimo	2,25E+00	1,92E+00
Nº total análisis	4	12
Nº análisis>LID	4	12
Nº análisis<LID	0	0

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

1.2.6. Alimentos

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

El tipo de alimentos considerados en los PVRA es muy variado y está relacionado con los usos de la tierra en el entorno de cada instalación. Los resultados obtenidos en 2006 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. En la campaña del año 2006 todos los valores de I-131 en leche han resultado ser inferiores al LID.

Sr-90. Es detectado en casi todas las muestras de leche de todos los programas. Los valores de concentración de actividad se mantienen muy parecidos a lo largo de los distintos periodos en cada una de las instalaciones y así ha sido también en la campaña de 2006. No se aprecien diferencias significativas entre los valores obtenidos en las estaciones de seguimiento y las testigo. Los niveles relativamente más elevados de estroncio-90 en leche se obtienen sistemáticamente en muestras recogidas en el entorno de la central de Almaraz, en consonancia con lo observado en las muestras de suelo. En relación con el tipo de leche, la leche de cabra mantiene niveles de actividad de estroncio-90 ligeramente más elevados.

Espectrometría gamma. El cesio-137 es el radionucleido de origen artificial que se observa ocasionalmente con valores superiores al LID en muestras de leche. Las proporciones de detección oscilan este año 2006 entre el 4% de las muestras de Trillo y el 18% de las muestras de José Cabrera. En los programas de Ascó, Cofrentes, Garoña y Vandellós II no se ha detectado la presencia de ningún emisor gamma en las muestras de leche vigiladas durante el año 2006.

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, detectándose valores tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento, excepto en las muestras de Vandellós II, donde la recogida de muestras de cultivo de hoja ancha se incluyó por primera vez en la campaña del año 2005 y de momento no se ha detectado actividad por encima del LID.

Los valores medios obtenidos en 2006 en el resto de los emplazamientos presentan un rango de variación similar al observado en las campañas anteriores.

Espectrometría gamma. Todos los valores obtenidos para los diferentes isótopos de origen artificial son habitualmente inferiores al LID excepto el cesio-137 que se observa ocasionalmente con valores superiores al mismo. En 2006 también éstos son inferiores al LID.

I-131. Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica y no se ha obtenido ningún valor por encima del LID en muestreos de 2006.

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, recogiéndose 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 la observada en el otro grupo de vegetales considerado, siendo siempre menor la proporción de muestras en que se detecta actividad, hecho que puede ser atribuido al resultado de la resuspensión del estroncio-90 contenido en el suelo sobre las superficies vegetales de hoja ancha.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2006 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 2006 se ha detectado cesio-137 exclusivamente en una muestra de cebada recogida durante el mes de septiembre, analizada por la central de José Cabrera y con un valor próximo al LID y varios órdenes de magnitud por debajo del nivel de notificación fijado por el CSN.

Carnes y huevos

Se agrupan carne de vaca, cordero, cerdo, jabalí, conejo y 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, siendo el cesio-137 el único isótopo de origen artificial para el que excepcionalmente se obtienen valores superiores al LID en un pequeño porcentaje de las muestras analizadas.

En la campaña de 2006 sólo se ha obtenido cesio-137 en un 14% en las muestras analizadas en la central nuclear de Almaraz. 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. A lo largo del desarrollo del PVRA sólo se han obtenido valores superiores al LID para radionucleidos de origen artificial en seis ocasiones y siempre correspondientes a cesio-137. En la campaña de 2006 no se obtiene ningún valor superior al LID.

Peces y mariscos

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales; en el caso de la central de 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). 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 2006 solamente se ha detectado cesio-137. Está presente en todas las muestras de peces de José Cabrera y en dos muestras de Trillo. No se detectan isótopos de origen artificial en las muestras de mariscos recogidas en Vandellós II.

Figura 2.30a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

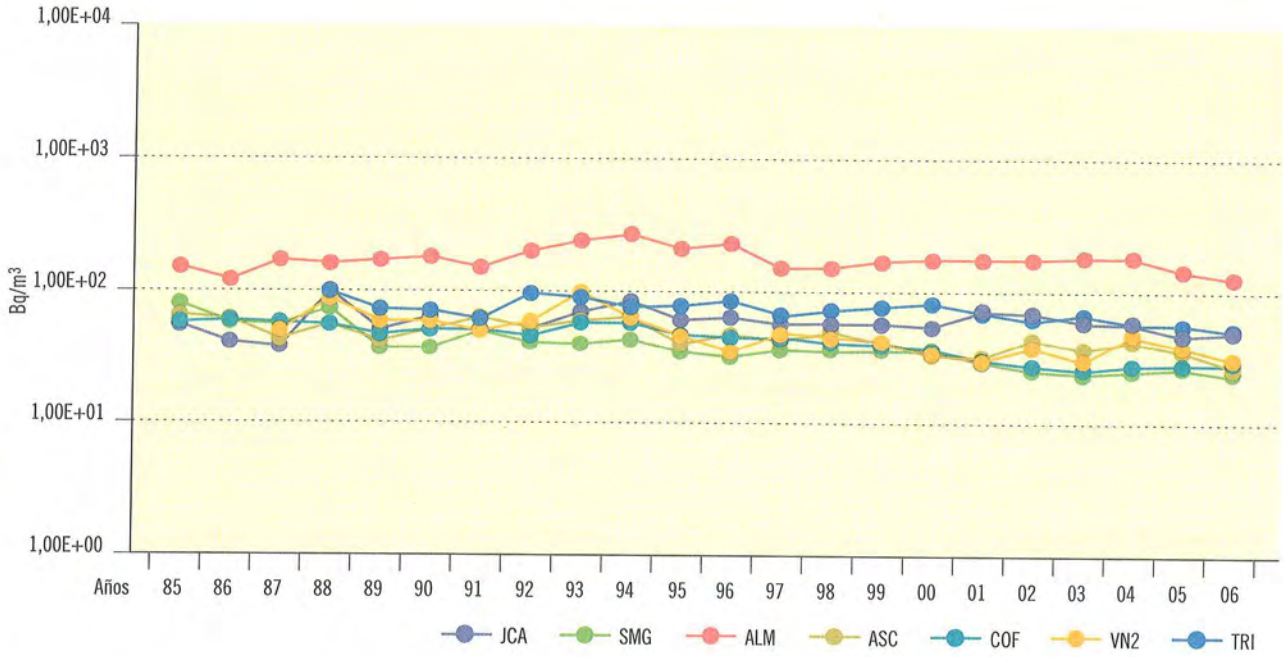
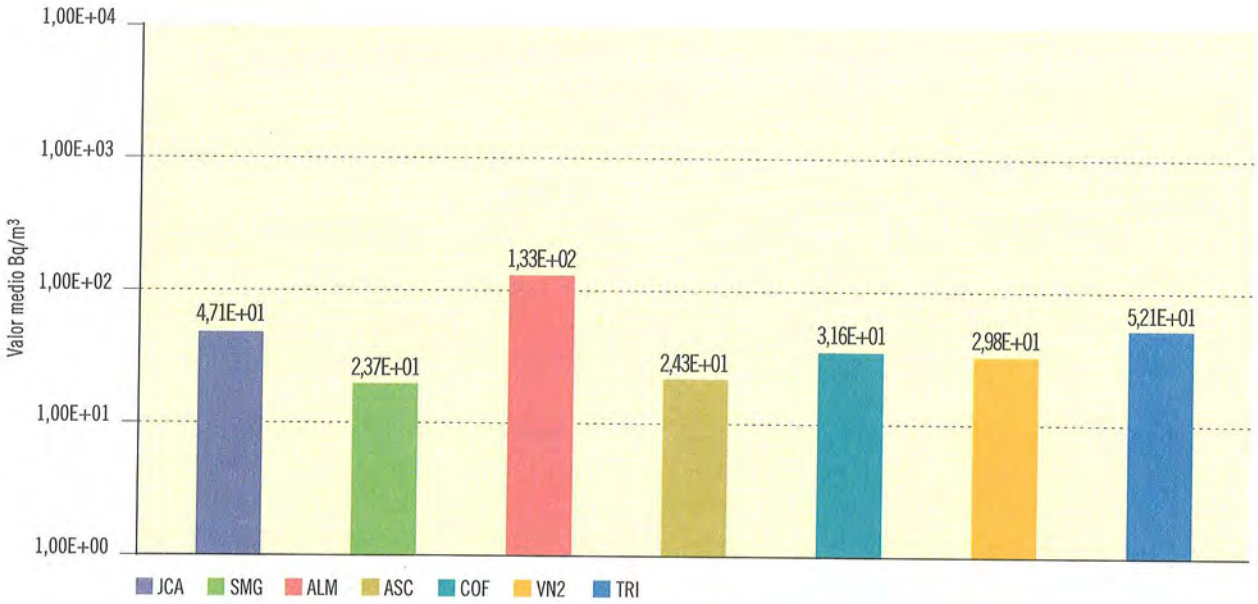


Figura 2.30b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6,60E+01	4,47E+01	8,35E+02	3,21E+01	4,94E+01	6,40E+01	1,19E+02
Valor mínimo	3,07E+01	1,28E+01	1,38E+01	1,58E+01	2,13E+01	1,05E+01	1,69E+01
Nº total de análisis	72	48	103	24	27	36	53
Nº de análisis > LID	72	36	99	18	27	29	52
Nº de análisis < LID	0	12	4	6	0	7	1

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

Valores medios en la zona vigilada

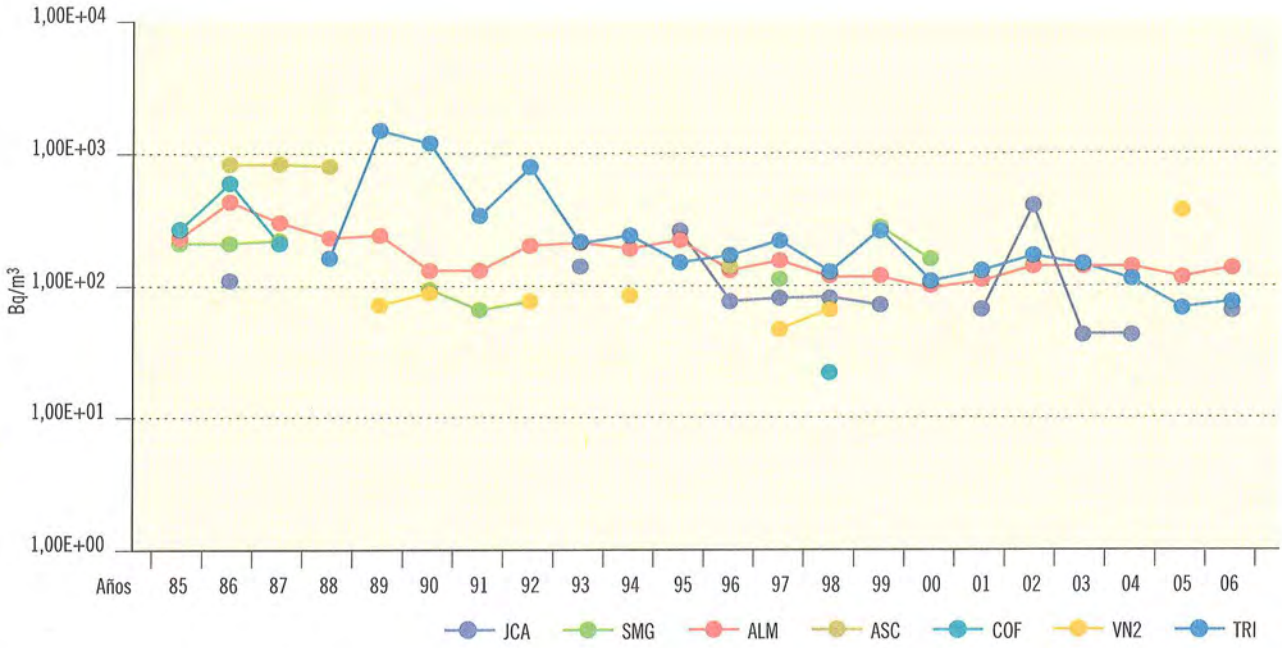
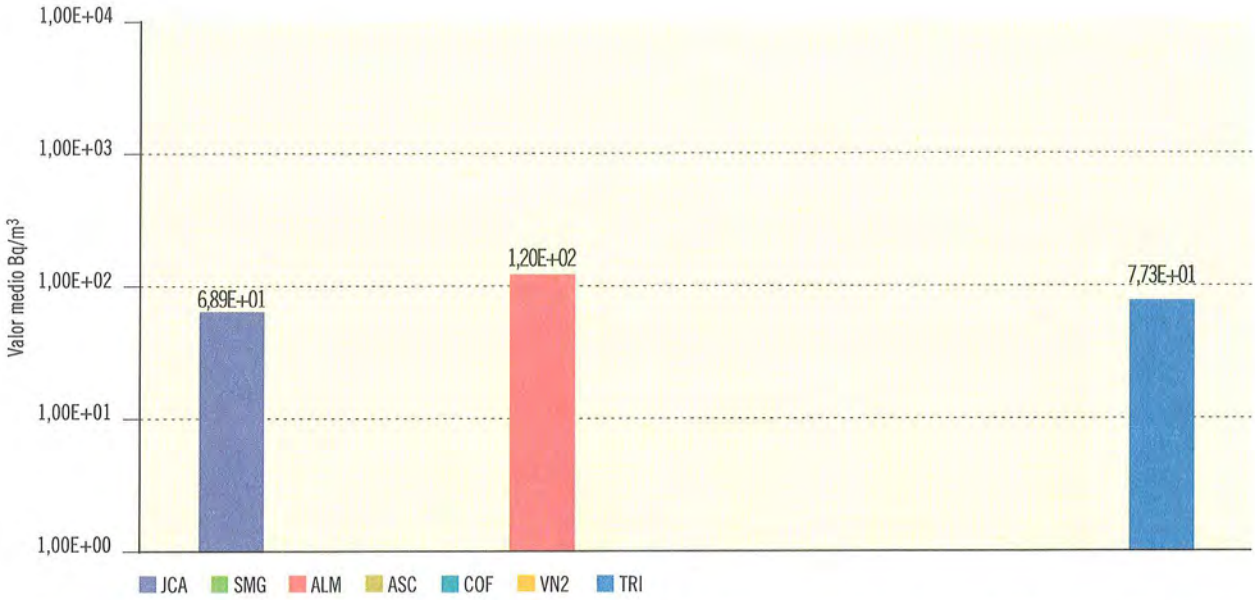


Figura 2.31b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,65E+01		3,06E+02				8,28E+01
Valor mínimo	4,73E+01		6,00E+01				7,17E+01
Nº total de análisis	72	48	103	24	27	36	53
Nº de análisis > LID	13	0	17	0	0	0	2
Nº de análisis < LID	59	48	86	24	27	36	51

Figura 2.32a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

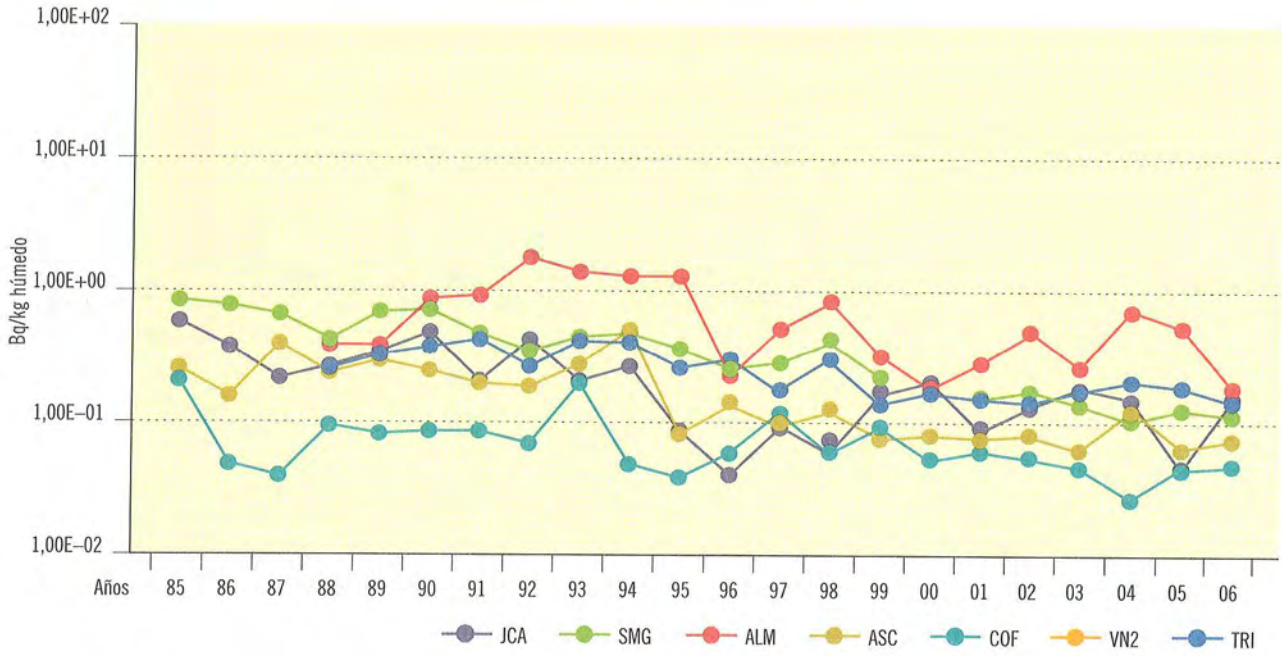
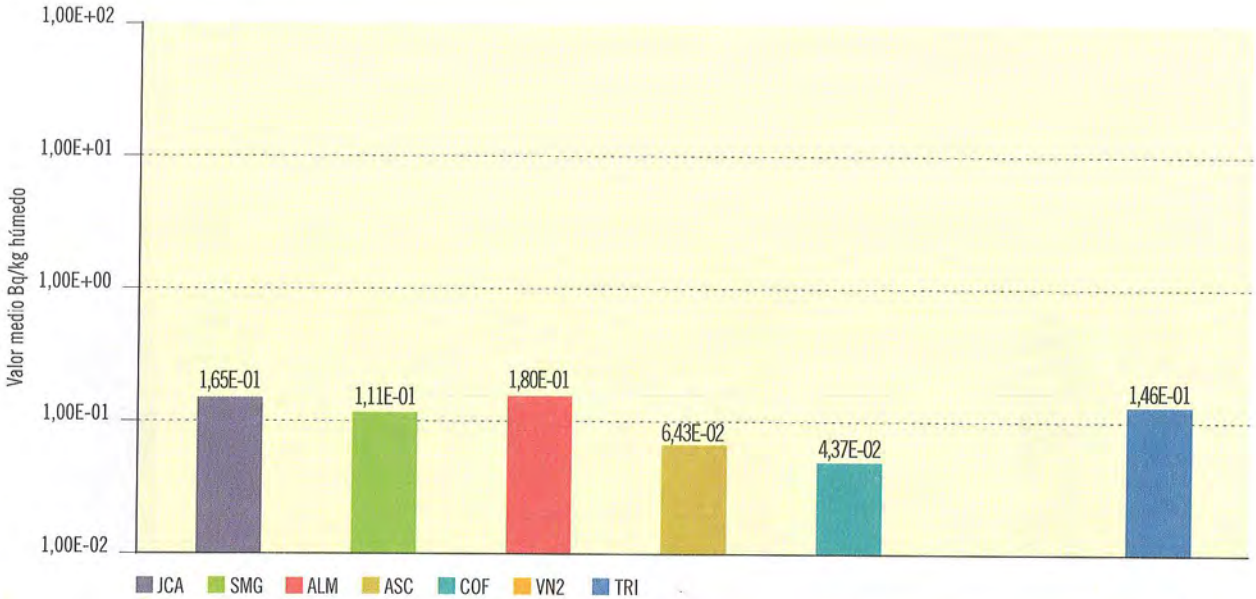


Figura 2.32b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,46E-01	2,92E-01	3,93E-01	1,15E-01	4,90E-02		2,60E-01
Valor mínimo	8,80E-02	4,78E-02	6,29E-02	1,63E-02	3,83E-02		5,69E-02
Nº total de análisis	5	16	9	10	4	2	8
Nº de análisis > LID	5	16	9	7	2	0	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	3	2	2	0

Figura 2.33a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

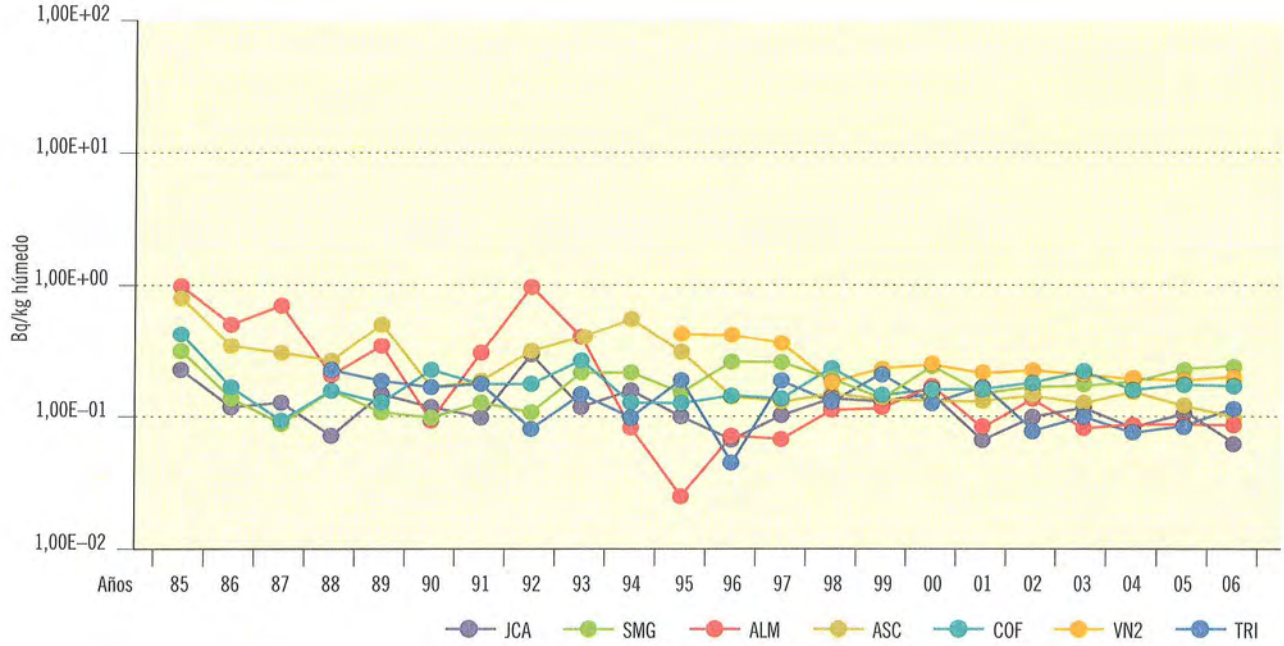


Figura 2.33b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,21E-01	5,15E-01	3,30E-01	3,68E-01	6,56E-01	4,08E-01	2,73E-01
Valor mínimo	1,17E-02	1,03E-01	1,63E-02	1,50E-02	2,63E-02	4,27E-02	1,85E-02
Nº total de análisis	19	19	14	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	19	10	12	11	13	8	8
Nº de análisis < LID	0	9	2	8	3	0	4

Figura 2.34a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

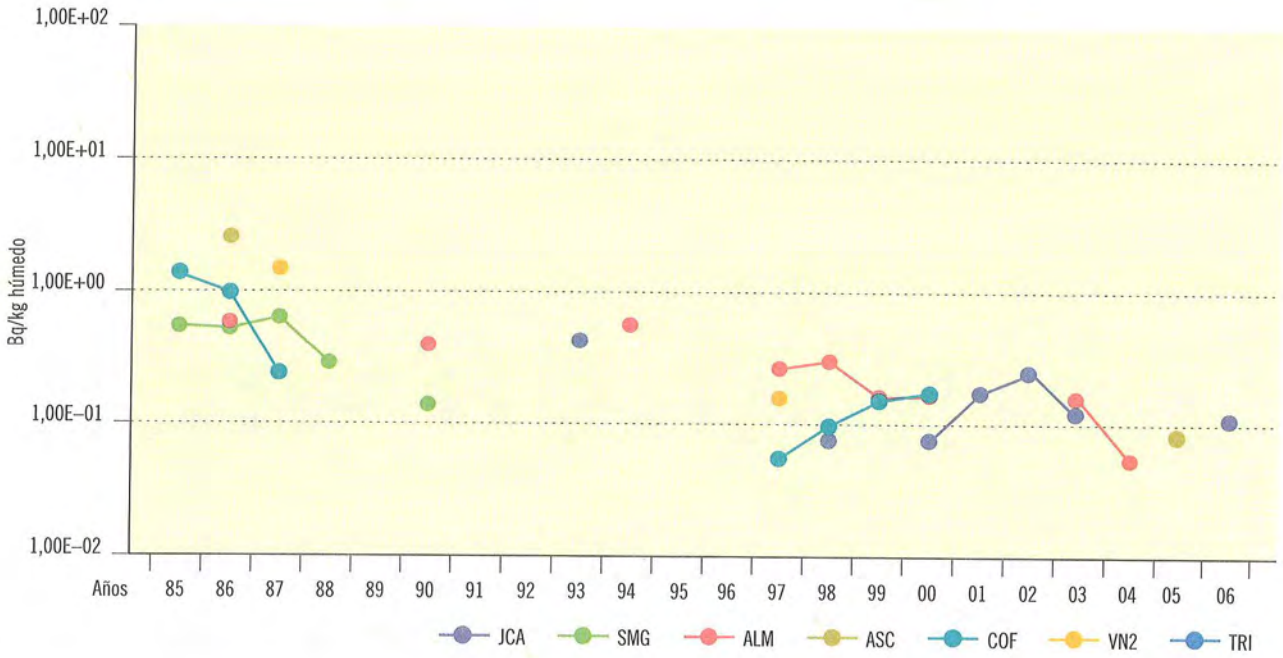
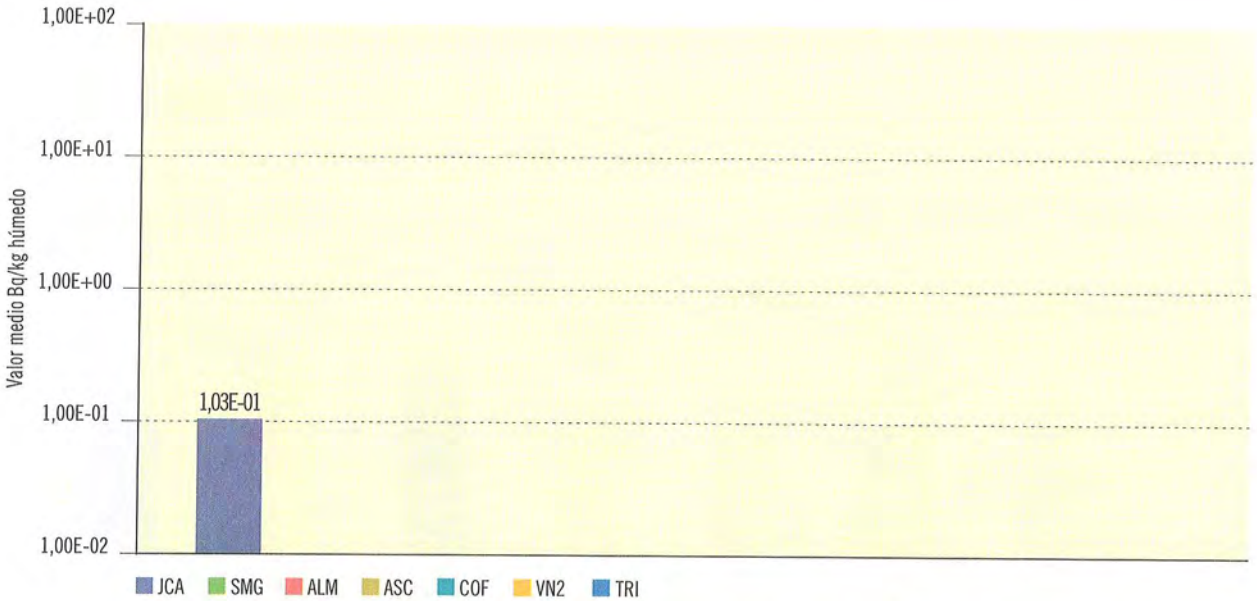


Figura 2.34b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,03E-01						
Valor mínimo	1,03E-01						
Nº total de análisis	19	19	14	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	1	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	18	19	14	19	16	8	12

Figura 2.35a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

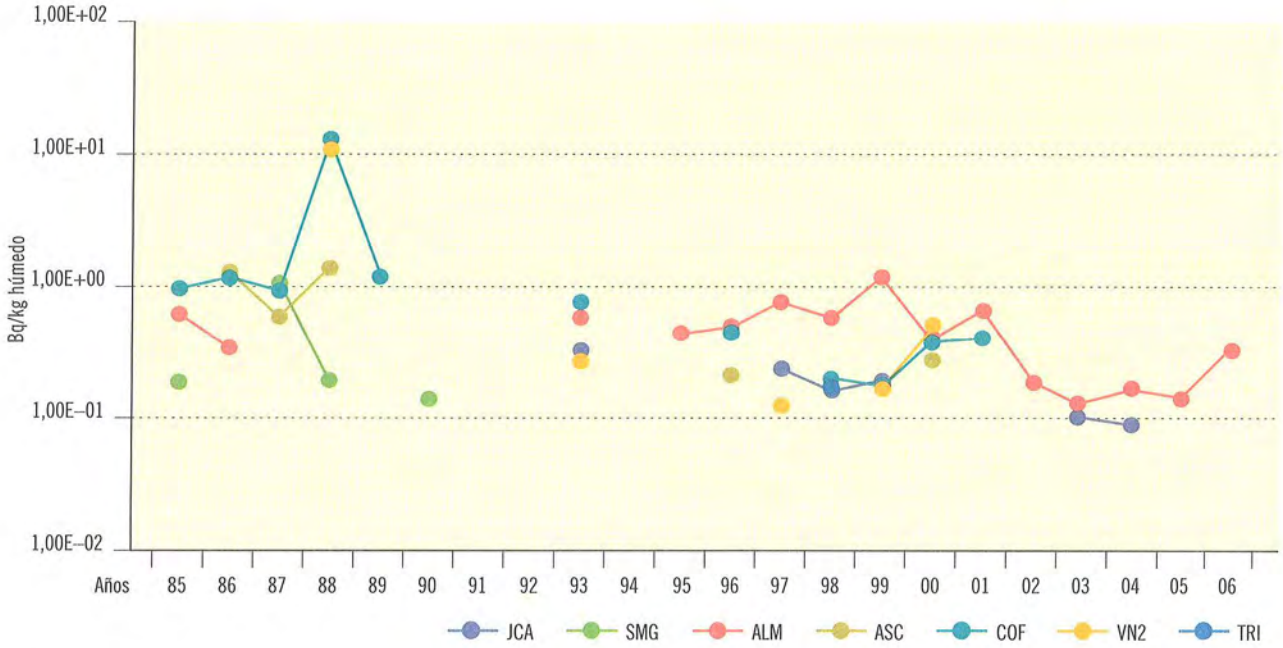
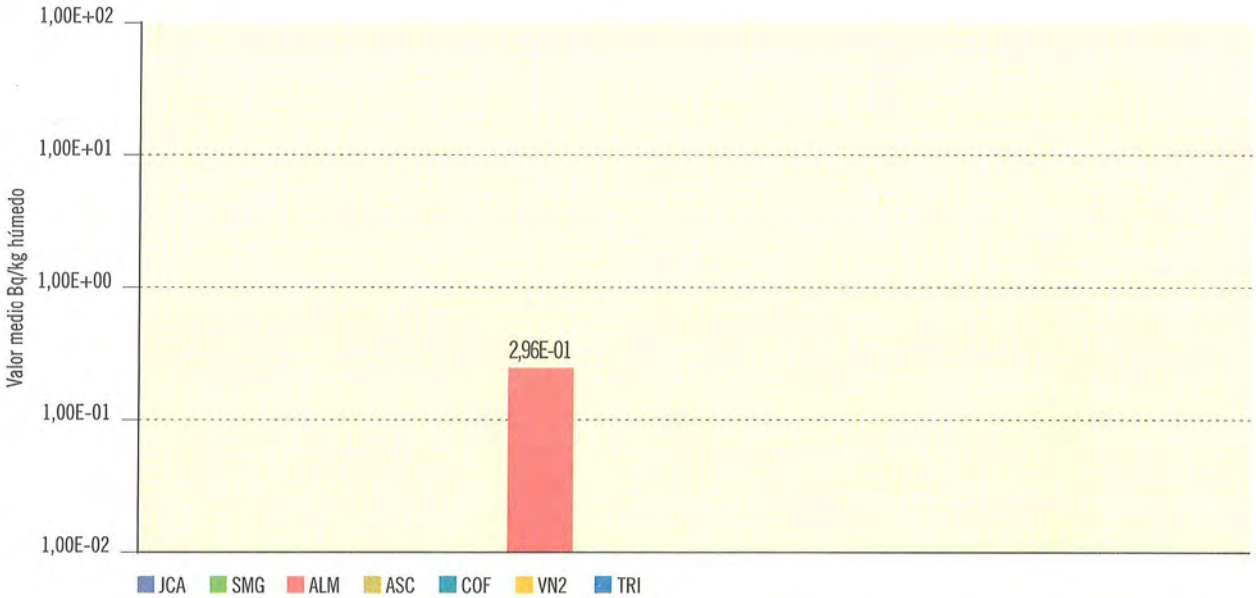


Figura 2.35b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			5,69E-01				
Valor mínimo			1,46E-01				
Nº total de análisis	10	8	28	8	16	4	14
Nº de análisis > LID	0	0	4	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	10	8	24	8	16	4	14

Figura 2.36a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

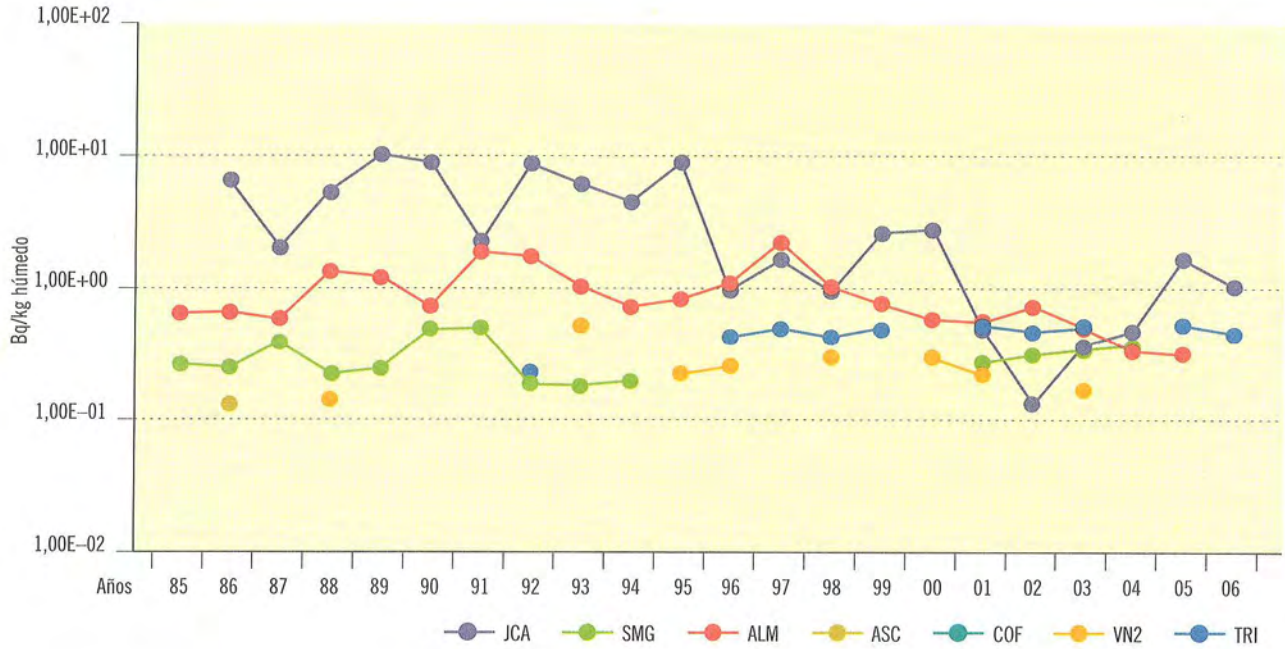


Figura 2.36b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2006

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,27E+00						6,33E-01
Valor mínimo	9,08E-02						2,92E-01
Nº total de análisis	6	6	31	3	3	4	6
Nº de análisis > LID	6	0	0	0	0	0	2
Nº de análisis < LID	0	6	31	3	3	4	4

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.

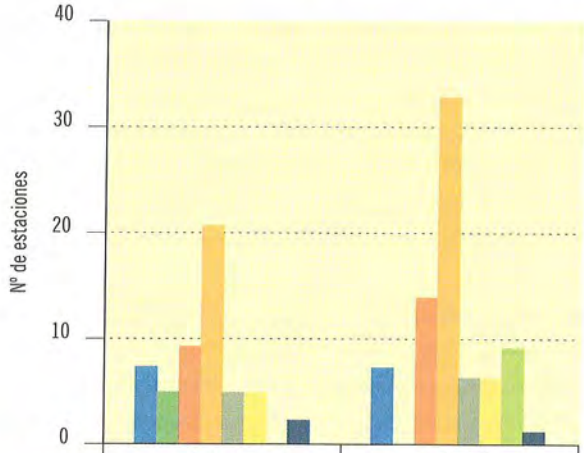
2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

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 2.37 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.

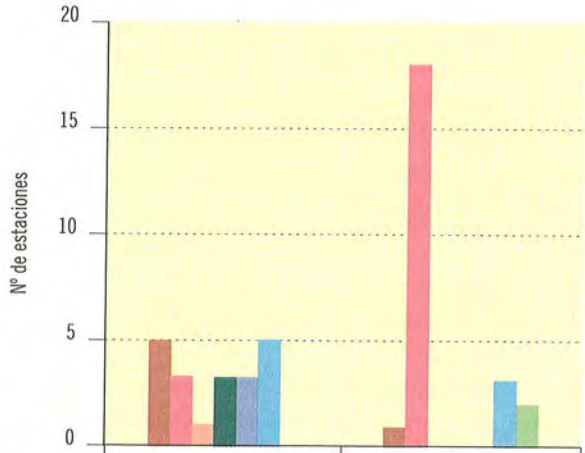
Tabla 2.2. Características de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible en operación

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 7ª prórroga de explotación provisional y de fabricación por OM 3/7/06
El Cabril	Sierra Albarrana (Córdoba)	Nuclear	Almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de media y baja actividad	PEP (OM de 9/10/92). Vigente autorización de explotación por OM 5/10/01

Figura 2.37. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible



	Juzbado	El Cabril
Aire	7	7
Agua lluvia	4	–
Suelo	9	14
Radiación directa	21	33
Agua superficial	4	6
Sedimentos	4	6
Organismos indicadores	–	9
Peces	2	1



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

* 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 α total Espectrometría α de uranio	Actividad β total Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14
Radiación directa	Dosis integrada	Dosis integrada
Agua subterránea, superficial y potable	Actividad α total Actividad β total Actividad β resto (en superficial y potable) Espectrometría α de uranio (excepto en sondeos)	Actividad β total Actividad β resto Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14, Tc-99, I-129
Suelo	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Sr-90 Espectrometría γ
Sedimentos y organismos indicadores	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad β total (sedimentos) Sr-90 (organismos indicadores) Espectrometría γ H-3 (organismos indicadores) C-14 (organismos indicadores)
Alimentos	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Sr-90 (peces y carnes) Espectrometría γ

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 2006. 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 2006 es del 99% para el índice de actividad alfa total y del 100% para los isótopos del uranio, excepto los del uranio-235 para el cual no se obtienen valores superiores al LID. Los valores medios del índice de actividad alfa total y de los isótopos uranio-234 y uranio-238 se mantienen similares a los de anteriores periodos 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.

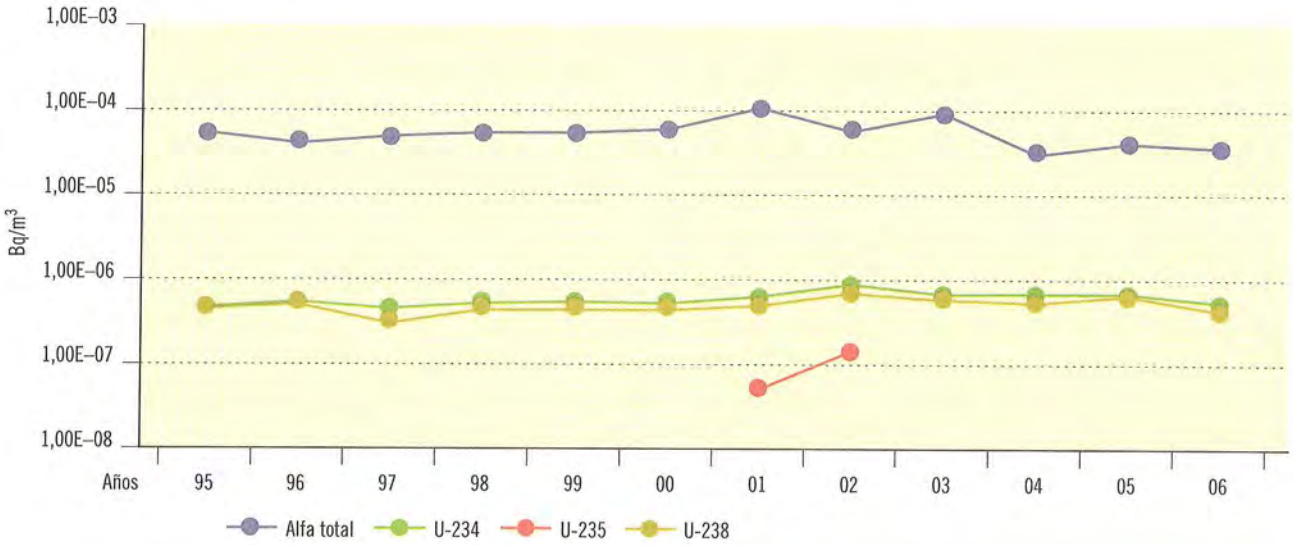
El muestreo de carbono-14 se lleva a cabo haciendo borbotear el aire a través de dos botellas de dos litros que contienen una disolución de $Ba(OH)_2$, cambiándose las botellas cada dos o tres semanas.

Los porcentajes de valores superiores al LID para el índice de actividad beta total, tritio y carbono-14 es del 100%, mientras que el estroncio-90 sólo se detecta de forma esporádica. Los valores medios de todos ellos se mantienen similares a la anterior campaña.

