Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 2002

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2002

Autores: Ana González Calvo
Inmaculada Marugán Tovar
Carmen Rey del Castillo
Lucila Mª Ramos Salvador
Rosario Salas Collantes
Agustina Sterling Carmona

Agradecemos a Carmen Salvadores Serrano su colaboración en la elaboración gráfica de este informe.

Colección
Informes Técnicos
12.2004

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.08

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 2003, Consejo de Seguridad Nuclear

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

Maquetación: RGB Comunicación, S.L.
Impresión:

Depósito legal: M. 39.690-2001

Introducción

Se presenta aquí el quinto informe anual sobre los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental que contiene los resultados de los programas desarrollados durante el año 2002 junto con los datos históricos que constituyen un marco de referencia. Este documento es continuación de los emitidos por el Consejo de Seguridad Nuclear desde que en 1999 inició la publicación de una serie de informes técnicos, con objeto de poner a disposición del público y las instituciones información sobre los niveles de radiactividad ambiental del país, con un cierto nivel de detalle.

El Consejo, en virtud de las funciones que tiene encomendadas, lleva a cabo la evaluación y el control del impacto radiológico ambiental de las instalaciones nucleares y radiactivas y controla y vigila la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, en 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. Los titulares son los responsables de la realización de los programas de vigilancia alrededor de las instalaciones; estos programas se establecen siguiendo las directrices del CSN, y tienen en cuenta el tipo de instalación y algunas características del emplazamiento tales como demografía, usos de la tierra y el agua y hábitos de la población. El control regulador de su ejecución y de la calidad de los resultados se lleva a cabo mediante inspecciones periódicas, la evaluación de los datos obtenidos y la realización de programas independientes, bien de modo directo o mediante encomienda a las comunidades autónomas. La red de vigilancia radiológica ambiental de ámbito nacional, no asociada a instalaciones (Revira) es gestionada por el Consejo y está constituida por una Red de Estaciones de Muestreo (REM) y por una Red de Estaciones Automáticas de medida en continuo (REA). Esta red se distribuye por todo el territorio nacional y 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 específicos desarrollados se adaptan a las recomendaciones de la Comisión de la Unión Europea, establecidas para facilitar a los Estados miembros el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom[1,2].

Los resultados de todos los programas de vigilancia son evaluados por el CSN y un resumen de los mismos se incluye en los informes anuales al Congreso de los Diputados y al Senado; parte de estos datos se remiten también a la Comisión de la Unión Europea, de acuerdo con lo establecido en el artículo 36 de Euratom, y a otras instituciones nacionales e internacionales.

En el presente documento se describen brevemente las principales características de las redes y programas de vigilancia radiológica ambiental en España y los resultados de los mismos, considerando en primer lugar la evolución histórica de los parámetros más representativos desde 1980 a 2002 y analizando a continuación en mayor detalle los valores correspondientes al año 2002. Como novedades respecto al informe anterior, se ha incluido información sobre las medidas realizadas con dosímetros de termoluminiscencia en los programas llevados a cabo alrededor de El Cabril, la planta Quercus y la fábrica de Juzbado. Asimismo se ha incluido un anexo con la actividad en los efluentes radiactivos emitidos por las centrales nucleares y las instalaciones del ciclo del combustible durante el año 2002.

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 la descripción de esta red y sus resultados objeto de este informe.

---

[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 119

Red de Estaciones Automáticas (REA) 173

Anexo 177

Índice de contenidos 181

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

1

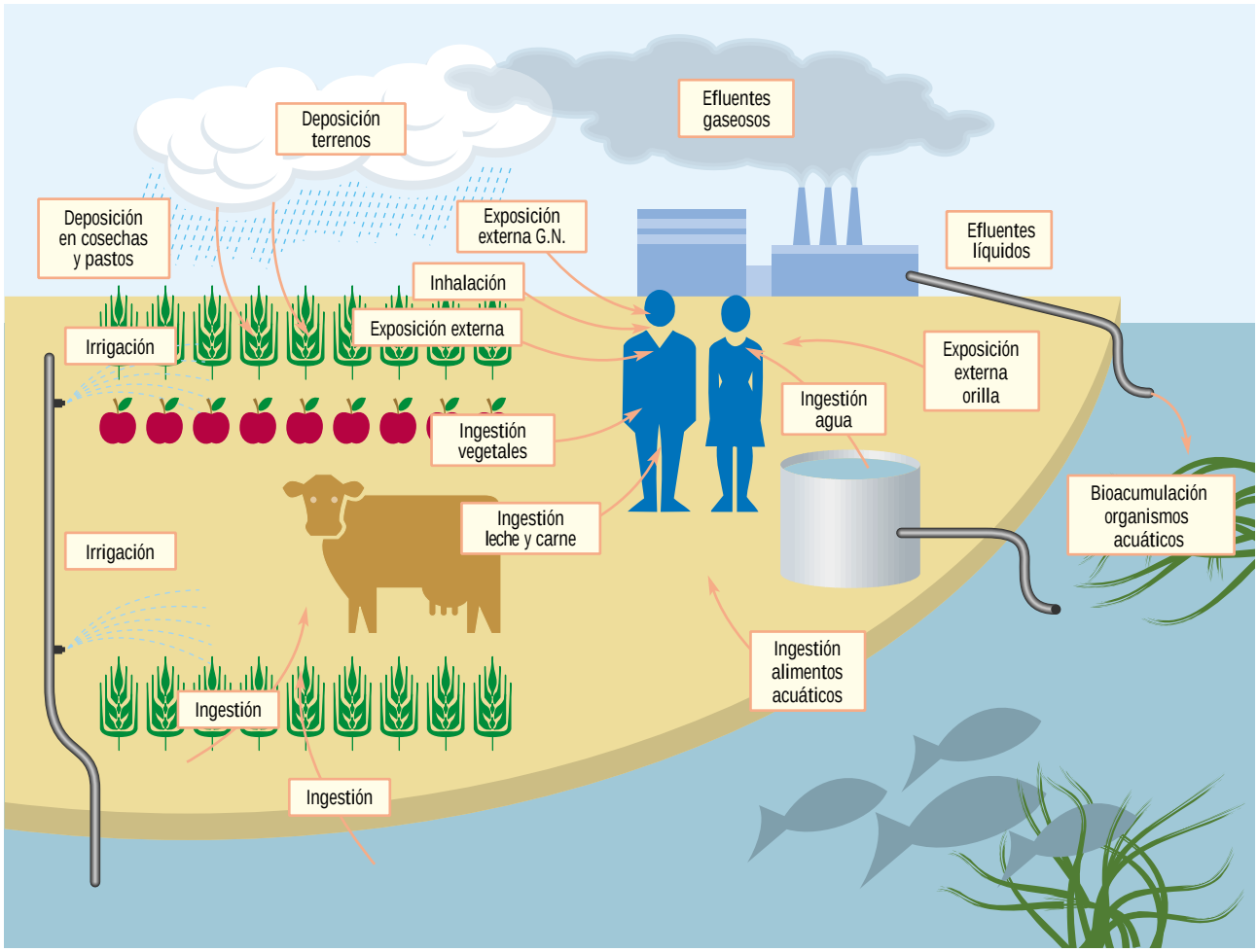
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- 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

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

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

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos



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

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

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

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

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

Los programas en el entorno de las instalaciones se han establecido de acuerdo con el tipo de instalación y las características del emplazamiento; los programas de ámbito nacional se han elaborado teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en el marco de los artículos 35 y 36 del tratado de Euratom. La Comisión de la Unión Europea, ante las distintas prácticas seguidas por los Estados miembros, elaboró una recomendación sobre el alcance mínimo de estos programas, publicada en el diario oficial de las Comunidades Europeas de 27 de julio de 2000[1].

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; en la figura 1.1 se presenta un esquema de estas vías de transferencia.

En términos generales estas vías se pueden clasificar como:

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

- Vías integradoras.
  Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se incrementa con la emisión continua del mismo al medio, pudiendo persistir después del cese de la emisión. En estas vías se pueden observar algunos incrementos debidos a la operación continuada de las instalaciones nucleares y radiactivas, o bien como consecuencia de una alteración en los niveles de fondo radiactivo (explosiones nucleares en la atmósfera, accidente de la central nuclear de Chernóbil).

- Vías integradoras y acumuladoras.
  Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se deriva de las vías de exposición anteriores. En las muestras seleccionadas en estas vías, de existir actividad en las denominadas integradoras y transitorias, bien por deposición radiactiva (poso radiactivo) y/o como consecuencia del funcionamiento de las instalaciones, se pueden detectar también los isótopos presentes en las mismas.

[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.

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

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

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

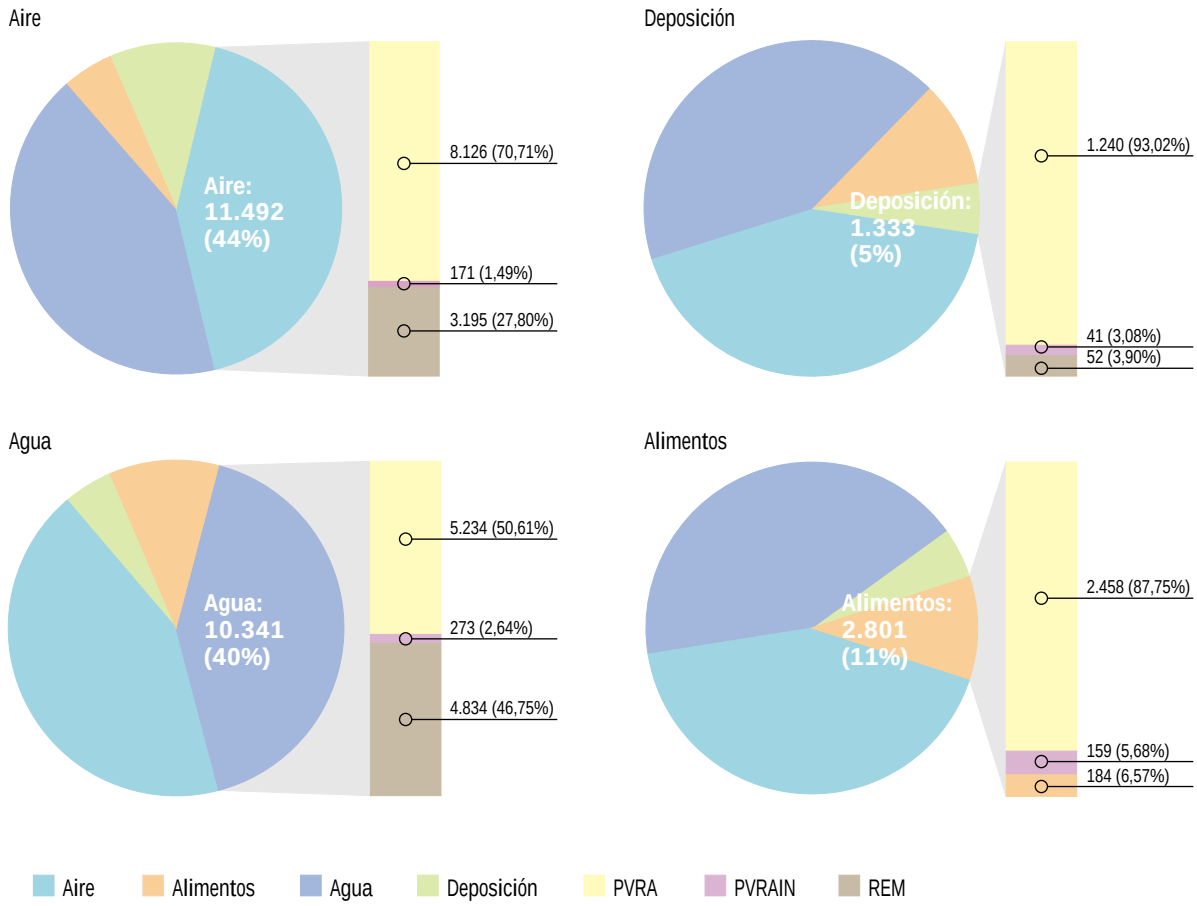
En la figura 1.2 se indica el número total de análisis que se realiza en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los distintos tipos de vigilancia a los que se asocian.

En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir, aquellas que indican de manera casi inmediata una alteración en los niveles de radiactividad ambiental, permitiendo de este modo, si fuera necesario, incrementar la frecuencia de muestreo en las vías integradoras y acumuladoras para estudiar la evolución de dichos niveles y tomar las medidas oportunas.

Los resultados de los distintos programas de vigilancia son facilitados al CSN por los responsables de su ejecución. El CSN dispone de una base de datos para almacenar la información correspondiente a estos programas (Keeper). En la actualidad esta base cuenta con más de un millón doscientos mil registros que corresponden a los distintos programas de vigilancia.

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 2002

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

En el primer documento de esta serie sobre los resultados de la vigilancia radiológica ambiental en España, Informe Técnico del CSN 4.1999, se describió con detalle cómo se establece y lleva a cabo la vigilancia radiológica ambiental alrededor de las instalaciones.

En la figura 2.1 se incluye el mapa de situación de los distintos emplazamientos en los que se encuentran ubicadas instalaciones nucleares y/o radiactivas. En cada una de ellas se está llevando a cabo un PVRA en alguna de sus distintas fases.