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

Figura 2.38. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

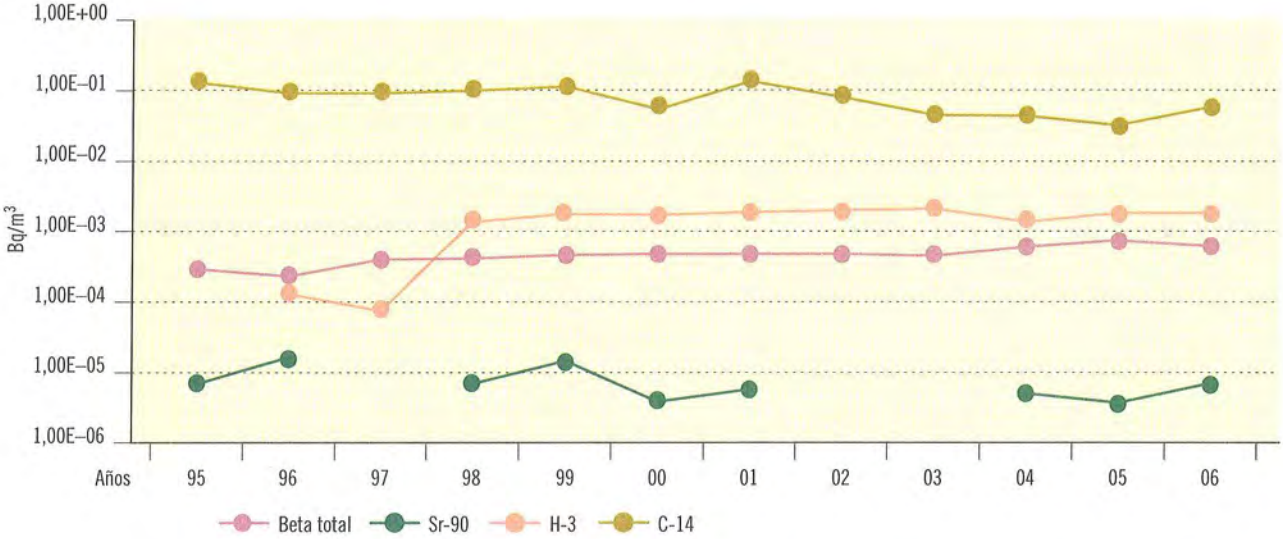
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,36E-05	5,93E-07		4,74E-07
Valor máximo	1,38E-04	8,90E-07		7,60E-07
Valor mínimo	6,28E-06	3,10E-07		2,60E-07
Nº total de análisis	361	7	7	7
Nº de análisis > LID	355	7	0	7
Nº de análisis < LID	6	0	7	0

Figura 2.39. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	7,13E-04	7,55E-06	1,85E-03	5,52E-02
Valor máximo	1,91E-03	7,55E-06	3,43E-03	7,60E-02
Valor mínimo	1,58E-04	7,55E-06	9,69E-04	3,37E-02
Nº total de análisis	364	28	28	28
Nº de análisis > LID	364	1	28	28
Nº de análisis < LID	0	27	0	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

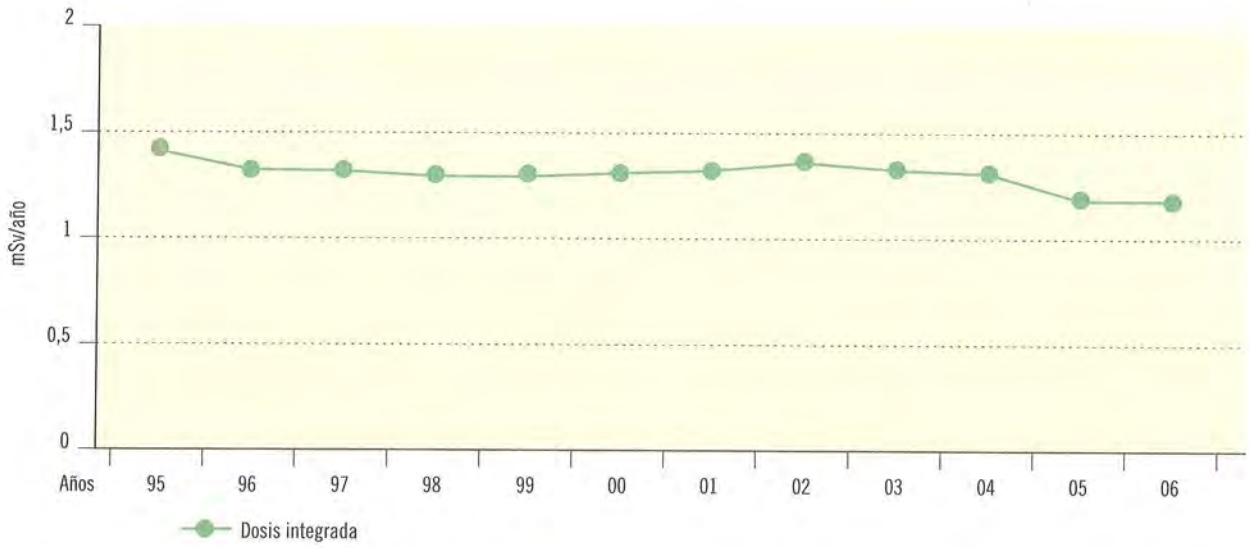
La vigilancia se realiza mediante dosímetros expuestos trimestralmente. Los valores medios obtenidos son muy estables a lo largo de los años, observándose un ligero descenso en la campaña de 2006 que se relaciona con modificaciones en el proceso de medida.

El Cabril

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

En los años 2001 y 2002 se observó un ligero incremento en los valores medios de la dosis por radiación externa, que se relacionó con el almacenamiento de los residuos procedentes del incidente de Acerinox en estructuras provisionales, invirtiéndose la tendencia en los años 2003 y 2004 coincidiendo con la finalización de la retirada de dichos residuos de las estructuras provisionales, y registrándose de nuevo en los años 2005 y 2006 valores próximos a los habituales de fondo.

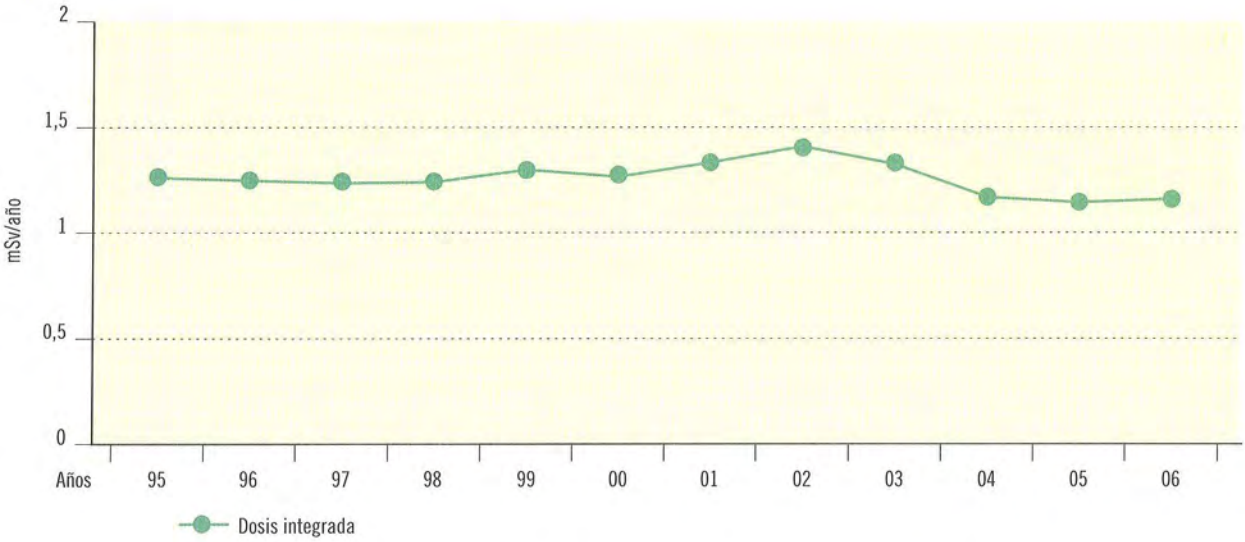
Figura 2.40. Juzbado. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Dosis integrada
Valor medio	1,18
Valor máximo	1,76
Valor mínimo	0,82
Nº total de análisis	84
Nº de análisis > LID	84
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.41. El Cabril. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/año)

Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Dosis integrada
Valor medio	1,19
Valor máximo	1,96
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.

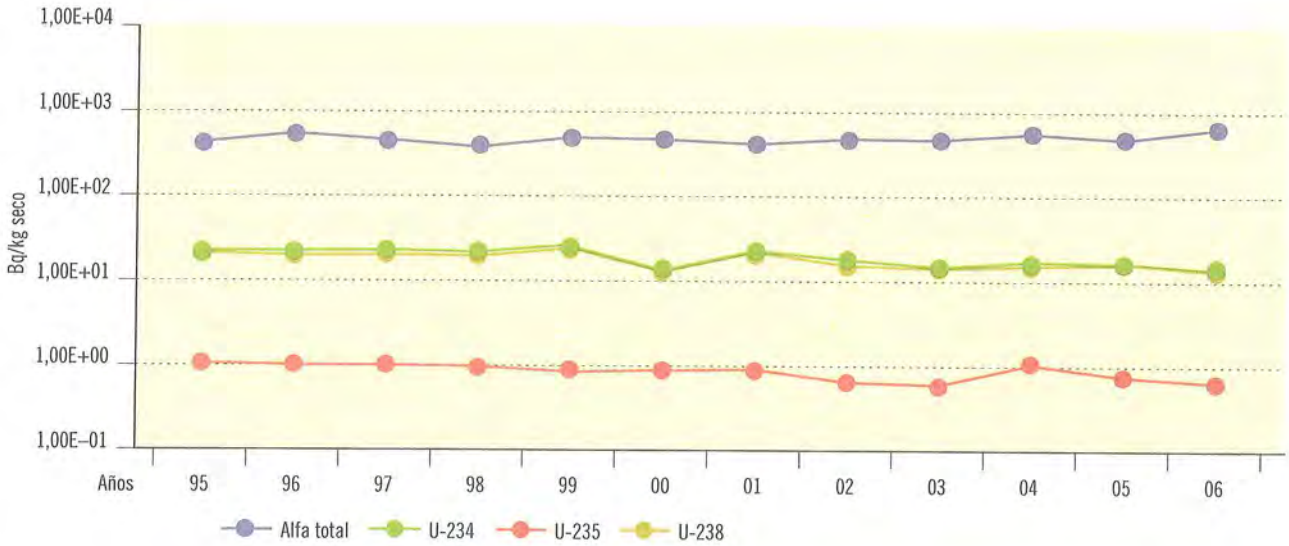
En el año 2006, el porcentaje de resultados superiores al LID es del 100% en todas las determinaciones, y los valores medios se mantienen muy similares a los obtenidos en periodos anteriores.

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 la totalidad de las medidas realizadas. Los valores medios de cesio-137 se mantienen similares a lo largo de los años, mientras que el estroncio-90 mantiene una ligera tendencia descendente desde el año 1999.

Figura 2.42. Juzbado. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,67E+02	1,52E+01	6,63E-01	1,38E+01
Valor máximo	7,54E+02	3,70E+01	1,10E+00	2,30E+01
Valor mínimo	3,84E+02	5,60E+00	3,30E-01	5,90E+00
Nº total de análisis	9	9	9	9
Nº de análisis > LID	9	9	9	9
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.43. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios

Valores 2006	Sr-90	Cs-137
Valor medio	1,24E+00	7,12E+00
Valor máximo	2,02E+00	2,05E+01
Valor mínimo	7,14E-01	8,40E-01
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	14	14
Nº de análisis < LID	0	0

2.2.4. Agua

Agua superficial

Juzbado

Dispone de muestreadores de recogida de agua en continuo en tres puntos y en cada uno de ellos se forma mensualmente una muestra compuesta con el agua recogida diariamente. En un cuarto punto se recoge, 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 realiza otro análisis isotópico del uranio.

En 2006 los resultados son similares a anteriores campañas, pudiendo destacarse que no se detecta actividad de uranio-235 con valores superiores al LID en ninguna de las muestras.

El Cabril

Las muestras de agua se recogen en seis estaciones, alejadas de la orilla, a ser posible en los puntos de máximo flujo y por debajo de la superficie, a unos 30-50 cm de profundidad, con frecuencia trimestral. En cada una de ellas se determinan los valores de concentración de actividad de los isótopos emisores gamma, índices de actividad beta total y beta resto, tritio y carbono-14, y níquel-63 análisis que se ha incluido desde el año 2005; 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 2006 sólo se obtienen valores de actividad superiores al LID para el 100% de las determinaciones del índice de actividad beta total y el 30% de las medidas del isótopo estroncio-90, resultando inferiores al LID el resto de las medidas.

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 2.46, en la que sólo se representan los resultados de las muestras procedentes del río Tormes, los valores medios obtenidos en 2006 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.

En cuanto a la fuente vigilada, cuyas aguas se utilizan a veces con fines medicinales, los valores en 2006 son similares a los de otras campañas y, si bien las concentraciones del índice de actividad alfa total superan ligeramente el nivel establecido en el citado Real decreto 140/2031, los valores de concentración de los isótopos de uranio obtenidos son casi tres órdenes de magnitud más bajos que los que figuran en el protocolo del Ministerio de Sanidad y Consumo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano.

Sedimentos de fondo

Juzbado

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

El porcentaje de resultados superiores al LID para todas las determinaciones es del 100%, como viene siendo habitual y los valores medios obtenidos en la campaña de 2006 se encuentran dentro del rango de valores obtenidos anteriormente.

El Cabril

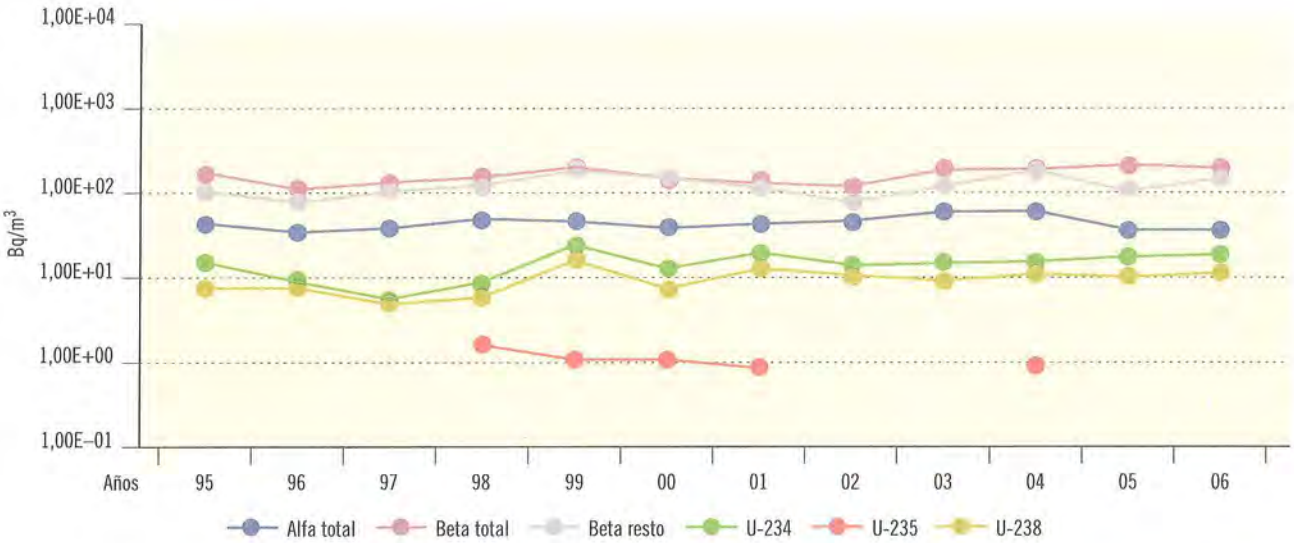
Las muestras de sedimentos se recogen en los mismos puntos en que se toma agua superficial, con frecuencia anual. En cada muestra se realiza la determinación del índice de actividad beta total y de los isótopos emisores gamma por espectrometría, y, además, desde el año 2005 se incluye la determinación de níquel-63.

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. 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 también se ha detectado en 2006.

Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en los mismos.

Figura 2.44. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

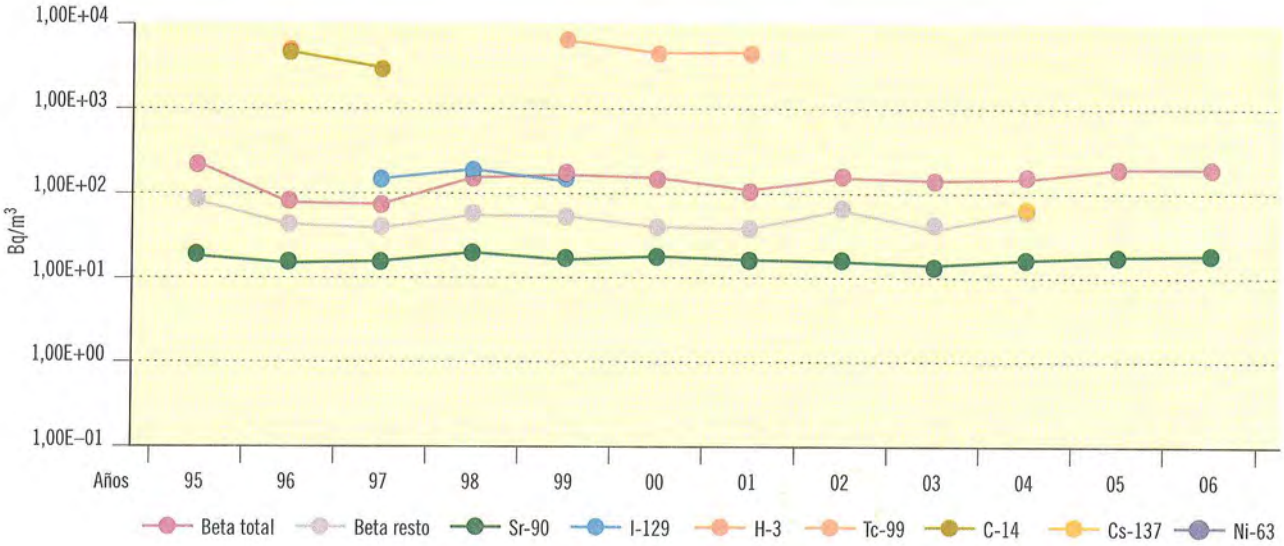
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	3,90E+01	1,46E+02	1,26E+02	1,72E+01		9,68E+00
Valor máximo	7,40E+01	2,62E+02	1,66E+02	3,40E+01		1,60E+01
Valor mínimo	2,13E+01	7,03E+01	7,44E+01	4,90E+01		2,90E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	18	44	9	4	0	4
Nº de análisis < LID	30	4	39	0	4	0

Figura 2.45. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

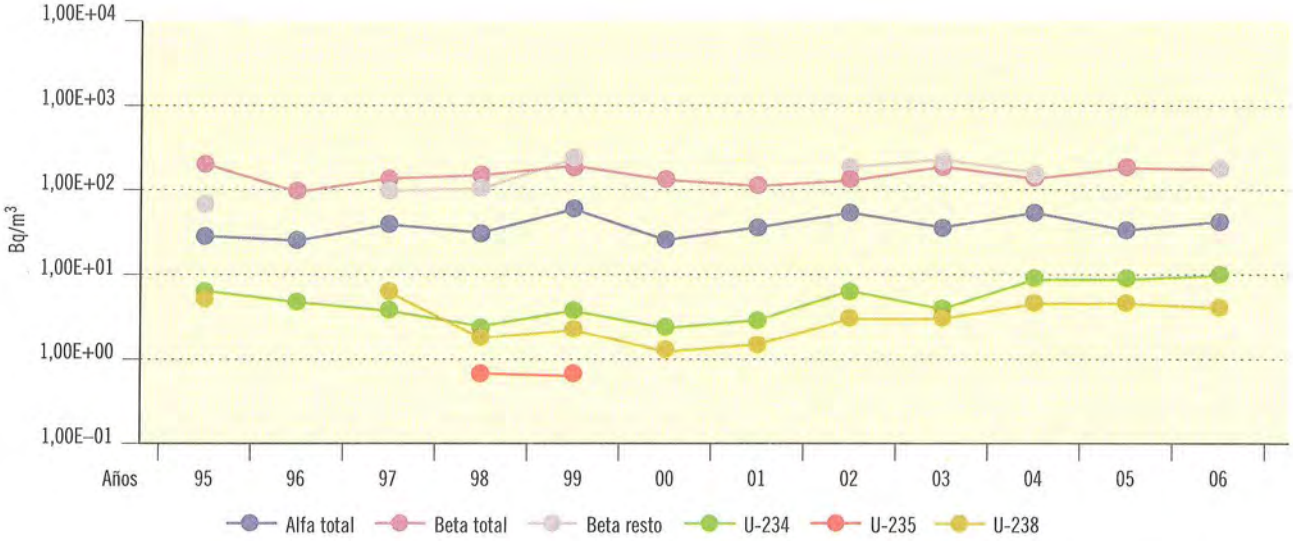
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Beta total	Beta resto	Sr-90	H-3	I-129	C-14	Tc-99	Cs-137	NI-63
Valor medio	1,83E+02		2,27E+01						
Valor máximo	2,36E+02		2,94E+01						
Valor mínimo	1,23E+02		1,61E+01						
Nº total de análisis	22	22	22	22	7	22	7	22	22
Nº de análisis > LID	22	0	5	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	22	17	22	7	22	7	22	22

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

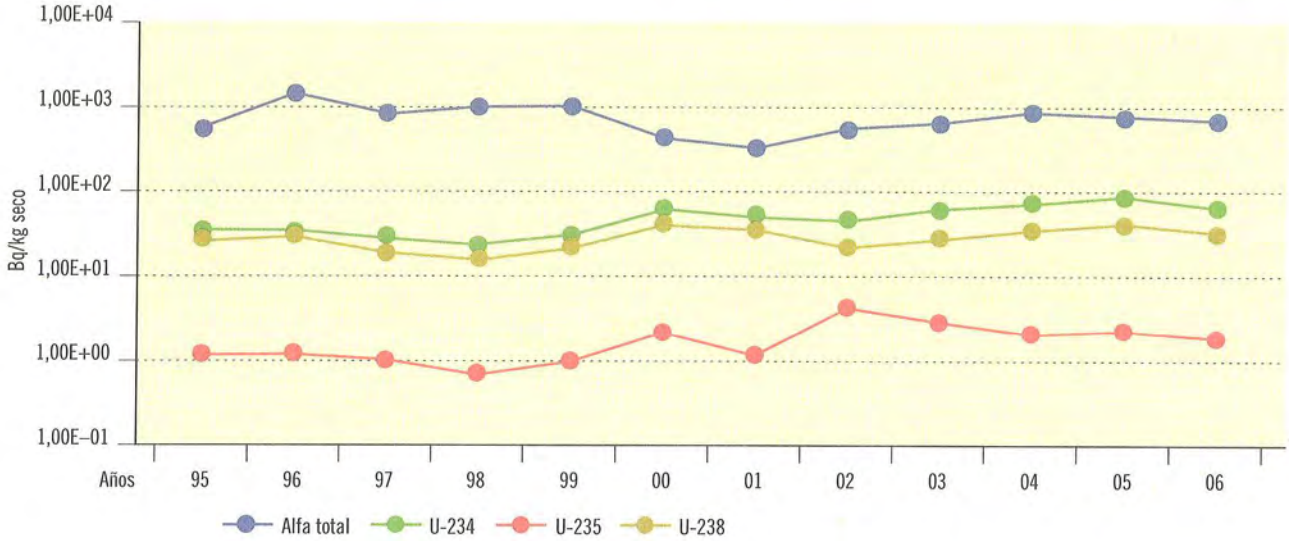
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,34E+01	1,30E+02	1,28E+02	9,65E+00		4,70E+00
Valor máximo	4,76E+01	2,18E+02	1,70E+02	1,20E+01		4,70E+00
Valor mínimo	3,92E+01	8,01E+01	8,56E+01	7,30E+00		4,70E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	2	10	2	2	0	1
Nº de análisis < LID	10	2	10	0	2	1

Figura 2.47. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

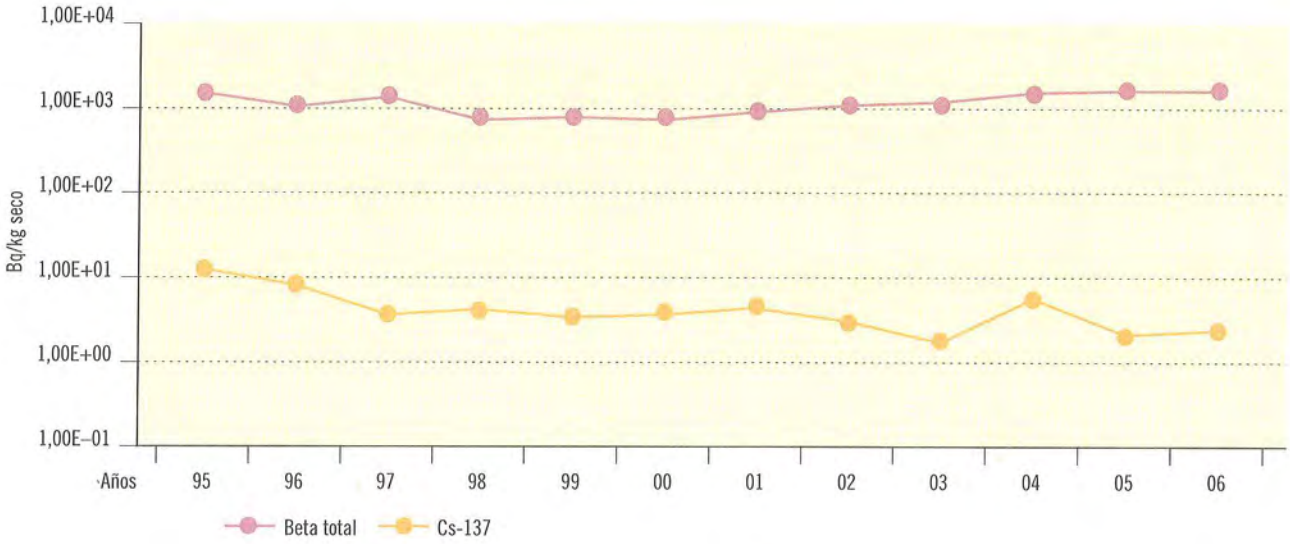
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	8,38E+02	6,56E+01	1,91E+00	4,21E+01
Valor máximo	1,80E+03	2,10E+02	5,70E+00	1,30E+02
Valor mínimo	9,57E+01	5,50E+00	1,80E-01	4,20E-01
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.48. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Beta total	Cs-137	Ni-63
Valor medio	1,43E+03	2,96E+00	
Valor máximo	1,68E+03	5,60E+00	
Valor mínimo	1,21E+03	1,06E+00	
Nº total de análisis	6	6	6
Nº de análisis > LID	6	5	0
Nº de análisis < LID	0	1	6

2.2.5. Alimentos

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

Carnes y aves

Dentro de este tipo de muestra se recogen carnes de cerdo, oveja, ciervo y perdiz, dependiendo de las explotaciones ganaderas o cinegéticas existentes en cada zona vigilada.

Juzbado

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

En esta campaña se obtienen valores de actividad superiores al LID de uranio-234 y uranio-238.

El Cabril

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

Como es habitual, en esta campaña únicamente se obtienen valores de actividad de Sr-90 en las muestras de hueso, 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 muestras seleccionadas en este año han sido: berza entre los vegetales de hoja ancha, y patata y trigo entre los vegetales de hoja no ancha, sobre las cuales se determinan anualmente el índice de actividad alfa total y la concentración isotópica del uranio.

Mientras que para los isótopos uranio-234 y uranio-238 habitualmente se obtienen valores de actividad superiores al LID en todas las muestras, y sus valores medio se mantienen similares a lo largo de los años, para las medidas del índice de actividad alfa total y el uranio-235 en la campaña del año 2006 no se han detectado valores superiores al LID en ninguna de las muestras analizadas.

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 uranio-234 y uranio-238 en ambas muestras y con un valor medio de concentración ligeramente superior a los obtenidos en campañas anteriores.

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.

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

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 2006 se obtienen valores de actividad superiores al LID de los isótopo uranio-234 y uranio-238, dentro del rango de variación de años anteriores.

Miel

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

2.2.6. Organismos indicadores

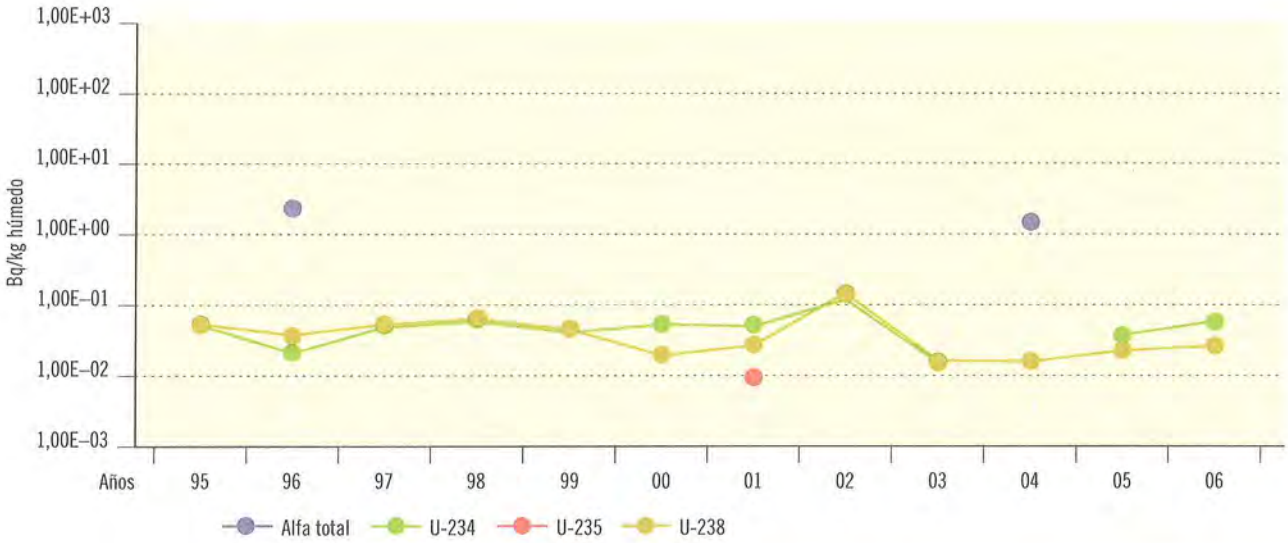
El Cabril

Se recogen anualmente muestras de especies vegetales, elegidas de entre las existentes en 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.

En el año 2006 se obtienen valores de actividad de Sr-90 en todas las muestras analizadas y en un porcentaje menor de Cs-137.

Figura 2.49. Juzbado. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

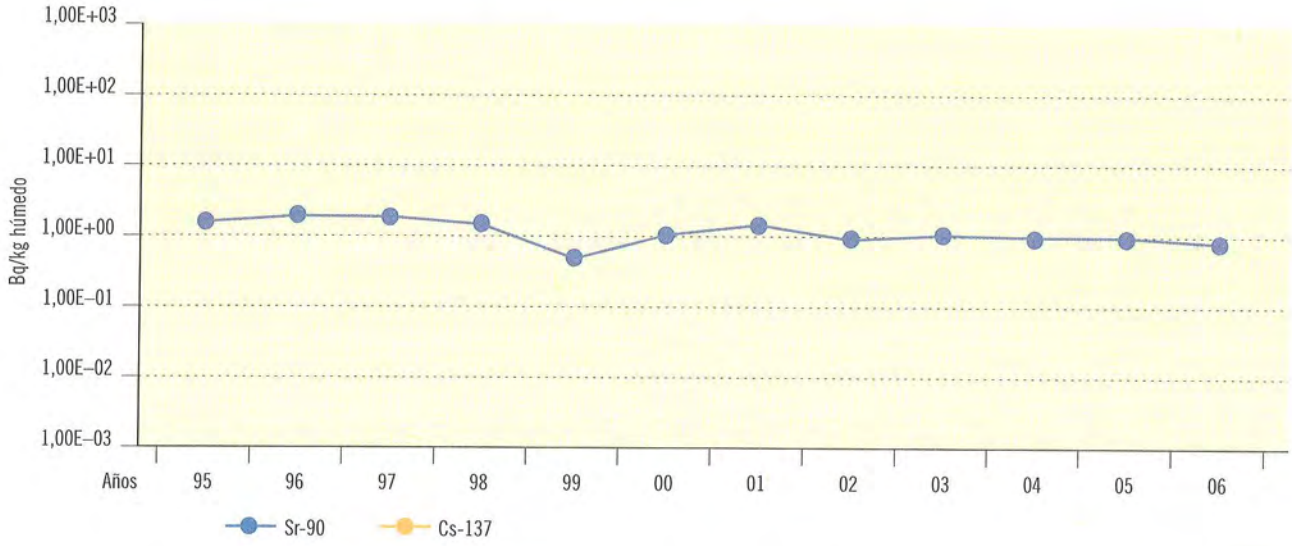
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		5,40E-02		1,91E-02
Valor máximo		5,40E-02		4,40E-02
Valor mínimo		5,40E-02		3,20E-03
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	1	0	3
Nº de análisis < LID	4	3	4	1

Figura 2.50. El Cabril. Carne y aves. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

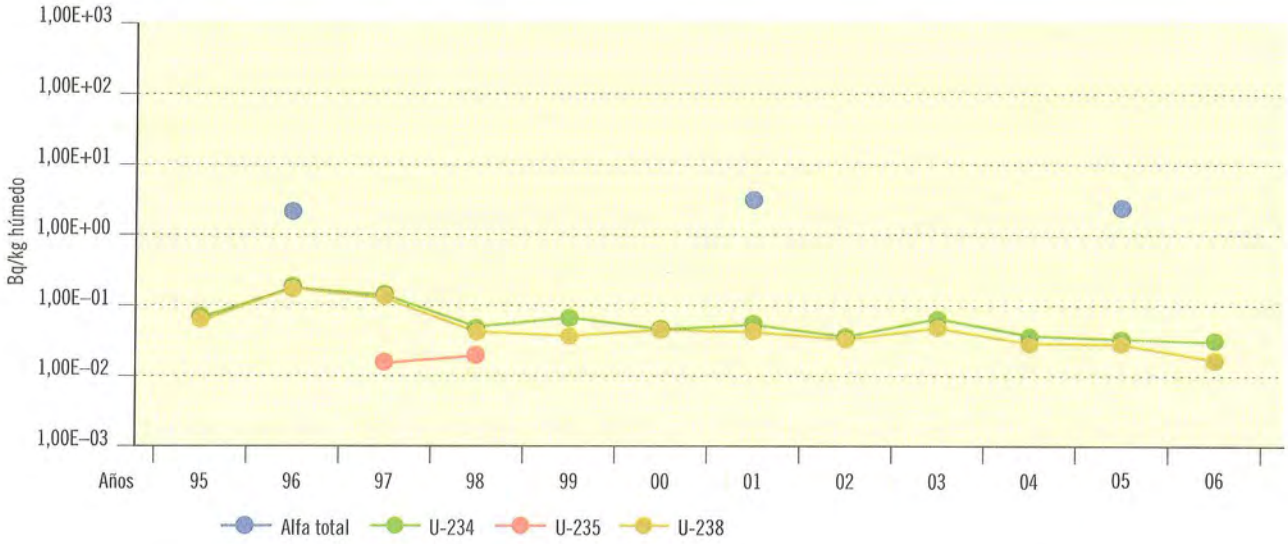
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Sr-90	Cs-137
Valor medio	9,01E-01	
Valor máximo	1,40E+00	
Valor mínimo	6,62E–01	
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	0
Nº de análisis < LID	0	4

Figura 2.51. Juzbado. Vegetales de hoja no ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

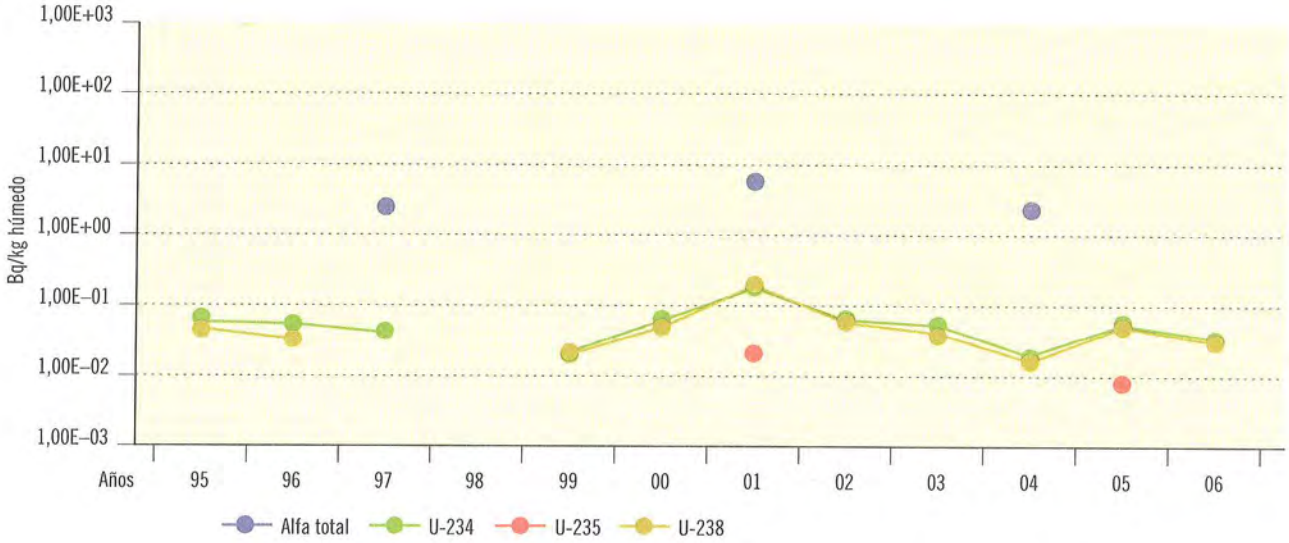
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		3,45E–02		2,10E–02
Valor máximo		4,40E–02		3,20E–02
Valor mínimo		2,50E–02		1,00E–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 2.52. Juzbado. Vegetales de hoja ancha. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

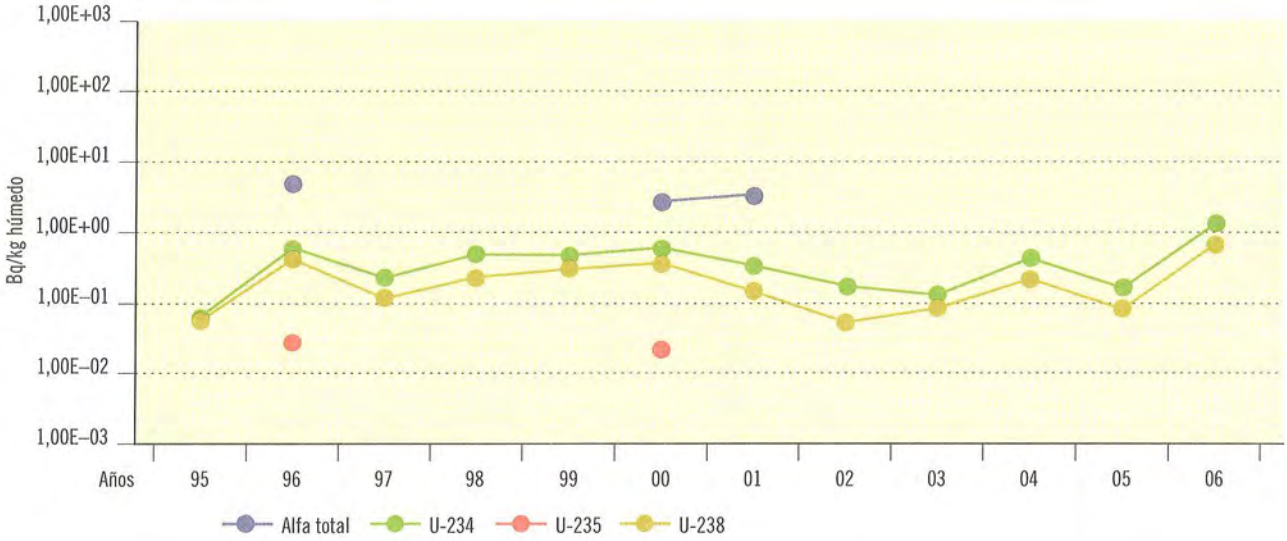
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		2,90E–02		2,50E–02
Valor máximo		2,90E–02		2,50E–02
Valor mínimo		2,90E–02		2,50E–02
Nº total de análisis	1	1	1	1
Nº de análisis > LID	0	1	0	1
Nº de análisis < LID	1	0	1	0

Figura 2.53. Juzbado. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

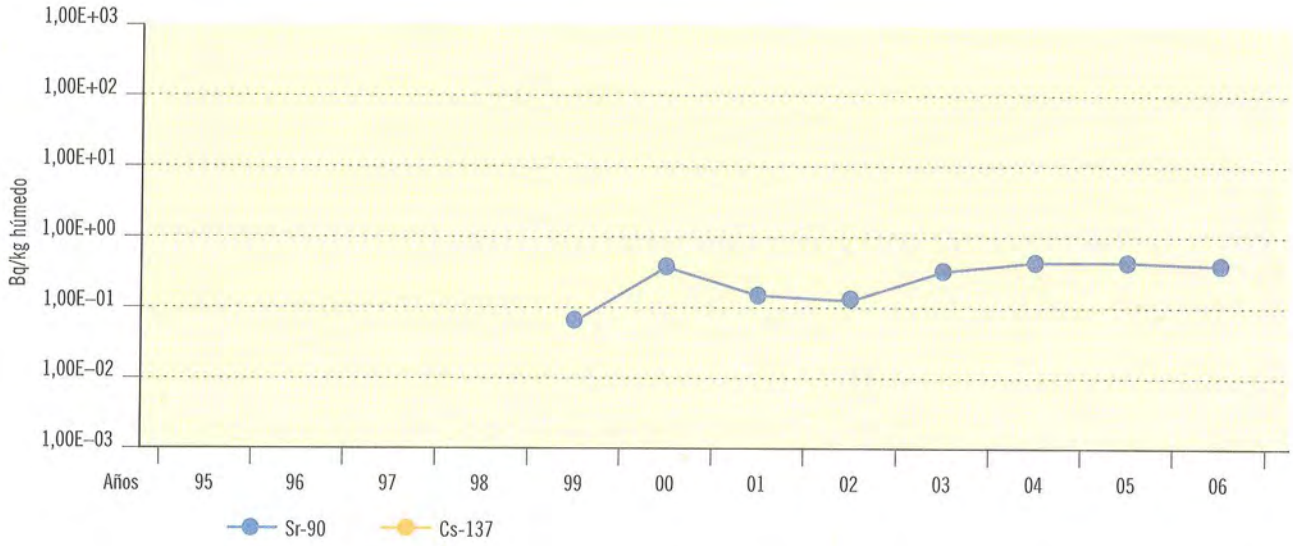
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		1,13E+00		6,70E-01
Valor máximo		1,30E+00		8,20E-01
Valor mínimo		9,60E-01		5,20E-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 2.54. El Cabril. Peces. Valores de concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

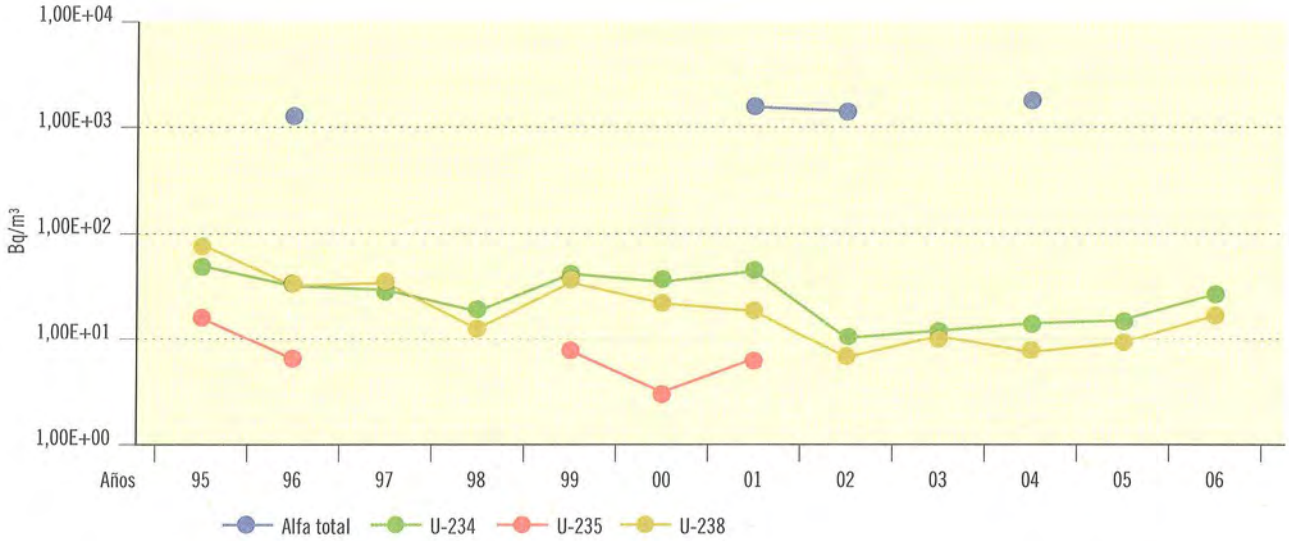
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Sr-90	Cs-137
Valor medio	3,59E–01	
Valor máximo	3,59E–01	
Valor mínimo	3,59E–01	
Nº total de análisis	1	1
Nº de análisis > LID	1	0
Nº de análisis < LID	0	1

Figura 2.55. Juzbado. Leche. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

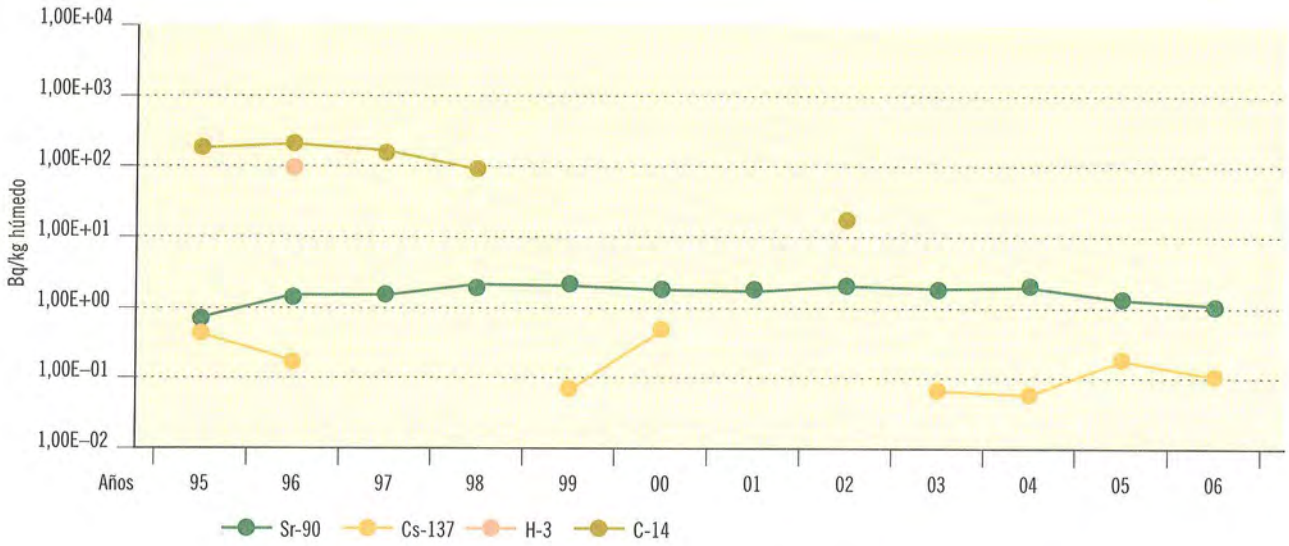
Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio		2,80E+01		1,89E+01
Valor máximo		3,80E+01		3,30E+01
Valor mínimo		1,40E+01		7,30E+00
Nº total de análisis	10	10	10	10
Nº de análisis > LID	0	4	0	5
Nº de análisis < LID	10	6	10	5

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

Evolución temporal valores medios



Valores 2006	Sr-90	Cs-137	H-3	C-14
Valor medio	1,07E+00	9,19E–02		
Valor máximo	1,61E+00	1,57E–01		
Valor mínimo	6,77E–01	5,52E–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, clausura o latencia

En la actualidad se encuentran en situación de desmantelamiento y/o clausura algunas de las instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), la fábrica de uranio de Andújar (FUA), la central nuclear Vandellós I, 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 de 2006, y detallando para cada tipo de muestra y análisis el número de medidas realizadas y el valor medio de actividad obtenido en dicho año.

3.1. Ciemat

3.1.1. Características de la instalación

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

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

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

3.1.2. Descripción y resultados del PVRA

El PVRA desarrollado, durante su operación fue muy similar al descrito para las centrales nucleares en lo que respecta al tipo de muestras, si bien adaptado a las características del centro.

Teniendo en cuenta la ausencia de efluentes gaseosos, durante los últimos años y hasta el año 2004, la vigilancia del aire y el suelo se redujo a una única estación de muestreo.

Sin embargo, a partir del año 2005 se modificó de nuevo su alcance desarrollando un programa previo al inicio de las actividades de desmantelamiento equivalente al que se desarrolle durante dichas actividades, de modo que los resultados que se obtengan hasta esa fecha servirán de referencia para verificar el posible impacto derivado del plan de desmantelamiento y clausura.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2006.

Figura 2.57. Ciemat. Muestras de aire y suelo

Campaña 2006

Aire bajo flujo

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: semanal continuo y tritio bimensual continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, α total y I-131 (semanal), H-3 (mensual),
  Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)

Aire alto flujo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Bajo flujo			
β total	6,68E-04	153	1
α total	4,14E-05	144	10
I-131	<LID	0	154
Tritio	<LID	0	36
Sr-90	<LID	0	12
Espectrometría γ	<LID	0	5
Alto flujo			
Fe-55	<LID	0	4
Ni-63	<LID	0	4
Sr-90	5,75E-07	3	9
U-natural (U-238)	8,92E-07	12	0
Pu-239+240	2,89E-08	8	4
Espectrometría α			
U-234	9,50E-07	12	0
U-235	3,78E-08	12	0
U-238	9,39E-07	12	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,83E-07	11	41
Ra-226	6,70E-06	1	51

Suelo

- Número de estaciones: 9
- Frecuencia muestreo: trimestral o anual (en estación testigo)
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, espectrometría γ, Pu-239+240 y U-natural (trimestral), Ni-63, Fe-55 y espectrometría α (semestral acumulado) (en estación testigo sólo anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Fe-55	<LID	0	17
Ni-63	<LID	0	17
Sr-90	1,81E+00	28	5
U-natural (U-238)	3,72E+01	32	0
Pu-239+240	1,82E-01	28	5
Espectrometría α			
U-234	3,35E+01	17	0
U-235	1,45E+00	17	0
U-238	3,59E+01	17	0
Espectrometría γ			
Cs-137	6,12E+00	31	2
Ra-226	6,93E+01	33	0

Figura 2.58. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2006

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, espectrometría α y espectrometría γ (anual acumulado),
  U-natural (U-238) (trimestral acumulado)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,81E+00	3	1
U-natural (U-238)	7,79E+01	16	0
Espectrometría α			
U-234	4,63E+01	4	0
U-235	1,88E+00	4	0
U-238	4,54E+01	4	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,96E+00	2	2
Ra-226	1,13E+02	4	0

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 4 (número de muestras variable en función de la disponibilidad)
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, espectrometría α y espectrometría γ (anual acumulado), U-natural (U-238) (trimestral acumulado)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	5,76E-01	21	0
U-natural (U-238)	3,02E-01	65	2
Espectrometría α			
U-234	2,42E-01	20	0
U-235	1,06E-02	13	7
U-238	2,24E-01	20	0
Espectrometría γ			
Cs-137	2,84E-02	1	20

Figura 2.59. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche
Campaña 2006

Agua superficial

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	3,81E+02	72	0
β resto	6,42E+01	34	38
α total	8,76E+01	72	0
Tritio	<LID	0	24
I-131	1,38E+03	19	5
Sr-90	2,25E+01	1	23
U-natural (U-238)	4,63E+01	21	3
Espectrometría α			
U-234	6,36E+01	5	1
U-235	1,54E+00	4	2
U-238	5,25E+01	5	1
Espectrometría γ	<LID	0	24
Ra-226	4,43E+02	1	23

Leche

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
I-131	<LID	0	8
Sr-90	2,43E+01	7	1
Espectrometría γ	<LID	0	8

Figura 2.60. Ciemat. Muestras de vegetales

Campaña 2006

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 γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
I-131	<LID	0	5
Sr-90	1,65E-01	4	1
Espectrometría γ	<LID	0	5

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 γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,10E-01	14	1
Espectrometría γ			
Cs-137	3,02E-02	2	13

Figura 2.61. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos

Campaña 2006

Carnes y aves

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Espectrometría γ			
Cs-137	2,23E-02	1	1

Huevos

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

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

3.2. *Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)*

3.2.1. Características de la instalación

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

- Inicio de la operación:
  Noviembre de 1959.

- Parada de la operación:
  Julio de 1981.

- Cierre y desmantelamiento:
  Por Orden Ministerial de 1 de febrero de 1991 se otorga a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos Sociedad Anónima (Enresa), la autorización para la ejecución de las actividades de desmantelamiento y restauración del emplazamiento, actividades que se 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. Descripción y resultados del PVRA

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

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

Para el establecimiento del Plan de Vigilancia y Mantenimiento se han tenido en cuenta las características del emplazamiento y la normativa internacional aplicable como *Guidance for UMTRA Project Surveillance and Maintenace,* 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 Decommisioned Uranium Procesing 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 y cultivos regados con agua de pozo. En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña de 2006.

Figura 2.62. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial y de pozo

Campaña 2006

Agua superficial

- Número de estaciones: 2 en el río y 1 que recoge el agua de escorrentía de la parcela cuando hay disponibilidad de muestra
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	7,89E+02	10	0
β resto	<LID	0	10
α total	2,79E+02	10	0
Pb-210	4,90E+00	7	1
Ra-226	2,19E+01	7	2
Ra-228	<LID	0	9
Th-230	4,53E+01	9	0
U-natural	1,32E+02	10	0
Espectrometría α			
U-234	6,10E+01	9	0
U-235	1,75E+00	2	7
U-238	5,30E+01	9	0

Agua de pozo

- Número de estaciones: 8
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Ra-228, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,04E+03	37	0
β resto	1,90E+03	20	17
α total	2,68E+03	36	1
Pb-210	6,58E+00	24	13
Ra-226	3,41E+00	23	14
Ra-228	<LID	0	37
Th-230	1,44E+02	37	0
U-natural	2,20E+03	37	0
Espectrometría α			
U-234	1,30E+03	37	0
U-235	9,46E+01	28	9
U-238	1,37E+03	37	0

Figura 2.63. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón

Campaña 2006

Exhalación de radón

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m²·s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	8,06E+01	101	0

Vegetales de hoja no ancha

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	<LID	0	2
Pb-210	6,56E-02	2	0
Ra-226	<LID	0	2
Th-230	7,61E-02	2	0
U-natural	<LID	0	2
Espectrometría α			
U-234	5,40E-02	2	0
U-235	<LID	0	2
U-238	4,00E-02	2	0

3.3. *Vandellós I*

3.3.1. Características de la instalación

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

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

- Parada de la operación:
  Octubre de 1989.

- Cierre y desmantelamiento:
  Por Orden Ministerial de 31 de julio de 1990 se 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 ejecución de las actividades de desmantelamiento de la central.

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

3.3.2. Descripción y resultados del PVRA

El Programa de Vigilancia desarrollado por Enresa durante la fase de desmantelamiento y clausura redujo el 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.

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

El PVRA de la fase de latencia, a la que corresponde el programa desarrollado durante el año 2006, supone también una reducción respecto al llevado a cabo durante la fase de desmantelamiento, suprimiéndose la recogida de algunos tipos de muestras como cultivos vegetales, y reduciéndose en otros casos el número de puntos de muestreo o su frecuencia de recogida o análisis.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2006.

Figura 2.64. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2006

Aire

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: partículas de polvo semanal, H-3 continuo durante un mes al año y C-14 continuo durante un mes al año
- Tipo de análisis (frecuencia): β total (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral-compuesta), H-3 y C-14 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	8,23E-04	156	0
C-14	4,19E-02	4	0
Tritio	1,76E-01	4	0
Sr-90	1,47E-05	1	11
Espectrometría γ			
Cs-137	1,42E-04	1	11

Radiación directa

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	6,86E-01	32	0

Figura 2.65. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo
Campaña 2006

Suelo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,92E+00	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,05E+00	5	0
Mn-54	6,40E+00	1	4

Figura 2.66. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Campaña 2006

Agua de mar

- Número de estaciones: 4 en superficie y 5 en profundidad
- Frecuencia de muestreo: quincenal y mensual en superficie y semestral en profundidad
- Tipo de análisis (frecuencia): β total y espectrometría γ (quincenal) β resto, H-3, Pu-238, Am-241 (mensual) en superficie y Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ en profundidad (semestral).

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
En superficie			
β total	1,88E+04	76	0
β resto	<LID	0	76
Tritio	<LID	0	76
Pu-238	<LID	0	76
Am-241	<LID	0	76
Espectrometría γ			
Cs-137	5,42E+01	3	73
En profundidad			
Sr-90	<LID	0	10
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ (artificiales)	<LID	0	10

Sedimentos de orilla (arena de playa)

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,01E+00	3	0
Pu-238	<LID	0	3
Am-241	<LID	0	3
Espectrometría γ			
Cs-137	2,96E-01	1	2

Figura 2.67. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores
Campaña 2006

Sedimentos de fondo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	8,44E-01	10	0
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ			
Cs-137	3,06E+00	9	1
Co-60	1,19E+00	2	8
Cs-134	5,80E-01	1	9

Organismos indicadores

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,06E-01	10	0
Pu-238	<LID	0	10
Am-241	<LID	0	10
Espectrometría γ			
Cs-137	1,39E-01	3	7
Co-58	3,64E-01	4	6
Co-60	1,90E-01	8	2

Figura 2.68. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces
Campaña 2006

Mariscos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	7,31E-02	6	0
Pu-238	<LID	0	6
Am-241	<LID	0	6
Espectrometría γ			
	1,19E-01	1	5

Peces

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	8,30E-02	1	5
Pu-238	<LID	0	6
Am-241	<LID	0	6
Espectrometría γ			
Cs-137	1,01E-01	3	3

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.

- Clausura:
  Por Orden Ministerial de 2 de agosto de 2004 se declara la clausura del emplazamiento restaurado de la planta entrando en vigor el Programa de Vigilancia a largo plazo. Por emplazamiento restaurado se entiende el dique de estériles reconfigurado y un pasillo perimetral, todo ello vallado y señalizado que en total ocupa 13 Ha.

3.4.2. Descripción y resultados del PVRA

El programa de vigilancia a largo plazo incluye medidas de radiación directa, radón, y muestras de agua superficial.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante la campaña del año 2006.

Figura 2.69. Planta Lobo-G. Radón y radiación directa
Campaña 2006

Exhalación de radón

- Número de estaciones: 4 estaciones de seguimiento y 1 estación testigo
- Frecuencia de muestreo: una vez al año

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Flujo Rn-222 (en estaciones de seguimiento)	6,33E+02	4	0

Radiación directa

- Número de estaciones: 9
- Frecuencia de muestreo: trimestral continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	2,93E+00	36	0

Figura 2.70. Planta Lobo-G. Muestras de agua superficial
Campaña 2006

Agua superficial

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	2,02E+02	1	3
β total	2,81E+02	4	0
U-natural	1,53E+02	2	2
Th-230	9,64E+00	4	0
Ra-226	1,59E+01	3	1
Pb-210	1,67E+01	4	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 año 2006 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 2006. Ocasionalmente, en muestras de agua potable las concentraciones del índice de actividad alfa total superan ligeramente el nivel establecido en el ya citado Real decreto 140/2003, si bien los valores de concentración de los isótopos analizados Pb-210 y Ra-226 son inferiores al LID o un orden de magnitud más bajos que los que figuran en el protocolo del Ministerio de Sanidad y Consumo para el control de la radiactividad en el agua de consumo humano.

Figura 2.71. Planta Quercus. Muestras de aire y radiación directa

Campaña 2006

Aire

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	5,98E-05	306	5
U-natural	9,61E-06	3	21
Pb-210	4,80E-04	24	0
Ra-226	7,16E-06	8	16
Th-230	1,83E-05	17	7

Radiación directa

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	1,17E+00	88	0

Figura 2.72. Planta Quercus. Muestras de radón

Campaña 2006

Radón

Rn-222

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

Descendientes

- Número de estaciones: 8
- Frecuencia: mensual

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
		>LID	<LID
Rn-222 (Bq/m³)	7,75E+01	18	0
Descendientes (mWL)	5,45E+00	72	0

Figura 2.73. Planta Quercus. Muestras de agua superficial y potable
Campaña 2006

Agua superficial

- Número de estaciones: 8
- Frecuencia de muestreo: continuo, semanal y mensual
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, U-natural y Ra-226 (mensual), Pb-210 (incluye medidas por espectrometría γ y separación radioquímica, β total y Th-230 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	1,46E+02	64	35
β total	1,16E+02	34	1
β resto	9,83E+01	16	19
U-natural	1,16E+02	65	34
Pb-210	1,42E+01	16	18
Ra-226	1,43E+01	31	68
Th-230	1,54E+01	23	12

Agua potable

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	7,01E+01	7	5
U-natural	6,63E+01	8	4
Pb-210	5,83E+01	12	0
Ra-226	1,48E+01	7	5
Th-230	1,32E+01	10	2

Figura 2.74. Planta Quercus. Muestras de suelo y sedimentos
Campaña 2006

Suelo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	3,71E+02	44	0
U-natural	5,20E+01	44	0
Pb-210	5,35E+01	44	0
Ra-226	5,75E+01	44	0
Th-230	2,43E+02	2	42

Sedimentos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	5,89E+03	19	0
ß total	4,55E+03	19	0
U-natural	3,42E+03	19	0
Pb-210	1,12E+02	16	3
Ra-226	3,25E+02	10	9
Th-230	<LID	0	19

Figura 2.75. Planta Quercus. Muestras de organismos indicadores y peces

Campaña 2006

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 2
- Tipo de muestra: potamogetum y scirpus
- Frecuencia de muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	4,72E+02	8	0
β total	3,28E+02	8	0
U-natural	7,86E+01	8	0
Pb-210	1,18E+01	7	1
Ra-226	1,76E+01	2	6
Th-230	<LID	0	8

Peces

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	2,95E+01	4	0
ß total	1,58E+02	4	0
U-natural	7,03E+00	4	0
Pb-210	2,08E+00	4	0
Ra-226	<LID	0	4
Th-230	<LID	0	4

Figura 2.76. Planta Quercus. Muestras de vegetales de consumo humano y animal

Campaña 2006

Vegetales de consumo humano

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	1,34E+01	2	1
U-natural	3,11E-02	3	0
Pb-210	<LID	0	3
Ra-226	3,26E+00	2	1
Th-230	<LID	0	19

Vegetales de consumo animal

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg humedo	>LID	<LID
α total	1,75E+01	11	5
U-natural	2,93E-01	15	1
Pb-210	2,04E+01	7	9
Ra-226	3,05E+00	5	11
Th-230	<LID	0	16

Figura 2.77. Planta Quercus. Muestras de leche y carne

Campaña 2006

Leche

- Número de estaciones: 4
- Tipo de muestra: leche de vaca
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
α total	<LID	0	1
U-natural	5,32E+00	1	0
Pb-210	<LID	0	1
Ra-226	<LID	0	1
Th-230	<LID	0	1

Carne

- Número de estaciones: 4
- Tipo de muestra: cerdo y cordero
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg humedo	>LID	<LID
α total	<LID	0	3
U-natural	1,09E-02	3	0
Pb-210	<LID	0	3
Ra-226	<LID	0	3
Th-230	<LID	0	3

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 generalmente 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	UPM	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 2006. La frecuencia de muestreo y análisis de las muestras depende del medio a que pertenecen, siendo la vigilancia de la calidad del aire, como vehículo de transporte rápido de posibles contaminantes, a la que mayor esfuerzo dedica el programa.

La recogida de las muestras es responsabilidad de los laboratorios, que disponen de los equipos necesarios para su realización. El muestreo se lleva a cabo de acuerdo con procedimientos escritos que básicamente se deben ajustar a los requisitos establecidos en los acuerdos.

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

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

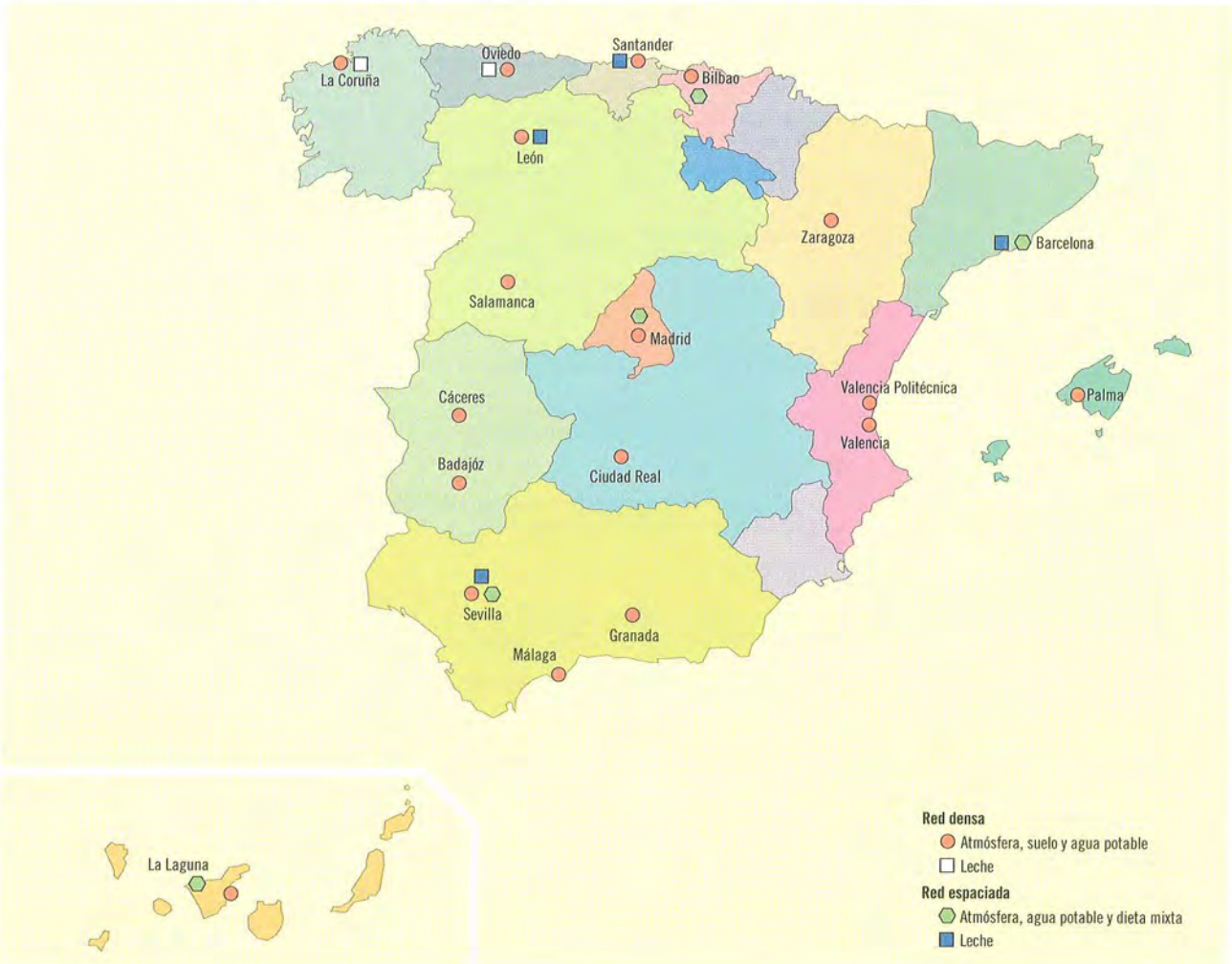


Tabla 3.2. Programa de muestreo y análisis de la atmósfera y del medio terrestre

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Red densa		Red espaciada	
		Tipo de análisis	Frecuencia de análisis	Tipo de análisis	Frecuencia de análisis
Aerosoles	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Semanal Semanal Mensual Trimestral	Cs-137 (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

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

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

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

Los resultados de la red espaciada, y en el caso de la red densa siempre que se obtenga un resultado anómalo, se envían al CSN de forma inmediata, a medida que van estando disponibles. Además, en ambas redes los datos del programa de vigilancia son remitidos al CSN con periodicidad semestral, en un informe que incluye además de los resultados analíticos (concentración de actividad, incertidumbre asociada a la medida y valor numérico del límite inferior de detección), información sobre el grado de cumplimiento del programa en el periodo considerado, causas que han motivado las desviaciones producidas (si las hubiera) en relación con el programa previsto y acciones correctoras que se han tomado; e información complementaria sobre las fechas de muestreo y análisis, tiempo de 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 anualmente información al Congreso de los Diputados y al Senado sobre los valores medios obtenidos en este programa y asimismo remite los datos de esta vigilancia a la UE en cumplimiento del artículo 36 del Tratado de Euratom.

1.1.3. Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el periodo 1997 a 2006 (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 2006, 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") incluyen resultados desde el año 2001. En las gráficas correspondientes al año 2006 (tipo "b"), se representan los valores puntuales obtenidos, de acuerdo con la frecuencia de muestreo y análisis que se aplica a cada tipo de muestra, es decir: semanal para aerosoles con muestreador de alto flujo, mensual para agua potable y leche y trimestral para dieta tipo. En la información detallada se añade el valor medio de concentración de actividad obtenido en el periodo, y el rango de valores de LID alcanzado por cada laboratorio.

Para el cálculo de los valores medios se consideran los valores de concentración de actividad superiores al LID, obtenidos en los índices de actividad alfa y beta y en los distintos radionucleidos de origen artificial. La ausencia de datos en las gráficas, teniendo en cuenta las fechas señaladas de incorporación al programa de cada laboratorio, indica que los valores obtenidos no han superado el LID para el periodo y laboratorio 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^3/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^3/hora, analizándose por espectrometría gamma 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 2006 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 cosmogénico incluido en la Recomendación de la UE como control cualitativo del método utilizado, se produce prácticamente en la totalidad de las muestras en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID, representándose en las gráficas los resultados semanales correspondientes a la red espaciada.

Deposición

Suelo (deposición total)

Índice de actividad beta total. Este índice, para el que siempre se obtienen valores de actividad por encima del LID, permite estimar de forma rápida el contenido de radiactividad del suelo, cuyo origen podrá ser tanto natural como artificial, y decidir si es necesario realizar determinaciones específicas de emisores beta. Los valores en 2006 son 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 2006, el nivel más alto de estroncio-90 se presenta en Granada.

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 2006.

Agua

Agua potable

Índice de actividad alfa total. En el año 2006 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^3).

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 2006 similares a los del año anterior en cada punto y destacando con los valores más altos Barcelona y La Laguna. El único valor que 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 (1.000 Bq/m^3) corresponde a la muestra del mes de abril recogida en Barcelona, comprobándose con análisis adicionales que se relaciona con la elevada concentración de sales potásicas que presenta la muestra, procedentes de los arrastres de las zonas mineras por las que atraviesa el río Llobregat, una de las dos cuencas de las que se abastece Barcelona.

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.

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 como en años anteriores, en el año 2006 todos los valores de actividad

detectados por encima del límite de detección son muy inferiores al límite establecido para el tritio en el Real Decreto 140/2003 relativo a la Calidad de Agua de consumo humano (100.000 Bq/m^3).

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 1.000 litros de agua y tiempos de contaje de hasta 214 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 2006 sólo se ha detectado en alguna de las muestras recogidas en Madrid y Sevilla.

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 concentración de actividad se mantienen bastante homogéneos en cada uno de los puntos, destacando Ferrol con valores algo más altos, que han sido confirmados con el análisis cruzado de muestras entre laboratorios.

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. Hasta ahora no se han detectado valores por encima del LID en las muestras de Oviedo y Sevilla.

Dieta tipo

Sr-90. Como en anteriores campañas, se detecta actividad de estroncio-90 en casi 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

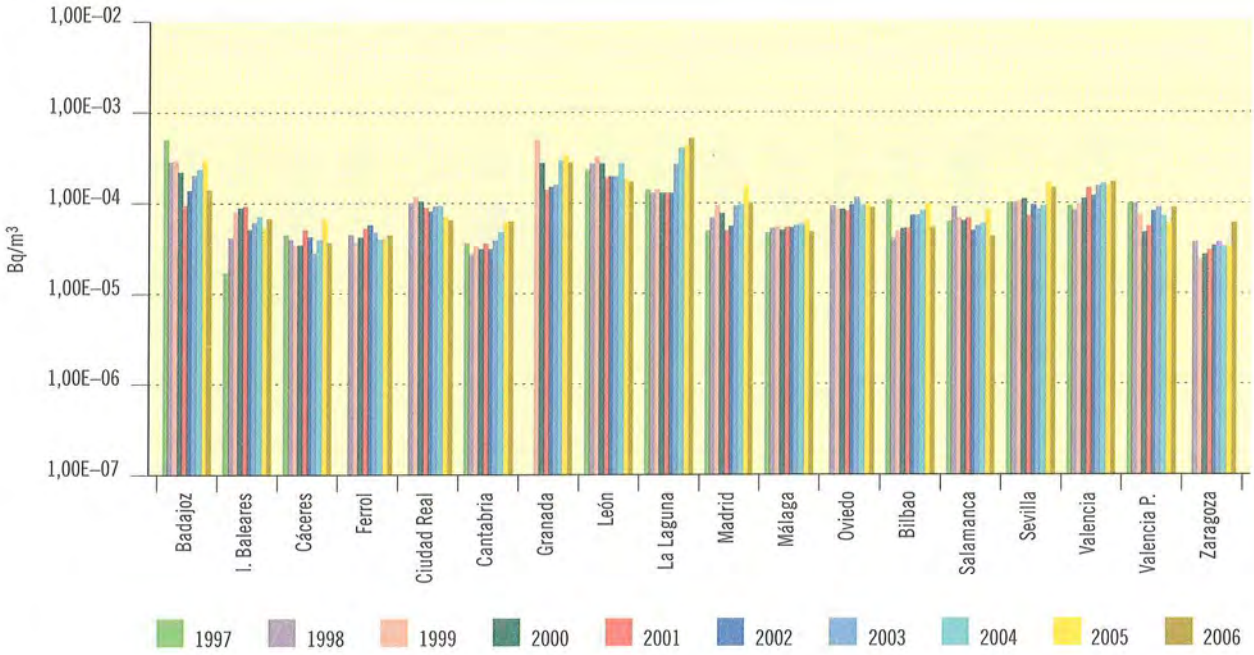
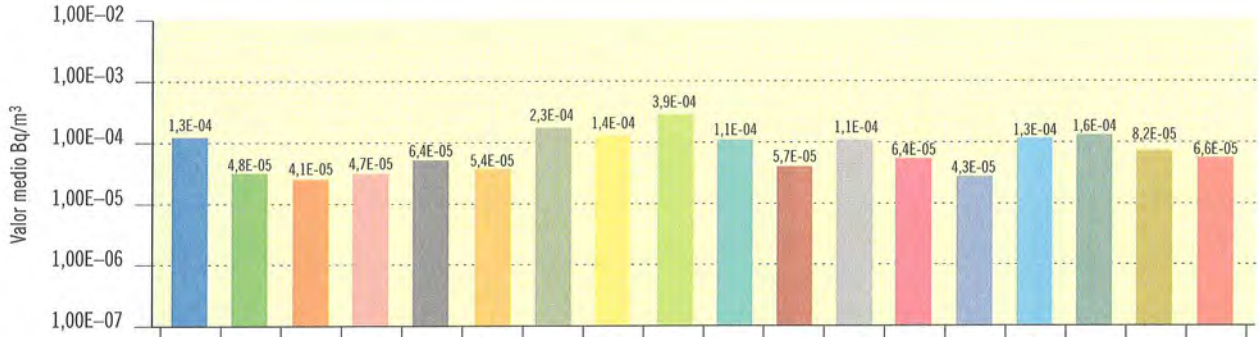


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	3,4E-04	1,2E-04	1,9E-04	1,2E-04	1,8E-04	1,4E-04	9,1E-04	3,8E-04	1,5E-03	4,5E-04	1,0E-04	2,6E-04	1,6E-04	1,1E-04	1,1E-03	4,1E-04	1,9E-04	2,2E-04
Valor mínimo	2,6E-05	1,7E-05	6,2E-06	1,2E-05	1,9E-05	1,3E-05	7,7E-05	2,7E-05	8,3E-05	2,1E-05	3,1E-05	3,3E-05	1,3E-05	1,0E-05	2,4E-05	5,4E-05	2,1E-05	2,0E-05
Nº total de análisis	52	52	52	51	52	52	52	47	52	52	52	52	52	49	51	52	52	51
Nº de análisis > LID	51	38	51	48	51	52	52	47	52	49	52	52	52	49	51	51	52	51
Nº de análisis < LID	1	14	1	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0

Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

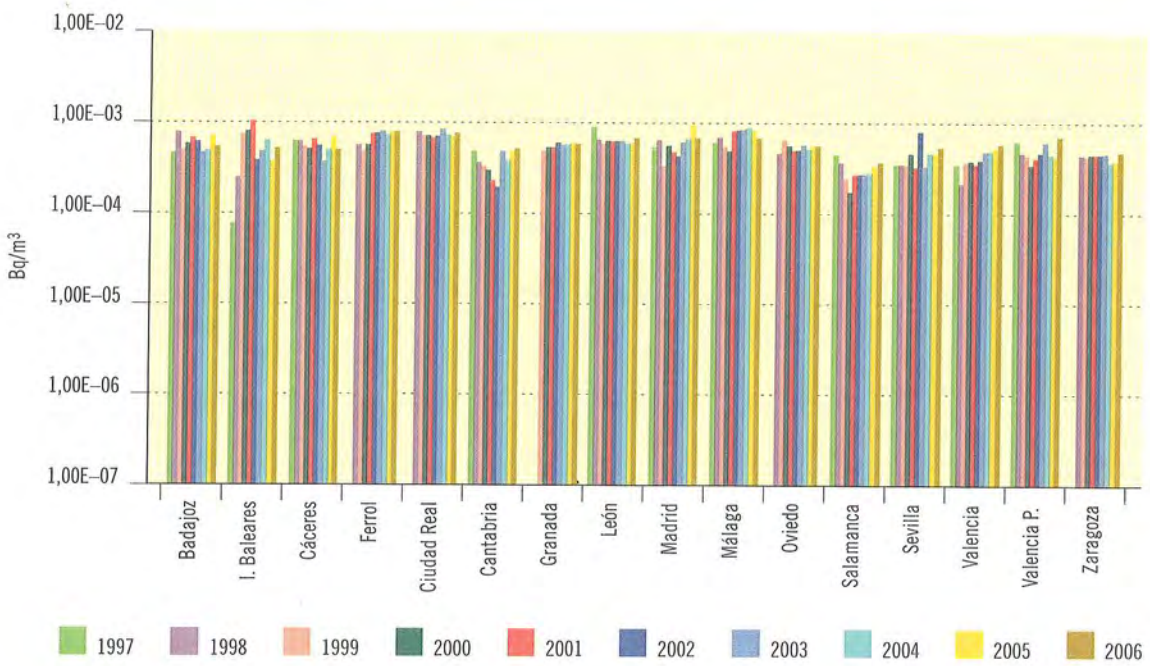
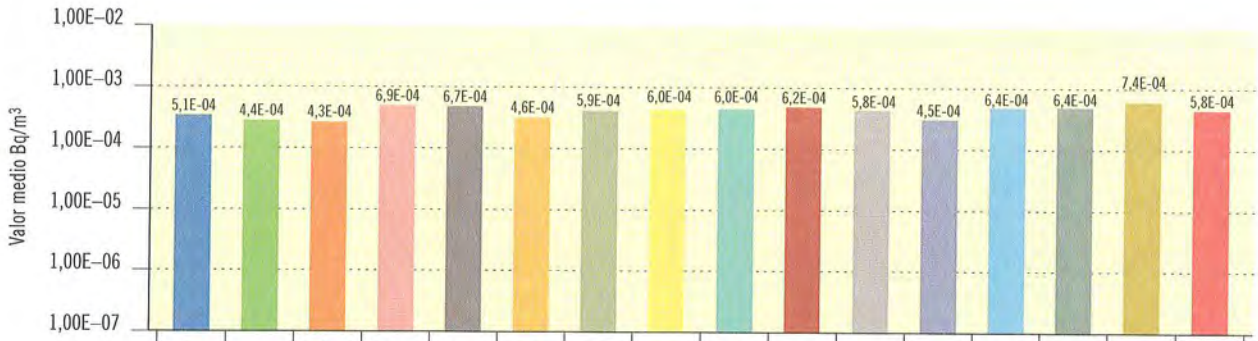


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	Madrid	Málaga	Oviedo	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	UMD	UML	UOV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	1,5E-03	1,4E-03	1,0E-03	1,8E-03	1,8E-03	9,8E-04	1,3E-03	1,2E-03	1,7E-03	1,6E-03	1,2E-03	1,0E-03	5,6E-03	1,4E-03	2,0E-03	1,2E-03
Valor mínimo	5,5E-05	1,1E-04	6,8E-05	2,5E-04	1,8E-04	1,7E-04	2,2E-04	1,7E-04	1,2E-04	2,4E-04	2,2E-04	7,6E-05	1,5E-04	2,5E-04	2,6E-04	2,3E-04
Nº total de análisis	52	52	52	51	52	52	52	47	52	52	52	49	51	52	52	51
Nº de análisis > LID	51	52	52	51	51	52	52	47	50	52	52	49	51	51	52	49
Nº de análisis < LID	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2

Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

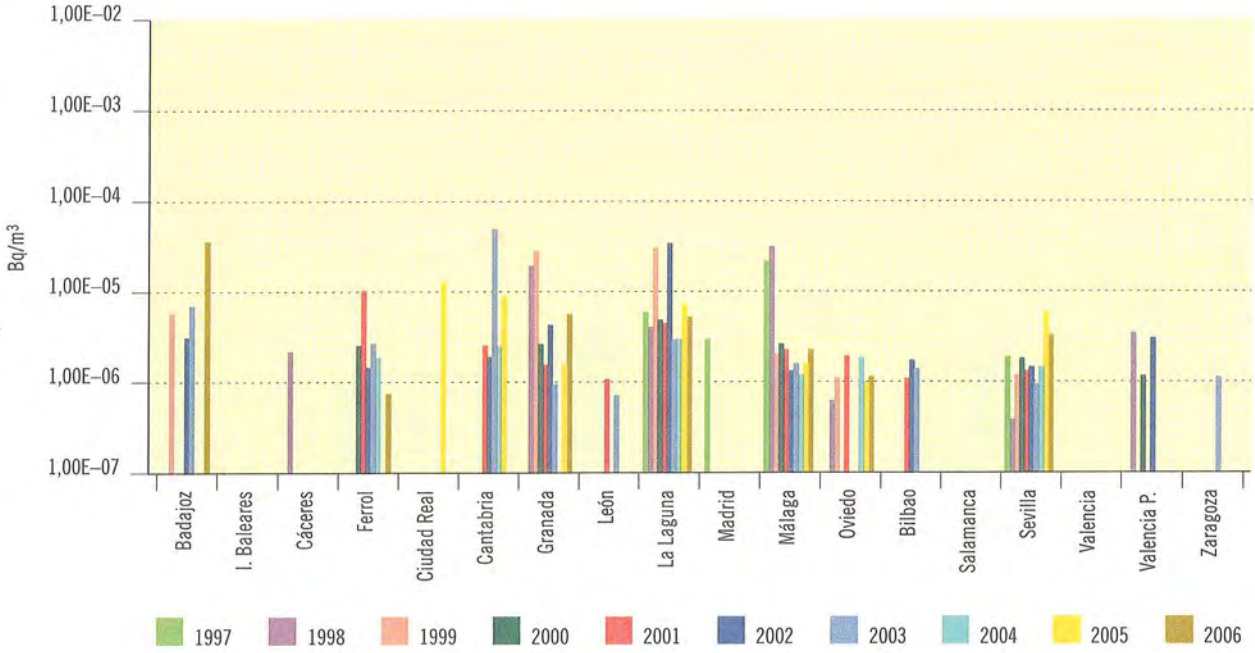
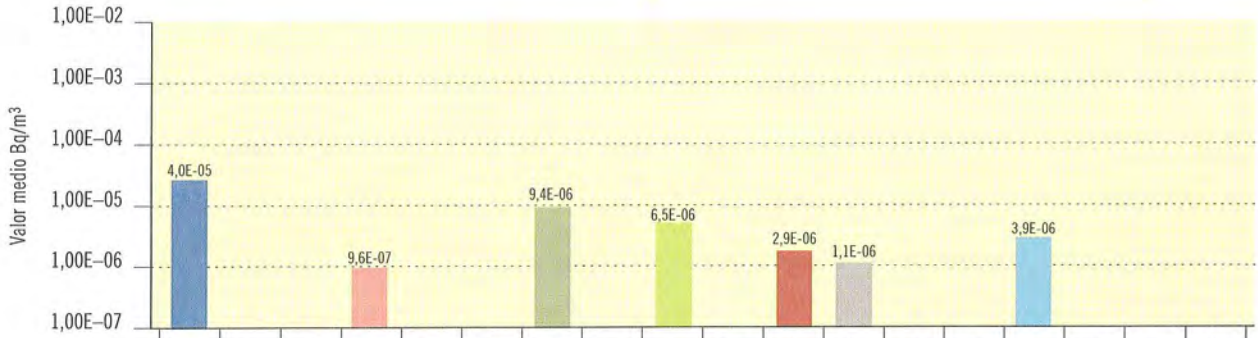