1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares

1.1. Centrales nucleares en operación

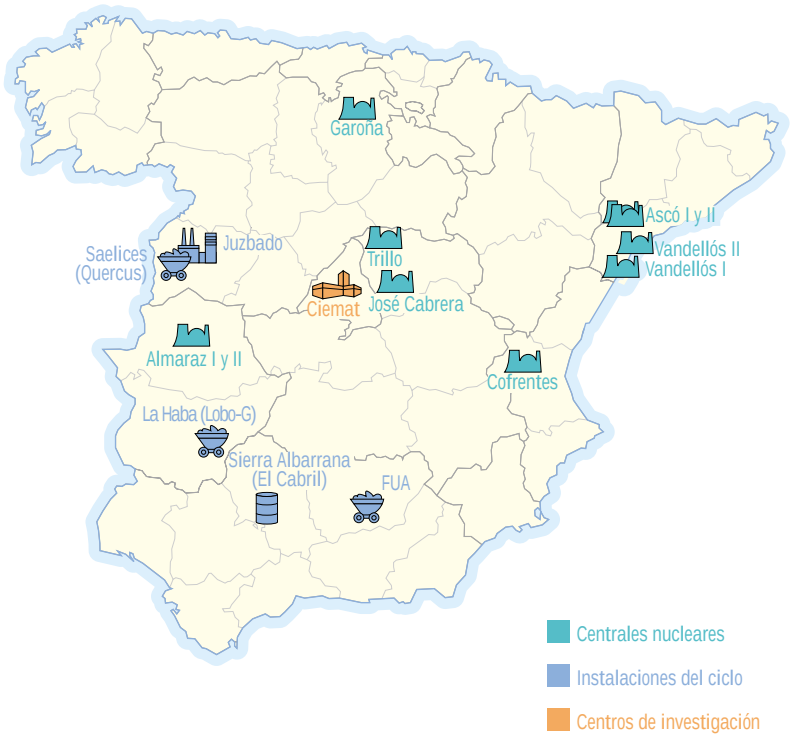
El conjunto de centrales nucleares que en la actualidad se encuentran en fase de explotación corresponde a tres generaciones diferenciadas dentro del programa nuclear de nuestro país.

- 1ª generación. Centrales proyectadas en la década de los 60 cuya construcción se concluyó a finales de esa década o comienzos de los 70. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós I, esta última en fase de desmantelamiento.

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

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

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



En operación

Centrales nucleares	Tipo (MWe)	Fecha
José Cabrera	W-PWR (160)	1968
Garoña	GE-BWR (466)	1970
Almaraz I y II	W-PWR (980/983)	1980/83
Ascó I y II	W-PWR (1.032/1.027)	1982/85
Cofrentes	GE-BWR (1.095)	1984
Vandellós II	W-PWR (1.087)	1987
Trillo	KWU-PWR(1.066)	1987

Instalación	Tipo	Fecha
Juzbado	Fábrica de elementos combustibles	1985
El Cabril	Almacenamiento de residuos sólidos	1992
Planta Quercus	Fábrica de concentrados de uranio	1992

En desmantelamiento y/o clausura

Instalación	Tipo	Fecha
Vandellós I	Magnox-CGR	1972
Lobo-G	Tratamiento de minerales	1977
Ciemat	Investigación	1951
FUA	Fábrica de concentrados de uranio	1959

En la tabla 2.1 se resumen algunas de las características de los reactores actualmente en explotación en España.

1.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

Los programas de vigilancia siguen, en la actualidad, las recomendaciones de la guía de seguridad del CSN publicada en el año 1993, GS-4.01, "Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares". En las figuras 2.2 a 2.7 se presenta, para cada vía de exposición, el número de estaciones de muestreo existentes en los PVRA de cada una de las centrales nucleares durante la campaña de 2002, así como el número de estaciones recomendado teniendo en cuenta los criterios establecidos en dicha guía, que se transcriben a la derecha de las mismas.

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

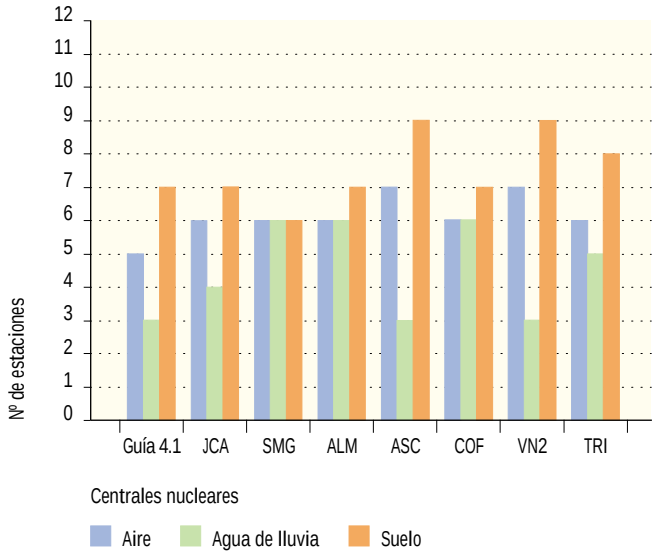
En la tabla 2.2 se incluyen los tipos de muestras y análisis realizados en las centrales nucleares.

Tabla 2.1. Características de las centrales nucleares

Central nuclear	Localidad (Provincia)	Tipo de reactor	Potencia eléctrica (*)	Puesta en marcha comercial
José Cabrera (JCA)	Almonacid de Zorita (Guadalajara)	PWR	160 MW	Año 1968
Santa Mª de Garoña (SMG)	Valle de Tobalina (Burgos)	BWR	466 MW	Año 1970
Almaraz (ALM)	Almaraz (Cáceres)	Unidad I PWR Unidad II PWR	980 MW 983 MW	Año 1980 Año 1983
Ascó (ASC)	Ascó (Tarragona)	Unidad I PWR Unidad II PWR	1.032 MW 1.027 MW	Año 1982 Año 1985
Cofrentes (COF)	Cofrentes (Valencia)	BWR	1.095 MW	Año 1984
Vandellós II (VN2)	Vandellós (Tarragona)	PWR	1.087 MW	Año 1987
Trillo (TRI)	Trillo (Guadalajara)	PWR	1.066 MW	Año 1988

(*) En algunas centrales se han autorizado ligeros aumentos de potencia

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2002.
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 de control 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)

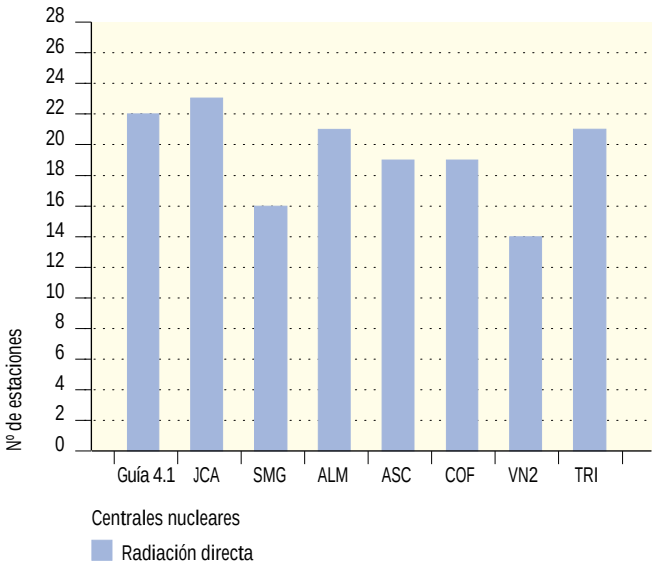
Agua de lluvia (deposición húmeda)

- 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 2002.
Comparación con lo establecido en la Guía 4.1
Radiación directa

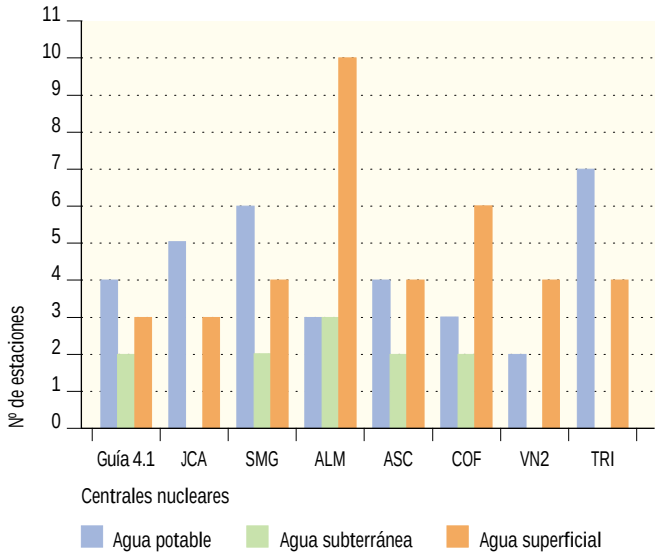


Criterios Guía 4.1

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 de control 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 2002.
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 de control de un abastecimiento no influido por las descargas.

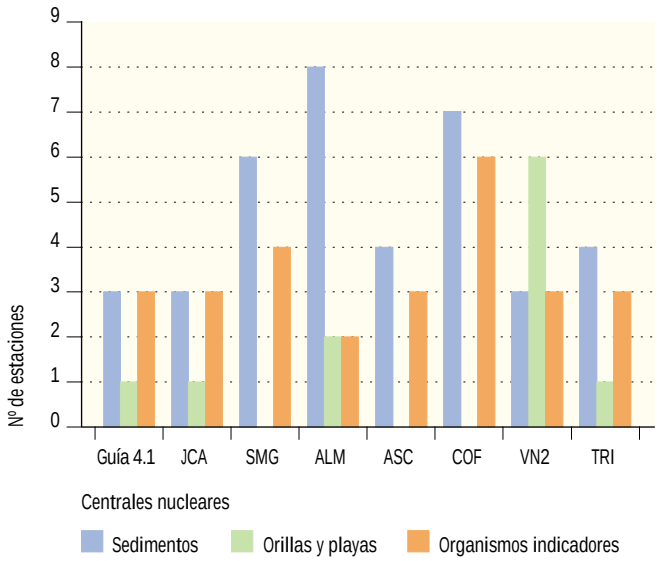
Agua subterránea

- Una muestra de cada fuente con mayor probabilidad de ser afectada por las descargas.
- Una muestra de control 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 de control 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 2002.
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 de control en un punto situado aguas arriba de la descarga.

Orillas y playas

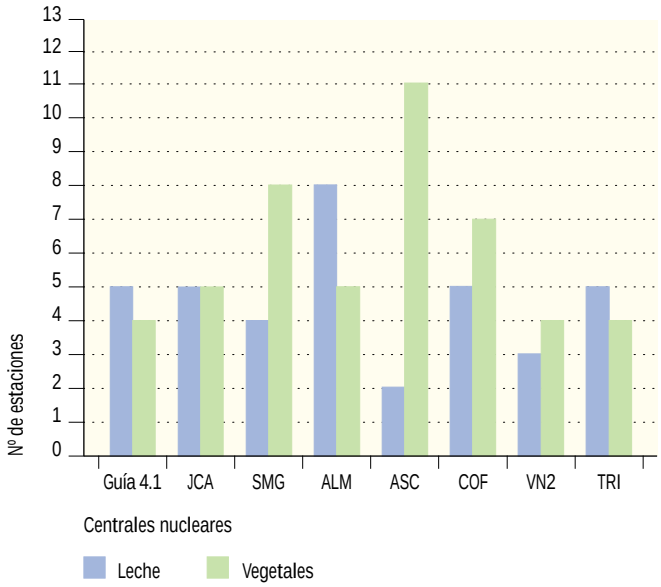
- Una muestra de un punto donde se prevea máxima sedimentación situado aguas abajo o, en el caso de emplazamientos costeros, en el entorno de la descarga, donde existan actividades recreativas.

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 de control 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 2002. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Leche

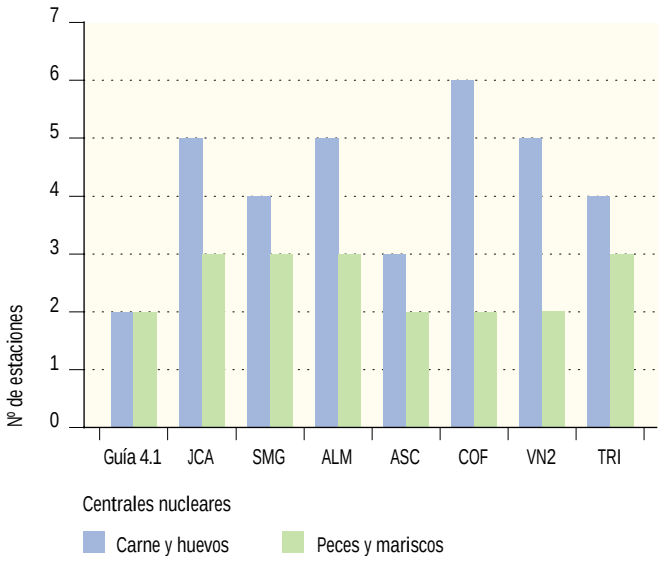
- Una muestra de granjas lecheras o animales individuales situados en cada una de las tres localizaciones seleccionadas entre aquellas donde se prevea la máxima deposición.
- Una muestra de cada central lechera que recoja la producción de la zona.
- Una muestra de control de granjas lecheras o animales 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 de control 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 2002. 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 de control 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 de control de las mismas especies procedentes de zonas no influidas por las descargas.

Tabla 2.2. Programa de vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares

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

1.3. Resultados

Para el tratamiento de los resultados que figuran en el presente documento los criterios generales que se han tenido en cuenta son los siguientes:

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

- Se han realizado medias de los valores, tanto temporales como espaciales. El periodo de tiempo considerado es anual y se establece la media de los valores obtenidos en todas las estaciones de recogida de muestras de la zona vigilada alrededor de cada instalación, excepto en el caso de los organismos indicadores en aquellas instalaciones que realizan sus vertidos a cauces fluviales, donde se realizan por separado las medias de los valores obtenidos en las estaciones situadas aguas arriba y aguas abajo de los mismos.

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

- Partiendo de los datos anteriores, se ha representado gráficamente la evolución temporal de los valores medios anuales de concentración de actividad obtenidos para cada tipo de muestra en las distintas instalaciones; cuando existe discontinuidad entre periodos anuales, significa que todos los resultados obtenidos en ese periodo han sido inferiores al LID.

- Para la campaña del año 2002, objeto principal de este documento, se proporciona una información más detallada indicando para las distintas muestras:

  - Número total de análisis realizados.

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

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

Los resultados se han presentado gráficamente por vías de exposición, tipos de muestras y análisis. Las figuras cuya numeración se identifica con la letra (a) recogen la evolución histórica de los valores y en la figura de igual numeración y letra (b) se representan los valores detallados para la campaña del año 2002. Puede ocurrir, en algunos casos, que se presente solamente la gráfica con la evolución temporal de los resultados, es decir la del grupo (a), esto se debe a que en la campaña del año 2002, para el análisis que se represente, no se han obtenido valores superiores al LID o bien no se ha realizado el análisis debido a una adaptación del PVRA.