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	4,0E-05			9,6E-07			2,4E-05		8,2E-06		4,6E-06	1,1E-06			7,6E-06			
Valor mínimo	4,0E-05			9,6E-07			1,2E-06		5,1E-06		2,0E-06	9,9E-07			2,5E-06			
Nº total de análisis	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3
Nº de análisis > LID	1	0	0	1	0	0	4	0	4	0	3	2	0	0	4	0	0	0
Nº de análisis < LID	3	4	4	3	5	4	0	4	0	4	0	2	4	4	0	4	3	3

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

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

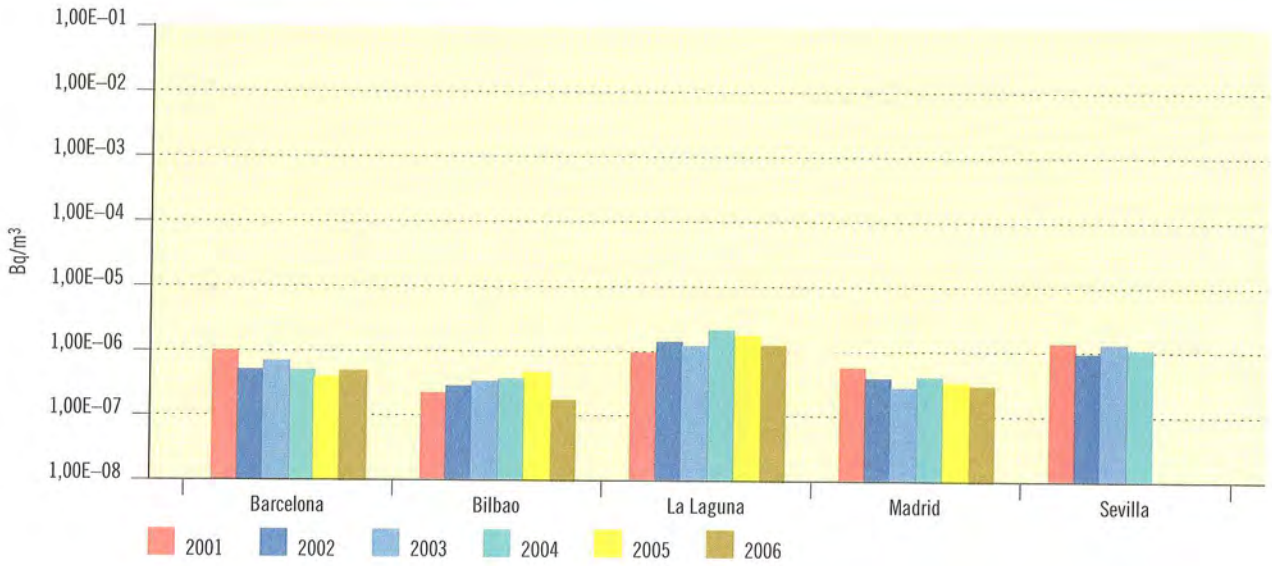
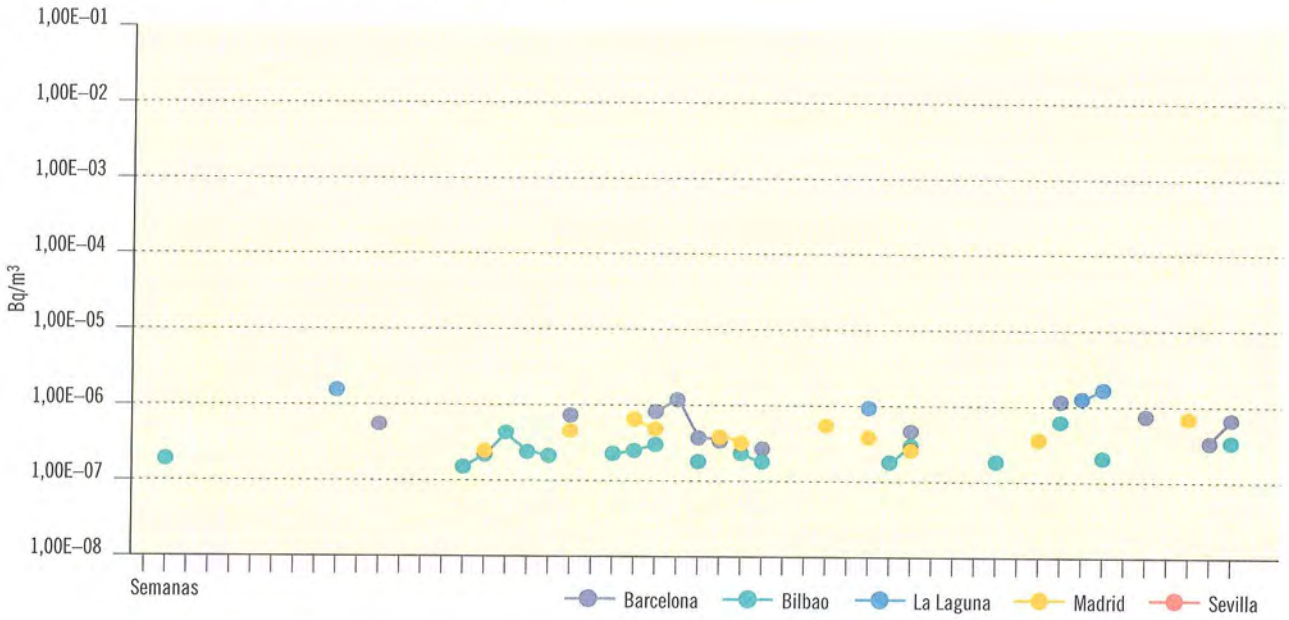


Figura 3.5b. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	5,87E-07	2,66E-07	1,35E-06	3,83E-07	
Valor máximo	1,11E-06	5,91E-07	1,77E-06	5,97E-07	
Valor mínimo	2,69E-07	1,59E-07	8,83E-07	2,19E-07	
LID máximo	6,49E-07	3,25E-07	2,27E-06	4,82E-07	1,86E-05
LID mínimo	1,80E-07	1,32E-07	4,22E-07	1,64E-07	5,20E-07
Nº total de análisis	52	52	52	52	52
Nº de análisis > LID	12	18	4	11	0
Nº de análisis < LID	40	34	48	41	52

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

Evolución temporal de la concentración de actividad de Be-7

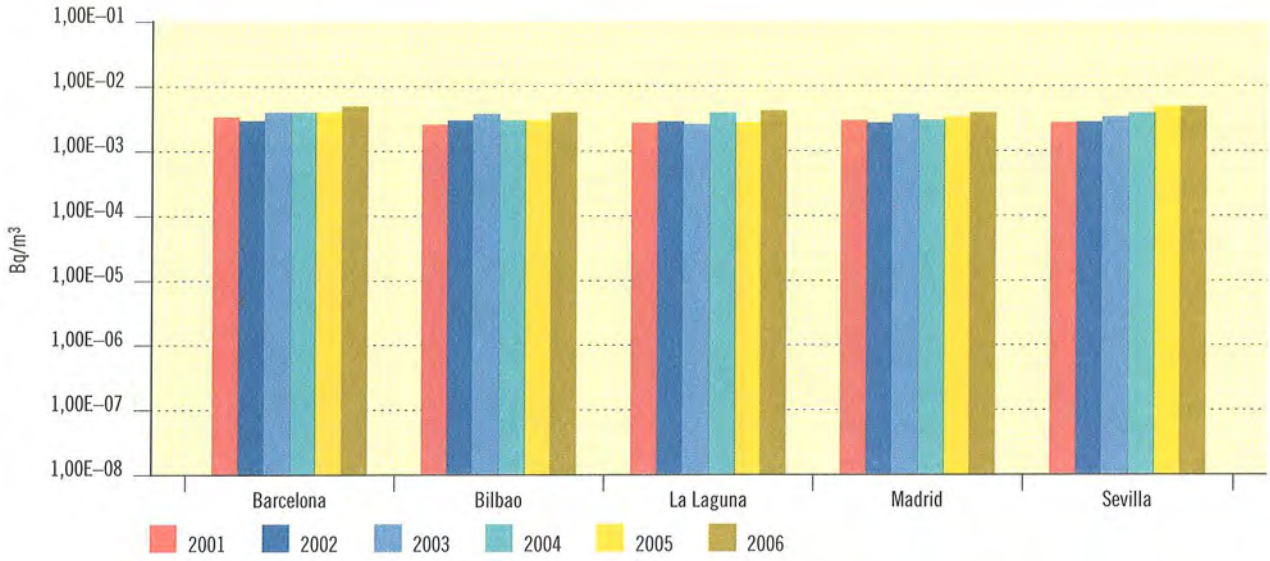
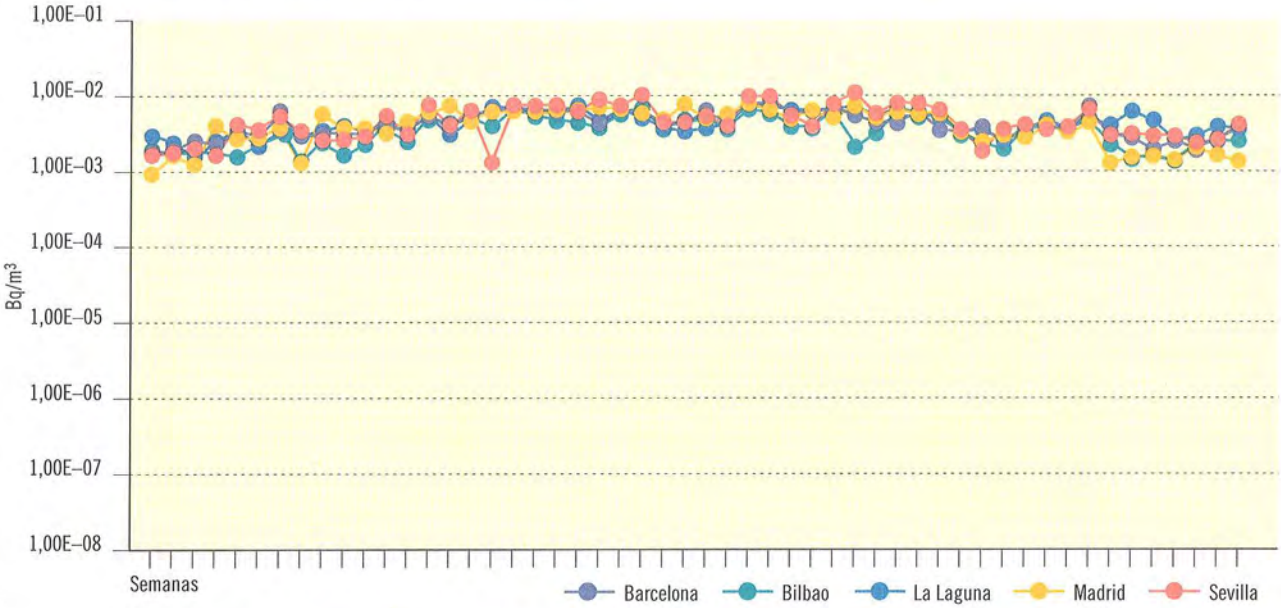


Figura 3.6b. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo

Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	4,15E-03	3,39E-03	4,35E-03	4,05E-03	4,75E-03
Valor máximo	7,61E-03	6,12E-03	6,66E-03	7,75E-03	9,97E-03
Valor mínimo	1,91E-03	1,31E-03	1,74E-03	8,54E-04	1,26E-03
LID máximo	9,58E-06	1,12E-05	2,48E-05	4,54E-06	1,97E-04
LID mínimo	2,40E-06	2,24E-06	3,31E-06	1,64E-06	5,00E-06
Nº total de análisis	52	52	52	52	52
Nº de análisis > LID	52	52	52	52	52
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Suelo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

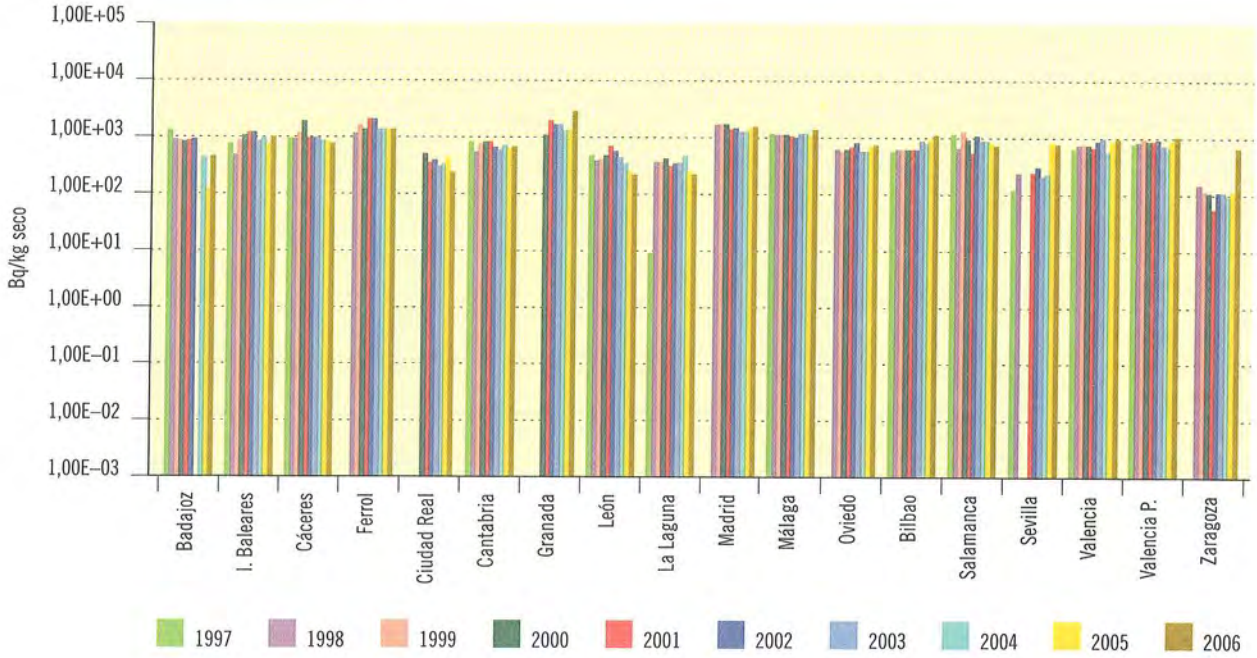
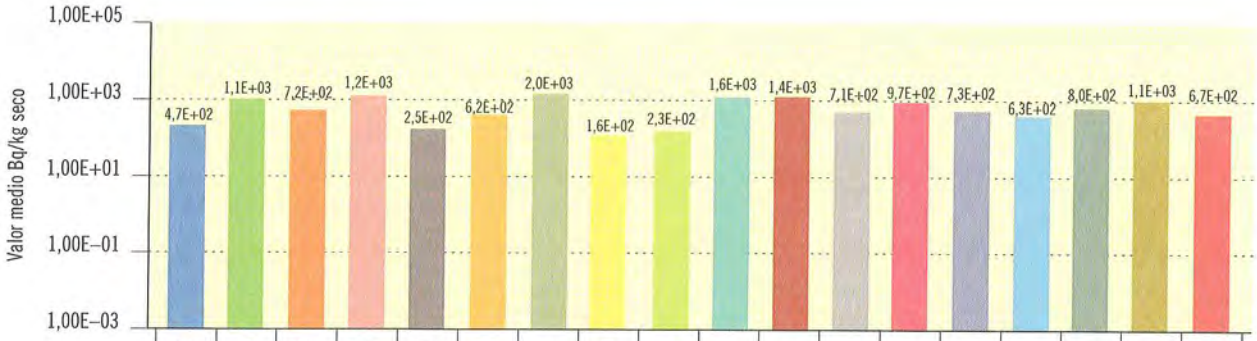


Figura 3.7b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	4,7E+02	1,0E+03	7,2E+02	1,2E+03	2,5E+02	6,2E+02	2,0E+03	1,6E+02	2,3E+02	1,6E+03	1,4E+03	7,1E+02	9,7E+02	7,3E+02	6,3E+02	9,4E+02	1,1E+03	6,7E+02
Valor mínimo	4,7E+02	1,0E+03	7,2E+02	1,2E+03	2,5E+02	6,2E+02	2,0E+03	1,6E+02	2,3E+02	1,6E+03	1,1E+03	7,1E+02	9,7E+02	7,3E+02	6,3E+02	6,6E+02	1,1E+03	6,7E+02
Nº total de análisis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Nº de análisis > LID	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.8a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

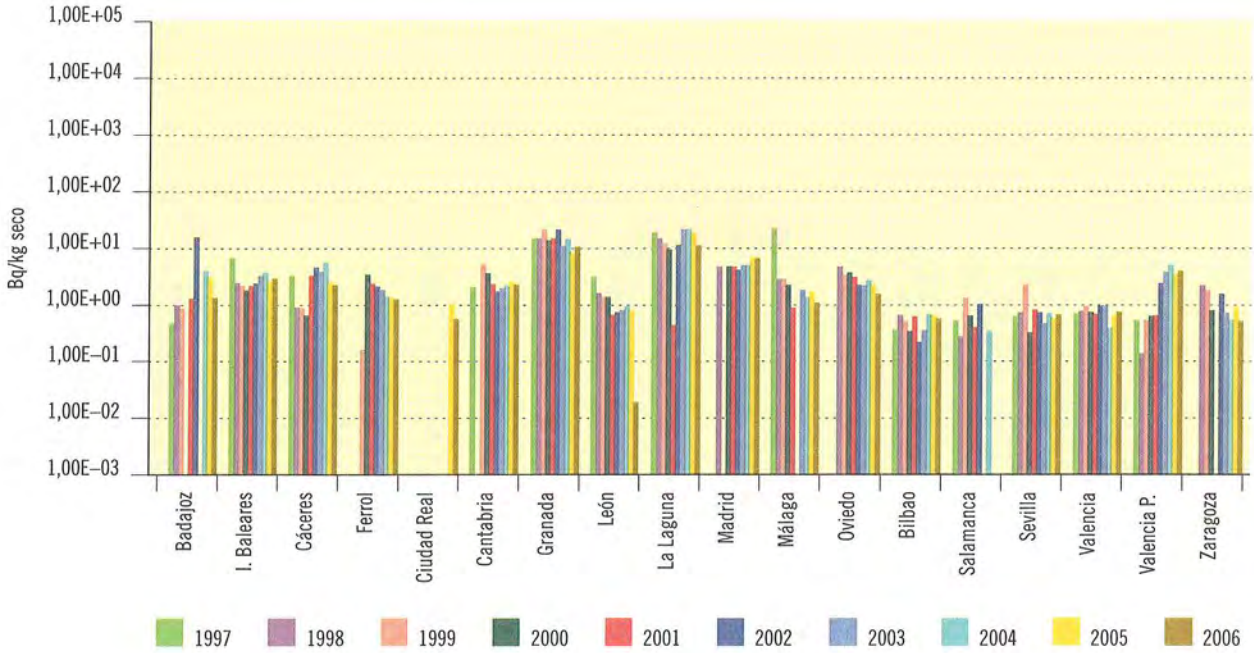
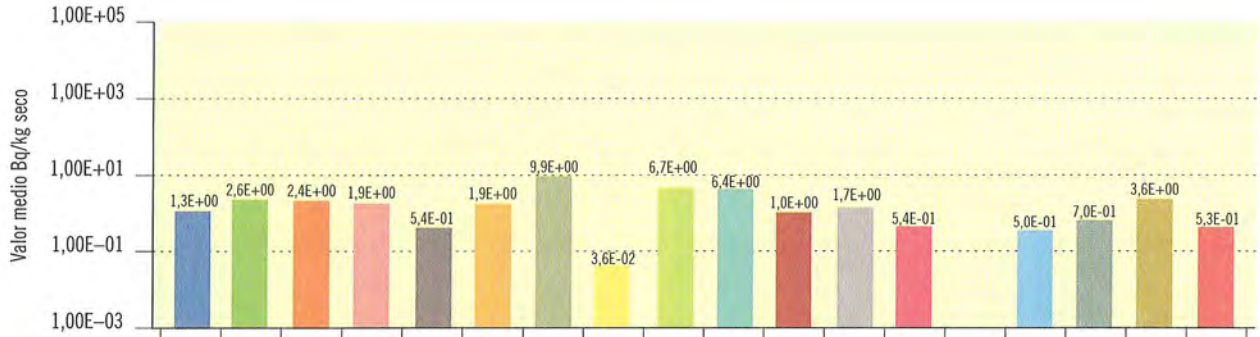


Figura 3.8b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2006



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

Figura 3.9a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

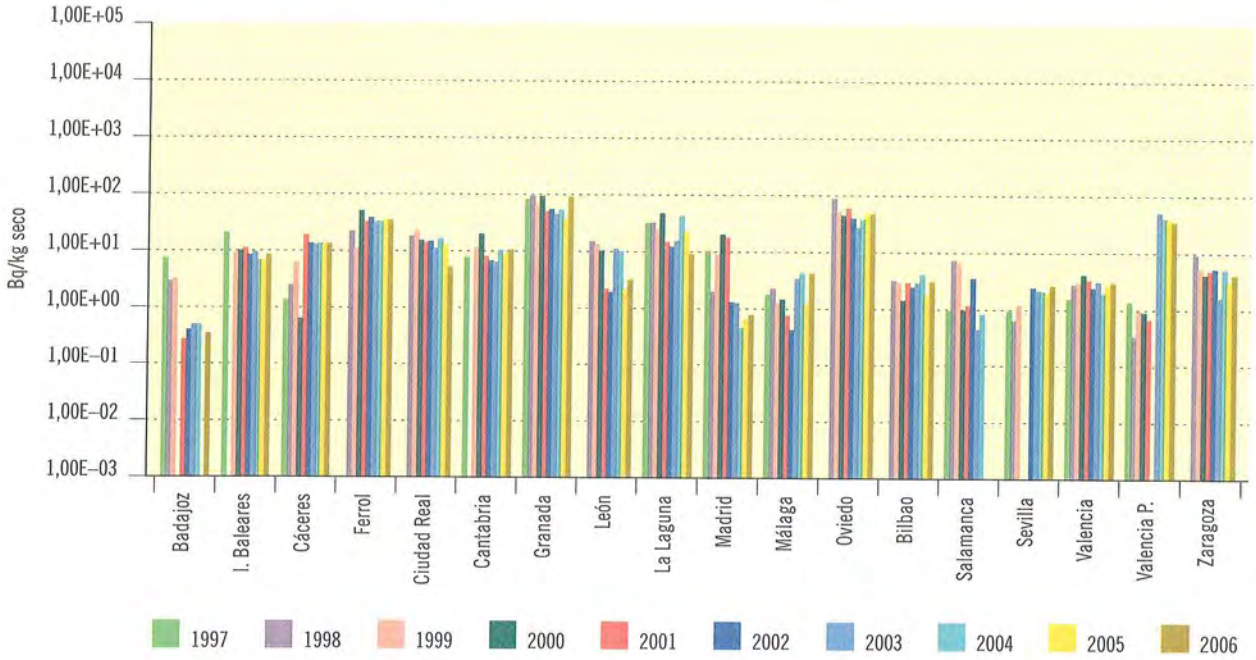
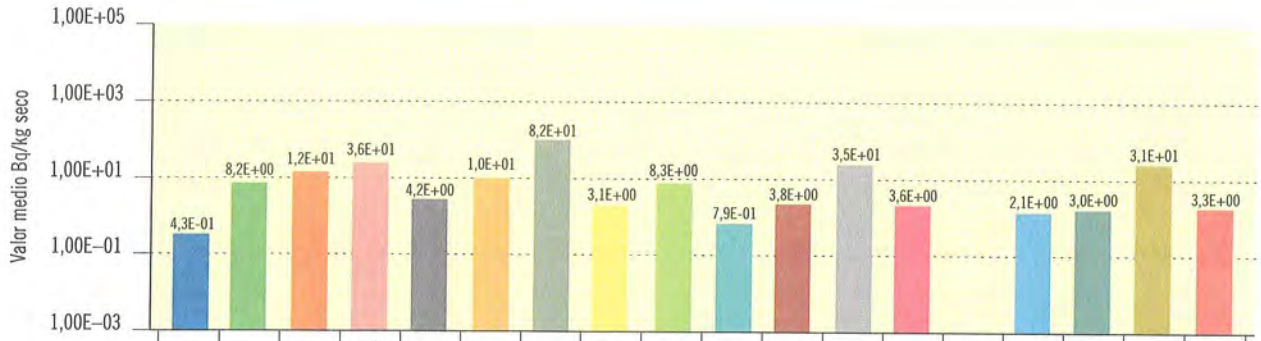


Figura 3.9b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

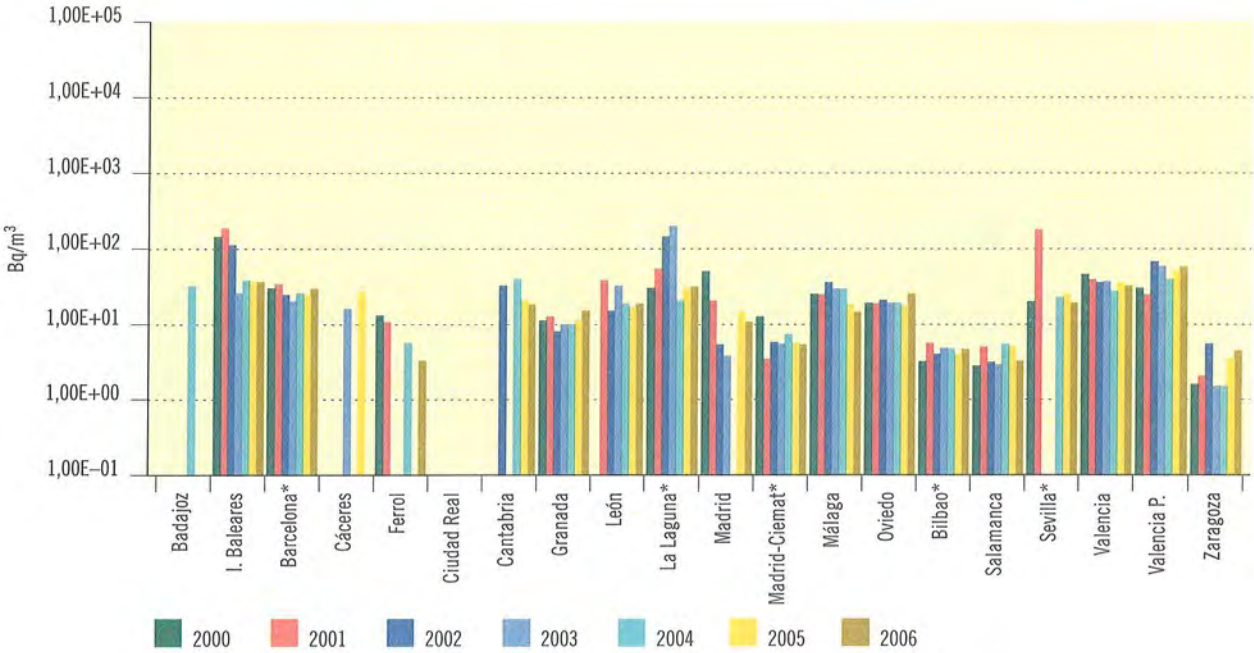
Valores de la campaña de 2006



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

Figura 3.10a. Agua potable

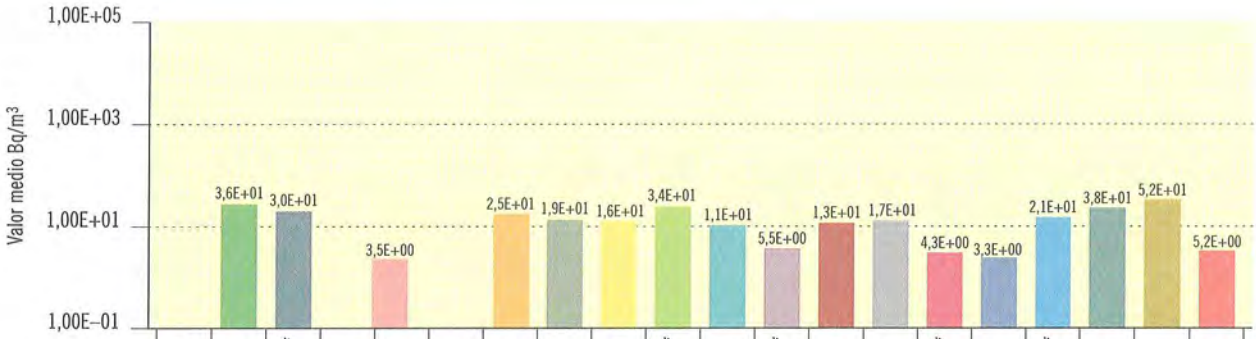
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



* Análisis incluido en la red espaciada

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

Valores de la campaña de 2006

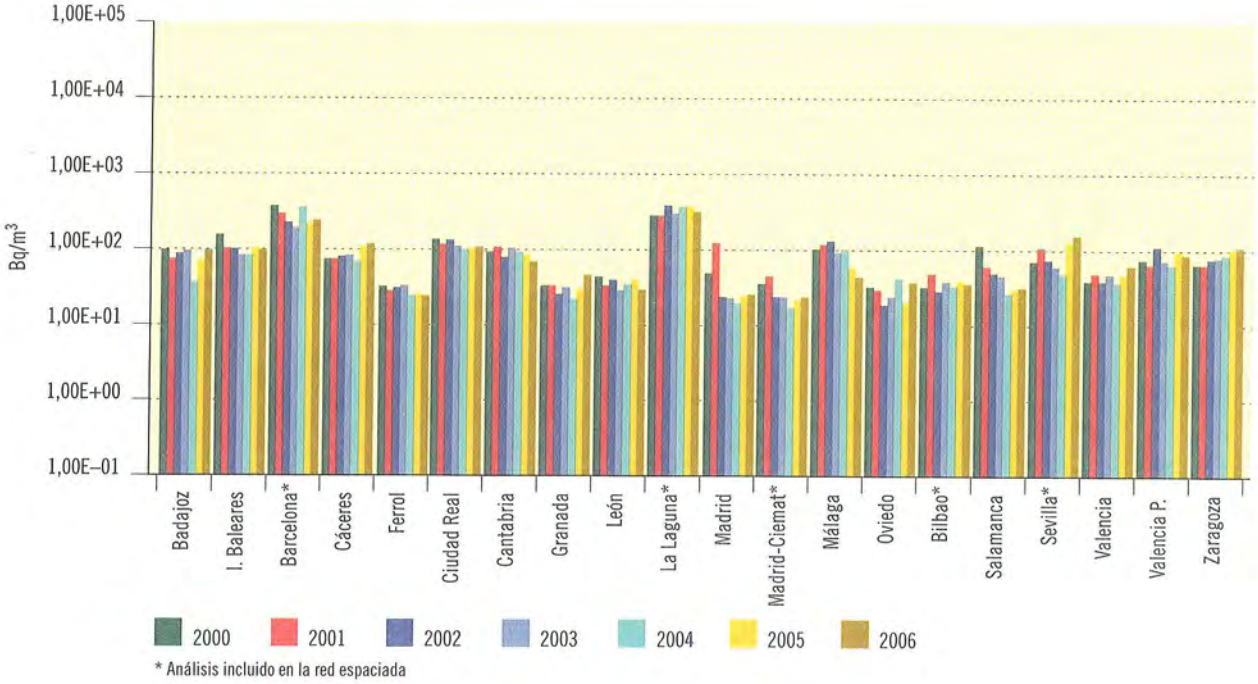


	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo		6,3E+01	6,9E+01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

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.11a. Agua potable

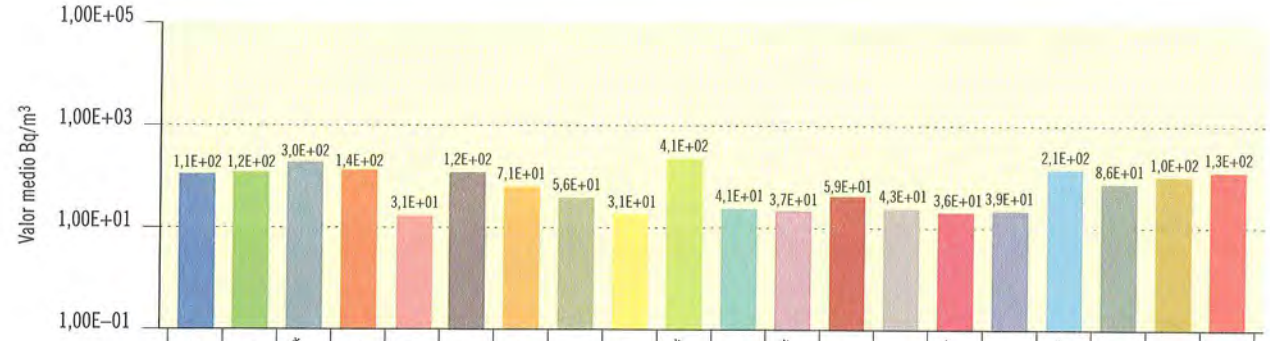
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Análisis incluido en la red espaciada

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

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	1,9E+02	1,6E+02	1,2E+03	1,6E+02	3,6E+01	1,4E+02	1,3E+02	1,0E+02	4,4E+01	5,7E+02	5,3E+01	5,8E+01	8,2E+01	7,3E+01	4,6E+01	7,2E+01	4,5E+02	1,6E+02	1,3E+02	1,7E+02
Valor mínimo	3,5E+01	5,3E+01	1,1E+02	8,9E+01	2,2E+01	1,0E+02	3,7E+01	3,3E+01	1,7E+01	3,0E+02	2,5E+01	2,4E+01	4,0E+01	1,8E+01	2,7E+01	2,4E+01	6,2E+01	3,8E+01	6,0E+01	7,5E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	11	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12
Nº de análisis < LID	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.12a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

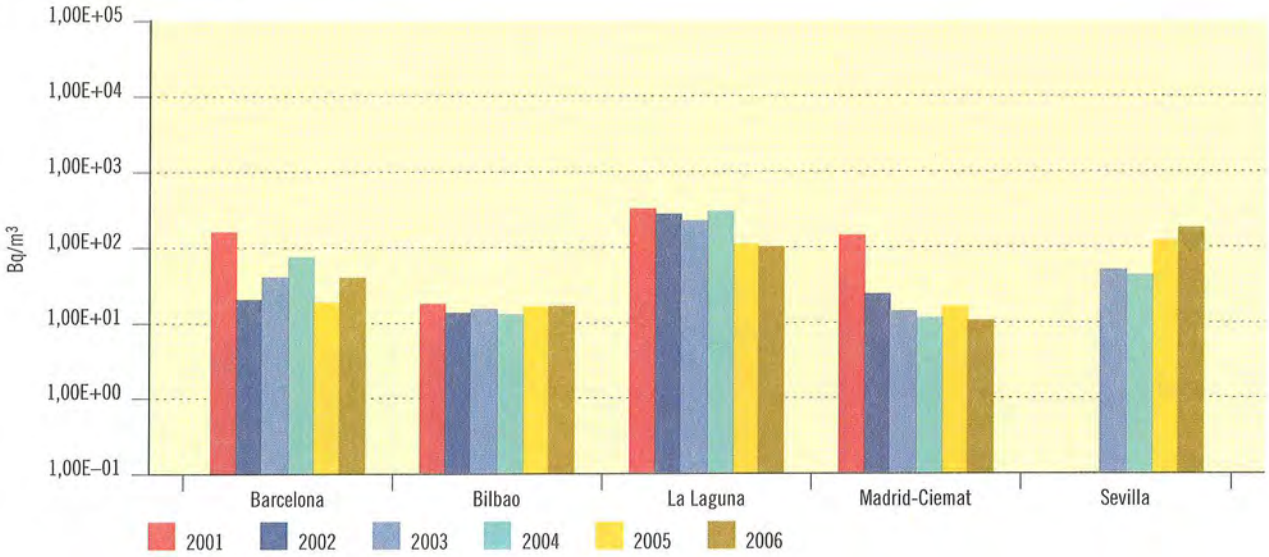
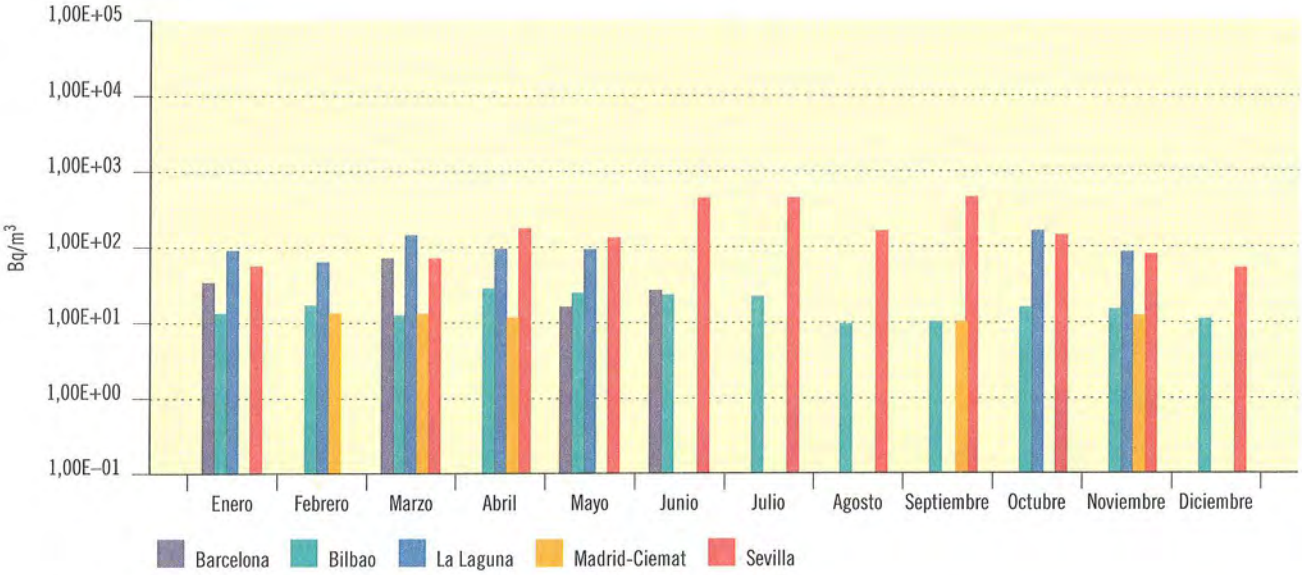


Figura 3.12b. Agua potable. Concentración de actividad de beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,63E+01	1,77E+01	9,85E+01	1,27E+01	1,94E+02
Valor máximo	6,50E+01	2,72E+01	1,59E+02	1,46E+01	4,27E+02
Valor mínimo	1,40E+01	9,44E+00	5,71E+01	1,04E+01	4,54E+01
LID máximo	2,70E+01	1,01E+01	5,60E+01	8,81E+00	5,18E+01
LID mínimo	1,00E+01	6,06E+00	1,94E+01	6,24E+00	3,89E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	4	12	7	5	11
Nº de análisis < LID	8	0	5	7	1

Figura 3.13a. Agua potable

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

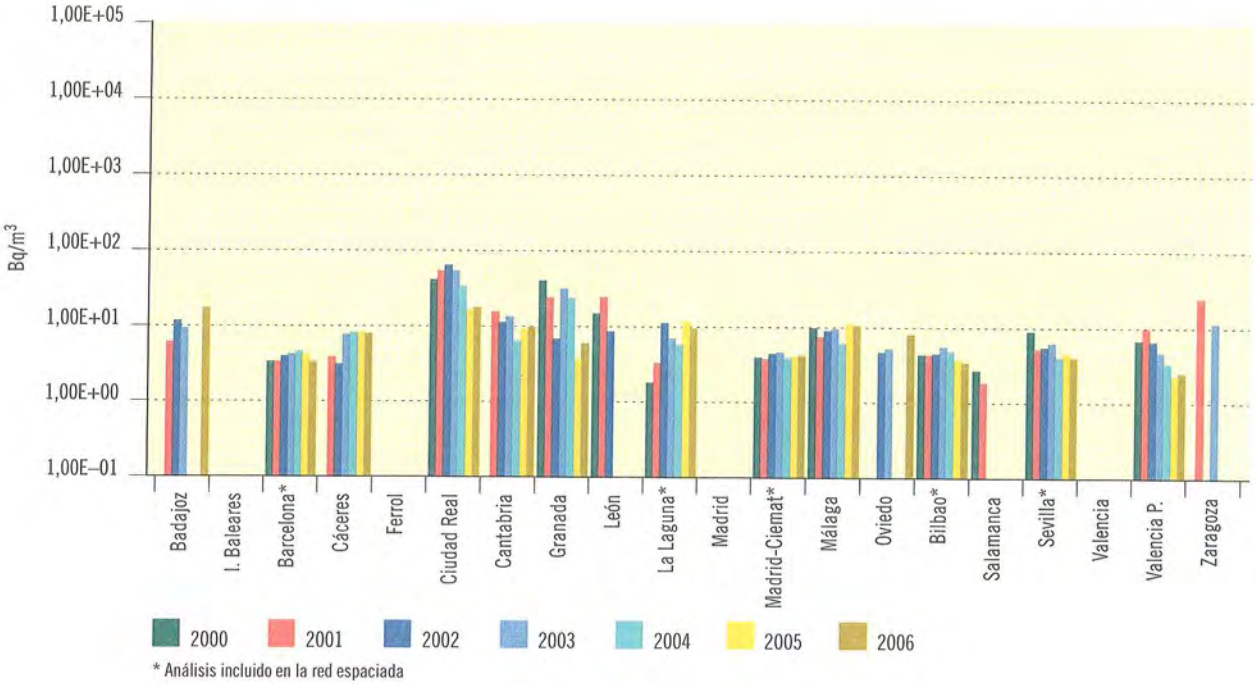
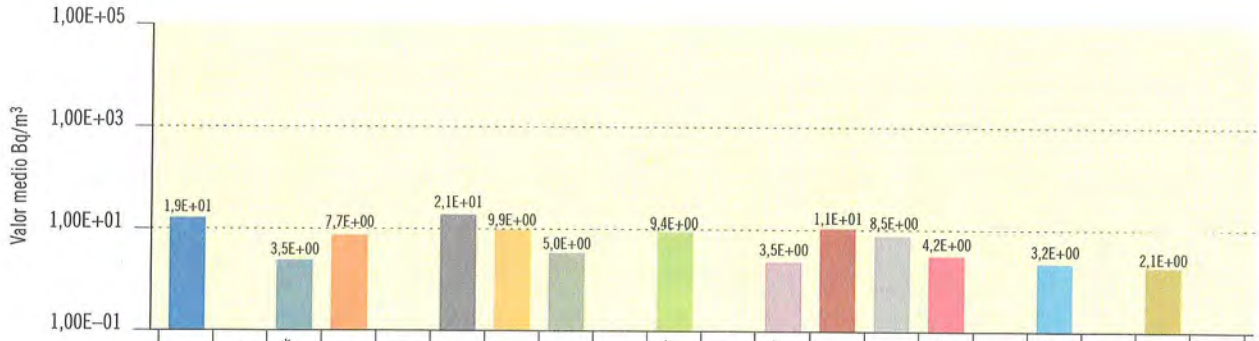


Figura 3.13b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



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

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.14a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad de H-3

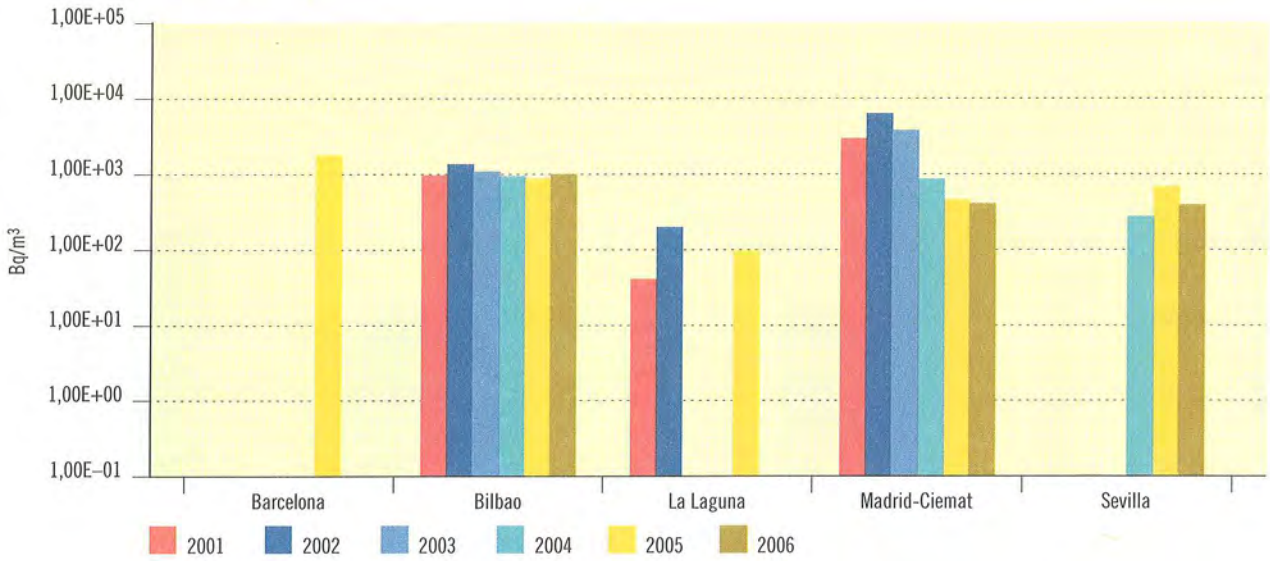
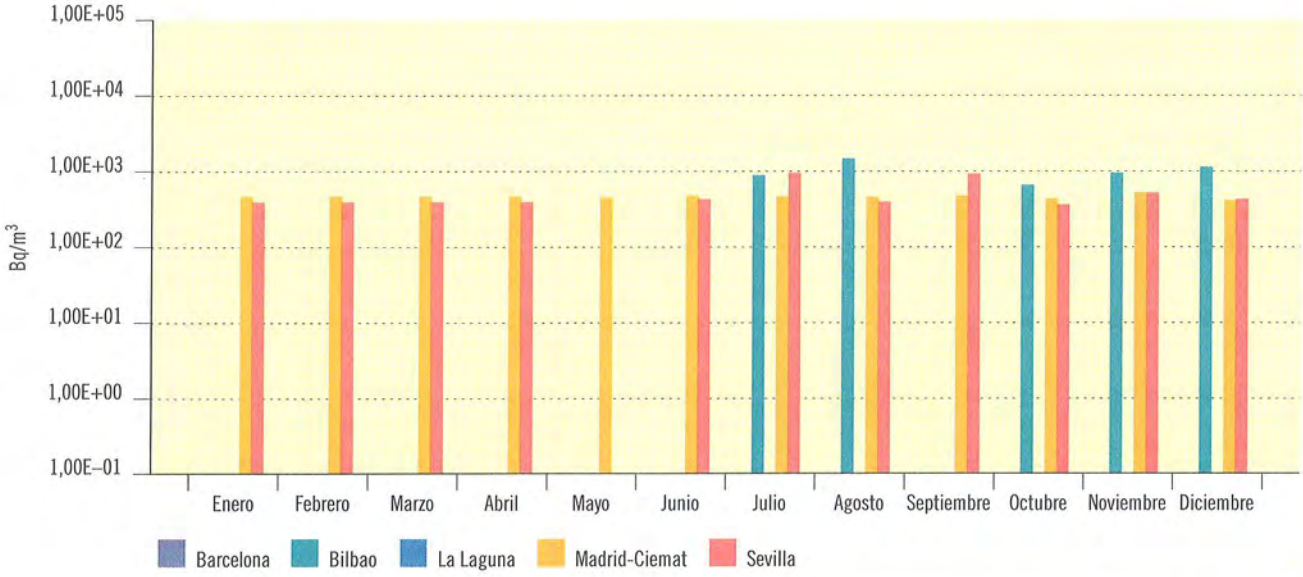


Figura 3.14b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,00E+03		4,25E+02	4,34E+02
Valor máximo		1,57E+03		4,90E+02	8,92E+02
Valor mínimo		5,81E+02		3,07E+02	2,84E+02
LID máximo	1,51E+03	8,73E+02	8,00E+01	1,21E+02	2,84E+02
LID mínimo	8,30E+02	3,90E+02	8,00E+01	9,10E+01	1,98E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	0	5	0	12	11
Nº de análisis < LID	12	7	12	0	1

Figura 3.15a. Agua potable

Evolución temporal del índice de actividad de Cs-137

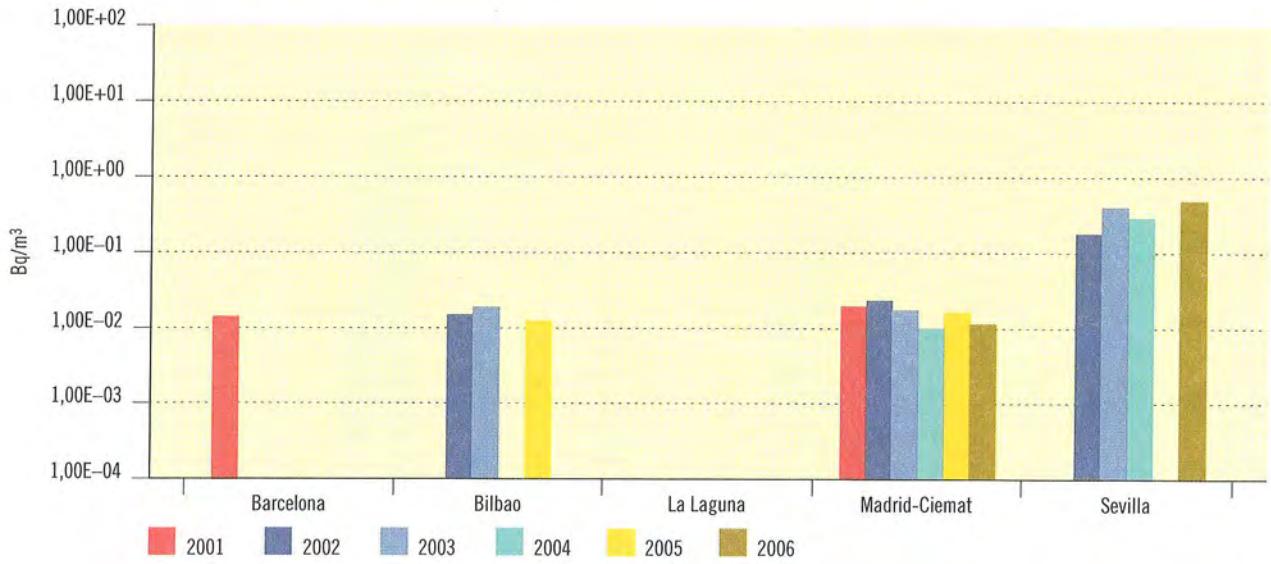
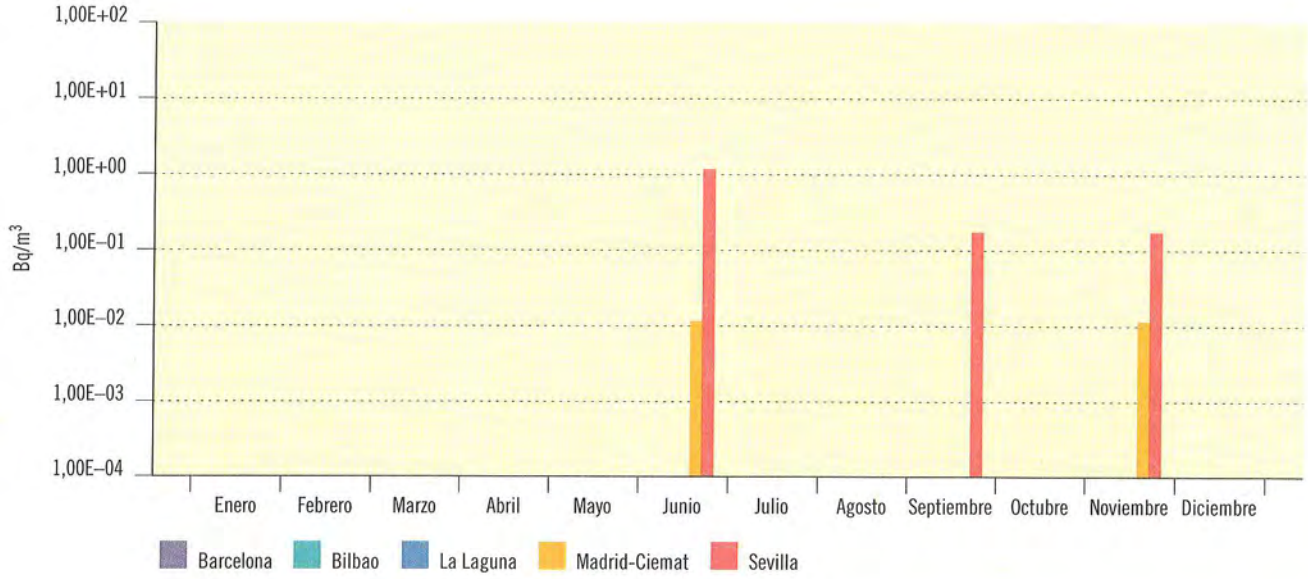


Figura 3.15b. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio				1,27E-02	5,65E-01
Valor máximo				1,34E-02	1,30E+00
Valor mínimo				1,19E-02	1,91E-01
LID máximo	3,62E-02	1,73E-02	1,66E-01	2,37E-02	2,25E-01
LID mínimo	1,31E-02	9,82E-03	7,87E-02	8,86E-03	7,57E-02
Nº total de análisis	12	12	12	12	4
Nº de análisis > LID	0	0	0	2	3
Nº de análisis < LID	12	12	12	10	1

Figura 3.16a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

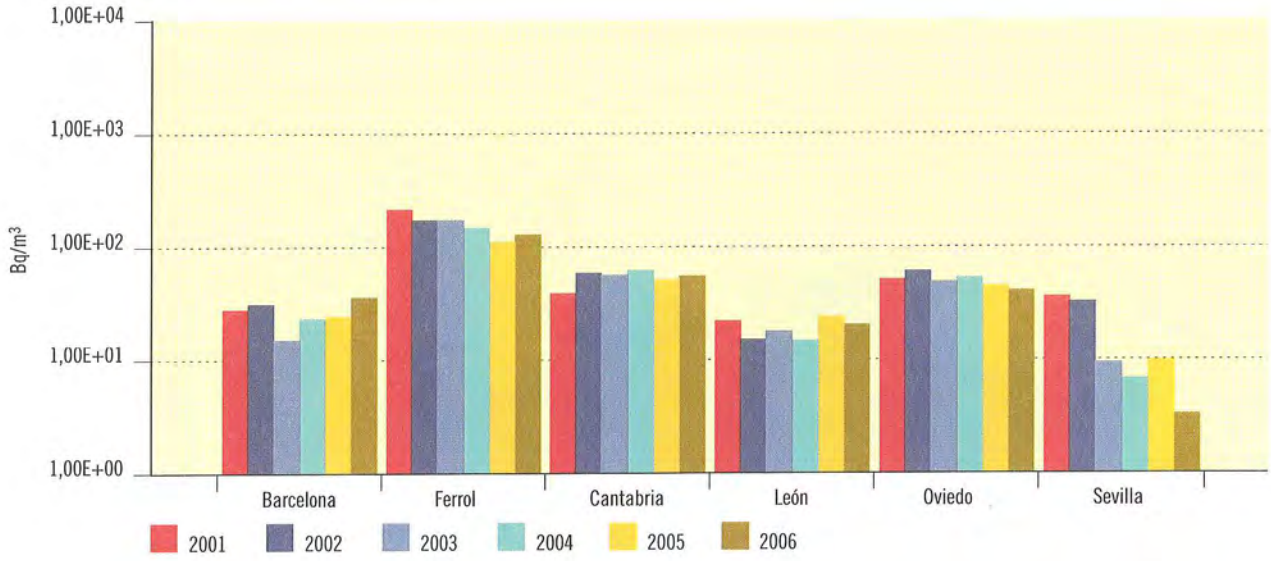
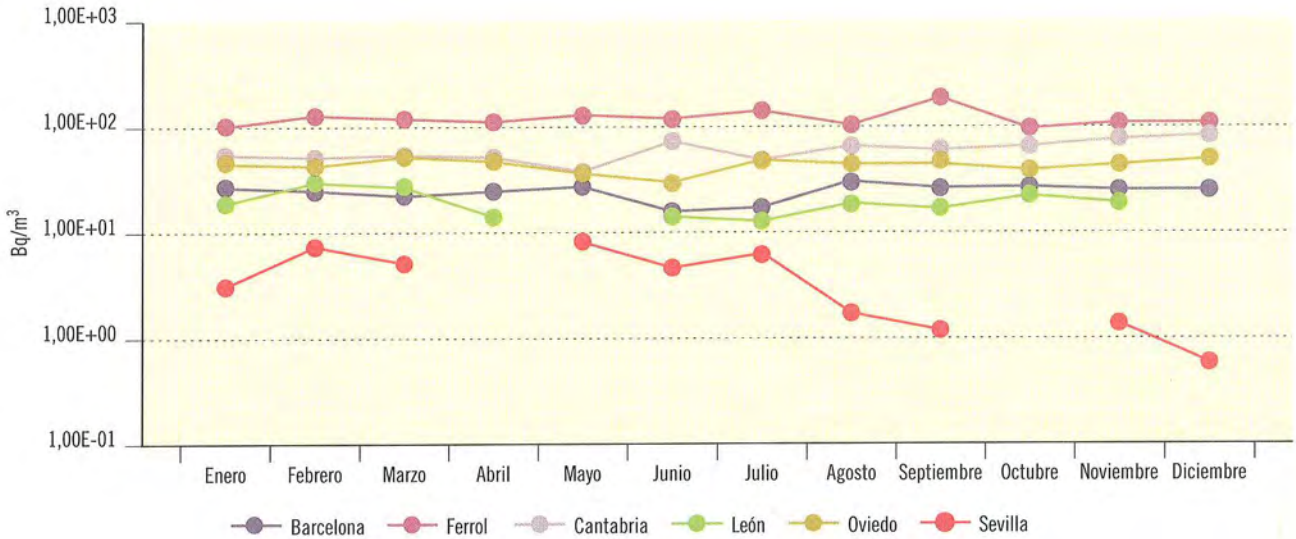


Figura 3.16b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	2,52E+01	1,26E+02	5,42E+01	2,02E+01	4,12E+01	3,72E+00
Valor máximo	3,08E+01	1,86E+02	7,30E+01	3,43E+01	4,67E+01	8,46E+00
Valor mínimo	1,66E+01	8,88E+01	3,98E+01	1,36E+01	3,27E+01	4,17E-01
LID máximo	5,34E+00	2,20E+00	3,40E+01	1,60E+01	5,09E+00	1,82E+00
LID mínimo	3,50E+00	1,25E+00	1,10E+01	3,66E+00	4,28E+00	2,42E-01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	12	12	12	10	12	10
Nº de análisis < LID	0	0	0	2	0	2

Figura 3.17a. Leche

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

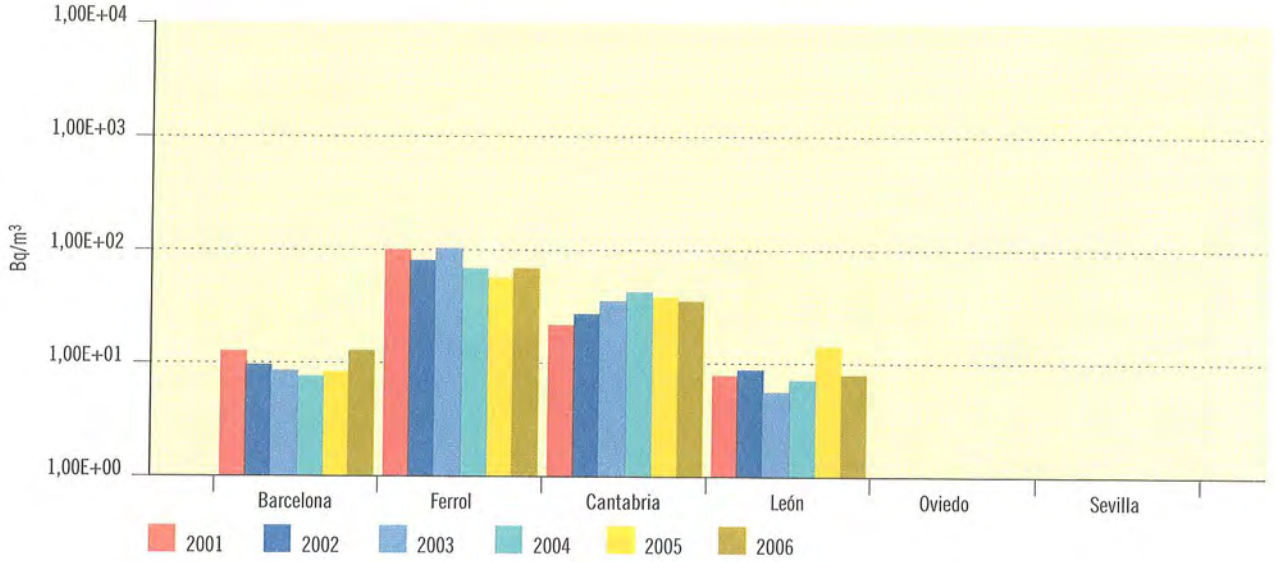
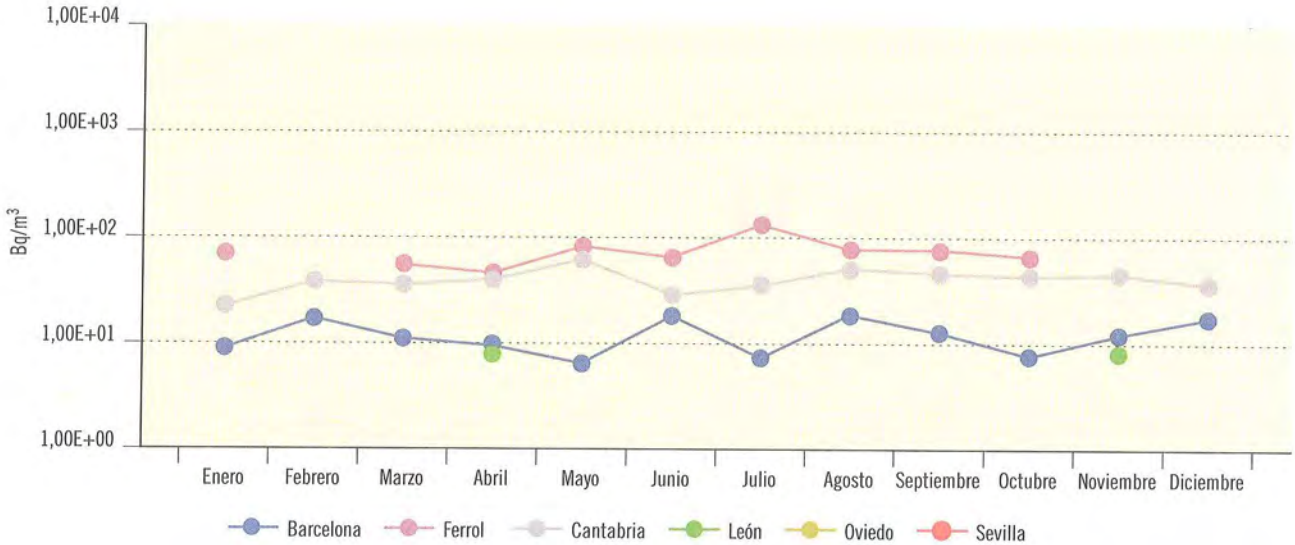


Figura 3.17b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	1,21E+01	7,41E+01	4,17E+01	7,96E+00		
Valor máximo	1,89E+01	1,27E+02	7,22E+01	8,22E+00		
Valor mínimo	6,80E+00	5,20E+01	2,40E+01	7,69E+00		
LID máximo	8,60E+00	5,80E+01	4,13E+01	2,16E+01	8,66E+01	1,81E+02
LID mínimo	1,25E+00	3,09E+01	1,80E+01	6,52E+00	7,66E+01	3,02E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	12	9	12	2	0	0
Nº de análisis < LID	0	3	0	10	12	12

Figura 3.18a. Dieta tipo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

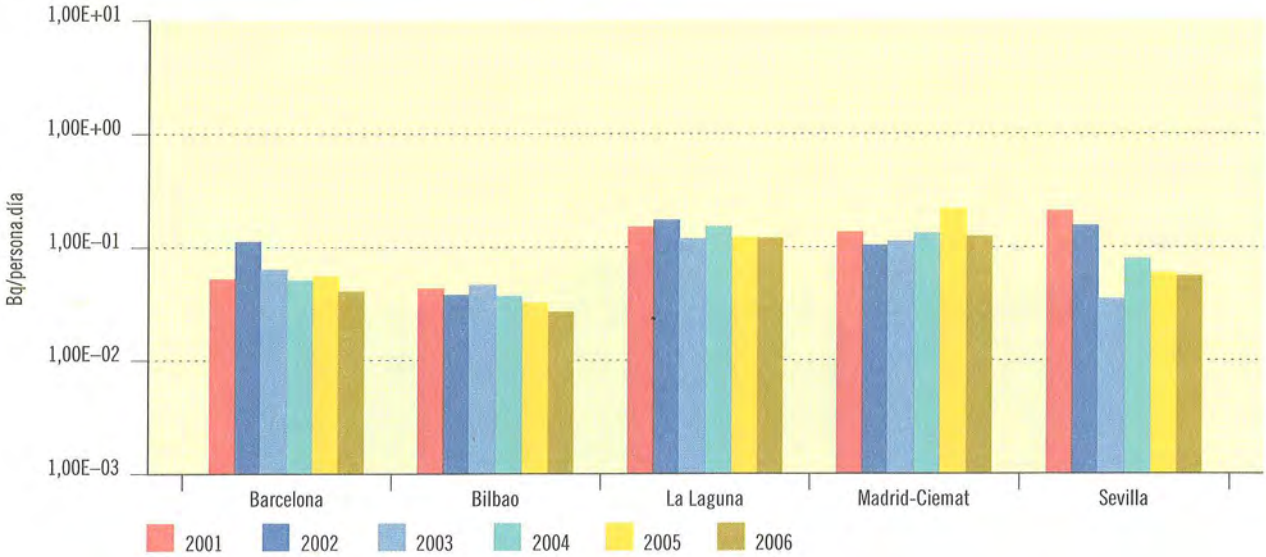
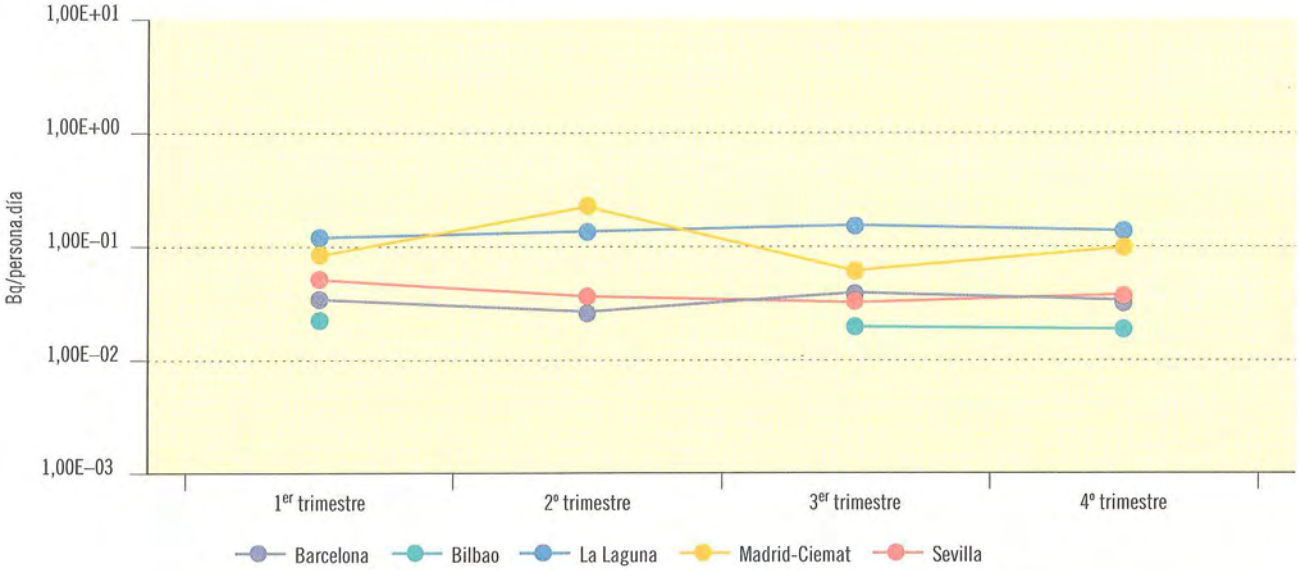


Figura 3.18b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/persona.día)

Valores trimestrales de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	4,25E-02	2,97E-02	1,48E-01	1,32E-01	4,88E-02
Valor máximo	4,70E-02	3,15E-02	1,70E-01	2,30E-01	6,71E-02
Valor mínimo	3,70E-02	2,63E-02	1,22E-01	7,17E-02	4,15E-02
LID máximo	1,50E-02	9,05E-03	1,74E-02	1,28E-02	1,67E-02
LID mínimo	9,00E-03	4,70E-03	1,35E-02	5,33E-03	1,29E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	3	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	1	0	0	0

Figura 3.19a. Dieta tipo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

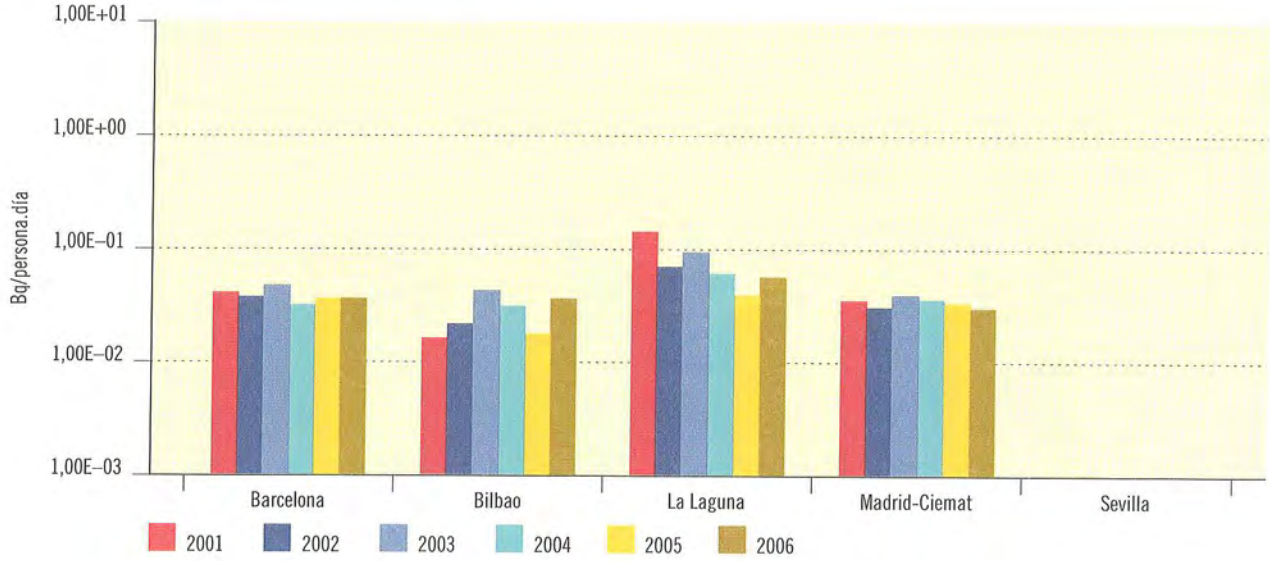
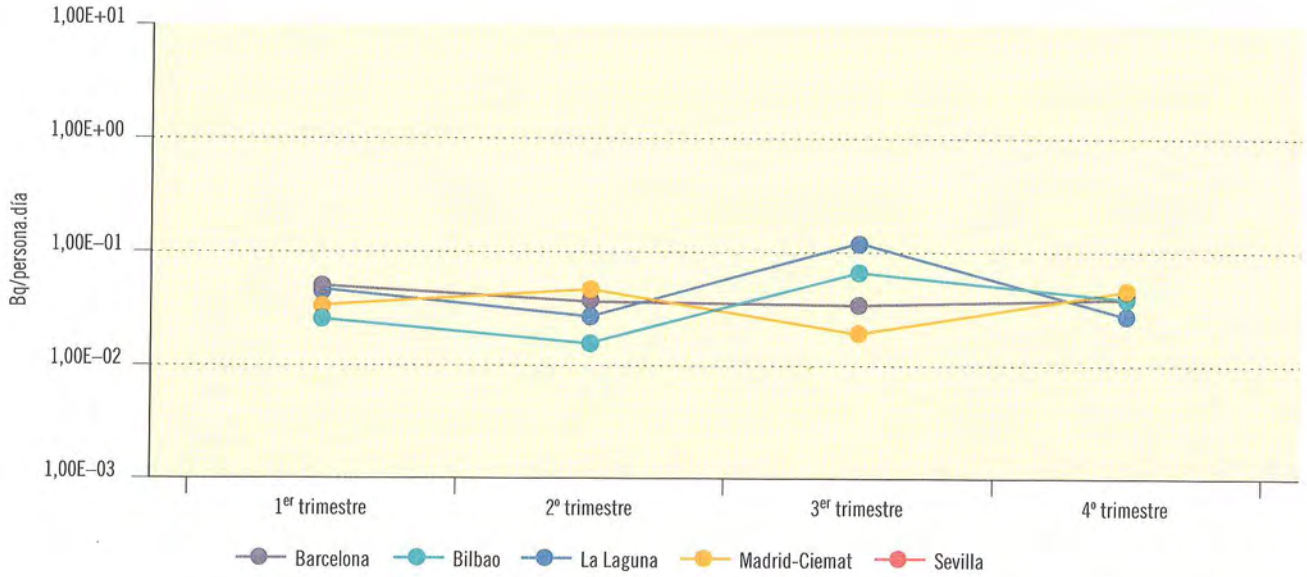


Figura 3.19b. Dieta tipo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/persona.día)

Valores de la campaña de 2006



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,94E-02	3,62E-02	5,58E-02	3,46E-02	
Valor máximo	4,75E-02	6,46E-02	1,21E-01	4,82E-02	
Valor mínimo	3,36E-02	1,52E-02	2,79E-02	1,86E-02	
LID máximo	2,66E-02	4,87E-02	3,50E-02	1,50E-02	1,95E-01
LID mínimo	1,44E-02	1,32E-02	2,13E-02	1,08E-02	5,44E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	0
Nº de análisis < LID	0	0	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 firmó un nuevo acuerdo específico por el que se amplió la vigilancia a las aguas costeras y de abastecimiento público. Y por último, en el año 2004 se firmó un nuevo acuerdo en virtud del cual se incluyó la vigilancia de las aguas continentales y costeras en el programa de la red espaciada, para lo cual el laboratorio del Cedex implementó las técnicas analíticas adecuadas en dicha red, en cuyo desarrollo estuvo trabajando desde años anteriores.

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

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 2006

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		96	
Duero	13		122	
Tajo	21	1	174	4
Guadiana	5		20	
Guadalquivir	12		86	
Ebro	11	1	159	4
Júcar	6		40	
Cuencas hidrográficas catalanas	7		24	
Segura	4		24	

nucleares y del ciclo de combustible como en áreas alejadas de 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.

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

En la tabla 3.3 se indican las cuencas hidrográficas, el número de estaciones consideradas en cada una de ellas y el total de muestras recogidas en la campaña del año 2006.

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

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

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

En el programa de la red espaciada se realiza exclusivamente la determinación de la concentración de actividad de cesio-137 aplicando técnicas de separación radioquímica y partiendo de un volumen de muestra de agua continental de 350 litros.

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 1994 a 2006 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes (ver publicaciones anteriores para resultados de los años 1984 a 1993).

Los resultados obtenidos en el programa de la red espaciada, se representan en figuras de tipo "a", evolución temporal de la actividad de cesio-137, y en figuras de tipo "b", información detallada sobre los resultados obtenidos en el año 2006.

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. Éste es el caso del punto de muestreo situado en el río Tajo 1,5 km aguas abajo de Trillo que se dotó de un muestreador en continuo y del que se presentan resultados desde el año 2005, en sustitución del anterior punto de recogida puntual de muestras del que se presentaron resultados hasta el año 2004.

La valoración global de los resultados, considerando su evolución temporal y la ubicación de los puntos de muestreo, coincide con las conclusiones señaladas en anteriores informes, que pueden resumirse como sigue:

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

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

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

- En los análisis de cesio-137 realizados dentro del programa de la red 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^3. 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.

En las muestras integradas recogidas con muestreador en continuo en el nuevo punto del río Tajo situado aguas abajo de Trillo, se comprueba que la concentración media de tritio a lo largo del año se mantiene en valores mucho más bajos, sin observarse los picos de actividad detectados en años anteriores y que se relacionaban con la coincidencia entre la emisión de efluentes de la central y la toma puntual de la muestra.

Cuencas del norte de España

Figura 3.21. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

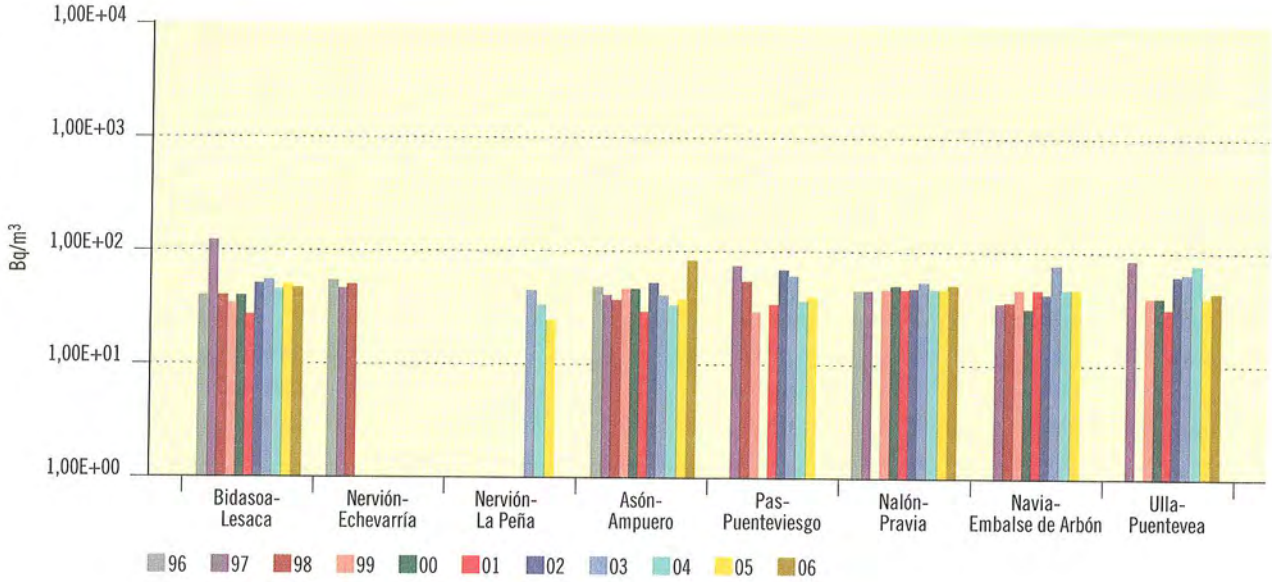


Figura 3.22. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta total

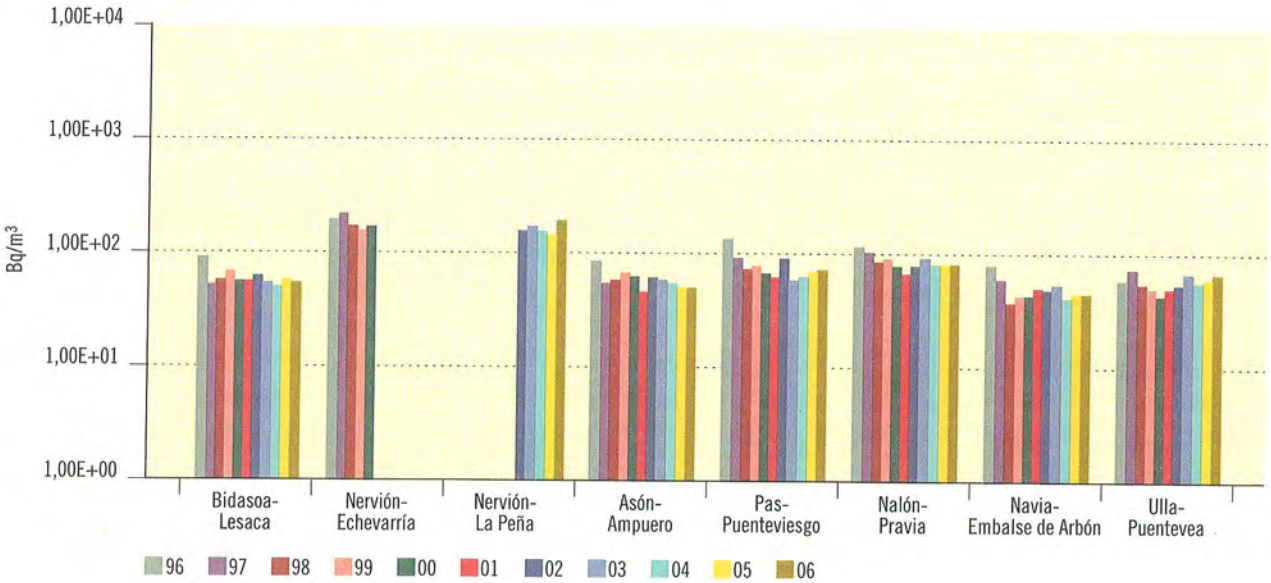


Figura 3.23. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

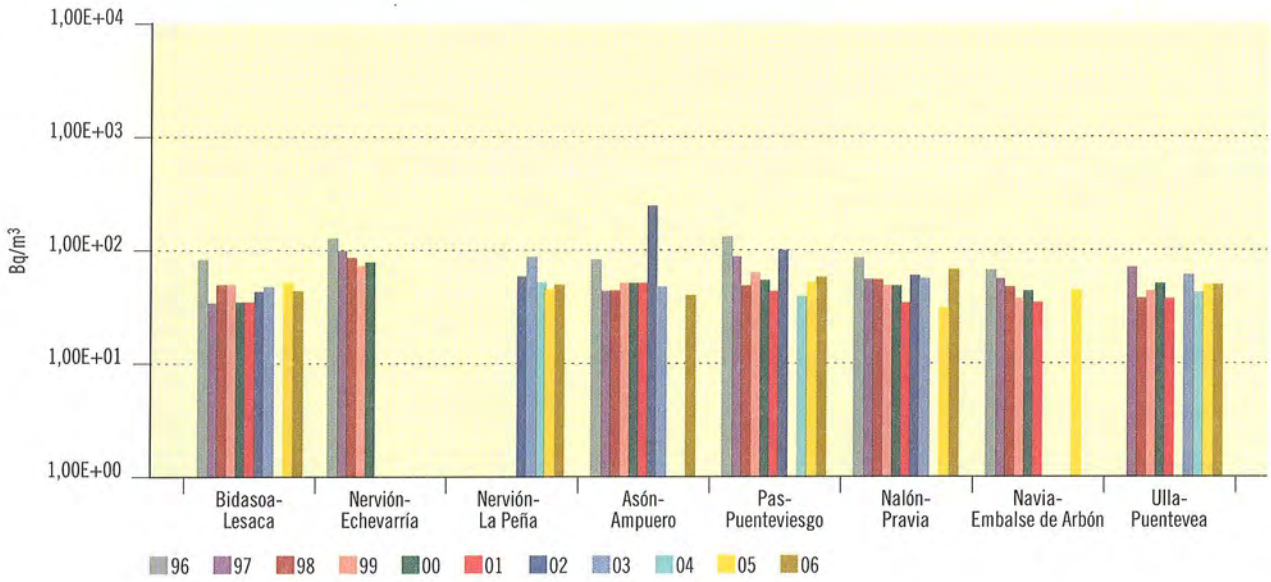
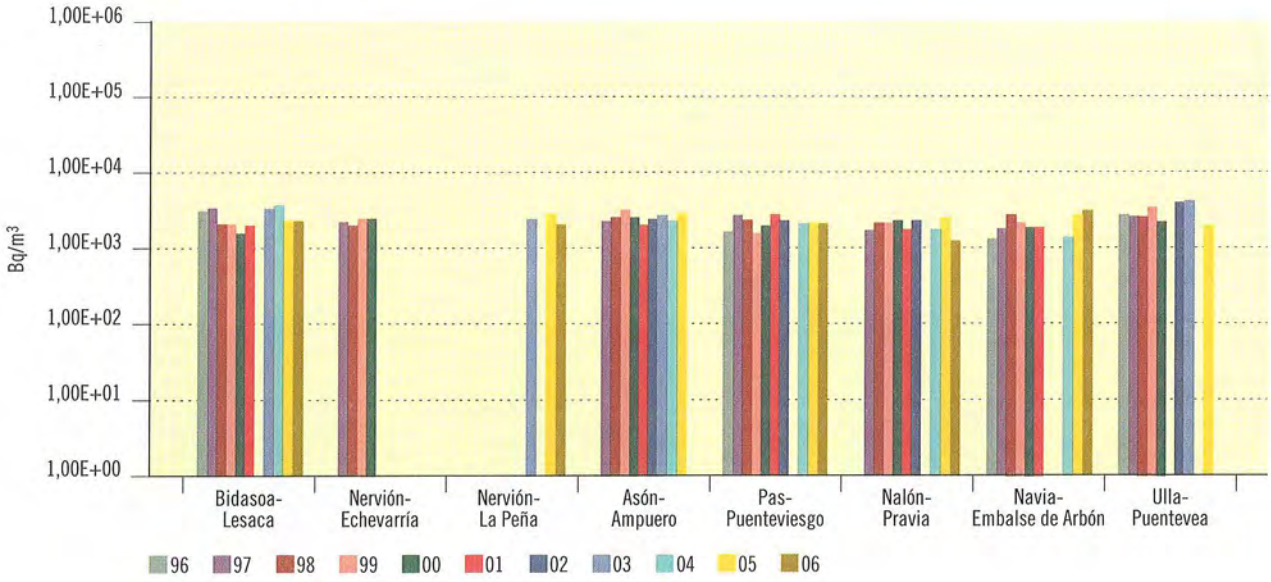