1.3.1. Aire

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

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 caso de detectarse, realizar análisis específicos. Se realiza con frecuencia semanal, en cada uno de los filtros recogidos.

El porcentaje de valores superiores al LID está próximo al 100%, dado que en este análisis se contabiliza la contribución de la radiación natural.

En la figura 2.8a se pone de manifiesto la similitud que presentan los valores históricos; el incremento observado en la campaña de 1986 refleja la incidencia del accidente de la central nuclear de Chernóbil.

Sr-90

Se trata de un radionucleido de origen artificial que puede proceder del poso radiactivo y de los efluentes de la central. El análisis se realiza con una periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados para cada estación de muestreo.

El número de análisis que presentan valores superiores al LID suele ser inferior al 10%. Entre las posibles causas de su detección hay que considerar los fenómenos de resuspensión, como consecuencia de la presencia de este isótopo en el suelo (siendo una de sus posibles contribuciones el poso radiactivo).

Como se observa en la figura 2.9a los valores históricos se mantienen dentro de un estrecho margen de variación y son coherentes con los niveles de fondo radiactivo, tanto por la baja proporción de valores detectados superiores al LID como por los niveles de concentración. En la campaña 2002 se han obtenido dos valores superiores al LID en la central José Cabrera y uno en la de Almaraz, todos ellos similares o inferiores a los de años anteriores y varios ordenes de magnitud por debajo del nivel de notificación establecido por el CSN que representa la concentración de actividad que podría dar lugar a los valores de dosis que limitan la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Espectrometría gamma

Se realiza con una periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados para cada estación de muestreo. El espectro considerado por cada una de las instalaciones incluye los posibles isótopos emitidos por la central en condiciones normales de operación, además de otros de origen natural. Mediante su medida se puede detectar la presencia de productos de activación o de fisión presentes en la atmósfera como consecuencia del funcionamiento de la misma.

La presencia de isótopos de origen artificial es totalmente esporádica y suelen tener valores próximos al LID. En la campaña 2002 únicamente se ha obtenido un valor de cobalto-60 en la central nuclear de Cofrentes, similar a alguno de los detectados en años anteriores (figura 2.11a) y 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.

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 2002 se han obtenido siete valores por encima del LID de las 312 medidas realizadas en la central nuclear de Cofrentes, algunos de ellos son similares a los LID y todos 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. En la figura 2.12a se observa en 1986, año en el que ocurrió el accidente de la central nuclear de Chernóbil, un incremento en los valores de concentración de actividad, más acusado en las centrales nucleares ubicadas al este de la península.

Vapor de agua: tritio

Estas muestras se recogían únicamente en la central nuclear José Cabrera y a partir de 2002 se han eliminado del programa por la escasa contribución de este isótopo a las dosis a la población debidas a efluentes gaseosos.

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

Valores medios en la zona vigilada

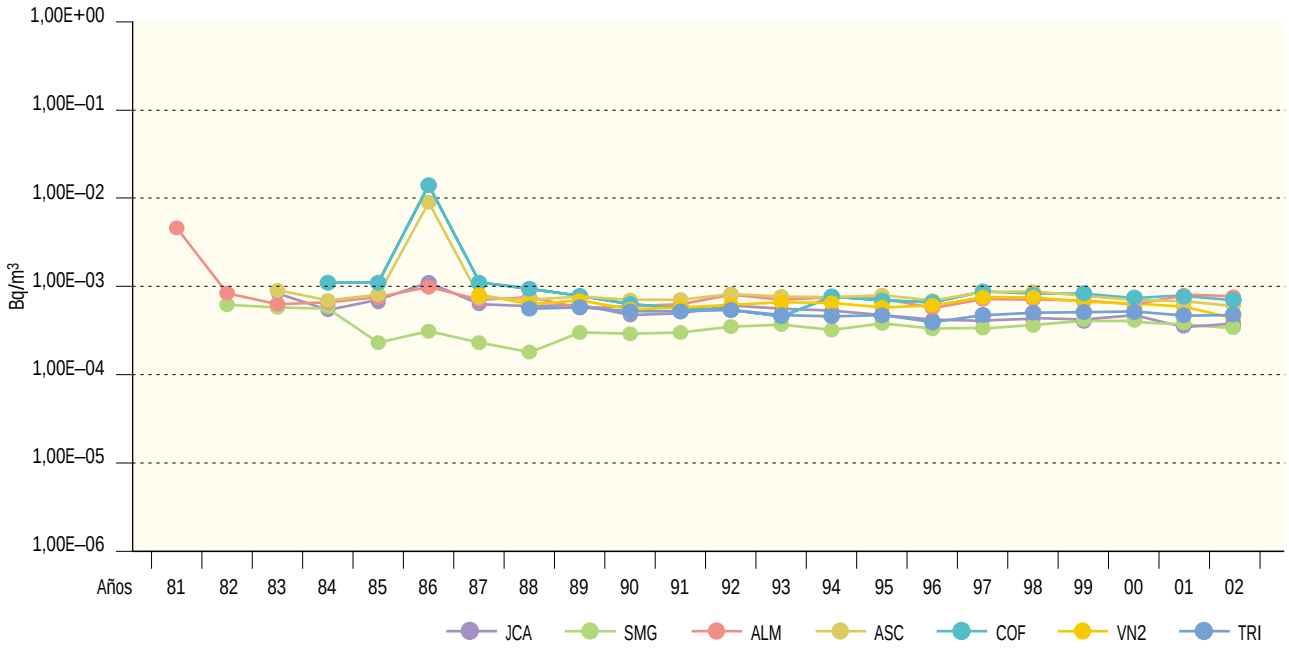
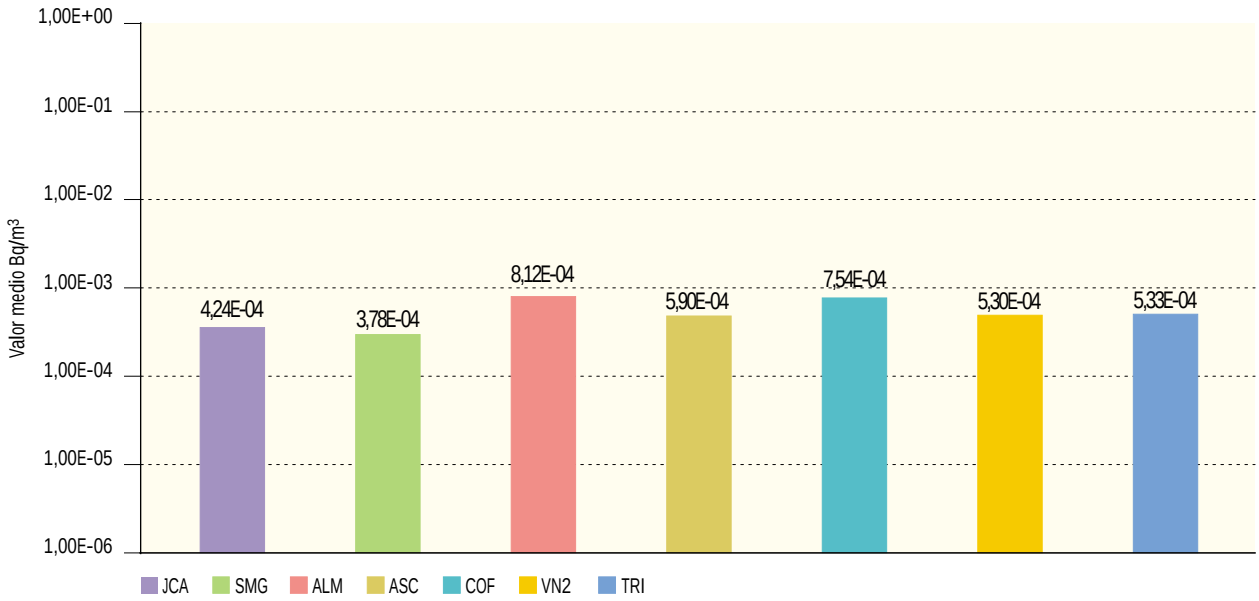


Figura 2.8b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,35E-03	8,81E-04	2,75E-03	1,34E-03	2,51E-03	1,34E-03	1,03E-03
Valor mínimo	5,16E-05	9,84E-05	1,33E-04	1,91E-04	2,06E-04	1,67E-04	1,48E-04
Nº total de análisis	315	316	312	357	312	356	311
Nº de análisis > LID	292	316	312	357	312	356	311
Nº de análisis < LID	23	0	0	0	0	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

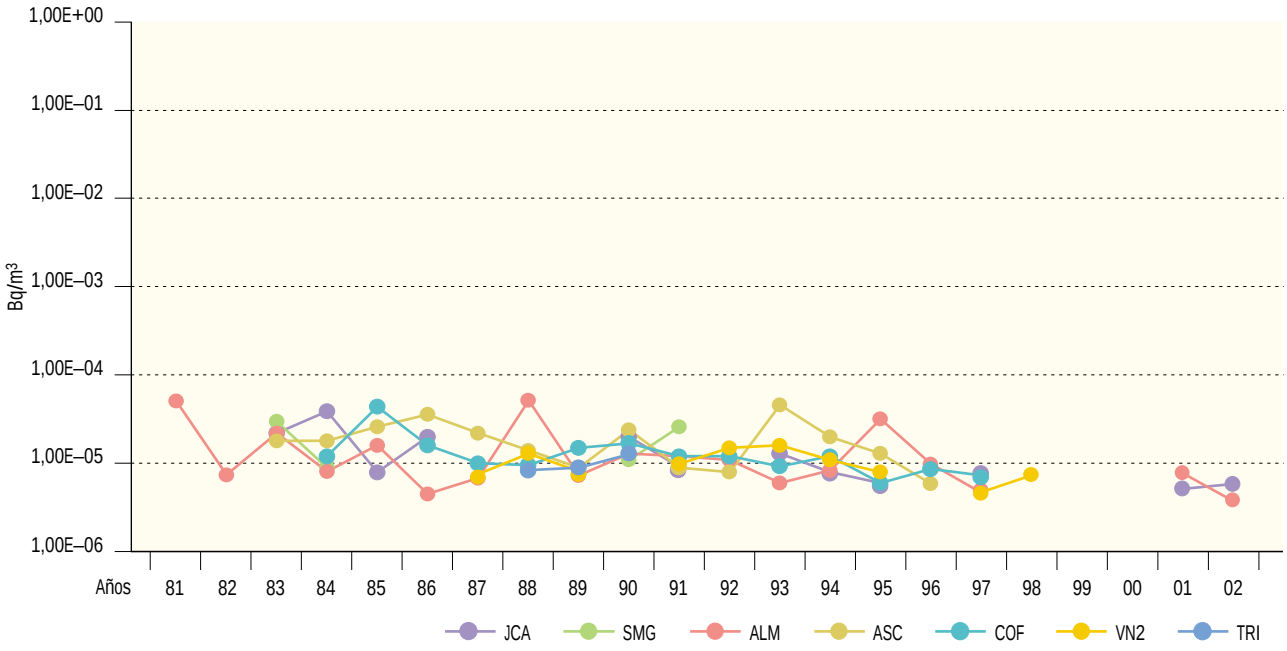
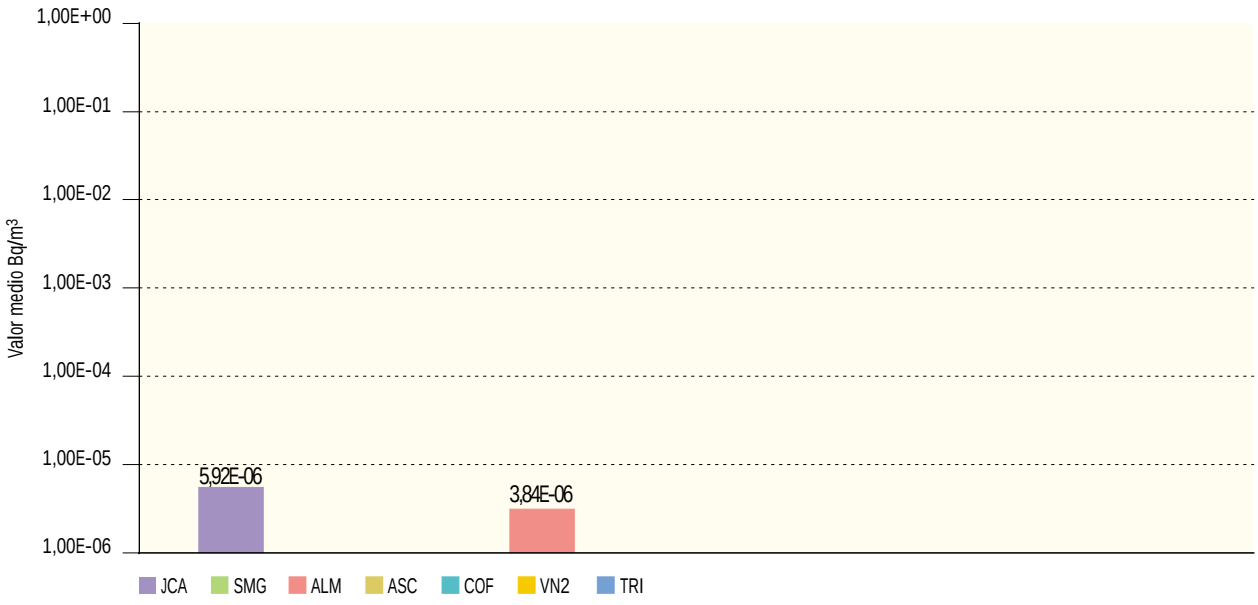


Figura 2.9b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,72E-06		3,84E-06				
Valor mínimo	3,11E-06		3,84E-06				
Nº total de análisis	24	24	24	28	24	28	24
Nº de análisis > LID	2	0	1	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	24	23	28	24	28	24

Figura 2.10a. Partículas de polvo en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