Figura 3.24. Cuencas del norte de España

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

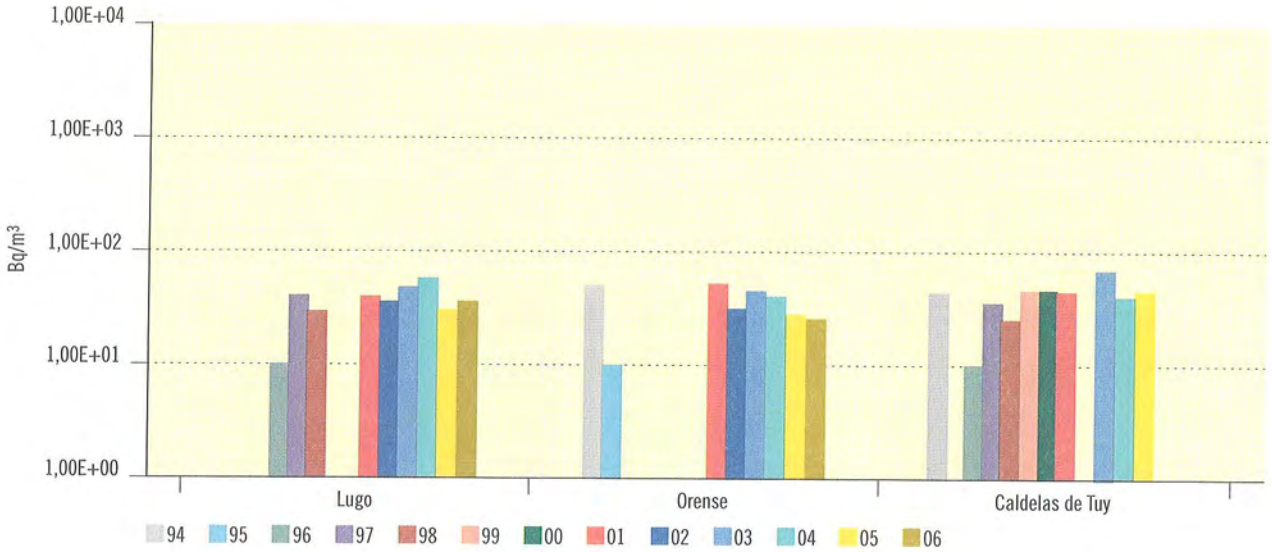


Figura 3.26. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

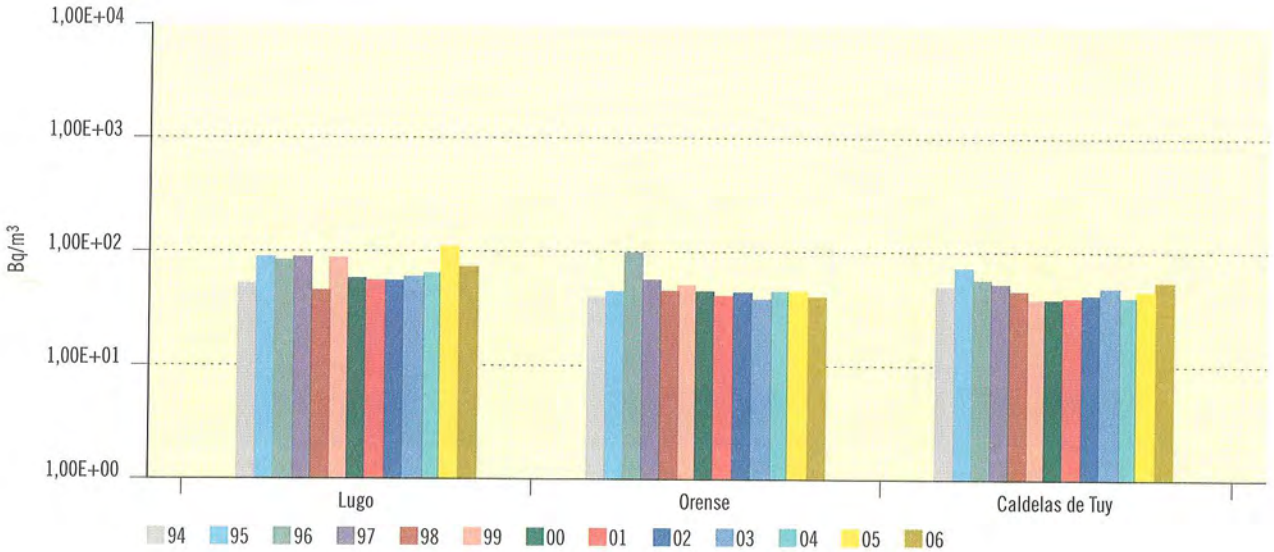


Figura 3.27. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

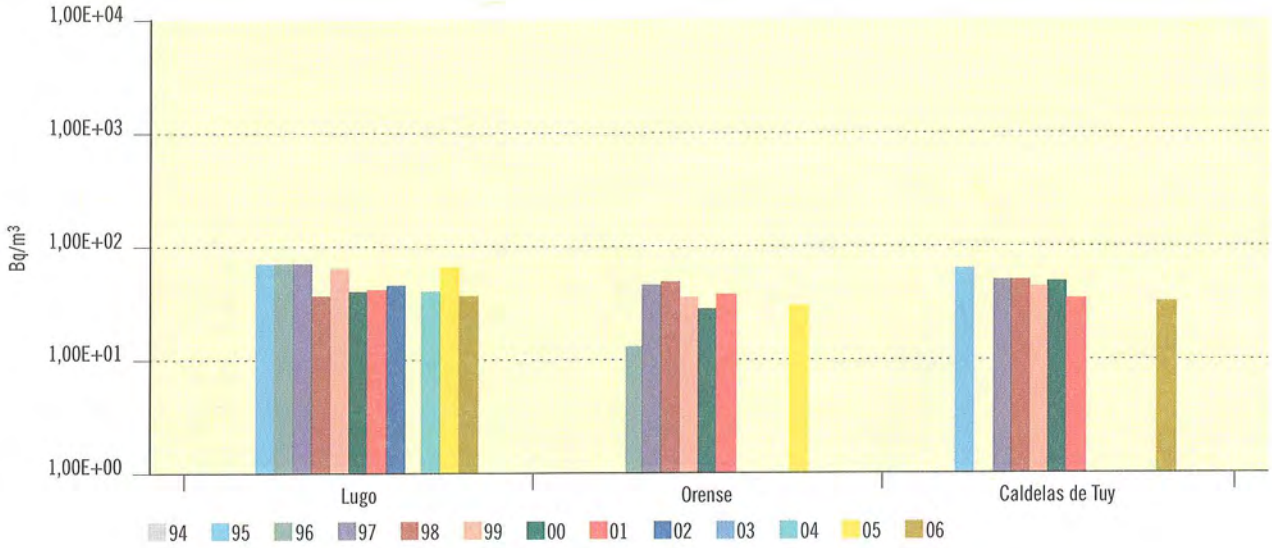
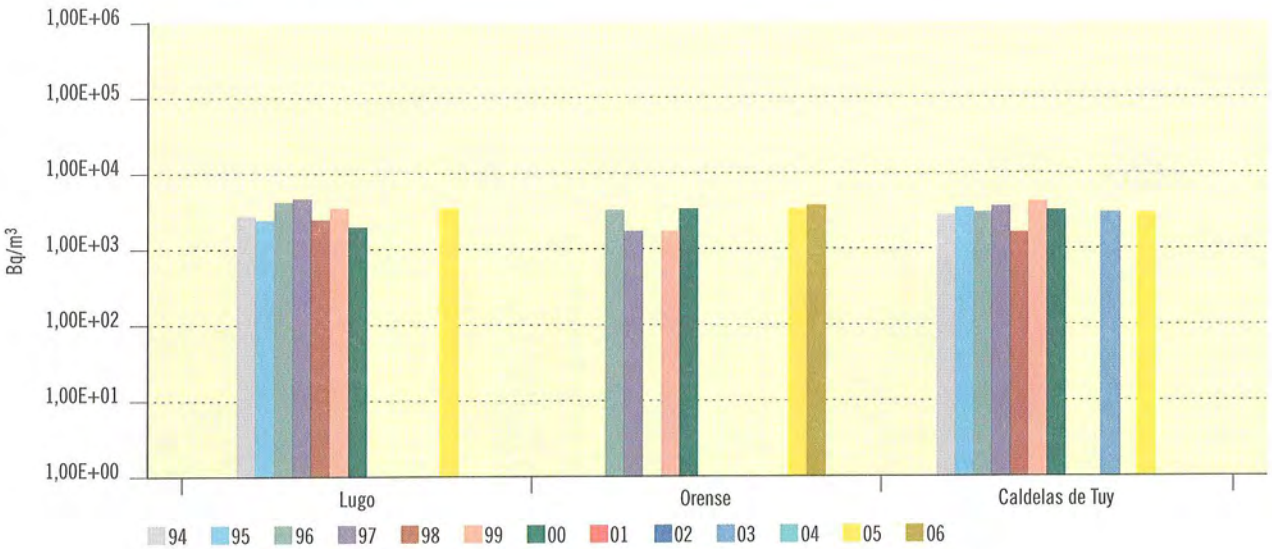


Figura 3.28. Río Miño

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

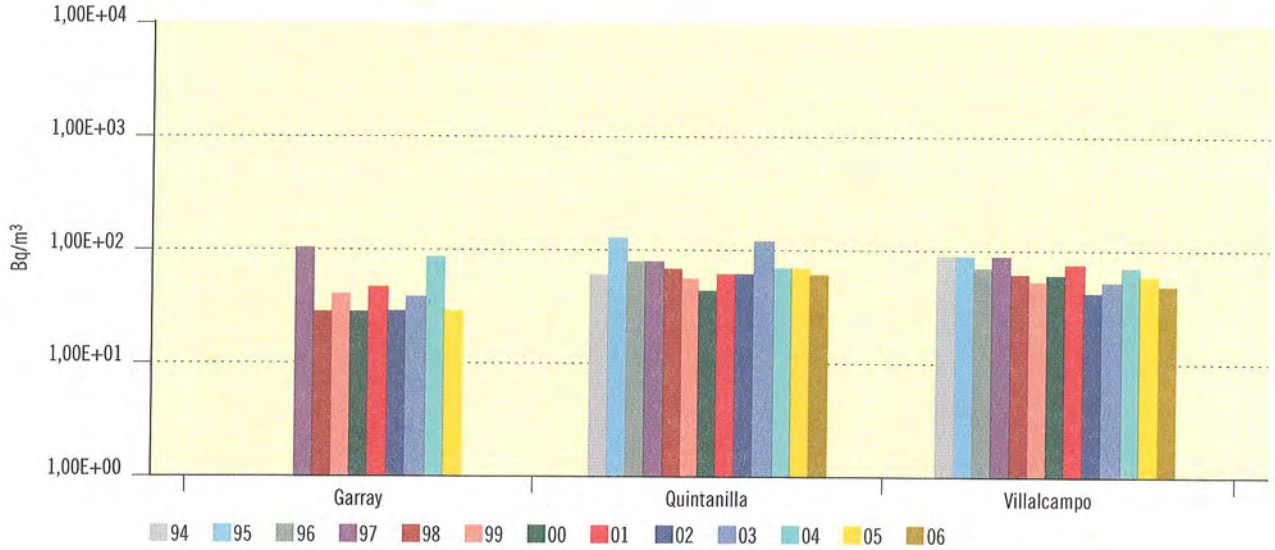


Figura 3.30. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

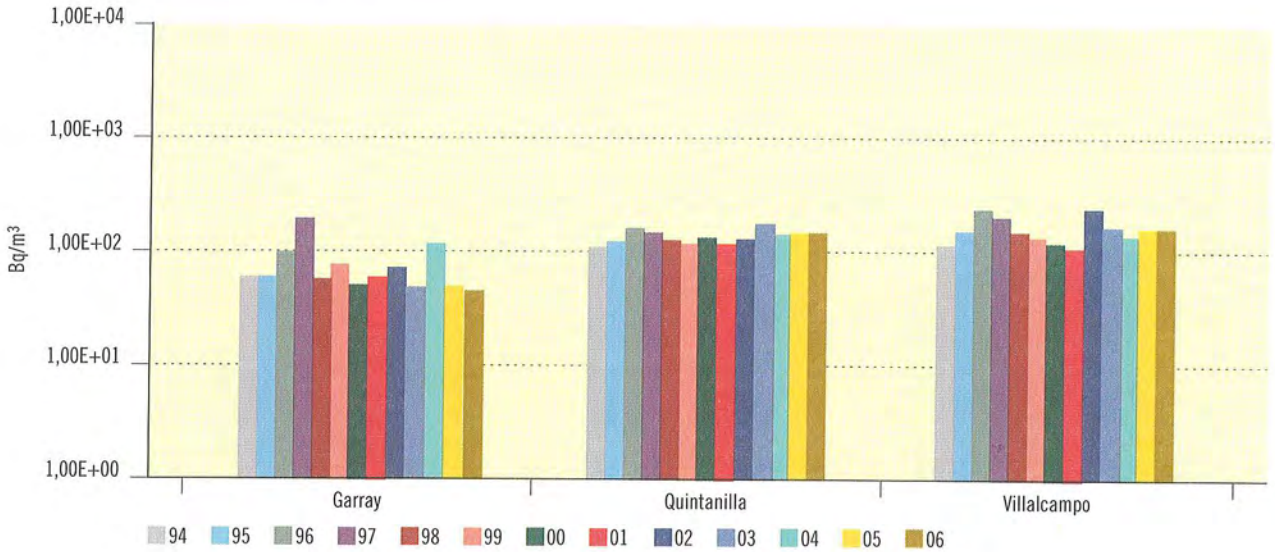


Figura 3.31. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

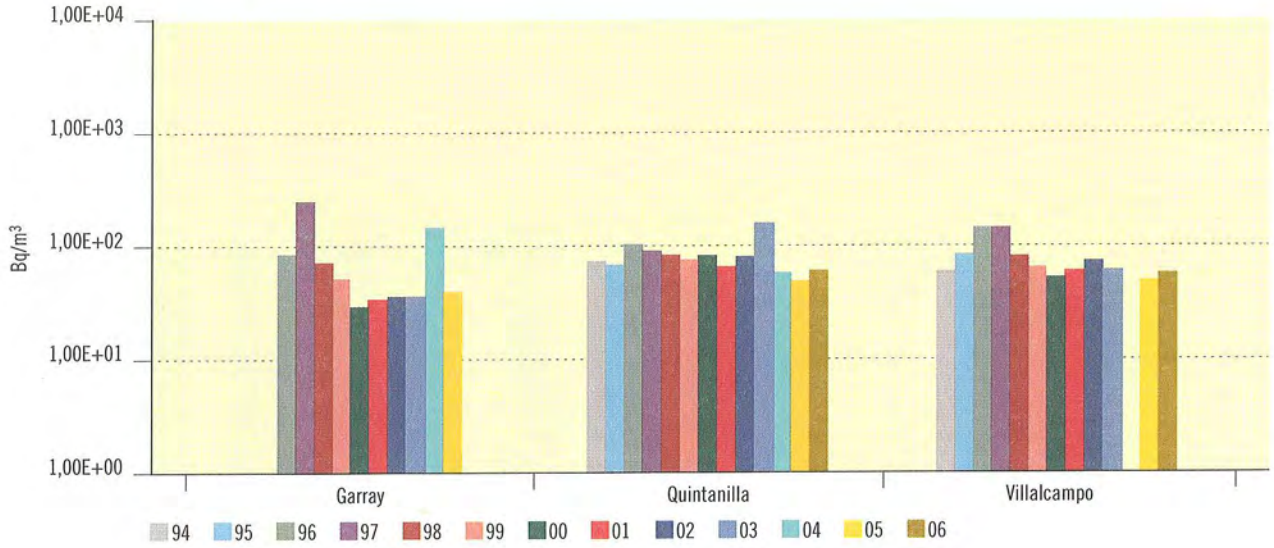
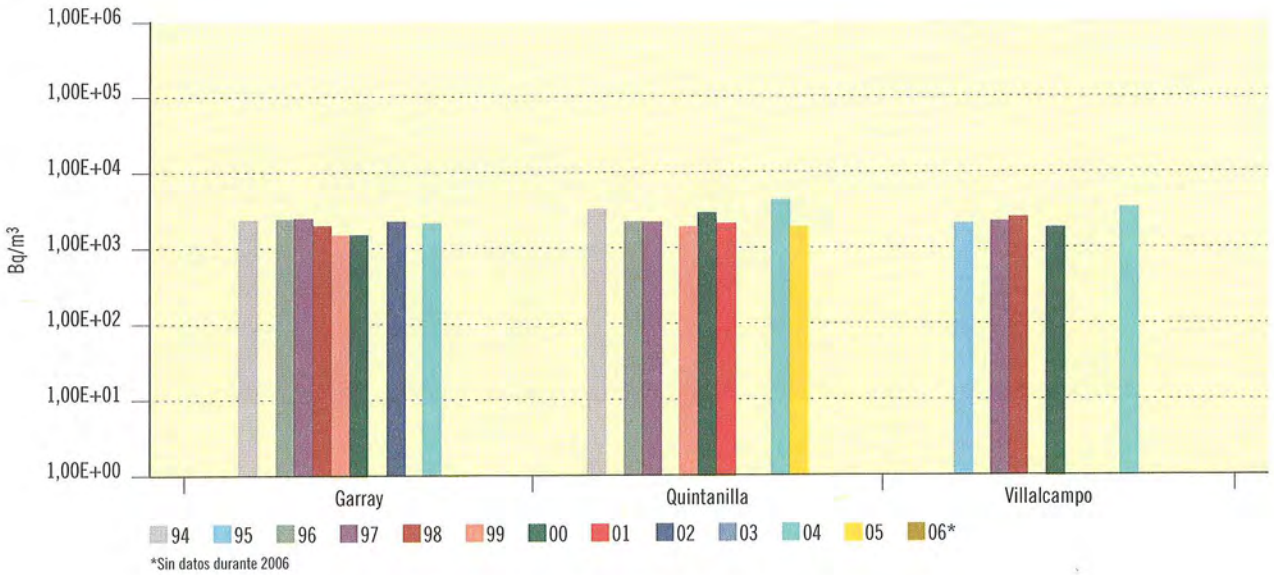


Figura 3.32. Río Duero

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



*Sin datos durante 2006

Río Tajo

Figura 3.33. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

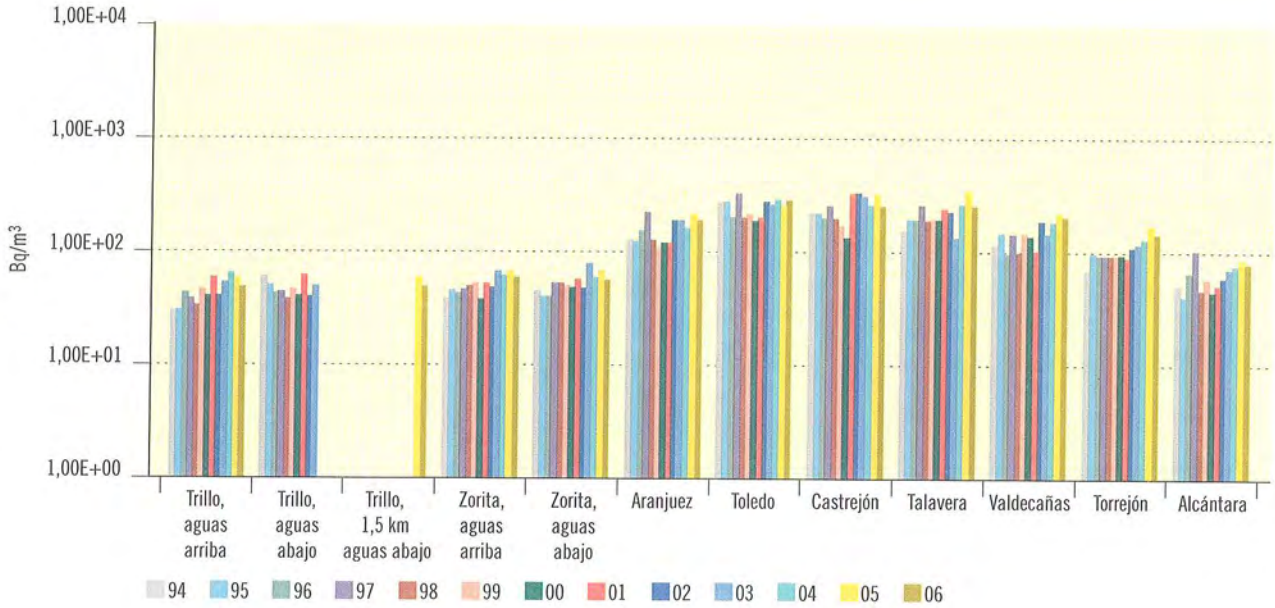


Figura 3.34. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

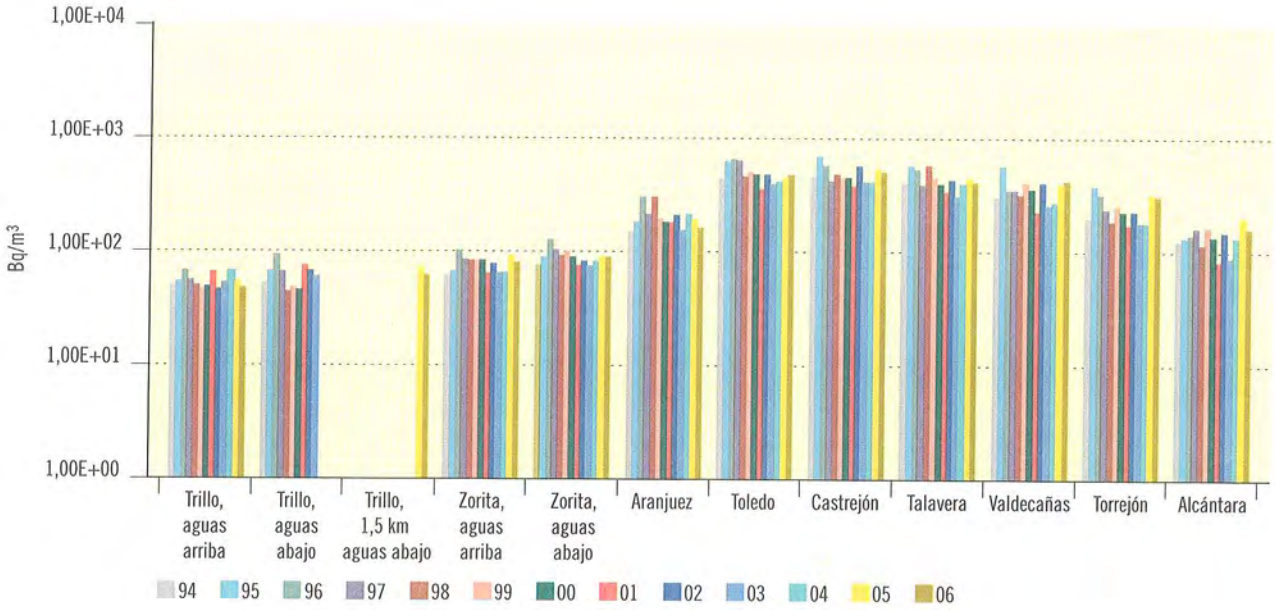


Figura 3.35. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

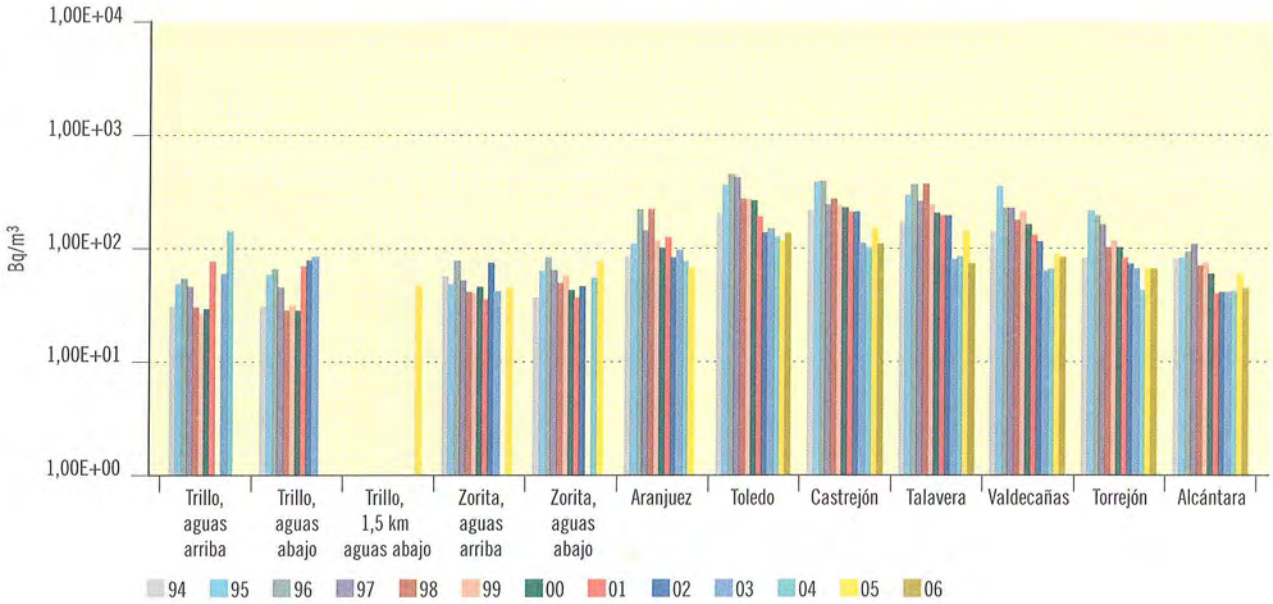
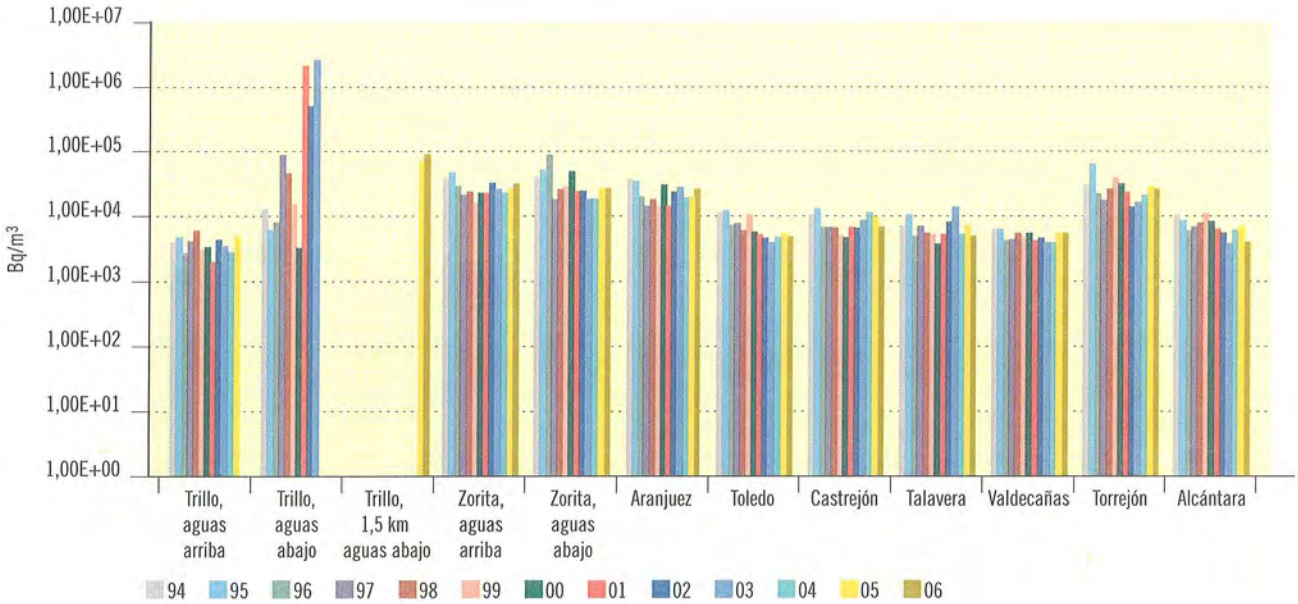


Figura 3.36. Río Tajo

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.37. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

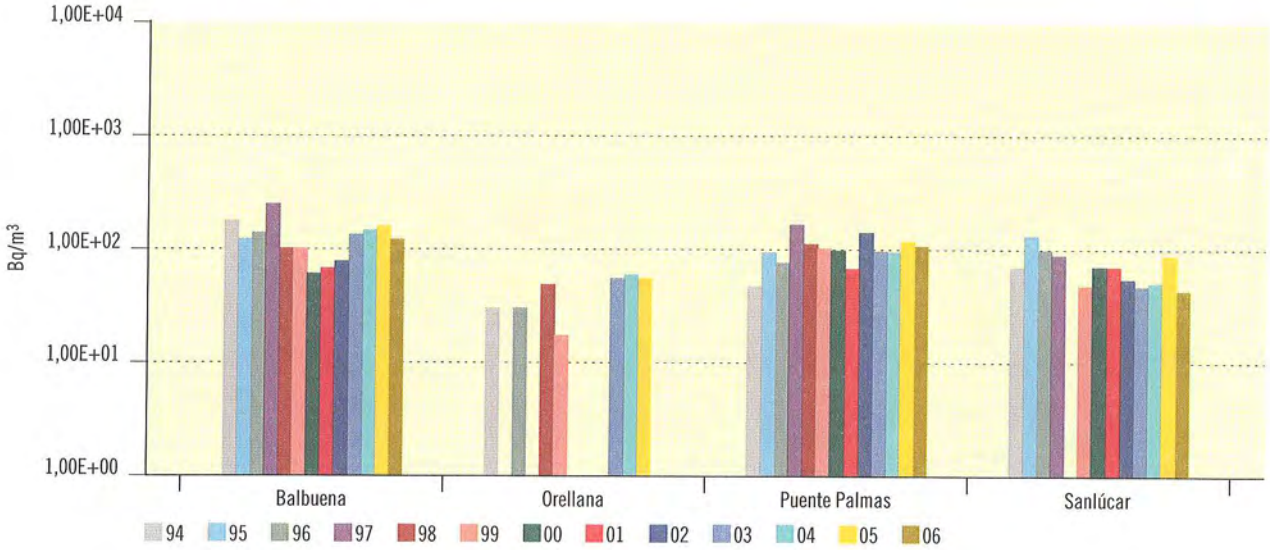


Figura 3.38. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

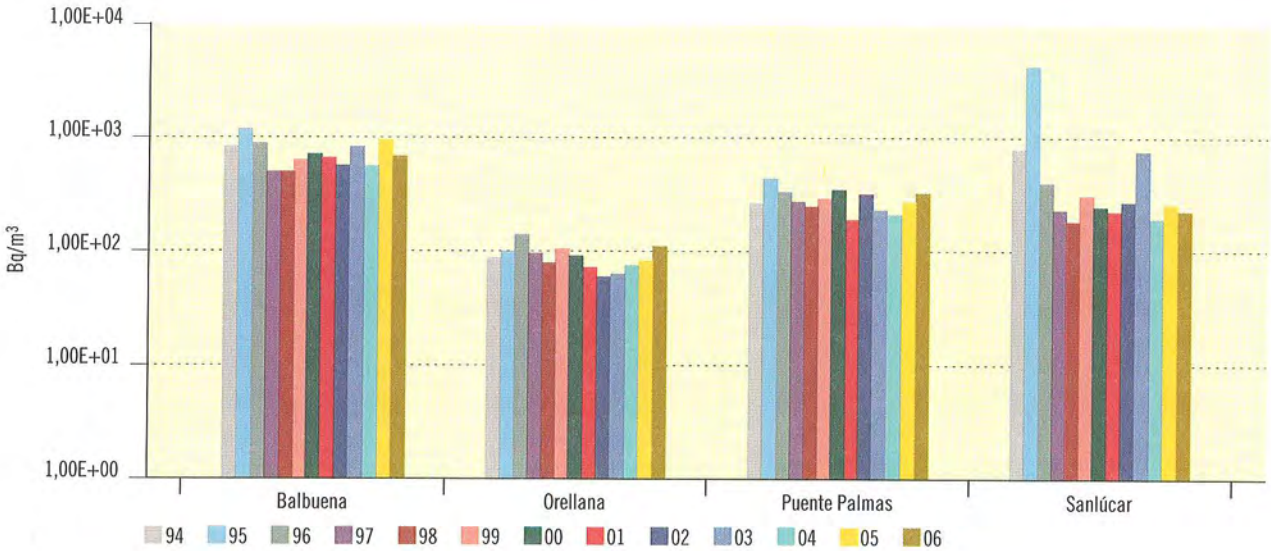


Figura 3.39. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

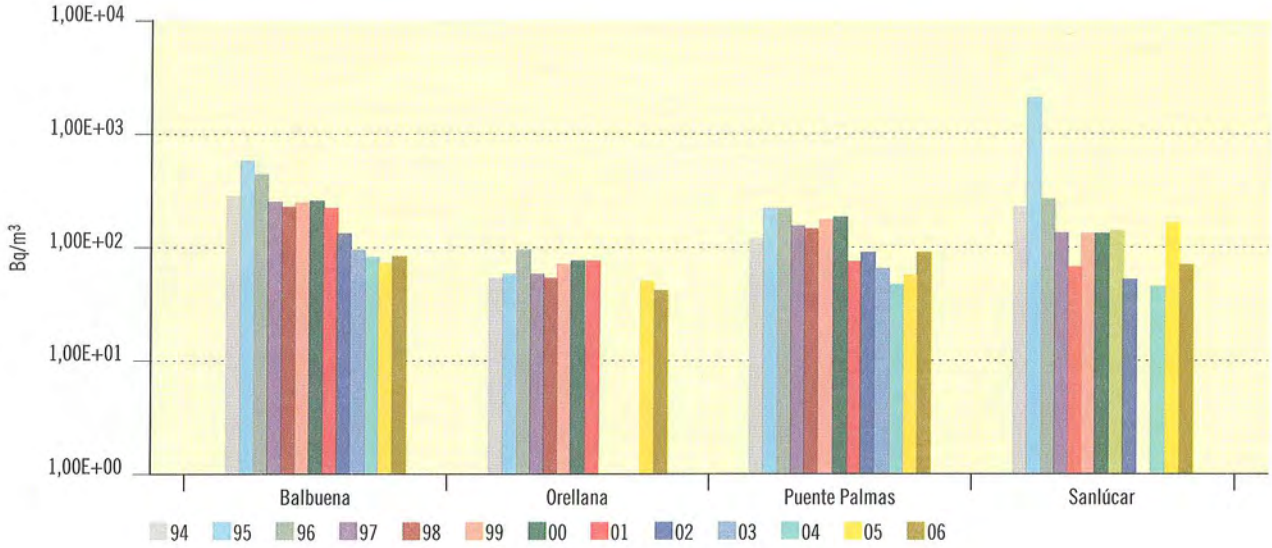
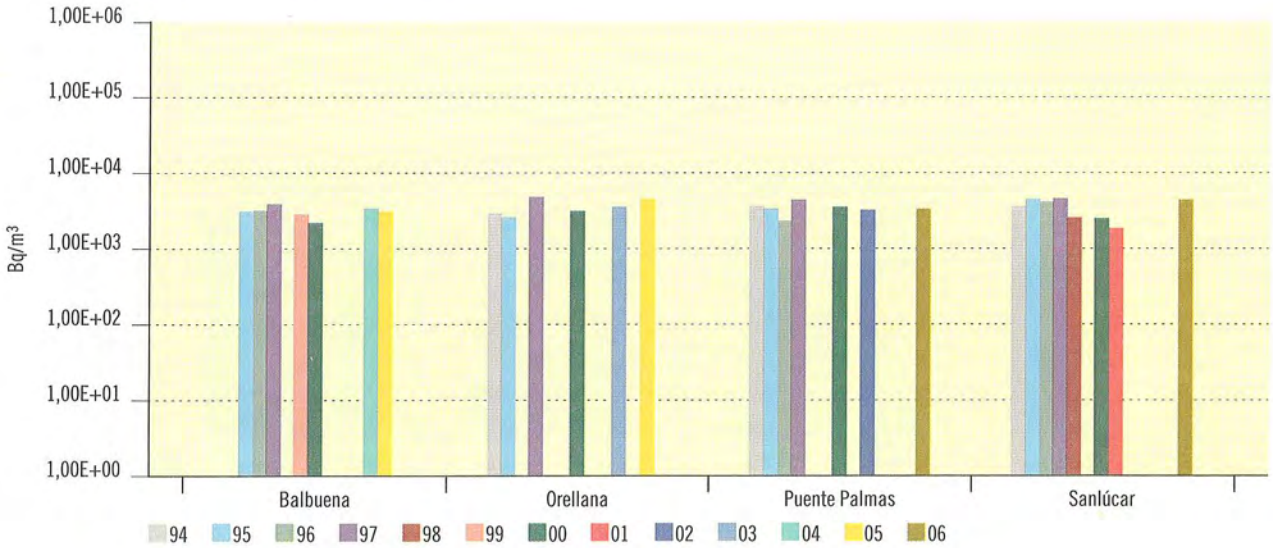


Figura 3.40. Río Guadiana

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

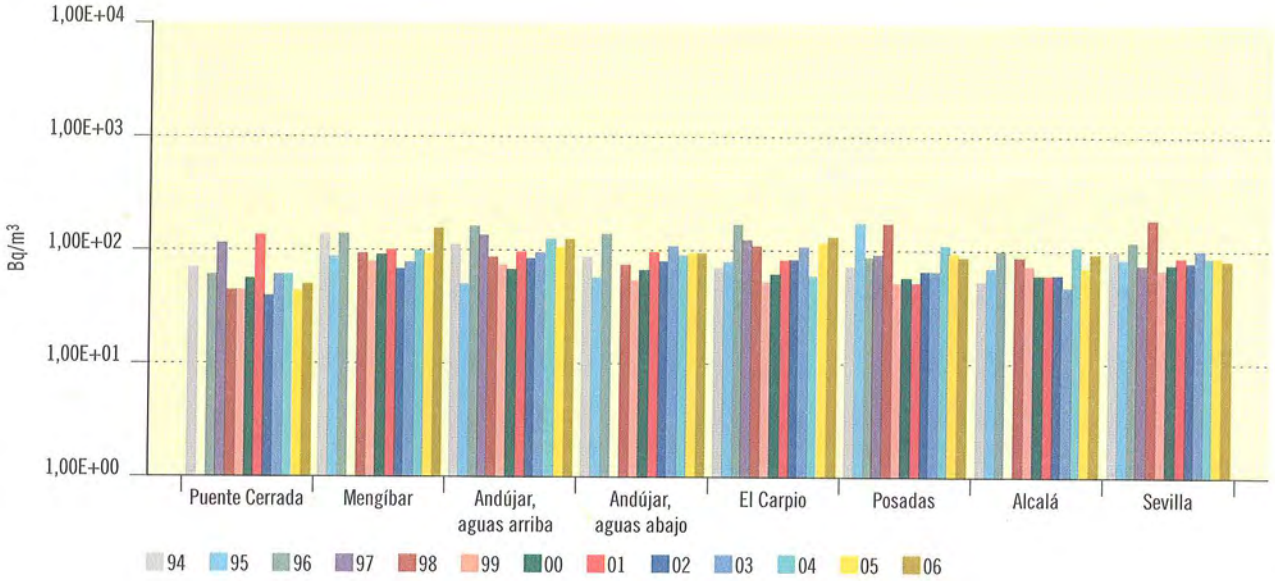


Figura 3.42. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

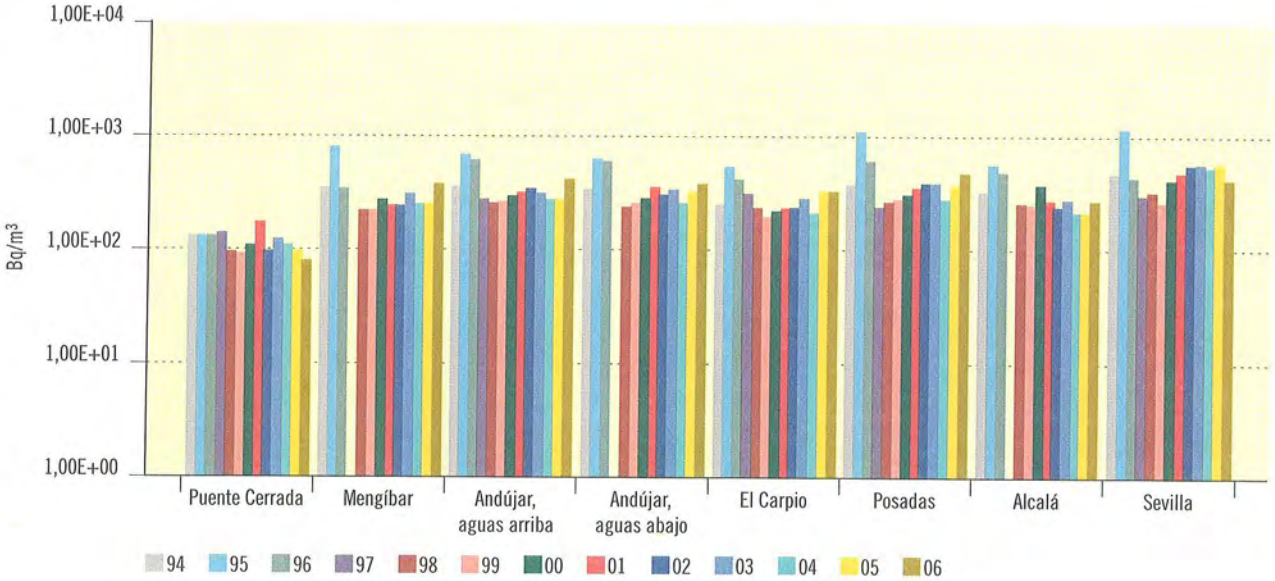


Figura 3.43. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

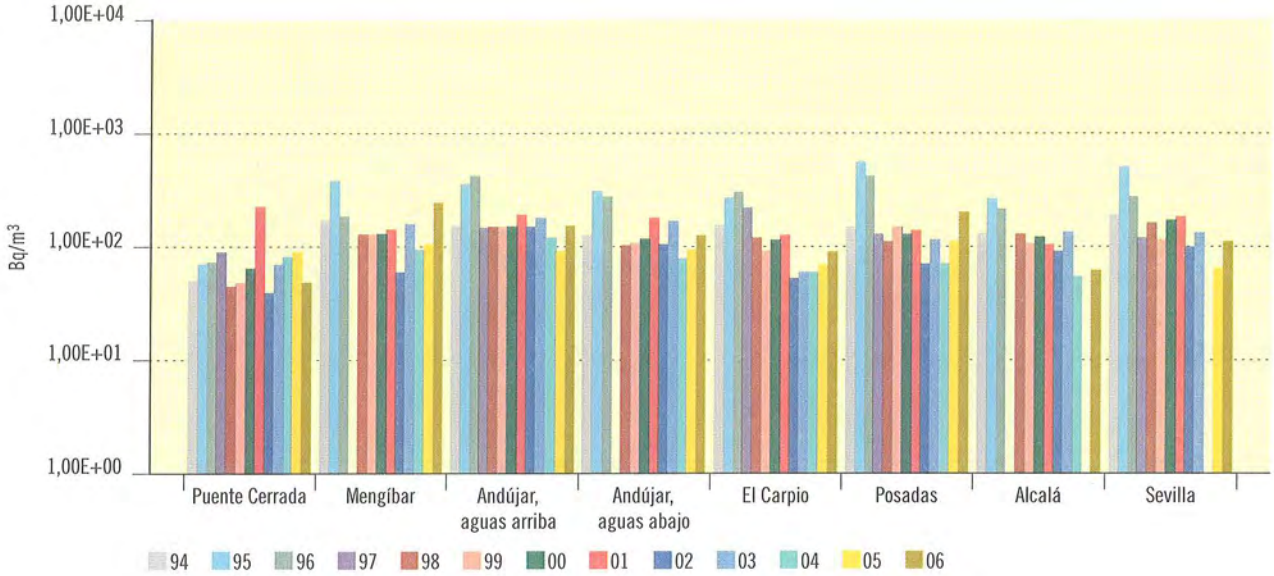
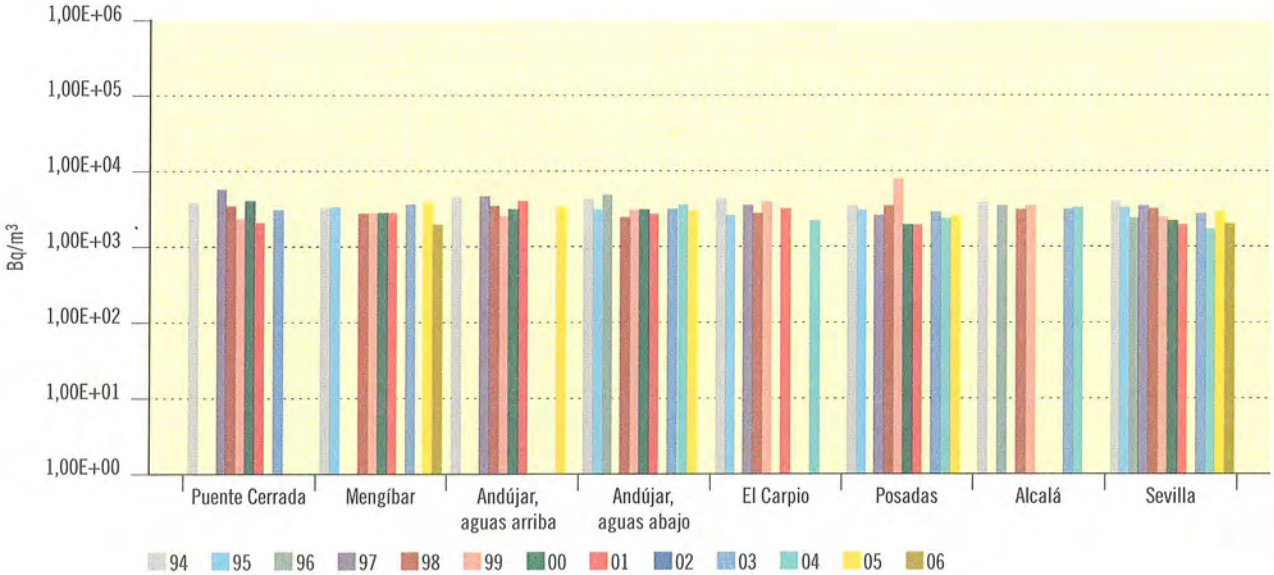


Figura 3.44. Río Guadalquivir

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

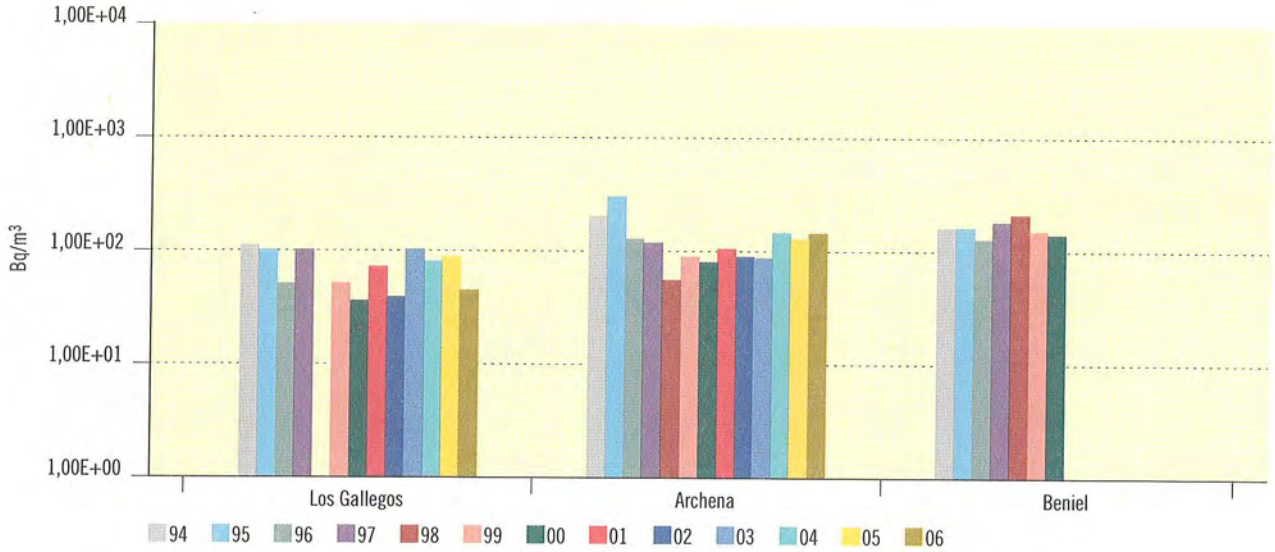


Figura 3.46. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

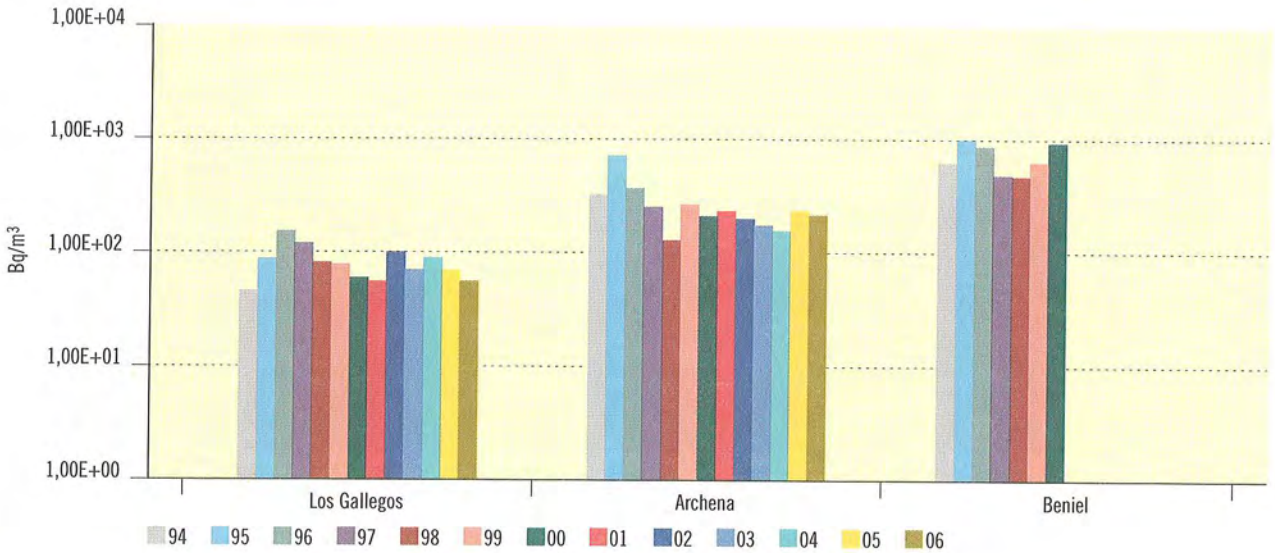


Figura 3.47. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

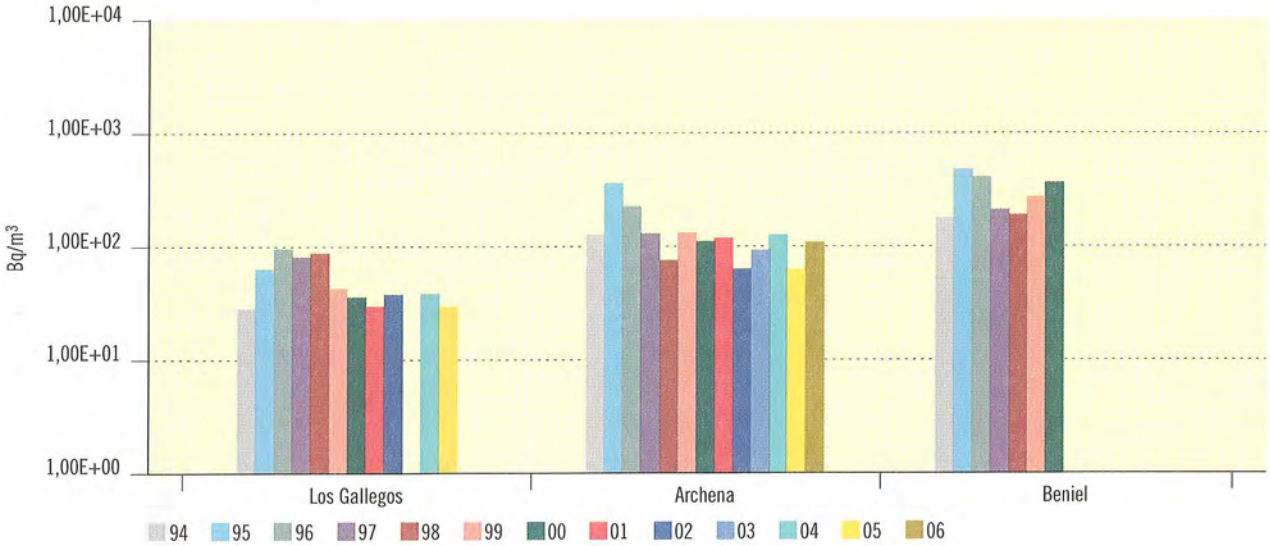
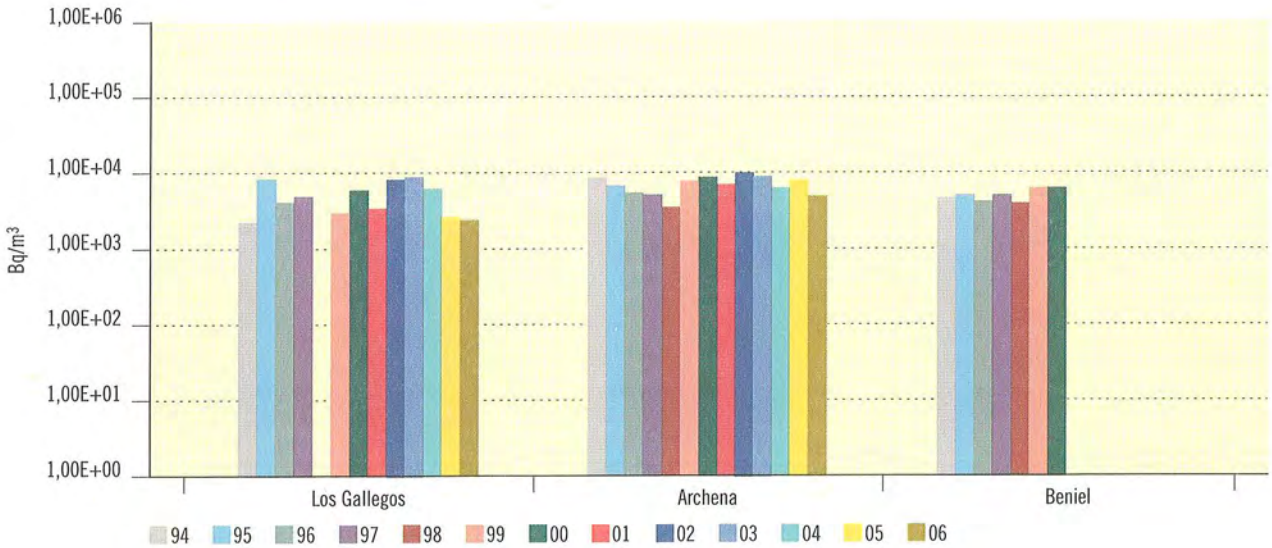


Figura 3.48. Río Segura

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

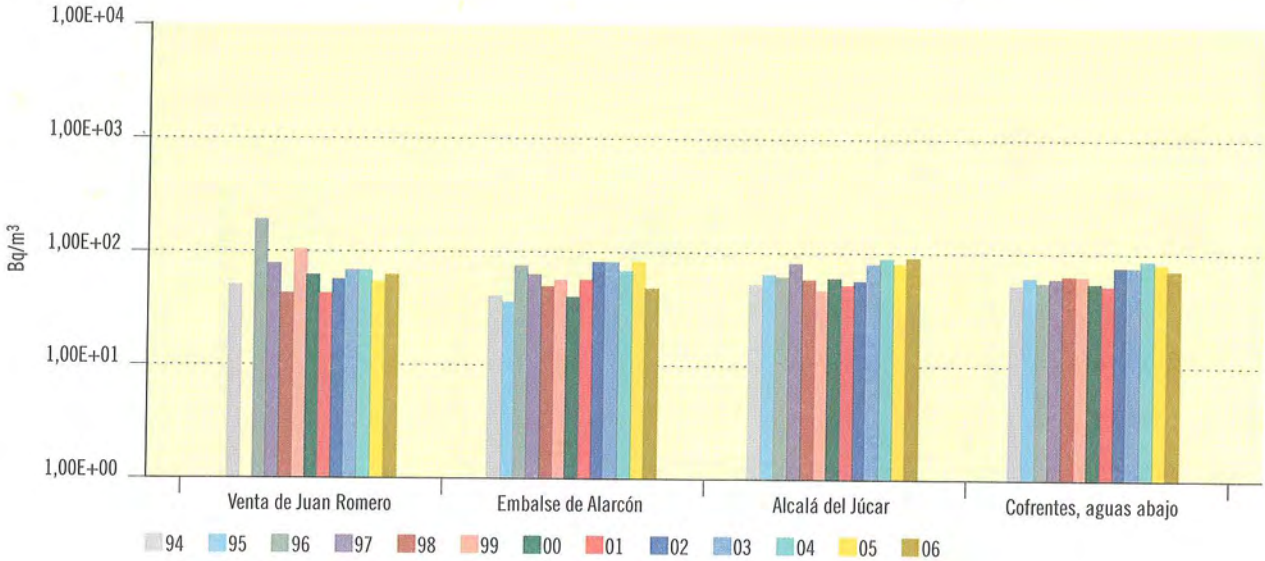


Figura 3.50. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

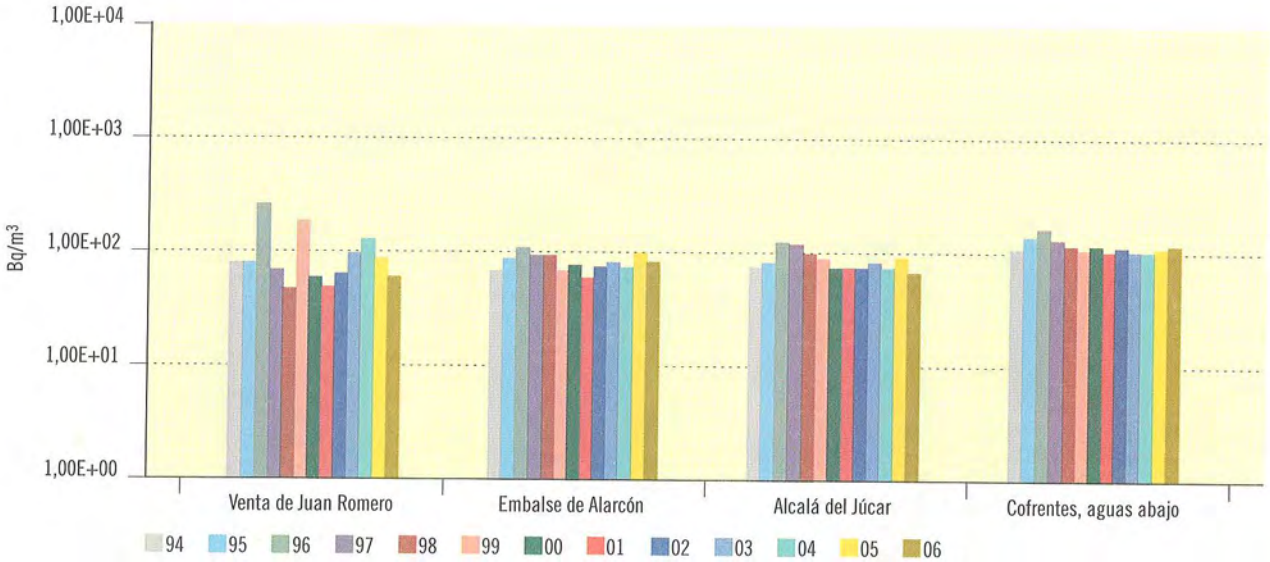


Figura 3.51. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

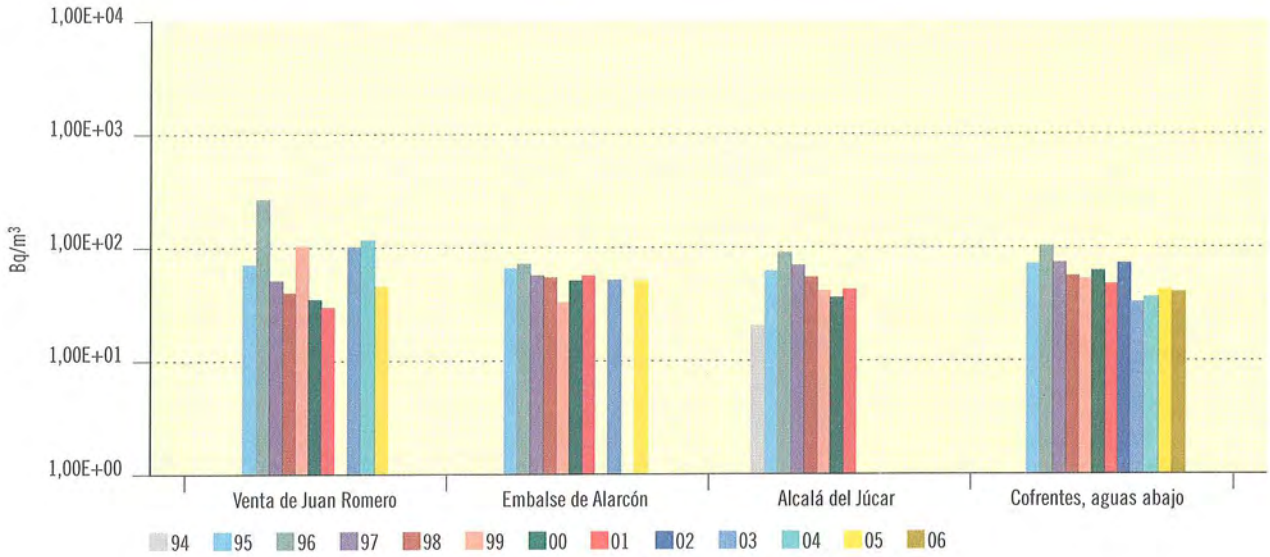
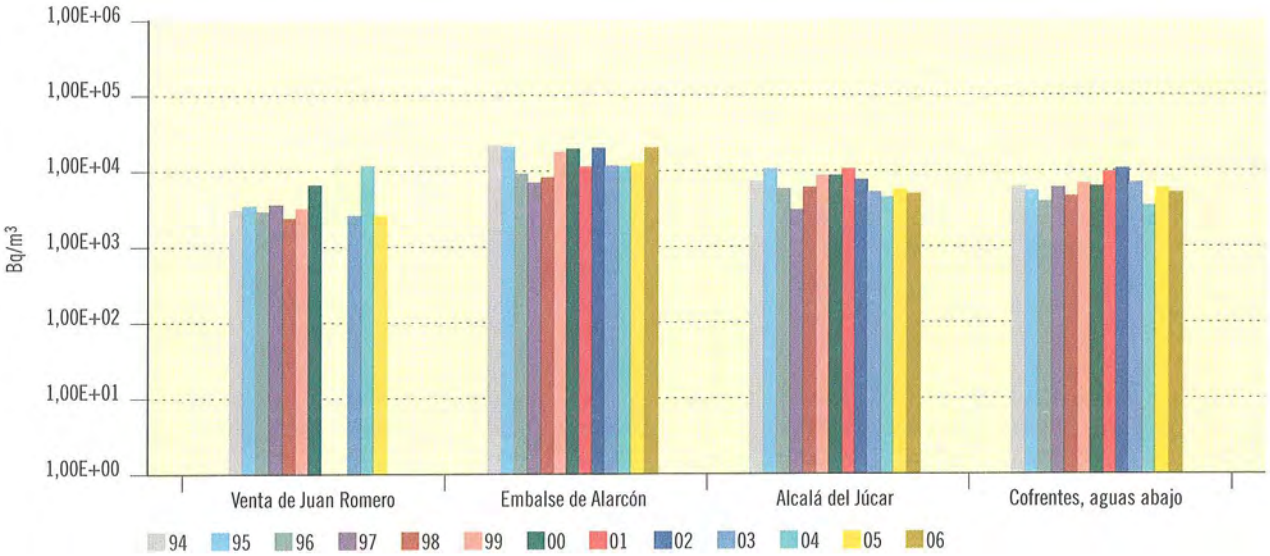


Figura 3.52. Río Júcar

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

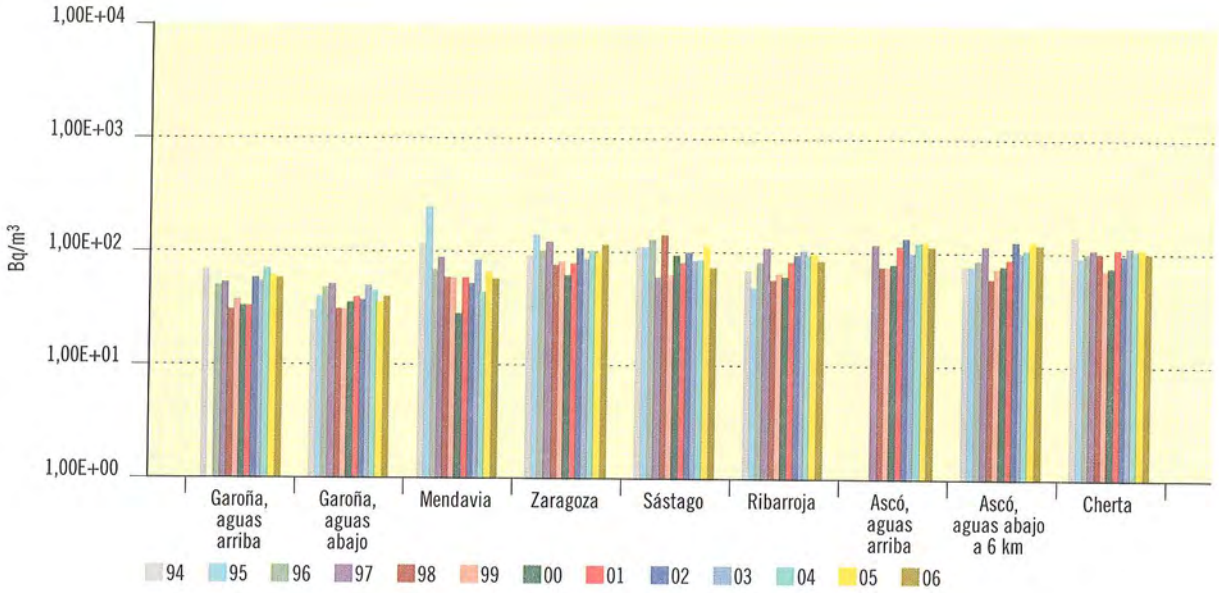


Figura 3.54. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

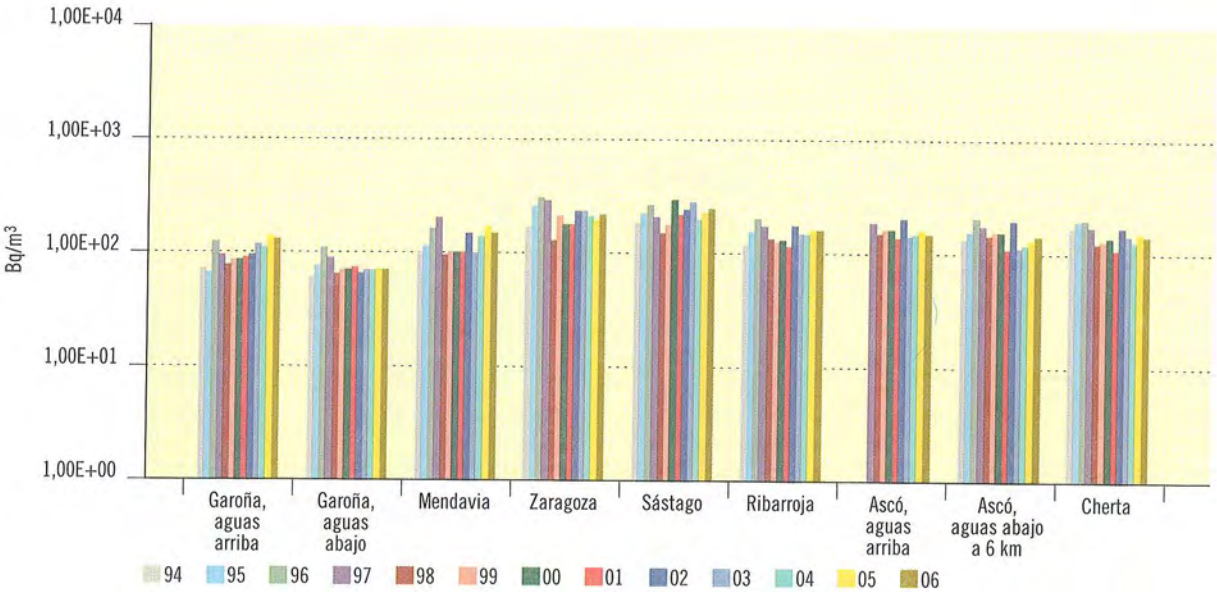


Figura 3.55. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

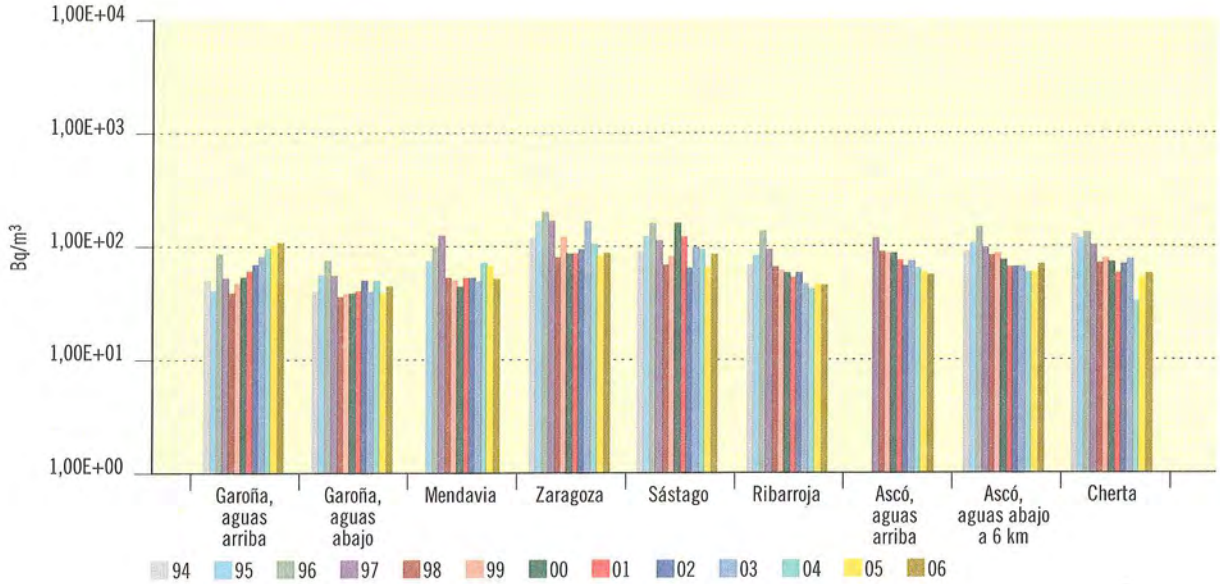
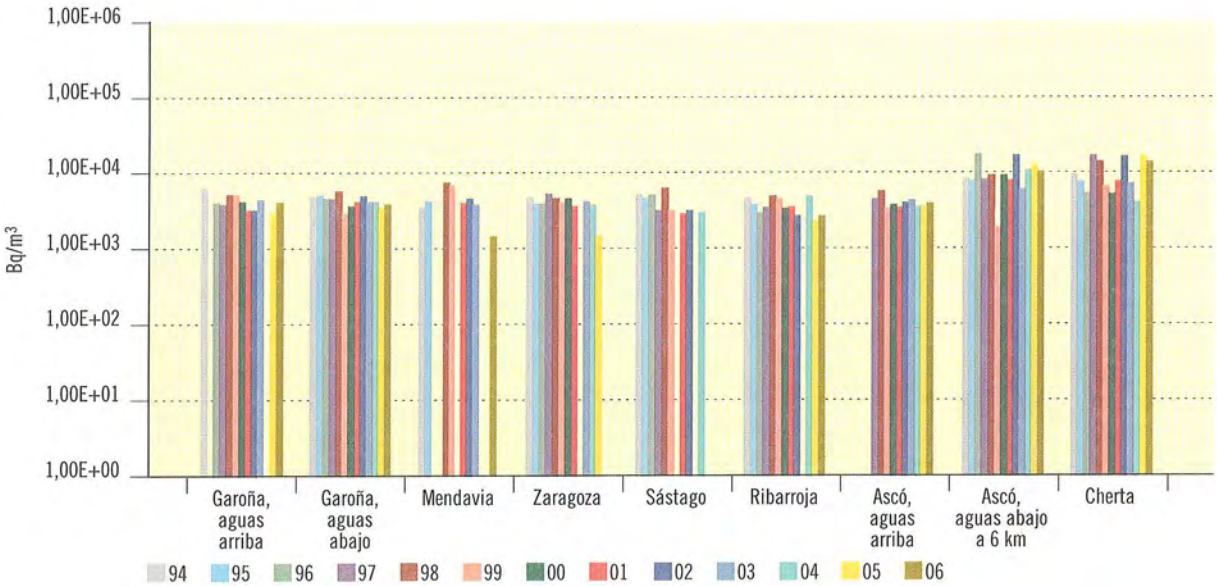


Figura 3.56. Río Ebro

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

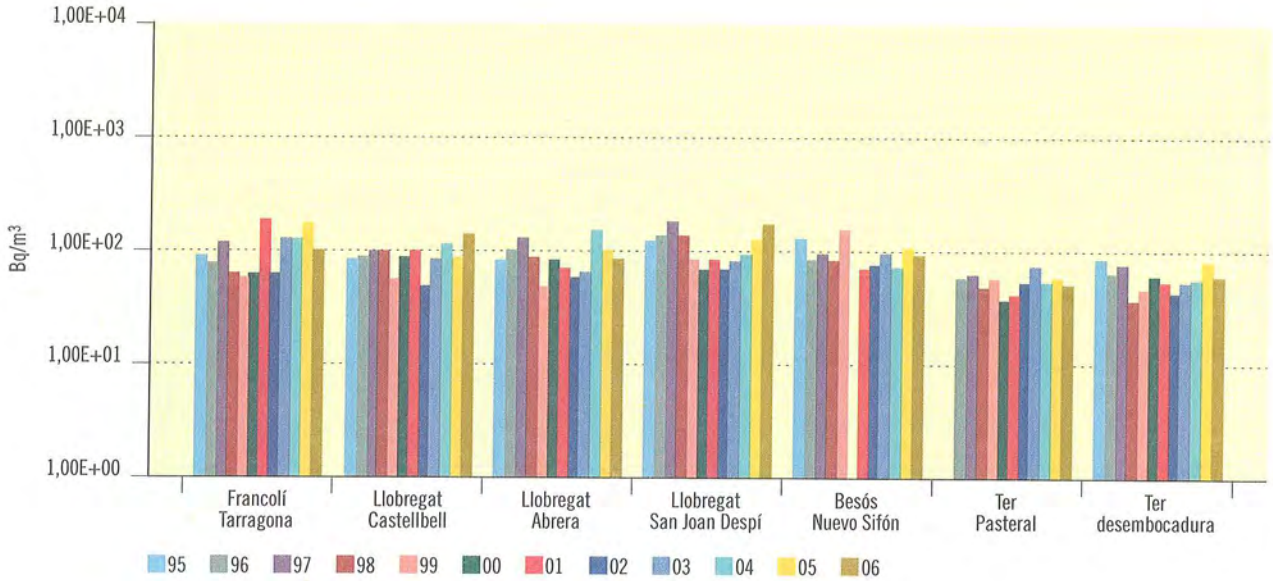


Figura 3.58. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta total

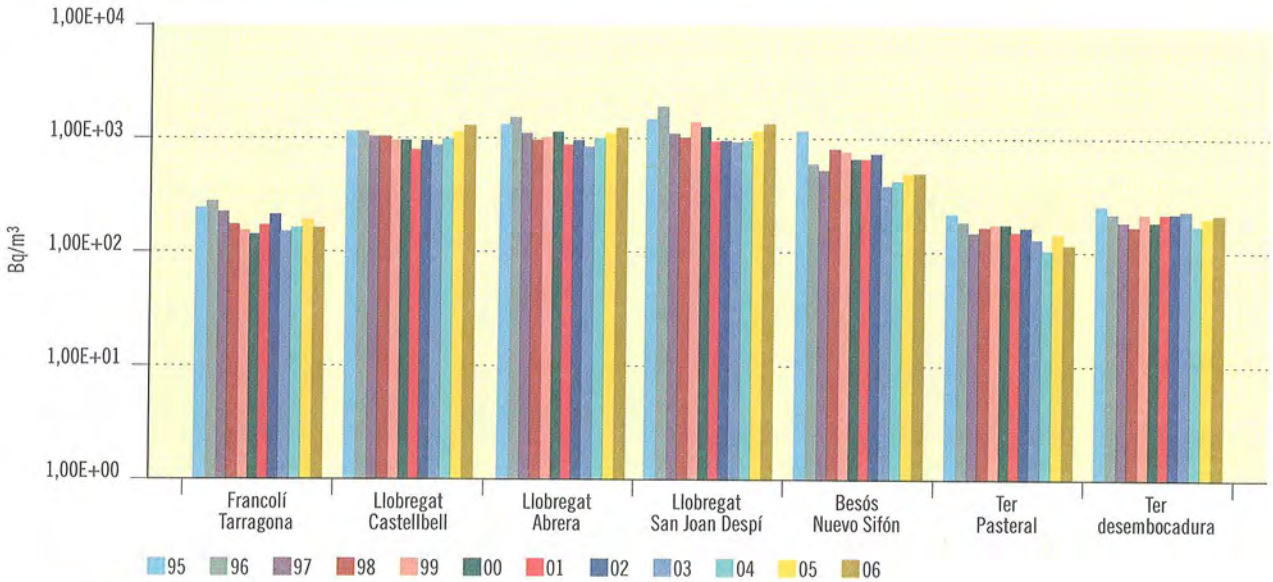


Figura 3.59. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

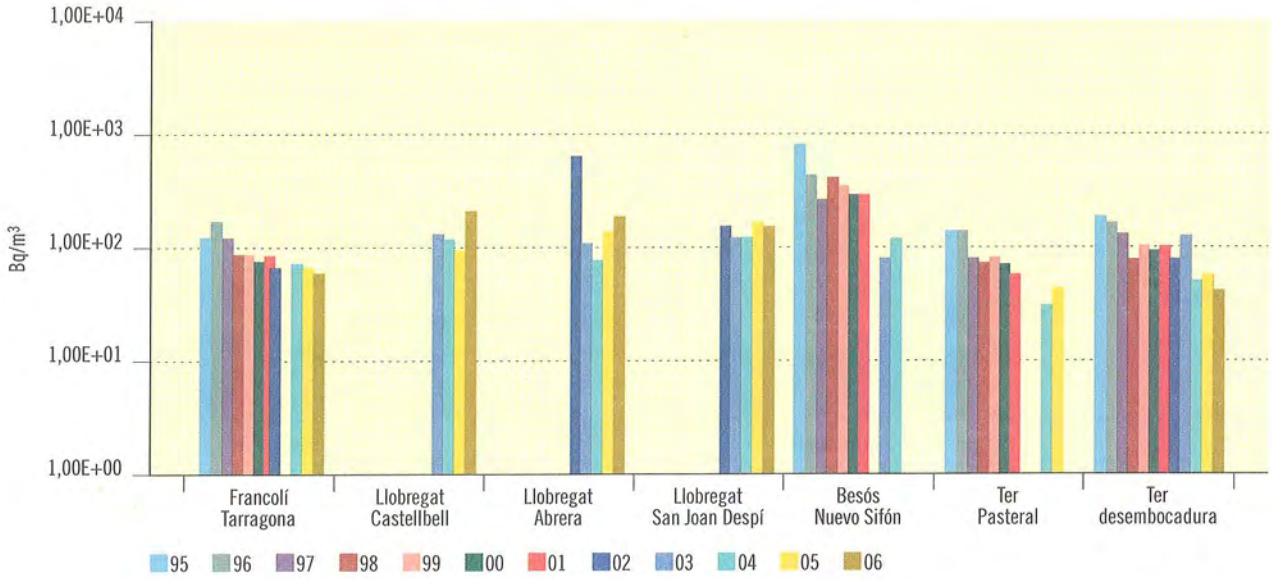


Figura 3.60. Cuencas catalanas

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

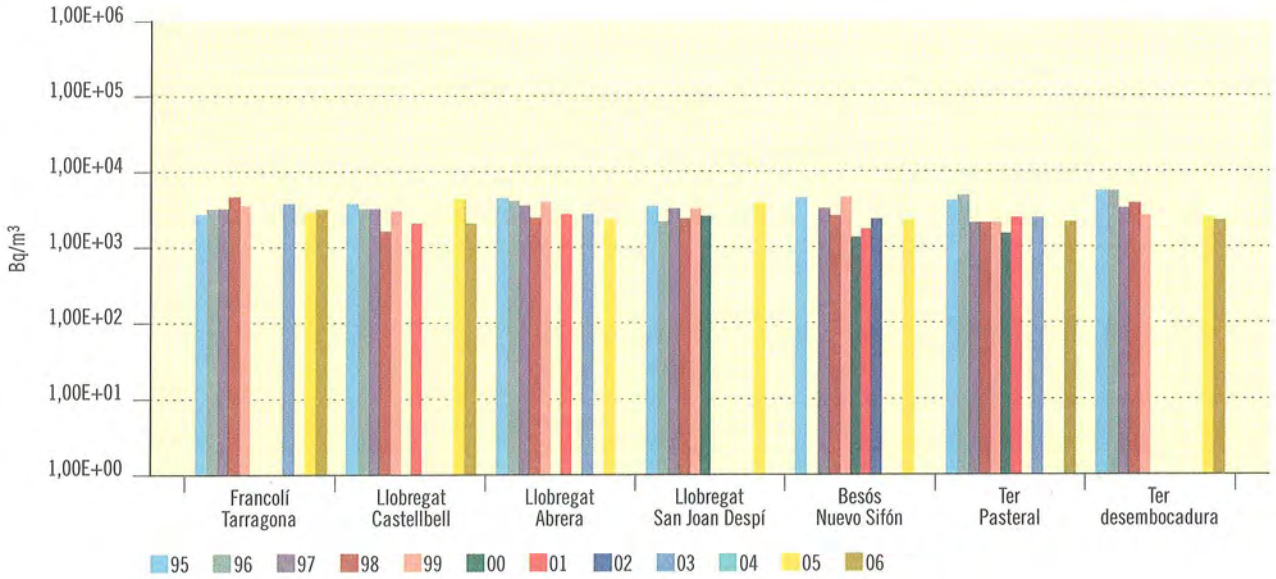


Figura 3.61a. Red espaciada. Agua superficial

Evolución temporal de la actividad de Cs-137

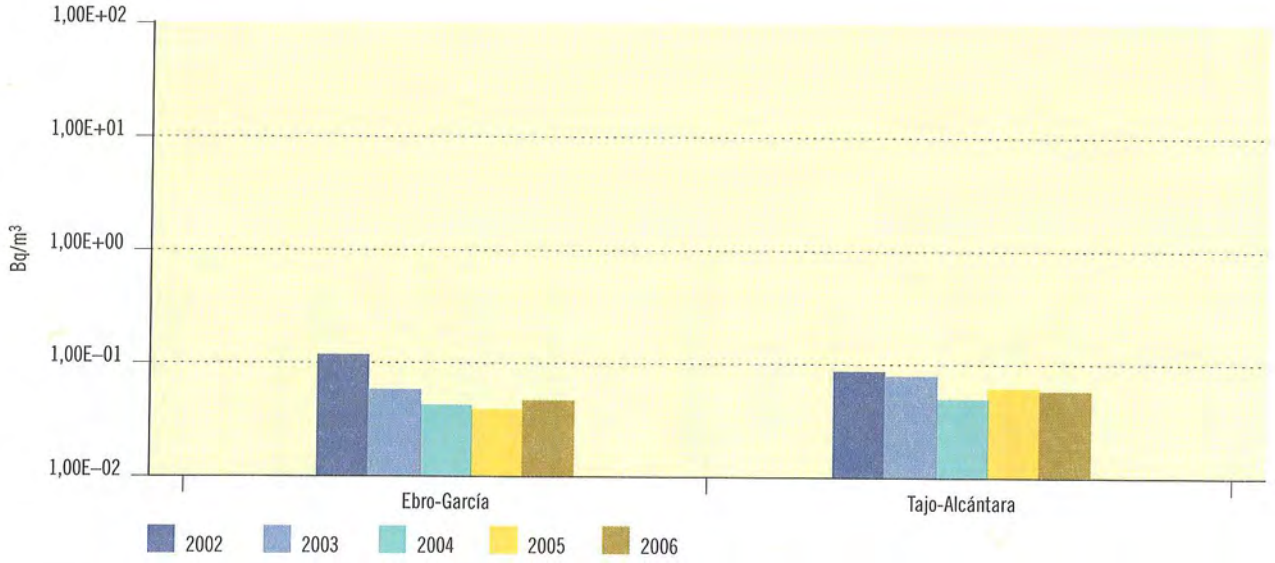
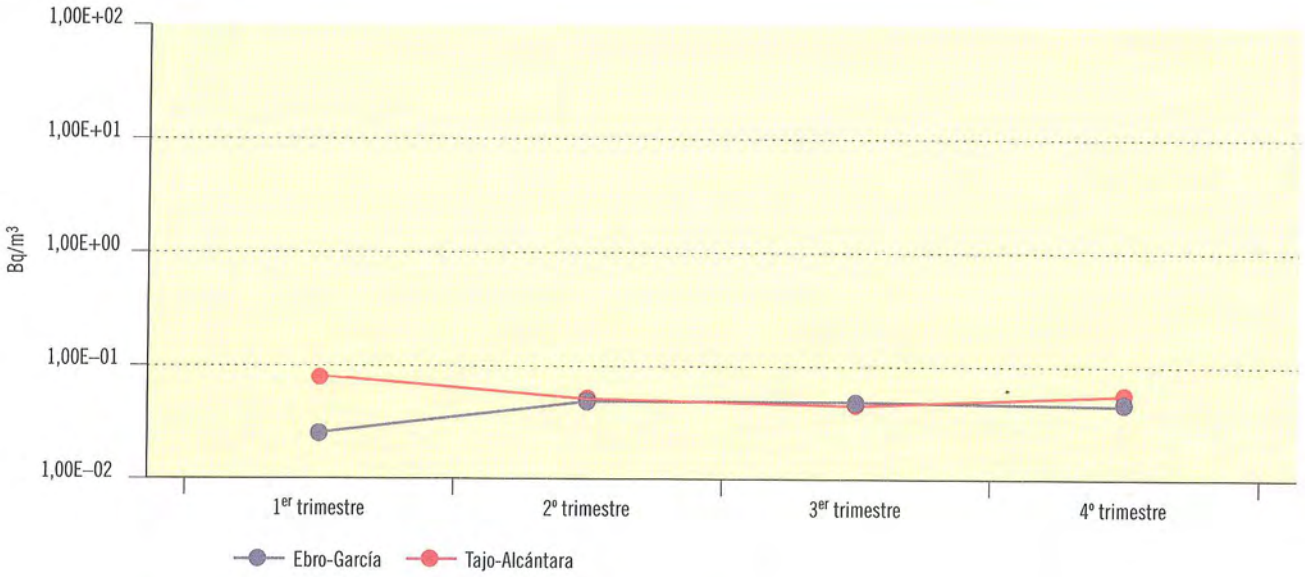


Figura 3.61b. Red espaciada. Agua superficial. Concentración de actividad Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	Ebro-García	Tajo-Alcántara
Valor medio	5,40E-02	6,45E-02
Valor máximo	6,50E-02	7,70E-02
Valor mínimo	3,00E-02	5,60E-02
LID máximo	2,60E-02	2,60E-02
LID mínimo	1,80E-02	1,80E-02
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	4
Nº de análisis < LID	0	0

1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras

Estaciones de muestreo

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

En la tabla 3.4 figuran las 15 estaciones de muestreo que integran actualmente el programa de la red densa. Su situación a lo largo de las costas españolas se representa en la figura 3.62. 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 y Garrucha en la campaña de 2006.