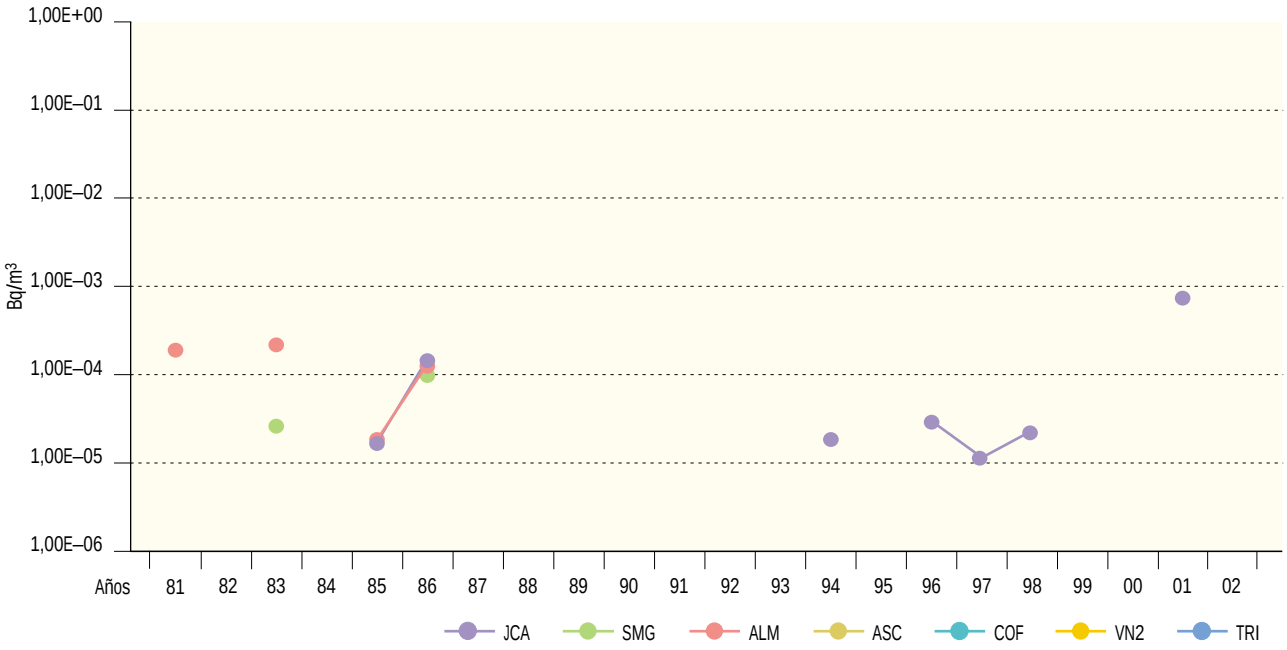


Figura 2.11a. Partículas de polvo en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

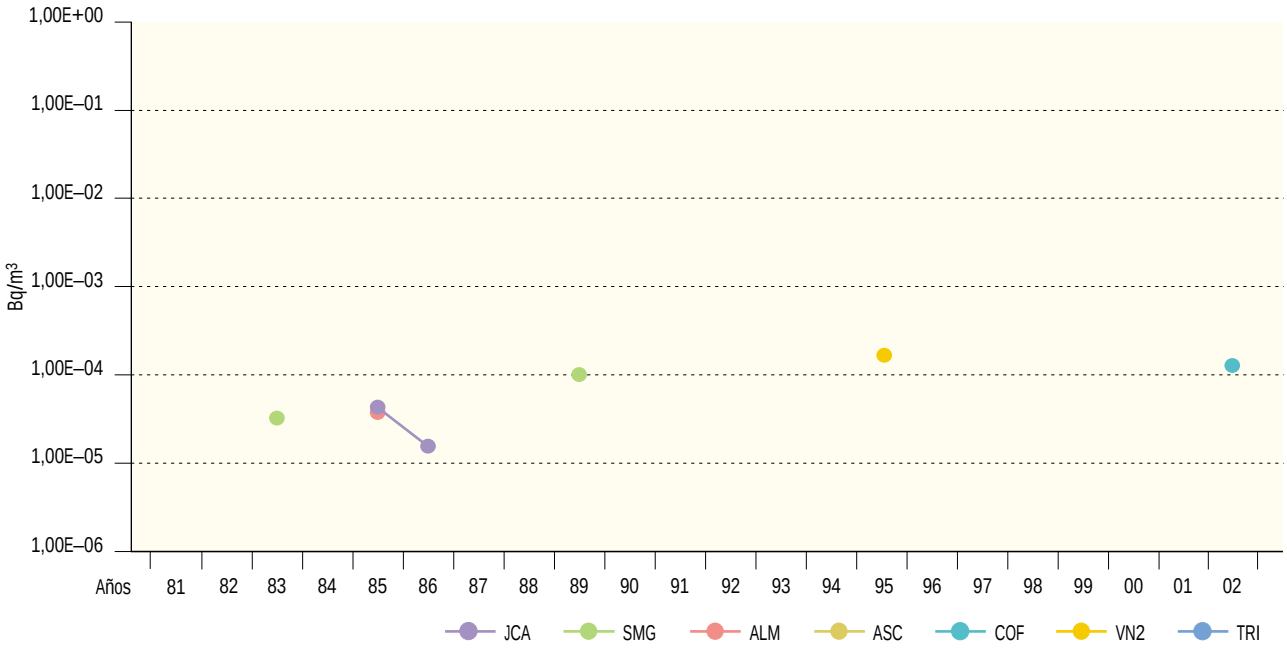
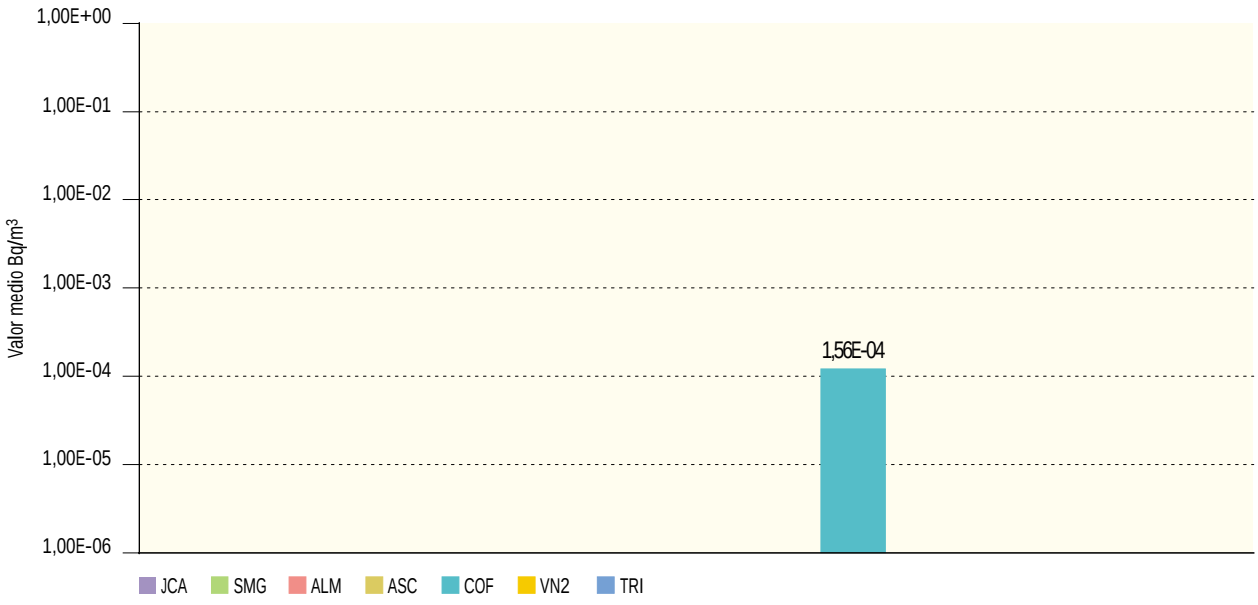


Figura 2.11b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo					1,56E-04		
Valor mínimo					1,56E-04		
Nº total de análisis	24	24	24	28	24	28	24
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	1	0	0
Nº de análisis < LID	24	24	24	28	23	28	24

Figura 2.12a. Radioyodos en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

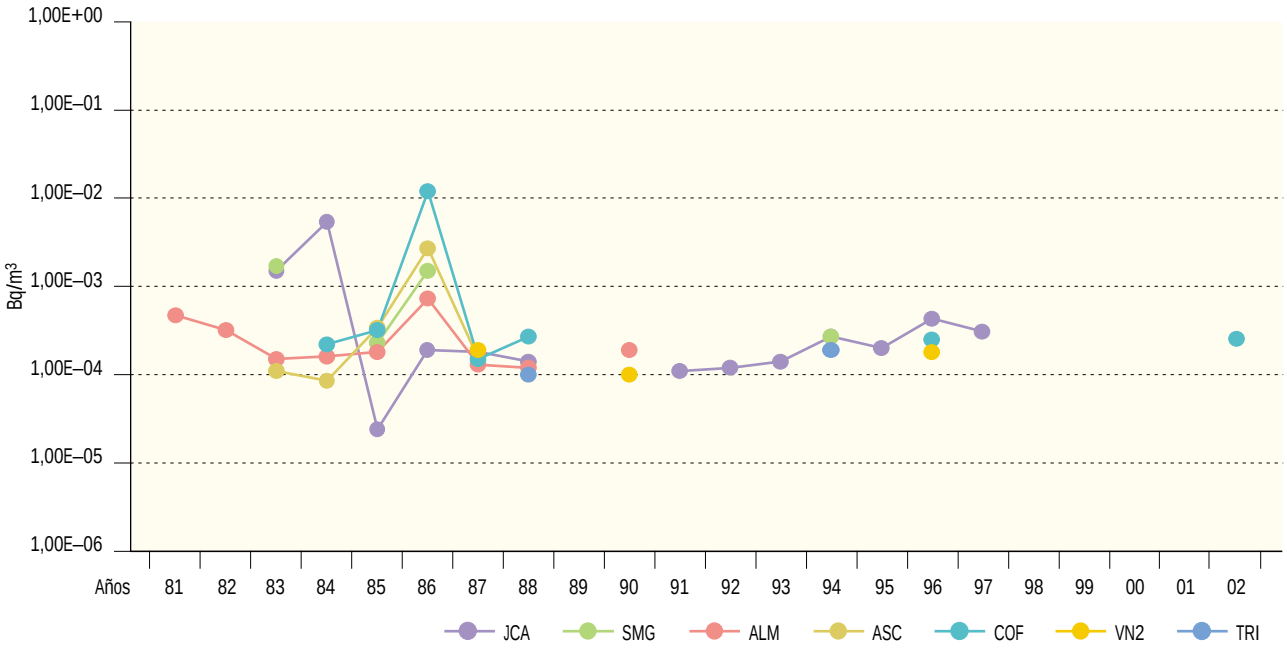
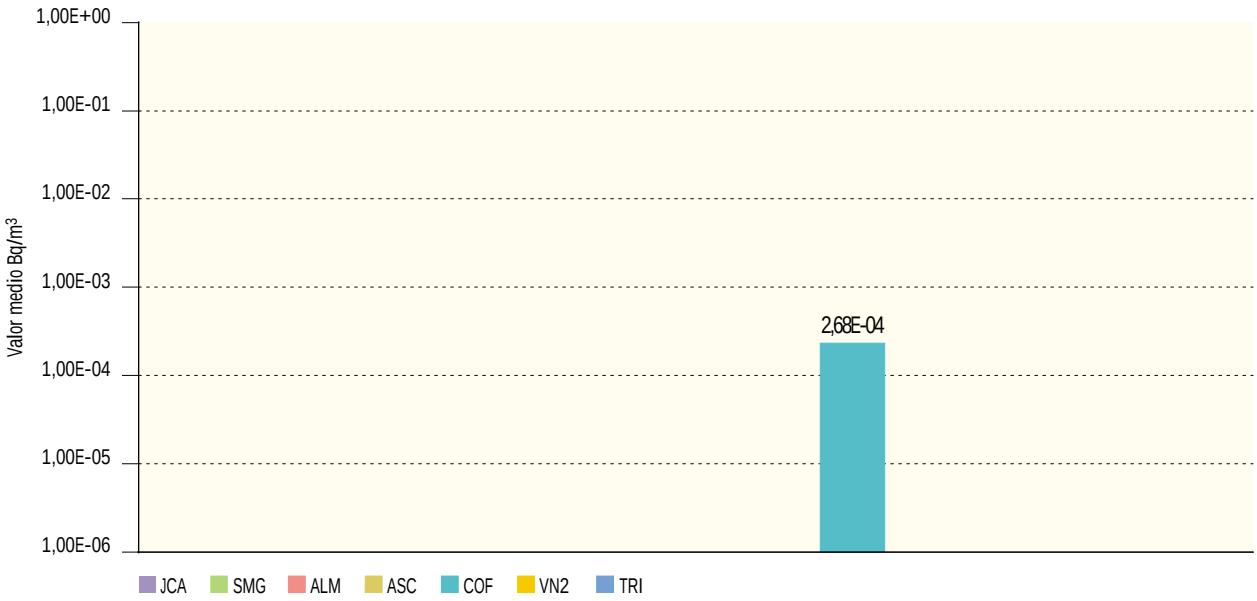


Figura 2.12b. Radioyodos en el aire. Concentración de actividad de I-131 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo					5,96E-04		
Valor mínimo					5,62E-05		
Nº total de análisis	316	316	312	357	312	356	311
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	7	0	0
Nº de análisis < LID	316	316	312	357	305	356	311

1.3.2. Radiación directa

Dosímetros de termoluminiscencia

Radiación gamma ambiental. En 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.

Como se puede observar en la figura 2.13a, los valores están en general próximos a 1 mSv/a y presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo, las fluctuaciones más notables se atribuyen a diferencias entre los laboratorios que efectúan las medidas, en cuanto a la obtención y expresión de los resultados, que están siendo actualmente objeto de estudio. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se presentan valores ligeramente superiores que son propios de las características geológicas del área geográfica donde se sitúa, como se confirma tanto con los valores preoperacionales como con los obtenidos en la estación testigo. En la figura 2.13b se observa que la central nuclear de Sta. Mª de Garoña realiza un mayor número de análisis debido a que dispone de dosímetros expuestos mensual y trimestralmente, mientras que en el resto de las centrales este periodo de exposición es únicamente trimestral. Los valores medios obtenidos en la campaña de 2002 sufren un ligero aumento en Almaraz y se mantienen similares a la anterior campaña en los programas de las restantes instalaciones.