Para desarrollar el programa de la red espaciada se han seleccionado las estaciones de Cabo de Ajo en el Mar Cantábrico y Cabo de Creus en el Mar Mediterráneo.

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

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

Figura 3.62. Red de estaciones de muestreo de aguas marinas del CSN

Tabla 3.4. Estaciones de muestreo de agua de mar

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

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

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

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

Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el periodo 1998 a 2006. La numeración de estas figuras se identifica con la letra "a".
- Información detallada de los valores obtenidos para la campaña de 2006 se presentan con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra "b", representándose gráficamente los valores medios en el programa de la red densa y los valores puntuales en el caso de la red espaciada (figura 3.67b).

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

En la campaña de 2006 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 se detectan valores por encima del LID sólo de forma esporádica, en esta campaña sólo en una medida de la estación de las Palmas de Gran Canaria.

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 3.63a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

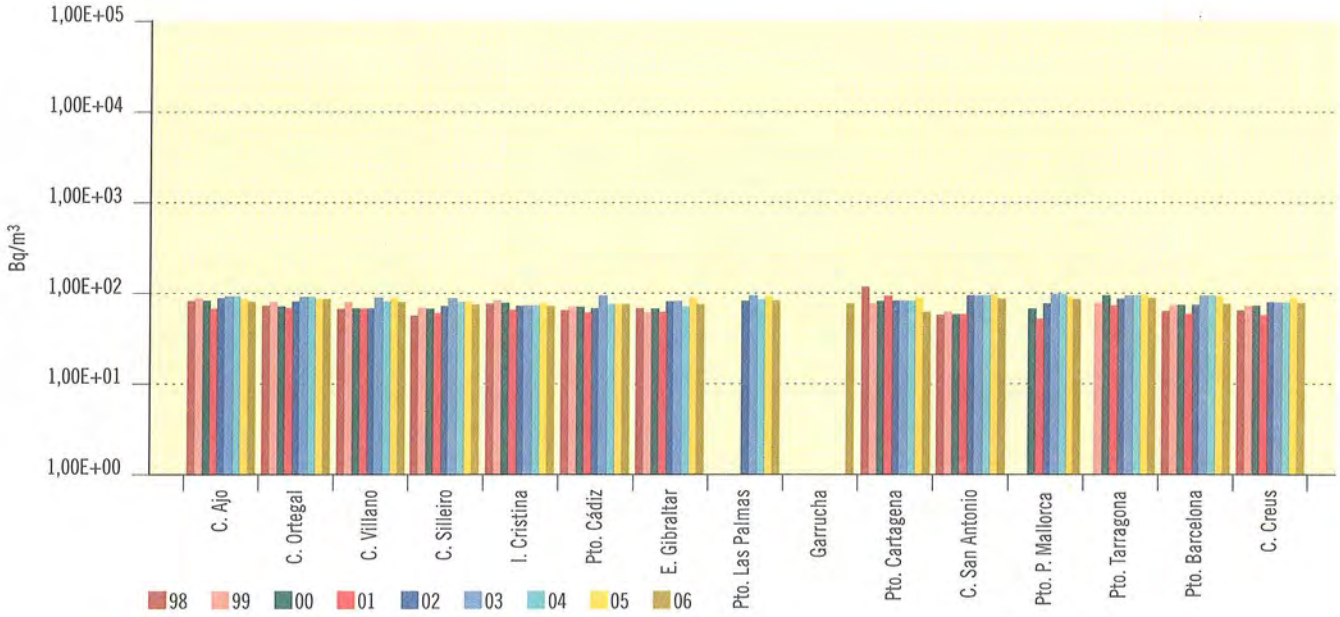
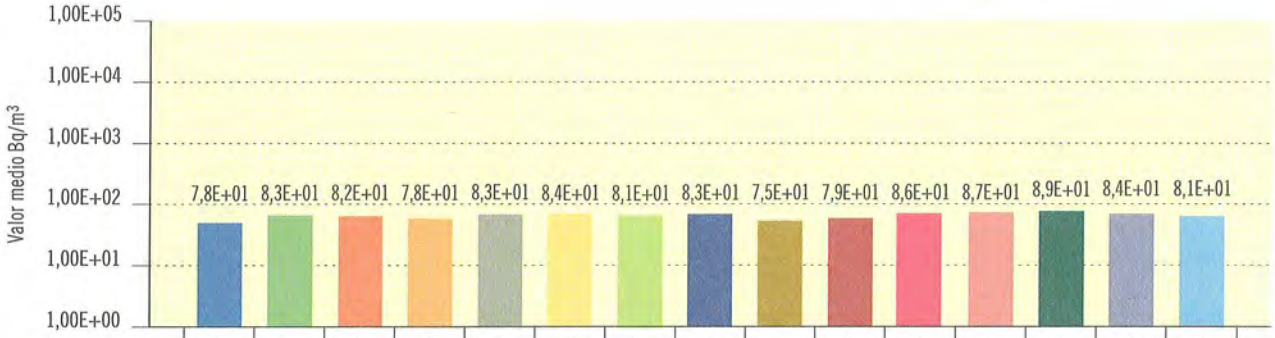


Figura 3.63b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	8,12E+01	8,82E+01	8,62E+01	9,56E+01	9,03E+01	9,02E+01	8,99E+01	8,78E+01	7,52E+01	8,53E+01	8,85E+01	9,12E+01	9,62E+01	8,80E+01	8,62E+01
Valor mínimo	7,35E+01	7,88E+01	7,81E+01	5,76E+01	8,07E+01	8,05E+01	7,58E+01	7,90E+01	7,52E+01	7,40E+01	8,40E+01	8,13E+01	8,04E+01	8,27E+01	7,47E+01
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.64a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

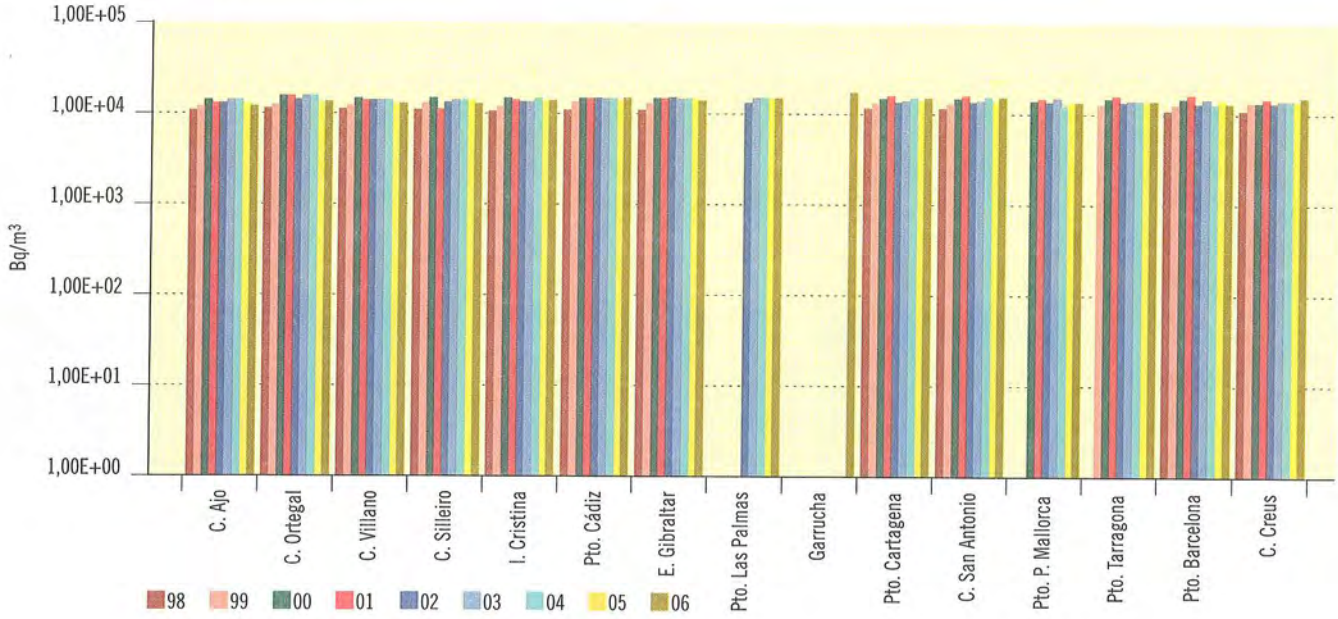
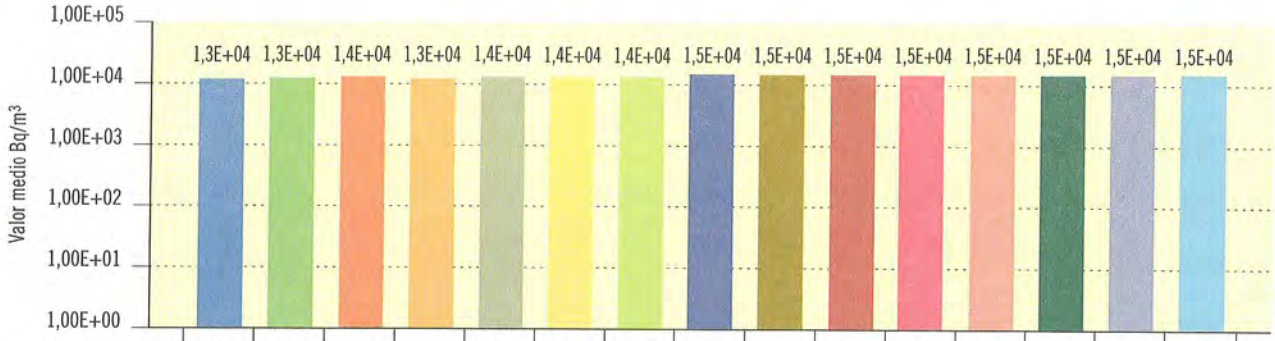


Figura 3.64b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,36E+04	1,43E+04	1,46E+04	1,40E+04	1,49E+04	1,49E+04	1,43E+04	1,58E+04	1,53E+03	1,58E+04	1,57E+04	1,54E+04	1,52E+04	1,56E+04	1,62E+04
Valor mínimo	1,27E+04	1,26E+04	1,26E+04	8,52E+03	1,34E+04	1,39E+04	1,36E+04	1,47E+04	1,53E+03	1,46E+04	1,48E+04	1,41E+04	1,42E+04	1,42E+04	1,43E+04
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.65a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

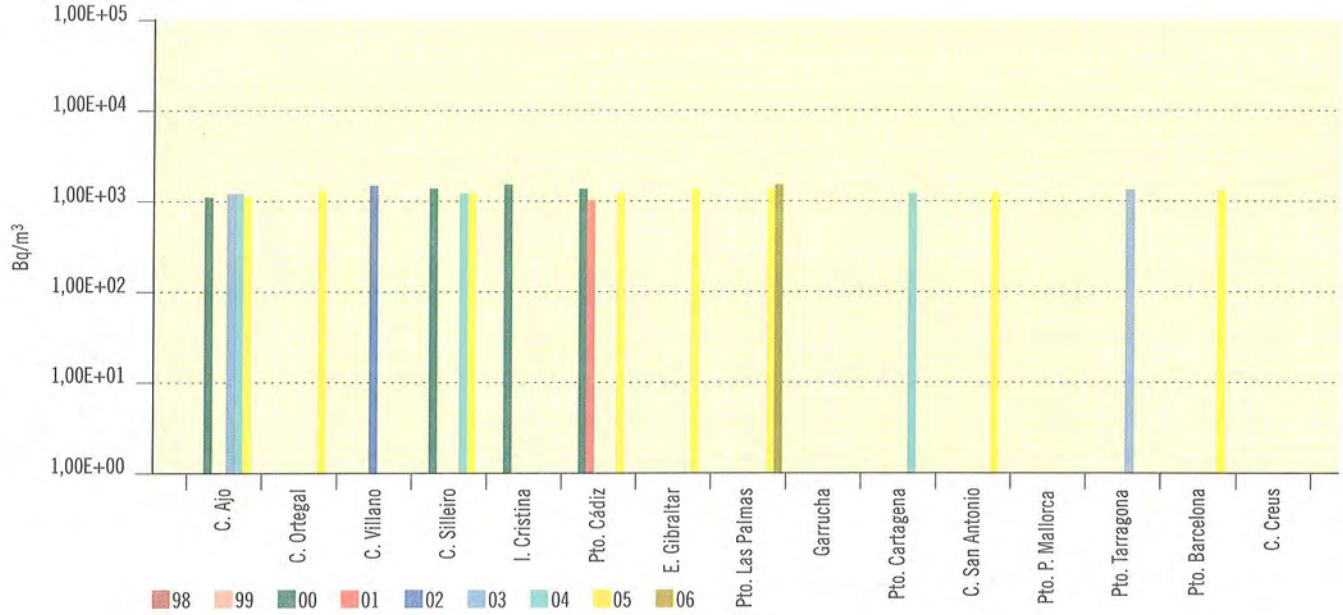
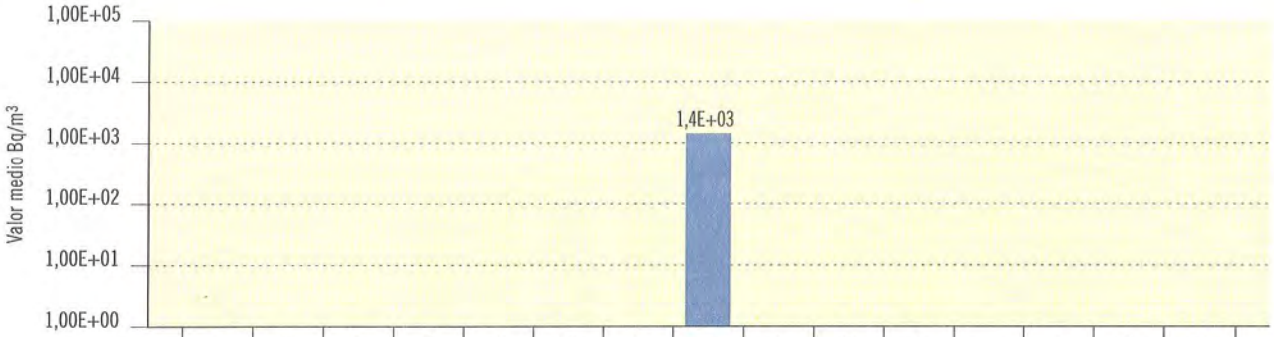


Figura 3.65b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo								1,44E+03							
Valor mínimo								1,44E+03							
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	4	4	4	4	4	4	4	3	1	4	4	4	4	4	4

Figura 3.66a. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

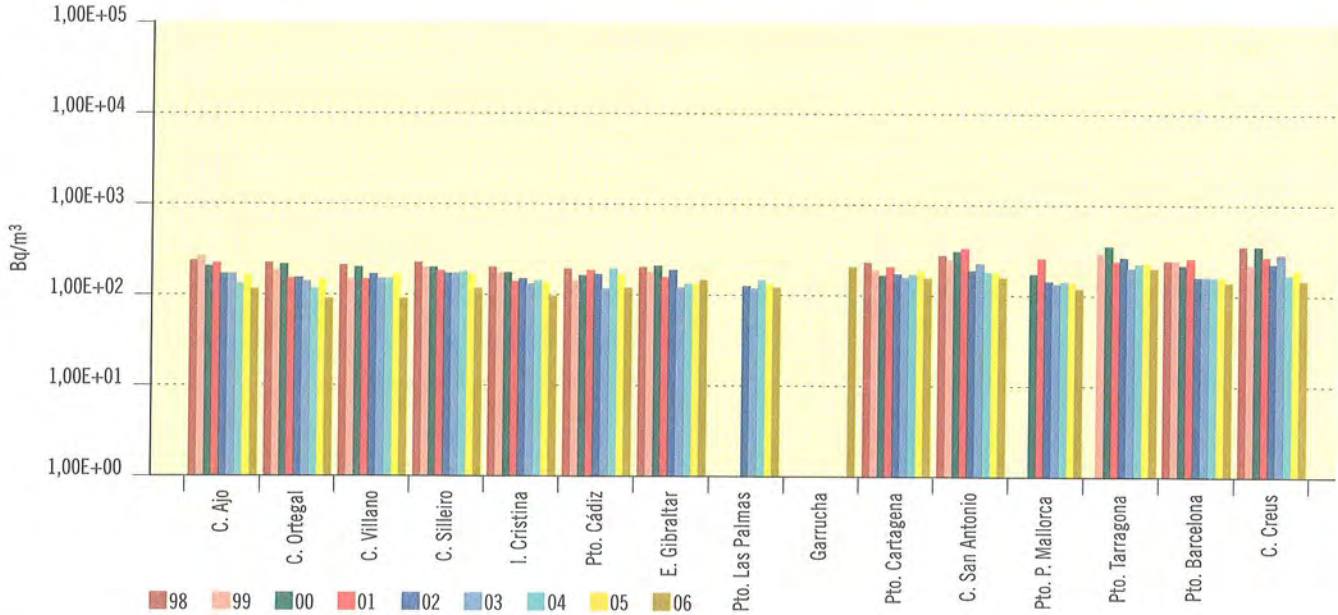
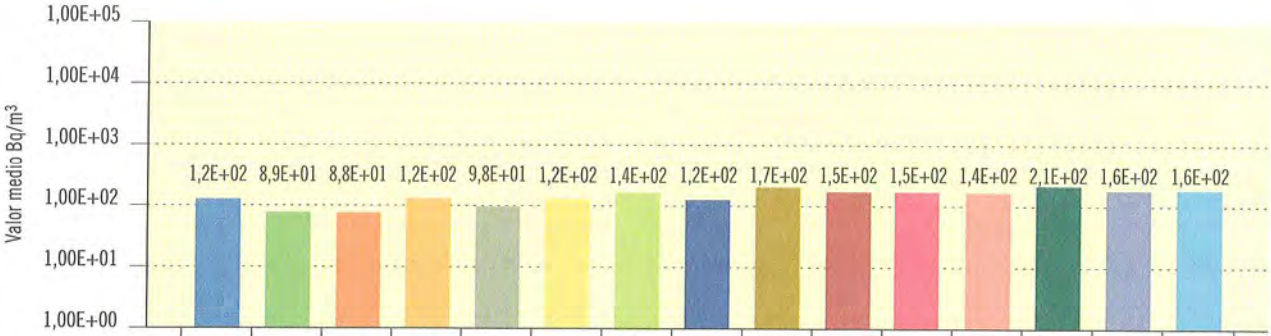


Figura 3.66b. Agua de mar. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	Garrucha	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,63E+02	9,78E+01	1,05E+02	1,52E+02	1,18E+02	1,55E+02	1,49E+02	1,68E+02	1,73E+02	2,03E+02	2,06E+01	1,94E+02	2,81E+02	2,26E+02	1,96E+02
Valor mínimo	9,23E+01	8,06E+01	6,58E+01	9,25E+01	8,75E+01	9,77E+01	1,35E+02	8,09E+04	1,73E+02	1,19E+02	1,03E+02	7,23E+01	1,71E+02	1,01E+02	8,54E+01
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	3	4	4	4	3	3	3	4	1	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.67a. Agua de mar

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

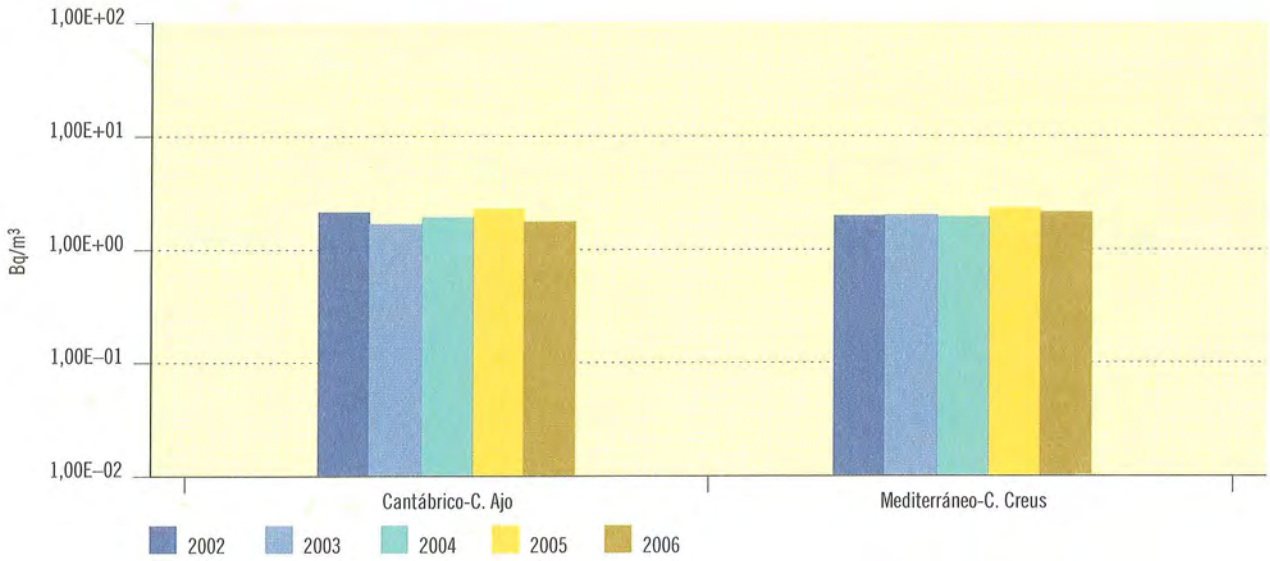
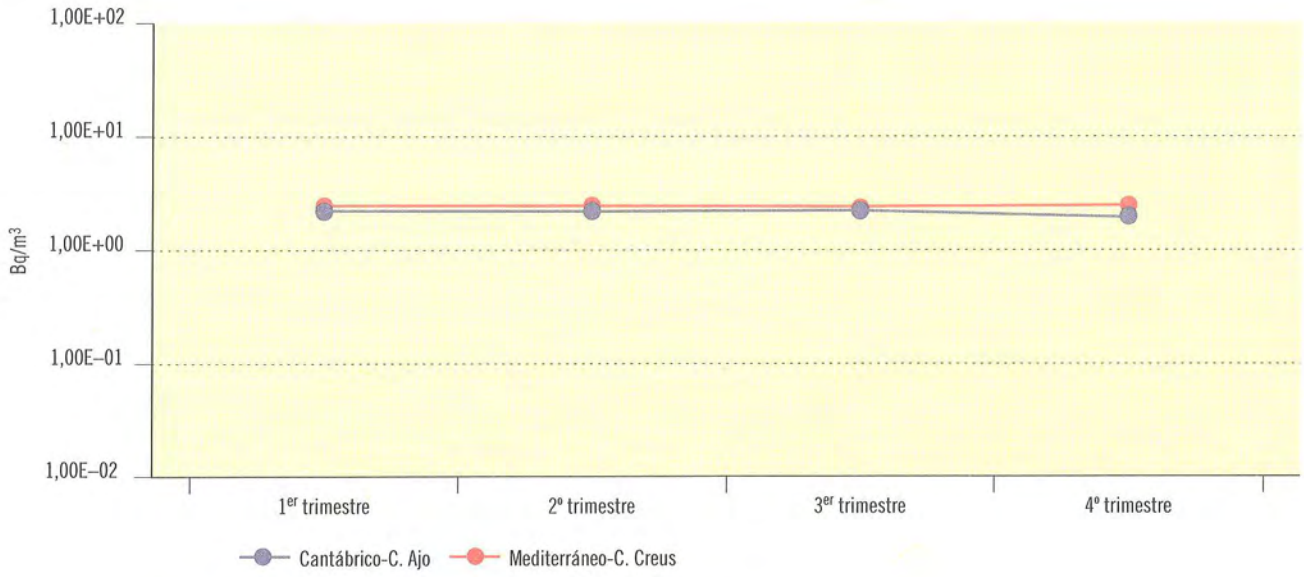


Figura 3.67b. Agua de mar. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2006



Estación	Cantábrico-C. Ajo	Mediterráneo-C. Creus
Valor medio	2,03E+00	2,37E+00
Valor máximo	2,14E+00	2,44E+00
Valor mínimo	1,96E+00	2,32E+00
LID máximo	3,88E-01	3,30E-01
LID mínimo	2,19E-01	1,34E-01
Nº total de análisis	4	4
Nº de análisis > LID	4	4
Nº de análisis < LID	0	0

RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)

4

1. Estaciones automáticas

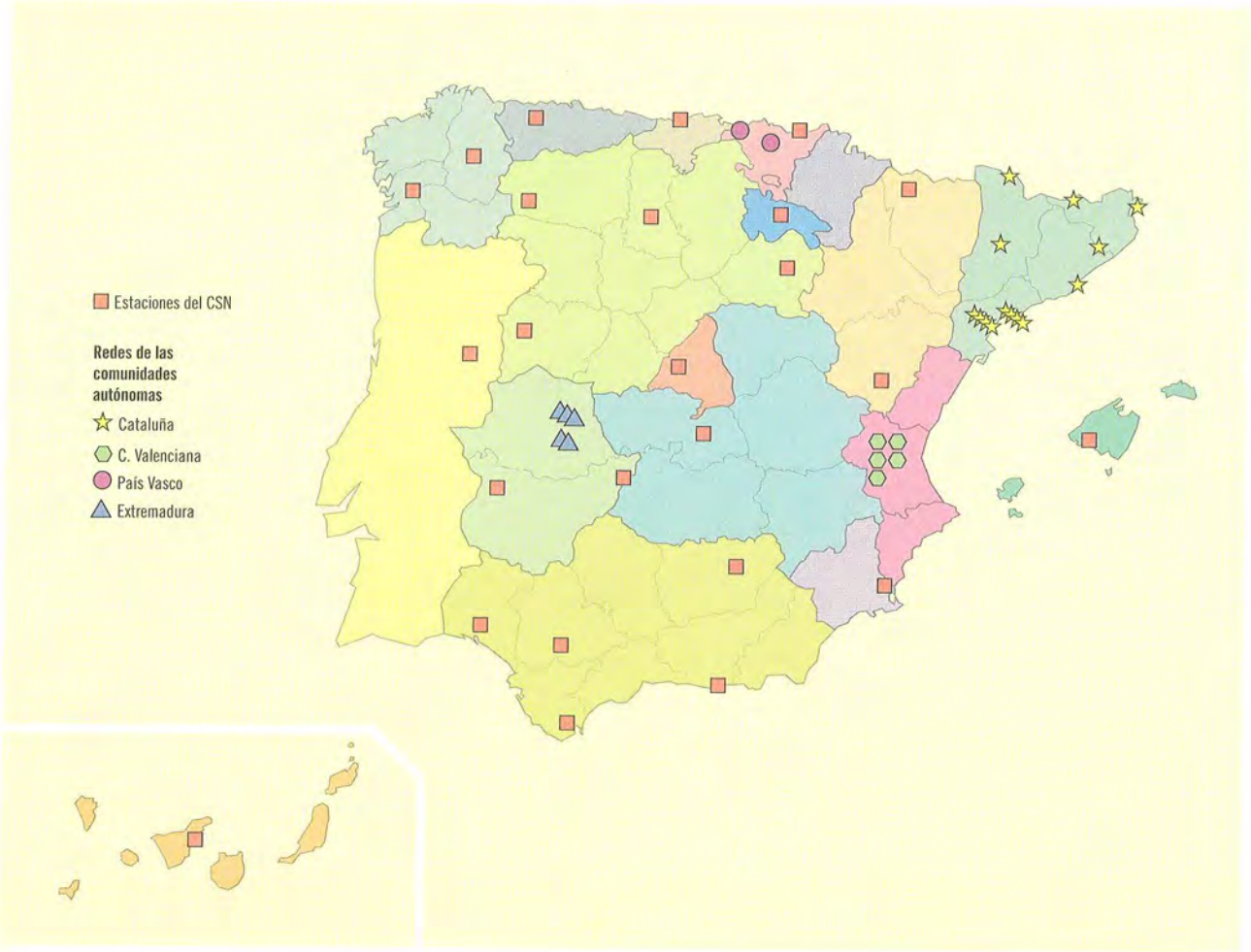
La Red de Estaciones Automáticas tiene por objeto la vigilancia en tiempo real de la radiactividad en la atmósfera. Está integrada por veinticuatro estaciones distribuidas por todo el territorio nacional y por una estación situada en Portugal compartiendo emplazamiento con la estación portuguesa de Penhas 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 permanente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por la 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, País Vasco y Junta de Extremadura.

El 1 de julio de 2006 se firmó el convenio de colaboración entre la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, el Consejo de Seguridad Nuclear y la Universidad de Extremadura, sobre

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental (Revira)
Red de estaciones automáticas (REA)



la operación, gestión y acceso a los datos de las Estaciones Automáticas de Vigilancia Radiológica Ambiental. A finales del año 2006 se firmó el protocolo que desarrolla dicho convenio. Durante los primeros meses del año 2007 se realizó la interconexión de las redes.

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

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.

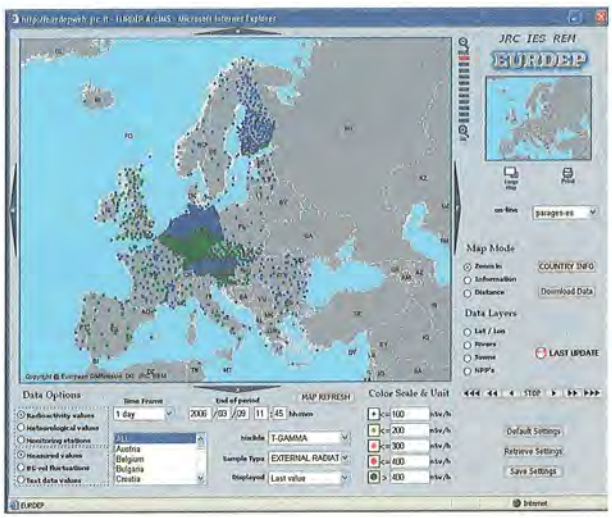
Además, junto a la estación radiológica automática se sitúa una estación meteorológica automática del INM.

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

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

El CSN participa en el programa de intercambio de datos de las redes automáticas de vigilancia radiológica de la Unión Europea, programa EURDEP (European Union Radiological Data Exchange Platform), remitiendose diariamente los datos de las estaciones automáticas de vigilancia radiológica: la información se encuentra disponible a través de Internet en la dirección http://eurdepweb. jrc.cec.eu.int.



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 2006 en cada una de las estaciones de la red.

El análisis de la operación y los resultados de la REA durante el año 2006 será objeto de la publicación *Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2006 y 2007.*

Tabla 4.1

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

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 2006

Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora	Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora
Andújar	0,11	Herrera del Duque	0,20
Huelva	0,12	Lugo	0,15
Motril	0,09	Pontevedra	0,16
Sevilla	0,14	Madrid	0,20
Tarifa	0,15	Murcia	0,13
Jaca	0,17	San Sebastián	0,11
Teruel	0,13	Agoncillo	0,11
Avilés	0,12	Penhas Douradas	0,26
Palma de Mallorca	0,16	Cofrentes (red valenciana)	0,17
Santa Cruz de Tenerife	0,08	Pedrones (red valenciana)	0,16
Santander	0,13	Jalance (red valenciana)	0,16
Quintanar de la Orden	0,17	Cortes de Pallás (red valenciana)	0,16
Almázcara	0,17	Almadraba (red catalana)	0,11
Autilla	0,14	Ascó (red catalana)	0,12
Saelices el Chico	0,16	Bilbao (red País Vasco)	0,07
Soria	0,19	Vitoria (red País Vasco)	0,08
Talavera la Real	0,10		

ANEXO

1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2006

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	8,12E+11	7,29E+10	1,30E+13	3,04E+13	3,03E+12	4,38E+12	1,08E+11	2,29E+10
Alfa total	4,85E+03	<LID	<LID	2,50E+05	<LID	3,06E+04	<LID	<LID
Ag-110m	1,08E+05	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID
Co-58	4,74E+05	6,93E+05	1,65E+05	3,98E+07	9,97E+05	3,16E+05	3,99E+04	8,17E+06
Co-60	2,42E+05	9,41E+04	2,26E+05	2,06E+07	1,29E+05	4,81E+06	9,87E+04	6,24E+05
Cs-134	<LID	<LID	<LID	2,86E+07	<LID	3,56E+05	<LID	<LID
Cs-137	<LID	2,35E+04	4,36E+05	2,66E+07	1,07E+05	2,62E+05	<LID	<LID
H-3	6,19E+12	7,07E+11	7,67E+11	1,13E+12	7,84E+09	6,87E+11	6,74E+11	9,54E+10
I-131	1,11E+06	3,34E+05	6,22E+05	1,36E+09	<LID	1,04E+08	<LID	1,87E+05
Mn-54	<LID	4,57E+04	<LID	5,43E+06	<LID	<LID	<LID	9,25E+04
Sr-90	<LID	<LID	<LID	4,74E+07	<LID	1,02E+05	<LID	<LID
Otros radionucleidos	1,92E+12	5,20E+05	3,91E+04	2,86E+10	<LID	2,26E+09	<LID	3,62E+06

1.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	El Cabril
Alfa total	1,68E+04	4,95E+03
Beta total	–	7,16E+04
Actividad gamma	–	<LID
H-3	–	1,66E+07
C-14	–	1,96E+07

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

1.2.1. Centrales nucleares

Vandellós I: la central se encuentra en fase de latencia pero a lo largo del año 2006 se han producido emisiones de efluentes radiactivos gaseosos como consecuencia de la puesta en marcha de la unidad portátil de ventilación para regular la presión diferencial del cajón en los meses de abril y noviembre.

	Vandellós I
Alfa total	3,22E+02
Co-60	8,19E+01
Cs-137	1,38E+02
Sr-90	2,76E+02
Otros radionucleidos	5,61E+03

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 2006.

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 2006

2.1. Instalaciones en explotación

2.1.1. Centrales nucleares

Como consecuencia de la parada definitiva de la central José Cabrera el día 30 de abril, los vertidos de efluentes radiactivos líquidos de la central también incluyen aquellos que se han generado como consecuencia del vaciado del refrigerante primario y de la primera fase de descontaminación del circuito de refrigeración primario.

	Almaraz I y II	Ascó I	Ascó II	Cofrentes	José Cabrera	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Alfa total	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	8,89E+04	<LID	<LID
Ag-110m	4,87E+08	1,05E+09	8,23E+08	<LID	<LID	<LID	3,25E+07	1,26E+07
Co-58	8,44E+08	1,18E+09	3,52E+08	4,11E+04	8,28E+05	8,54E+06	2,19E+07	3,66E+09
Co-60	1,04E+09	1,78E+09	8,95E+08	2,35E+07	4,26E+07	7,93E+07	3,00E+08	3,48E+09
Cs-134	6,52E+06	2,42E+08	8,34E+07	<LID	8,59E+05	<LID	9,17E+06	1,61E+09
Cs-137	1,41E+08	4,35E+08	2,65E+08	8,63E+05	4,67E+07	1,75E+07	1,53E+08	3,85E+09
H-3	4,60E+13	1,97E+13	3,16E+13	6,06E+11	1,12E+13	3,20E+11	1,83E+13	2,81E+13
I-131	7,71E+06	8,05E+06	1,81E+08	1,05E+07	1,07E+06	2,89E+05	<LID	5,14E+06
Mn-54	6,02E+07	8,96E+07	3,33E+07	1,21E+06	2,96E+06	2,32E+07	1,19E+07	5,62E+08
Sr-90	1,24E+07	2,10E+08	1,37E+08	1,29E+07	<LID	3,88E+06	<LID	7,55E+06
Otros radionucleidos	1,02E+09	3,01E+09	5,15E+08	1,28E+07	3,46E+07	1,69E+07	6,05E+07	1,76E+09

2.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado
Alfa total	3,70E+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, clausura o latencia

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 2006.

2.2.2. Instalaciones del ciclo del combustible

Planta Quercus:

	Planta Quercus
Alfa total	1,69E+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:

	Ciemat
Cs-137	7,20E+03
Sr-90	<LID
Otros radionucleidos	8,49E+04

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 RADIACTIVAS 17

1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares en operación 18

1.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 19

1.2. Resultados 24

1.2.1. Aire 24

1.2.2. Radiación directa 28

1.2.3. Deposición 28

1.2.4. Agua 32

1.2.5. Organismos indicadores 47

1.2.6. Alimentos 56

2. Vigilancia alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación 65

2.1. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 65

2.2. Resultados 67

2.2.1. Aire 67

2.2.2. Radiación directa 70

2.2.3. Deposición 72

2.2.4. Agua 74

2.2.5. Alimentos 80

2.2.6. Organismos indicadores 81

3. Vigilancia alrededor de instalaciones nucleares y radiactivas en situación de parada definitiva, desmantelamiento, clausura o latencia 89

3.1. Ciemat 89

3.1.1. Características de la instalación 89

3.1.2. Descripción y resultados del PVRA 89

3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) 94

3.2.1. Características de la instalación 94

3.2.2. Descripción y resultados del PVRA 94

3.3. Vandellós I 97
3.3.1. Características de la instalación 97
3.3.2. Descripción y resultados del PVRA 97
3.4. Planta Lobo G 101
3.4.1. Características de la instalación 101
3.4.2. Descripción y resultados del PVRA 101
3.5. Planta Quercus 102
3.5.1. Características de la instalación 102
3.5.2. Descripción y resultados del PVRA 102

3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL 107

1. Red de Estaciones de Muestreo (REM) 108
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre 108
1.1.1. Estaciones de muestreo 108
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 109
1.1.3. Resultados 112
— Aire 112
— Deposición 113
— Agua 113
— Alimentos 114
1.2. Vigilancia del medio acuático 133
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales 133
— Estaciones de muestreo 133
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 134
— Resultados 135
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras 157
— Estaciones de muestreo 157
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 157
— Resultados 158

4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) 165

1. Estaciones automáticas 166
2. Diseño de la REA 167
3. Resultados 167

ANEXO 169

1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos. Año 2006 170
2. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos. Año 2006 171

Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 2006

Colección Informes Técnicos
19.2007