Figura 2.13a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)

Valores medios en la zona vigilada

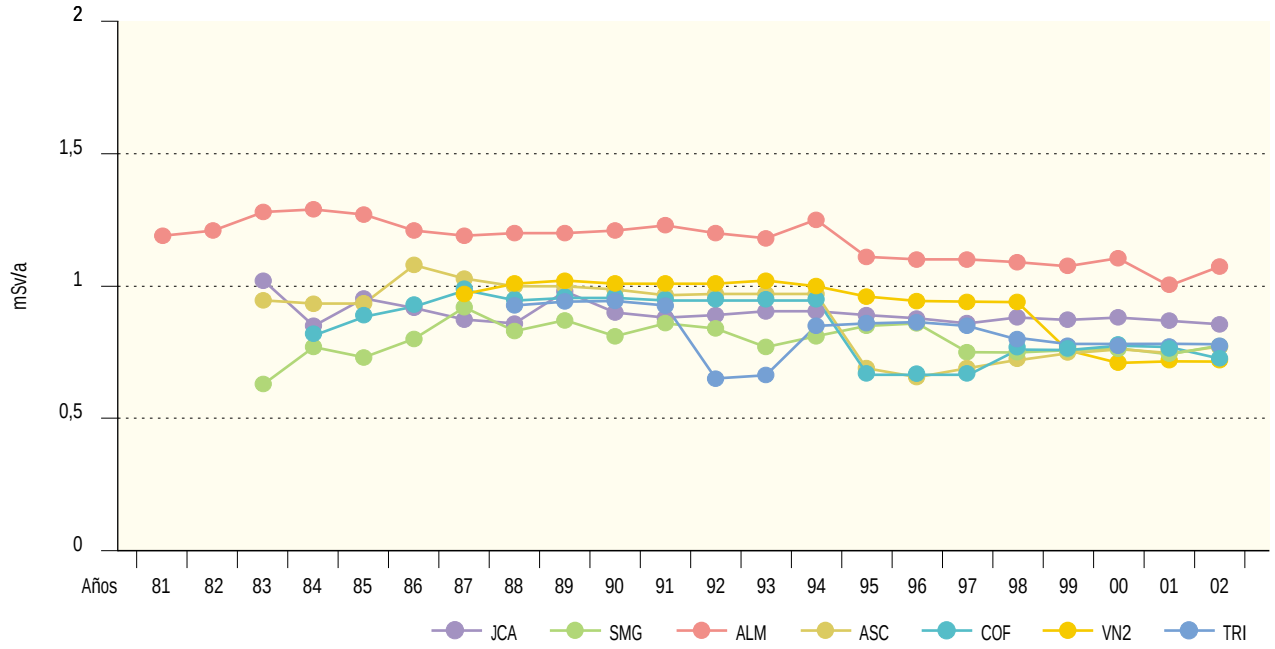
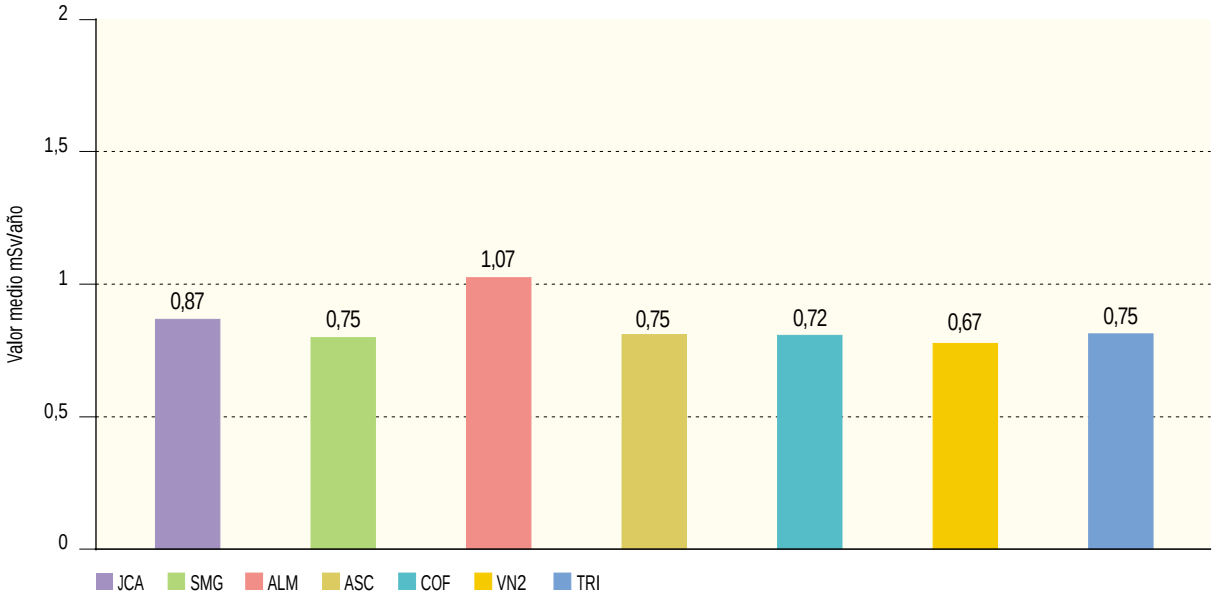


Figura 2.13b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/a)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,14	1,08	1,63	1,30	0,98	0,88	0,94
Valor mínimo	0,76	0,63	0,55	0,52	0,51	0,50	0,55
Nº total de análisis	85	256	81	76	76	57	84
Nº de análisis > LID	85	256	81	76	76	57	84
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

1.3.3. Deposición

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

Las representaciones gráficas se han centrado en los resultados correspondientes a deposición total, es decir, muestras de suelo, si bien en los distintos PVRA se realiza también el muestreo y análisis del agua de lluvia (deposición húmeda).

Suelo: deposición total

La principal utilidad del muestreo de suelo en los PVRA es el estudio de la acumulación (se trata de una vía acumuladora) de isótopos de periodo relativamente largo, que pueden ser emitidos por los efluentes gaseosos de la instalación. No obstante, la causa principal de que en el suelo se encuentren radionucleidos artificiales, tales como el estroncio-90 y el cesio-137, es el fenómeno de la deposición del material radiactivo procedente de las explosiones nucleares. El accidente de Chernóbil también afectó a estas concentraciones.

Sr-90. Una de las principales causas de su presencia en los suelos es el ya referido poso radiactivo, por lo que las fluctuaciones que se observan en los gráficos 2.14a y 2.14b pueden estar relacionadas, fundamentalmente, con las características edafológicas de cada emplazamiento que condicionan los procesos de migración de los distintos radionucleidos. Los valores medios más elevados se observan normalmente alrededor de la central nuclear de Almaraz. De acuerdo con lo dicho anteriormente, se observan variaciones igualmente 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 2002 han estado comprendidos entre 0,22 y 19 Bq/kg seco, rango en el que se encuentran los valores presentados en la figura 2.14b.

Los valores del año 2002 en el entorno de las centrales nucleares están dentro del rango de los de 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 causas originales el poso radiactivo. Otros isótopos de origen artificial se han detectado de forma esporádica y en bajas proporciones, estando vinculada su aparición, en muchos casos, al accidente de Chernóbil. Las gráficas se centran en los valores de cesio-137, cesio-134 y cobalto-60 por ser los únicos isótopos para los que se obtienen valores superiores al LID en esta campaña. 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 2002 son similares a los de campañas anteriores, aunque el de la zona vigilada de la central de Cofrentes es el más bajo registrado hasta ahora en el desarrollo de su PVRA, (figura 2.15a). Se ha obtenido un valor de cobalto-60 en el entorno de la central de Santa María de Garoña similar a los valores del LID y uno de cesio-134 en el programa de José Cabrera similar a los más bajos obtenidos anteriormente (figura 2.16a).

Figura 2.14a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

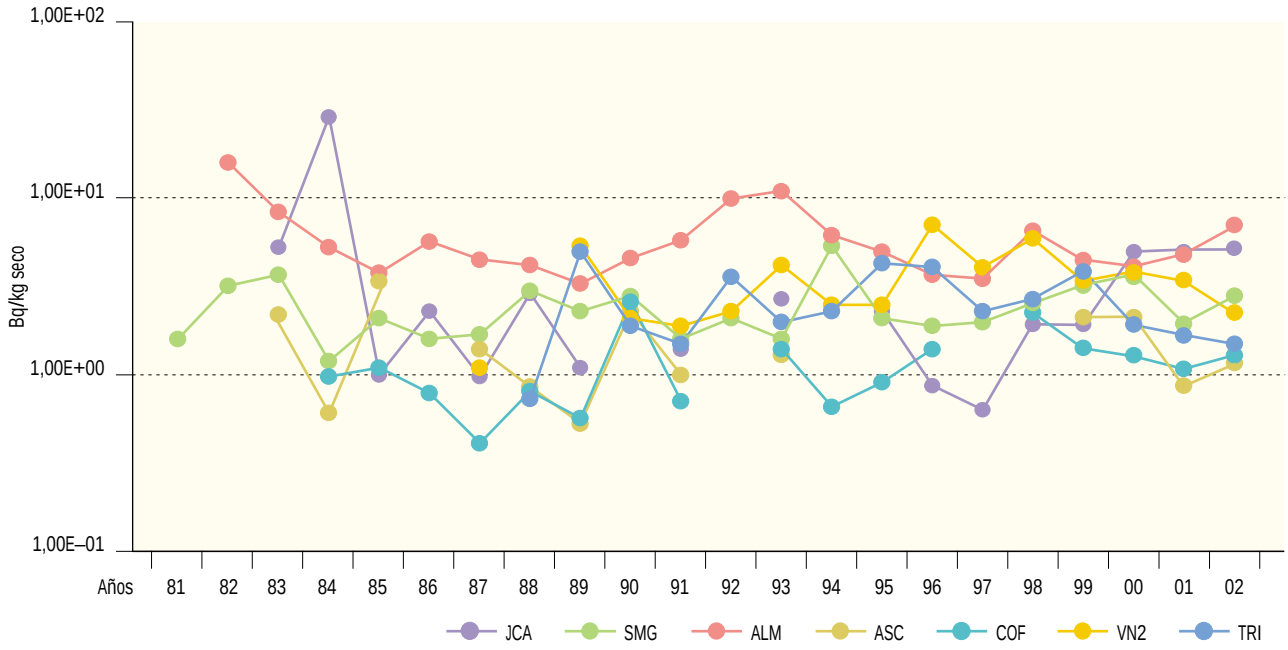
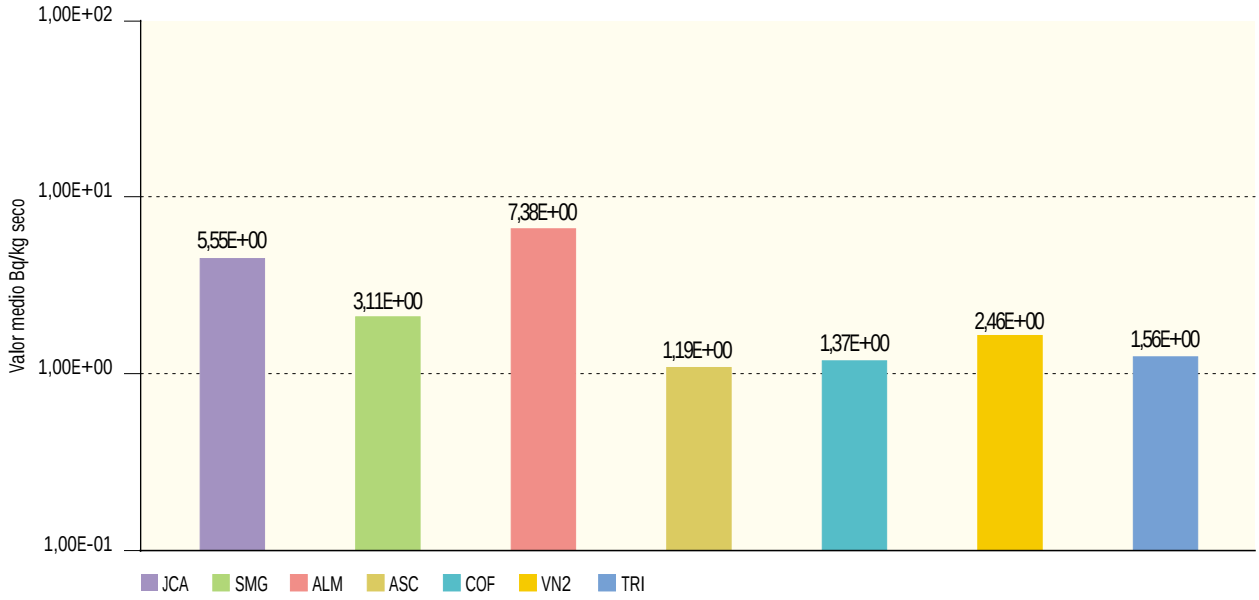


Figura 2.14b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,55E+00	4,89E+00	1,87E+01	2,49E+00	1,77E+00	5,42E+00	2,60E+00
Valor mínimo	2,25E+00	8,87E-01	1,49E+00	3,94E-01	8,63E-01	7,69E-01	4,37E-01
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	7	6	9	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	2	1	0	0

Figura 2.15a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

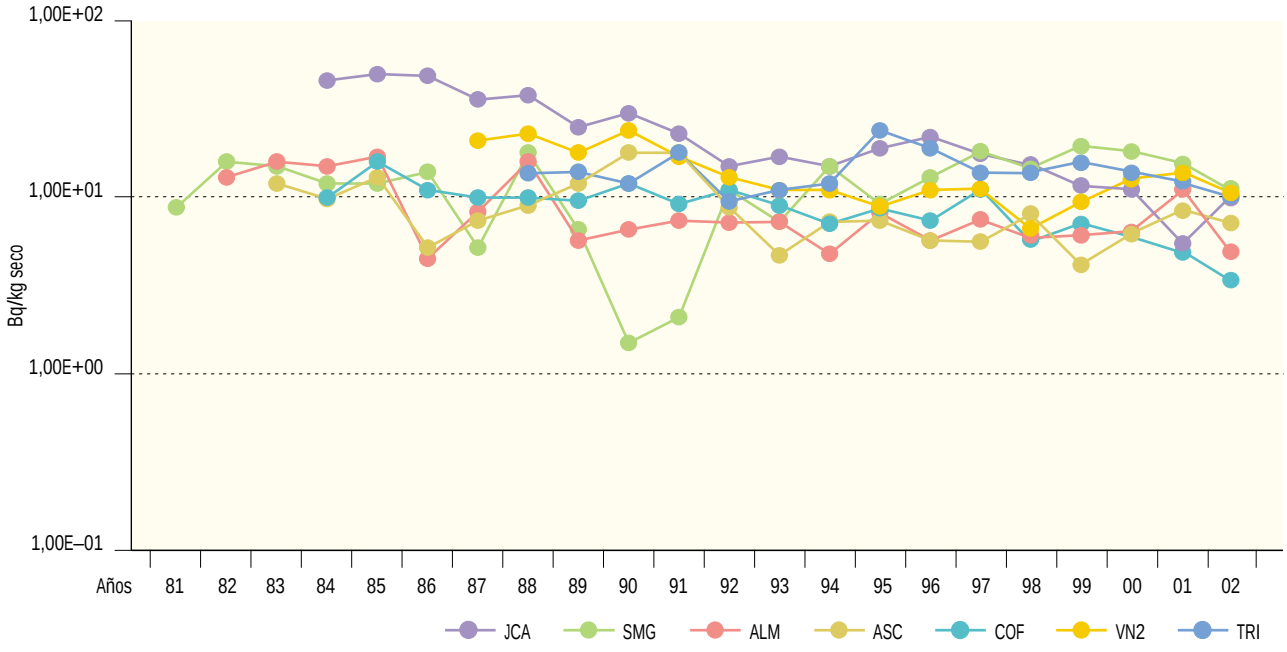
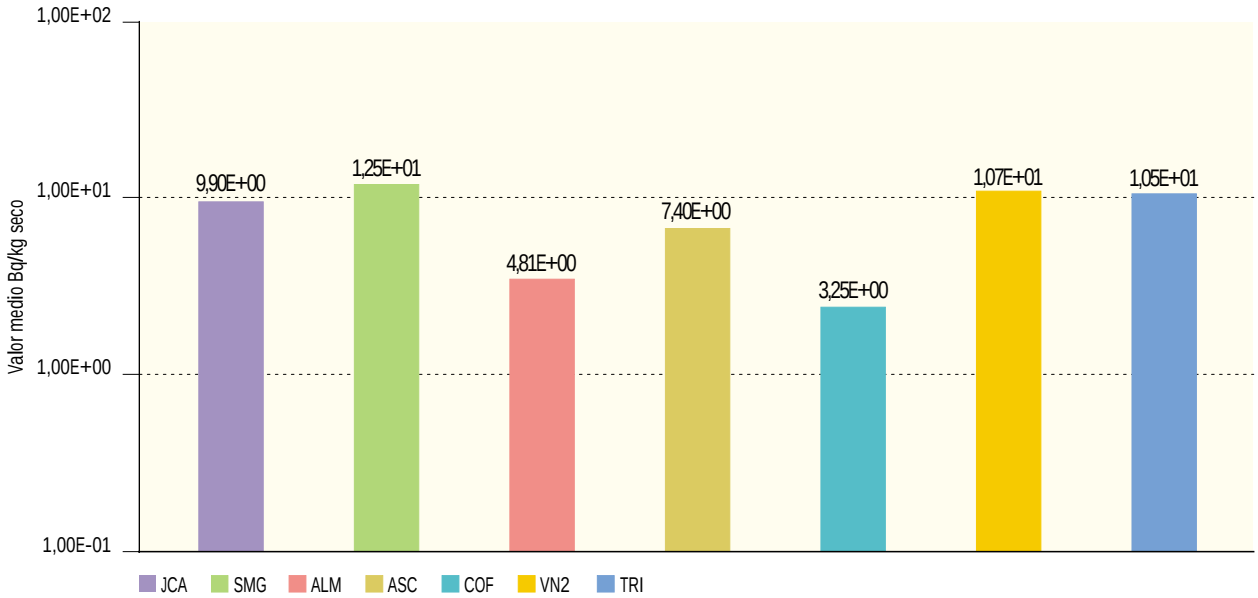


Figura 2.15b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,78E+01	3,27E+01	1,32E+01	1,88E+01	7,32E+00	2,07E+01	2,59E+01
Valor mínimo	2,03E+00	1,92E+00	1,69E+00	1,52E+00	6,69E-01	2,57E+00	1,32E+00
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	5	5	9	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	4	2	0	0

Figura 2.16a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

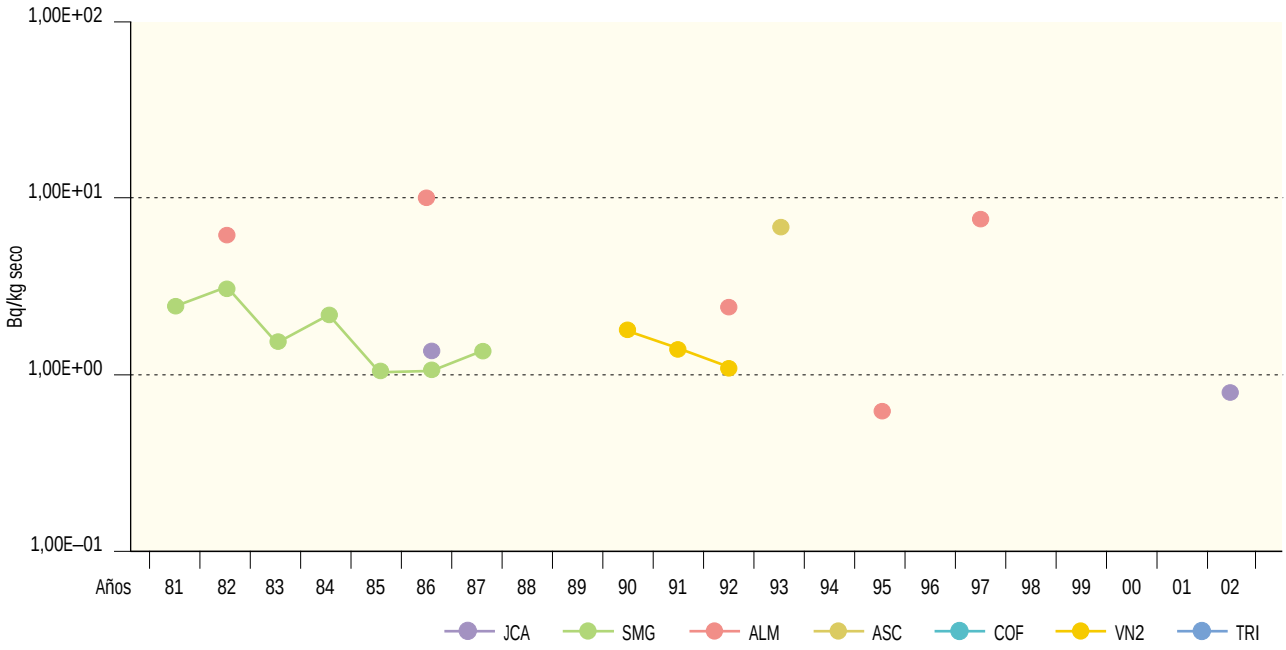
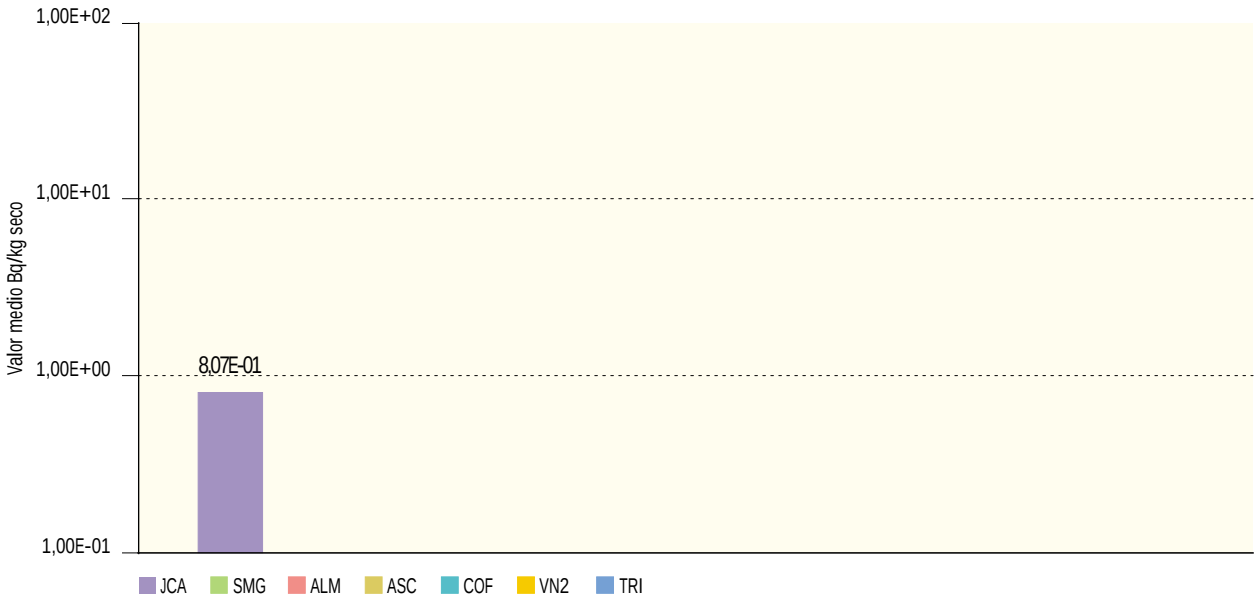


Figura 2.16b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-134 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,07E-01						
Valor mínimo	8,07E-01						
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	1	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	6	7	9	7	9	8

Figura 2.17a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

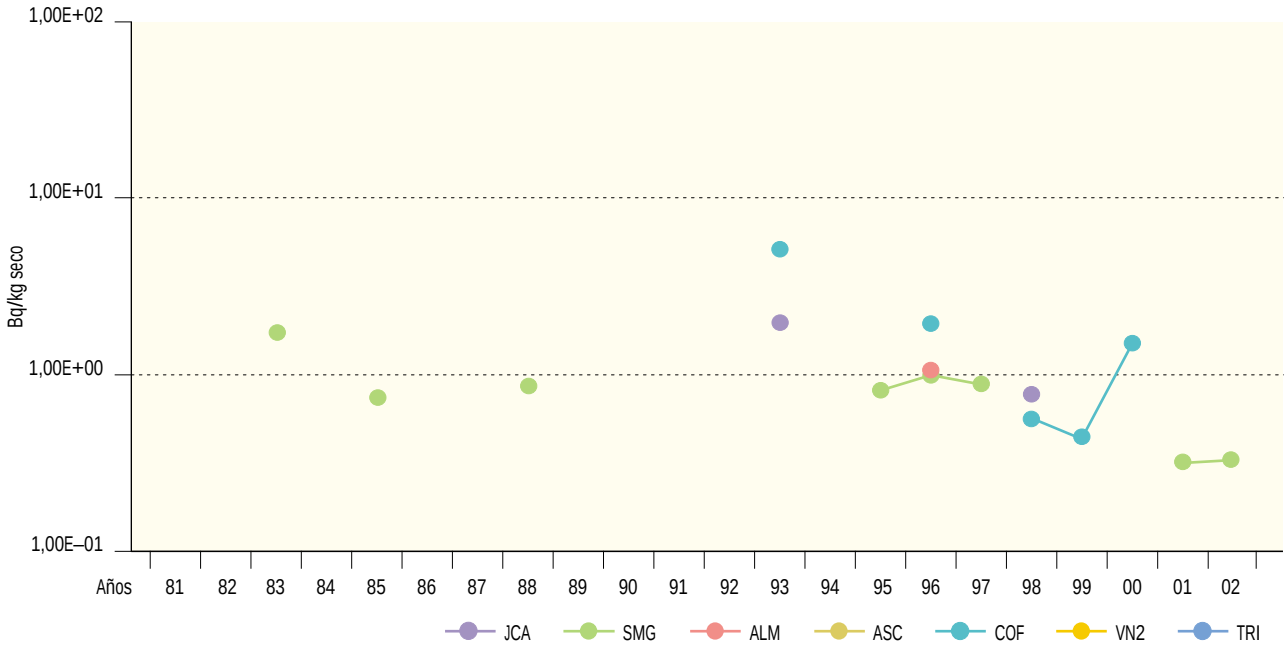
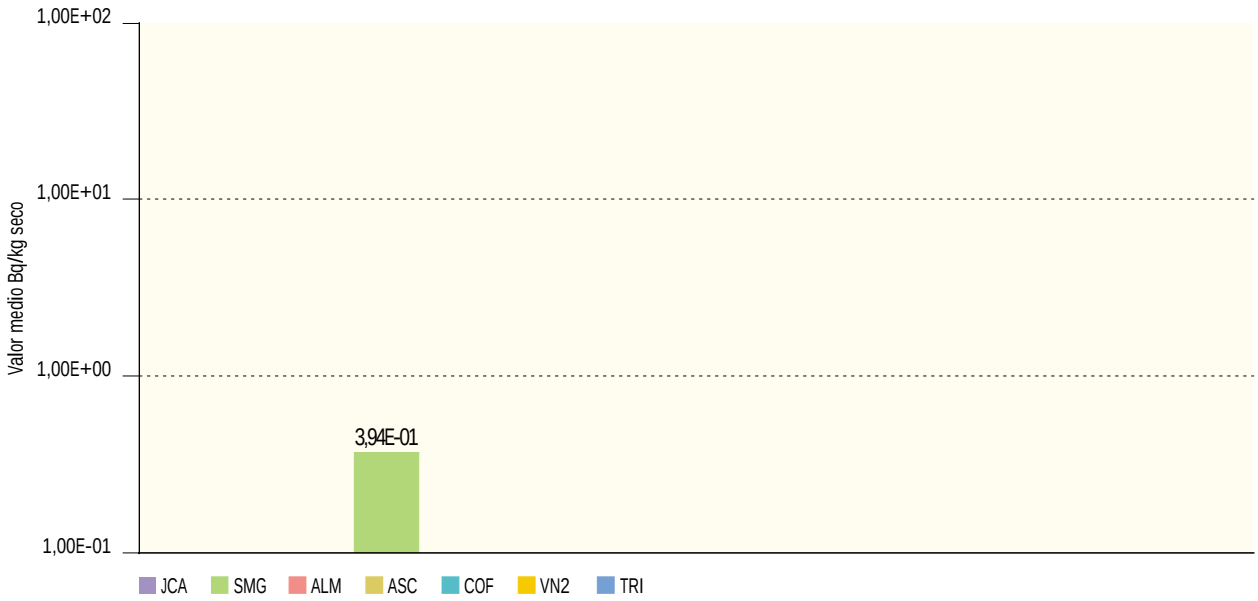


Figura 2.17b. Suelo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		3,94E-01					
Valor mínimo		3,94E-01					
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	0	1	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	7	5	7	9	7	9	8

1.3.4. 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 y 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 2.18a se puede apreciar claramente la diferencia existente entre los valores de las aguas continentales y marinas. En el caso de la central nuclear Vandellós II, al tratarse de un emplazamiento costero, las muestras tienen una elevada salinidad y por lo tanto se incrementa el contenido de potasio-40 que es un emisor beta-gamma de origen natural, y el principal contribuyente en este índice de actividad, por lo que sus valores son más elevados. En general, los valores de actividad mantienen una evolución bastante uniforme, siendo los valores medios de la campaña del 2002 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 a la concentración de beta total 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 de beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente. Los valores medios obtenidos para este índice de actividad en 2002 son similares a los de años anteriores.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza únicamente en la central nuclear de Ascó y hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz, por lo que no se incluye la representación gráfica de tipo (b). El número de medidas realizadas en el 2002 ha sido de dieciséis y el porcentaje de medidas con valores superiores al LID es de un 44%. El valor medio obtenido es más bajo que los de campañas anteriores.

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 central. Estas variaciones son función de las características de cada instalación, del medio receptor de los efluentes (río, embalse o mar) y de las condiciones meteorológicas (sequía o pluviosidad abundante). En las muestras de las centrales de Cofrentes y Santa María de Garoña se obtiene un 58% y un 12% respectivamente de valores por encima del LID. Estas dos centrales son del tipo de agua en ebullición y vierten menor cantidad de tritio en sus efluentes líquidos que las de agua a presión. En la central de Ascó que vierte al río Ebro, el porcentaje es del 50% y en la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se obtienen un 19% de resultados superiores al LID. En el caso de las centrales que vierten sus efluentes líquidos en el Tajo, Trillo y José Cabrera en la cabecera y la central de Almaraz en un embalse, los porcentajes de valores superiores al LID son el 81%, 92% y 79% respectivamente.

Los valores medios de la campaña de 2002 son similares a los de años anteriores y en la central Santa María de Garoña se observa que los resultados han experimentado un descenso en relación con el incremento experimentado y ya comentado en los resultados del año 2001.

Espectrometría gamma. Los valores de concentración de radionucleidos artificiales son sistemáticamente inferiores al LID, por lo que no se incluye representación gráfica. En el año 2002 se obtiene un único valor de cobalto-58

superior al LID en una muestra, de las sesenta y dos analizadas del programa de vigilancia de la central nuclear Vandellós II, coincidiendo con un aumento en los efluentes emitidos en los meses previos a su recogida. Este valor es inferior al obtenido, por primera vez en el PVRA, en la campaña de 2000 y ligeramente más elevado que el determinado en la campaña del año 2001.

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 2002 supera los niveles de notificación que representan las concentraciones de actividad que podrían dar lugar a los valores de dosis establecidos por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales. Tampoco superan los indicados en el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad de las aguas de consumo humano.

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

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

Índice de actividad beta resto. En esta medida, como ya se ha indicado, se determina el contenido de actividad beta, una vez sustraído el aporte correspondiente al potasio-40. En las gráficas adjuntas se puede observar que tanto los niveles de actividad como el número de resultados superiores al LID, disminuyen en relación con los datos obtenidos para el índice de actividad beta total. En la campaña de 2002 se han detectado valores en los programas de las centrales José Cabrera, Almaraz y Ascó similares a los de periodos anteriores.

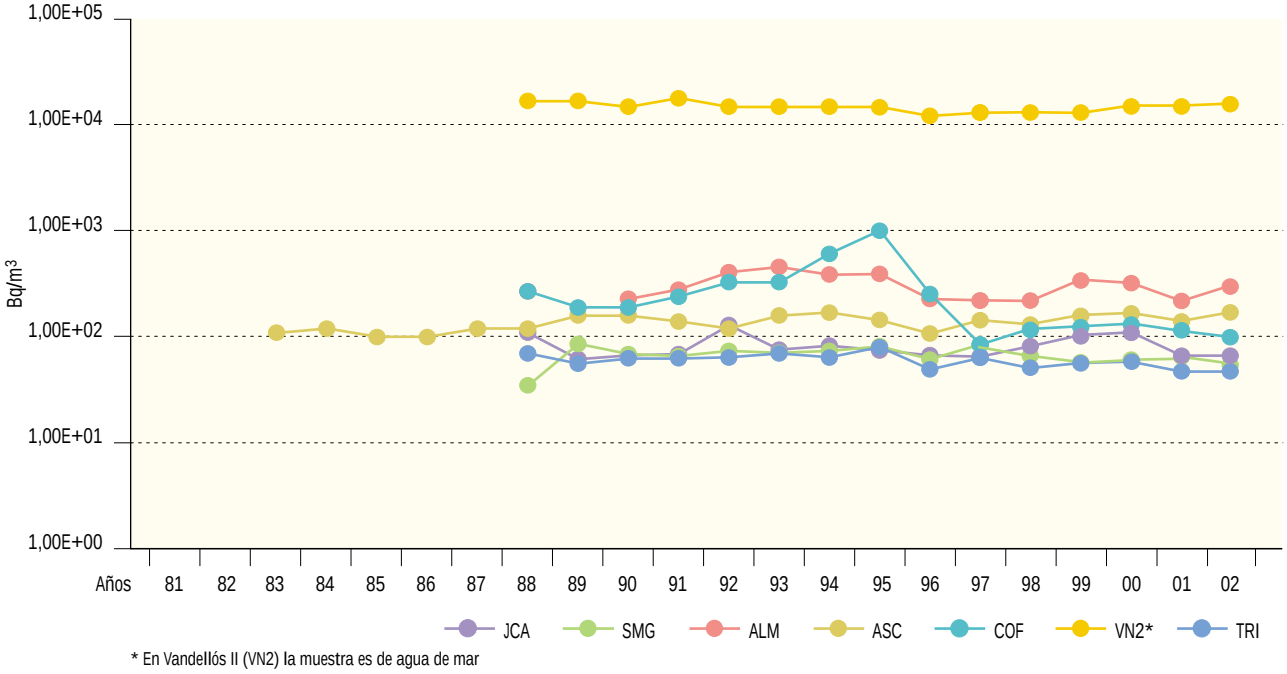
Sr-90. Este tipo de análisis se realiza en los distintos PVRA, con excepción de las muestras correspondientes a la central nuclear Vandellós II. Los valores obtenidos en estos últimos años así como el número de resultados que superan el LID han descendido en relación con los de anteriores campañas. En 2002 se han obtenido valores sólo en la central de Ascó y en un 25% de las muestras analizadas.

Tritio H-3. Los porcentajes de muestras que superan los LID son variables al igual que los valores medios anuales de concentración. Los valores obtenidos en 2002 son similares a los de campañas anteriores, aunque el valor detectado en la central Vandellós II es ligeramente más elevado que los anteriores. El mayor número de valores, y los más elevados, se obtienen en las estaciones de muestreo relacionadas con el río de las centrales de Trillo y José Cabrera que vierten sus efluentes líquidos en la cabecera del Tajo. En el caso de las muestras de la central de Ascó el porcentaje de detección ha sido de un 67% y los valores que se obtienen son similares a los de campañas anteriores.

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

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

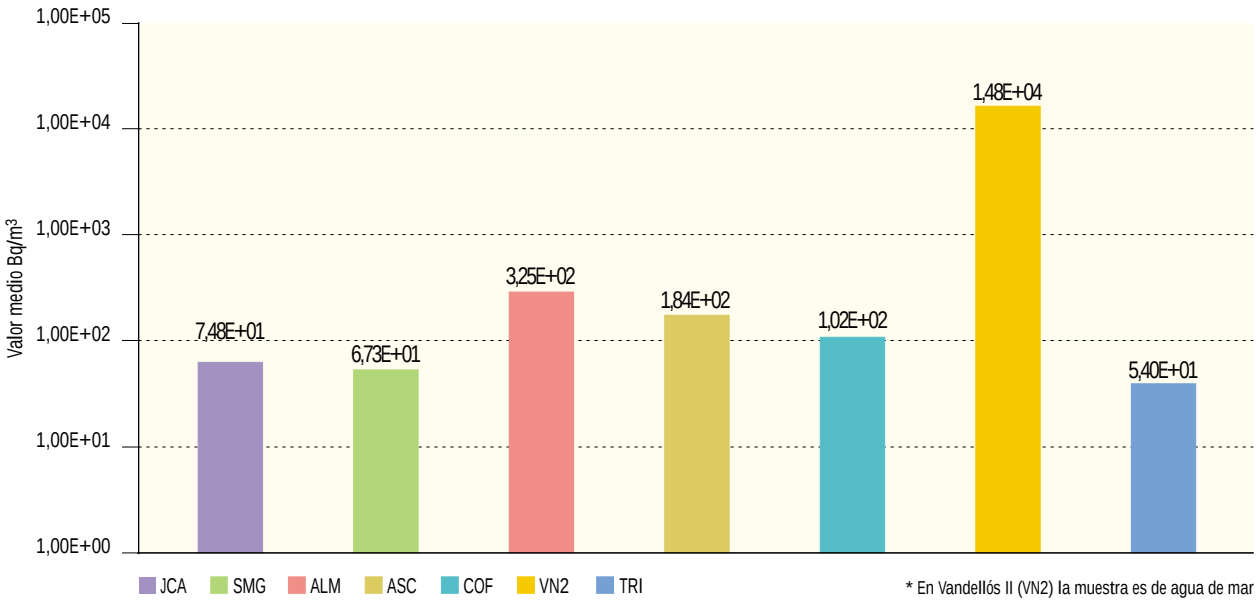
Valores medios en la zona vigilada



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

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

Valores de la campaña de 2002



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,37E+02	9,00E+01	5,62E+02	2,41E+02	1,85E+02	1,61E+04	1,21E+02
Valor mínimo	4,77E+01	4,67E+01	1,49E+02	1,49E+02	6,01E+01	1,36E+04	3,52E+01
Nº total de análisis	36	16	129	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	25	15	129	16	72	16	44
Nº de análisis < LID	11	1	0	0	0	0	4

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

Valores medios en la zona vigilada

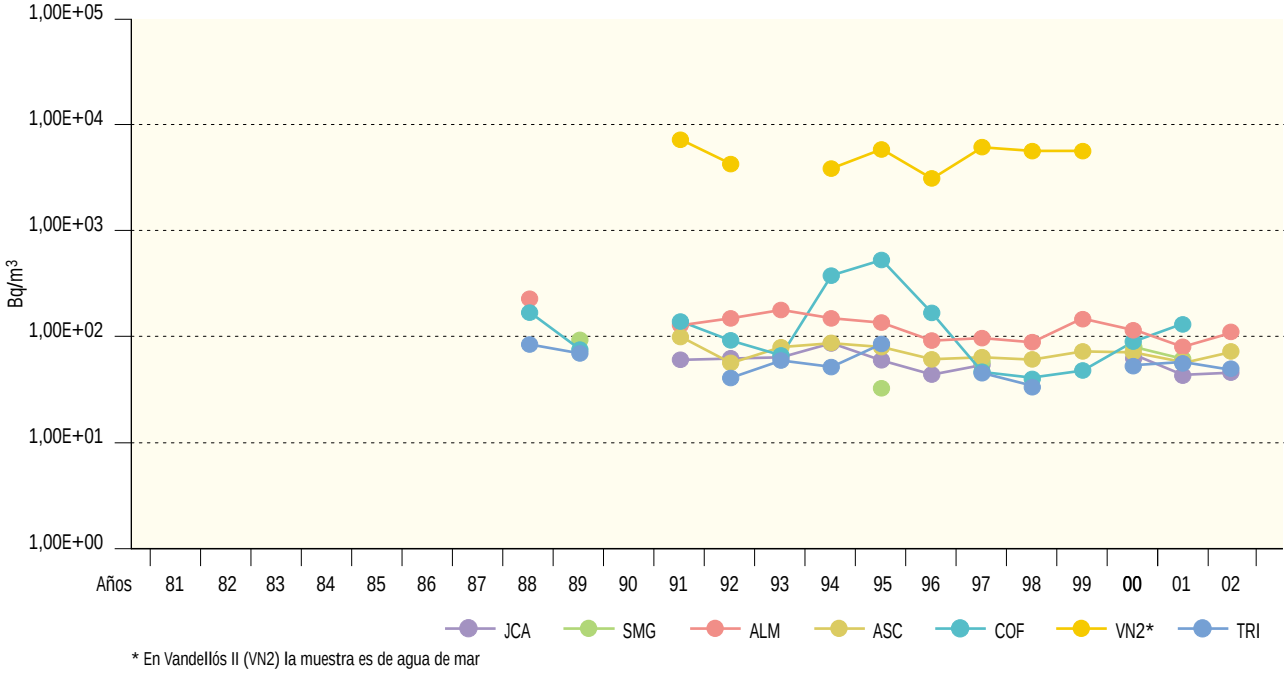
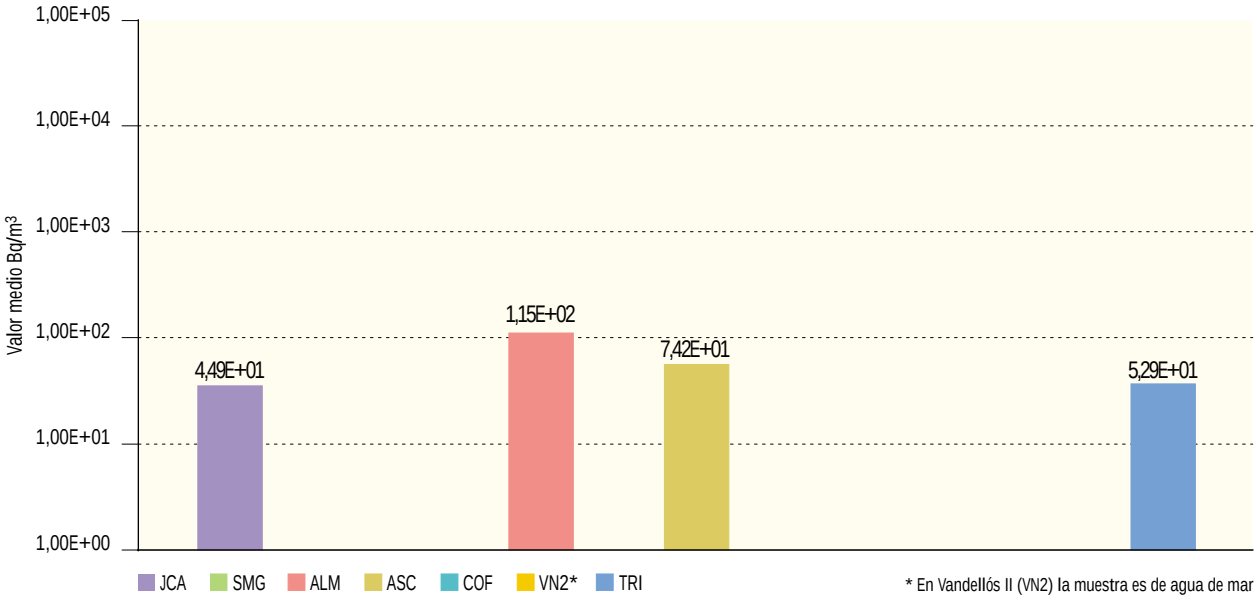


Figura 2.19b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	5,10E+01		2,17E+02	8,16E+01			6,14E+01
Valor mínimo	3,26E+01		3,61E+01	6,68E+01			4,43E+01
Nº total de análisis	36	16	129	16	72	16	48
Nº de análisis > LID	4	0	71	2	0	0	2
Nº de análisis < LID	32	16	58	14	72	16	46

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

Valores medios en la zona vigilada

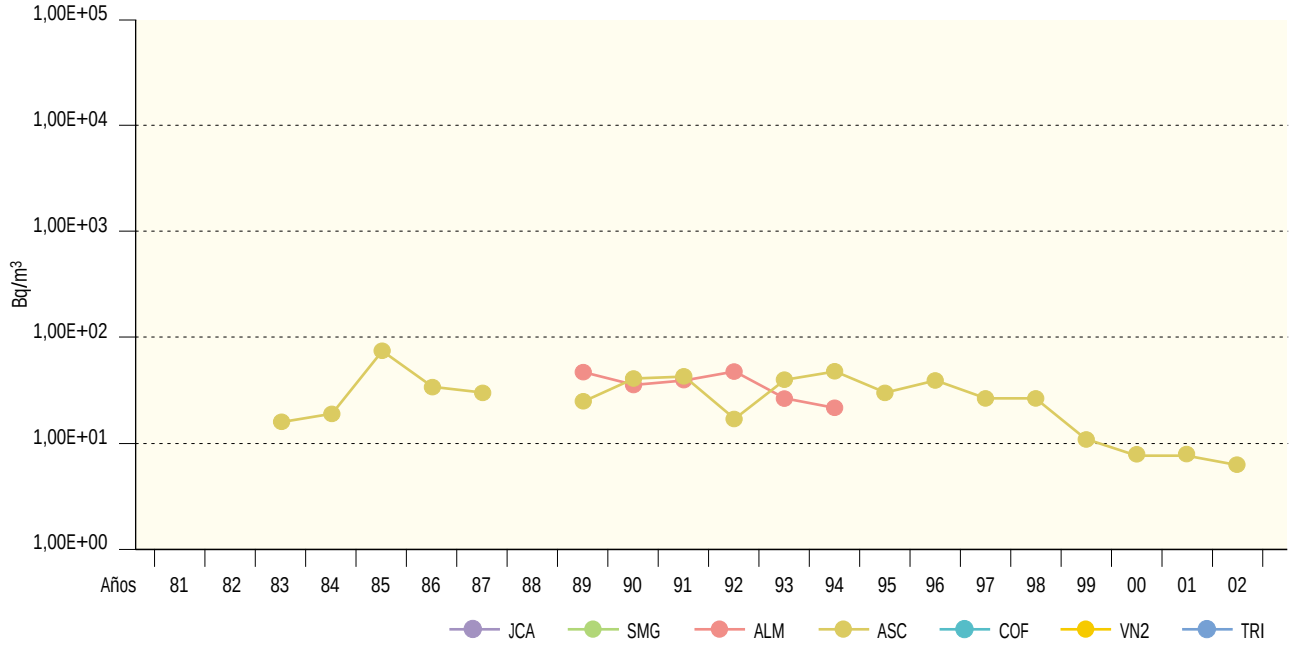
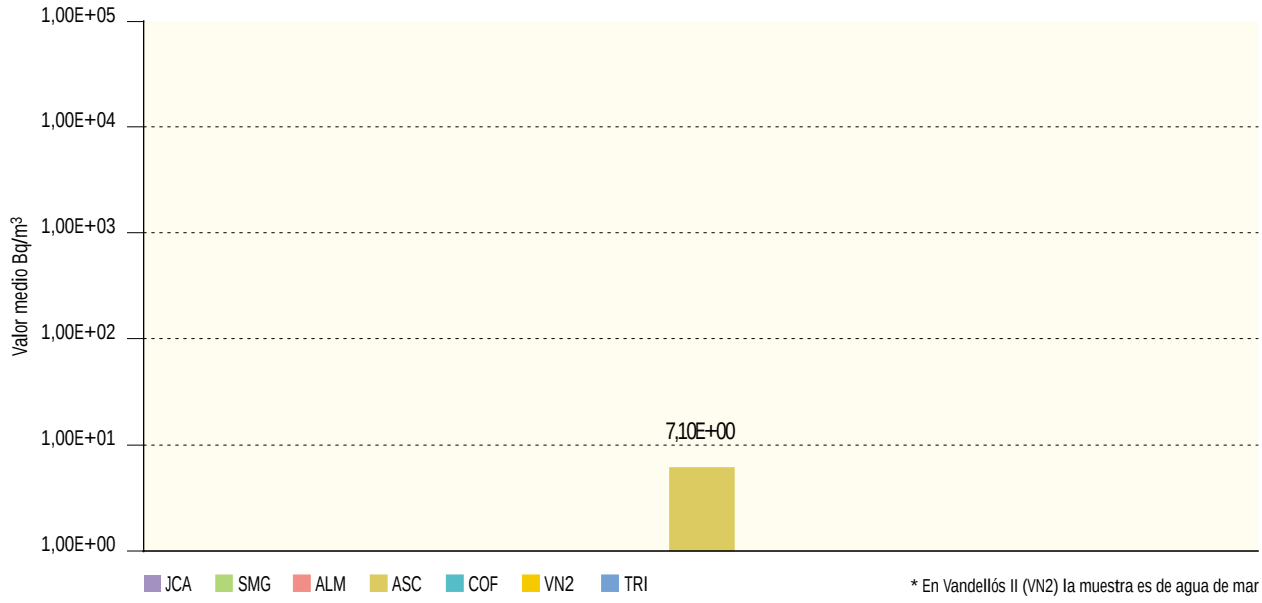


Figura 2.20b. Agua superficial. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

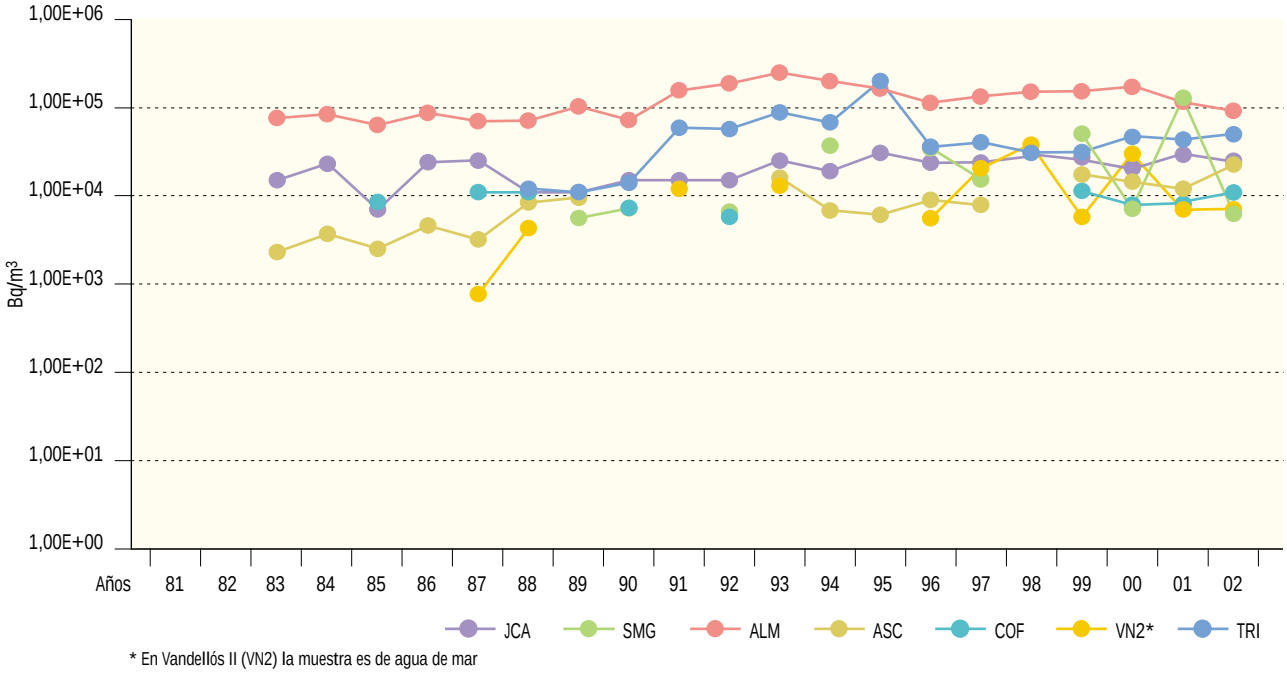
Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo				9,00E+00			
Valor mínimo				5,84E+00			
Nº total de análisis	0	0	0	16	0	0	0
Nº de análisis > LID	0	0	0	7	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	0	0	9	0	0	0

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

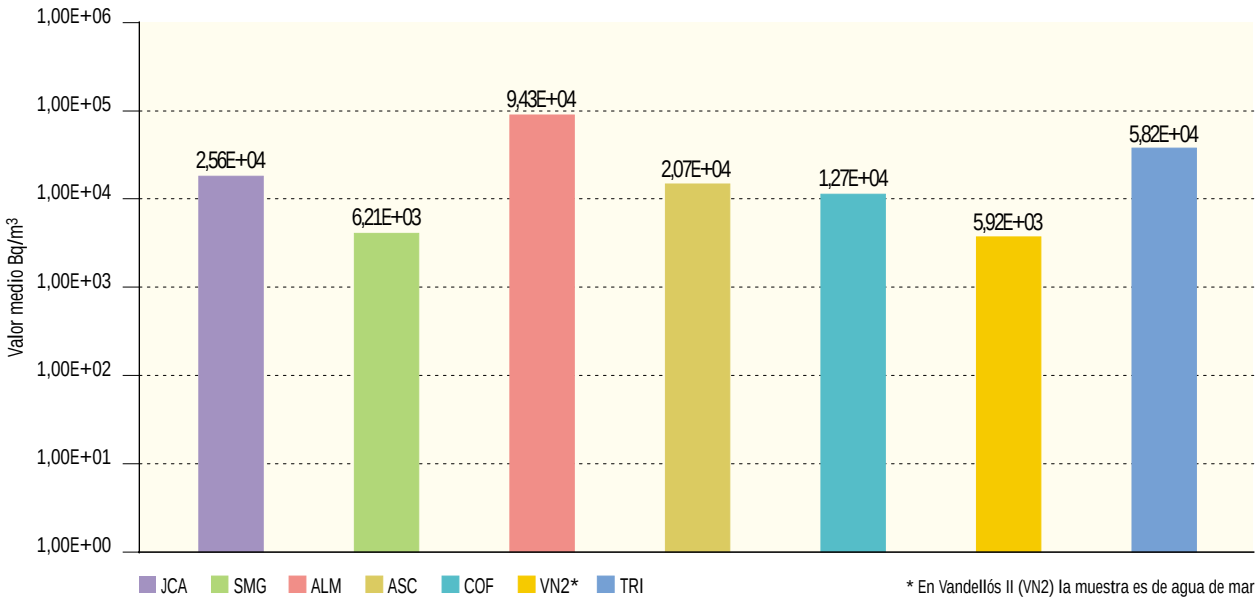
Valores medios en la zona vigilada



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

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

Valores de la campaña de 2002



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	5,29E+04	7,93E+03	2,84E+05	6,93E+04	5,11E+04	6,63E+03	1,26E+05
Valor mínimo	5,95E+03	5,23E+03	5,01E+03	5,71E+03	5,55E+03	5,30E+03	7,45E+03
Nº total de análisis	12	48	57	16	24	16	16
Nº de análisis > LID	11	6	45	8	14	3	13
Nº de análisis < LID	1	42	12	8	10	13	3

Figura 2.22a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

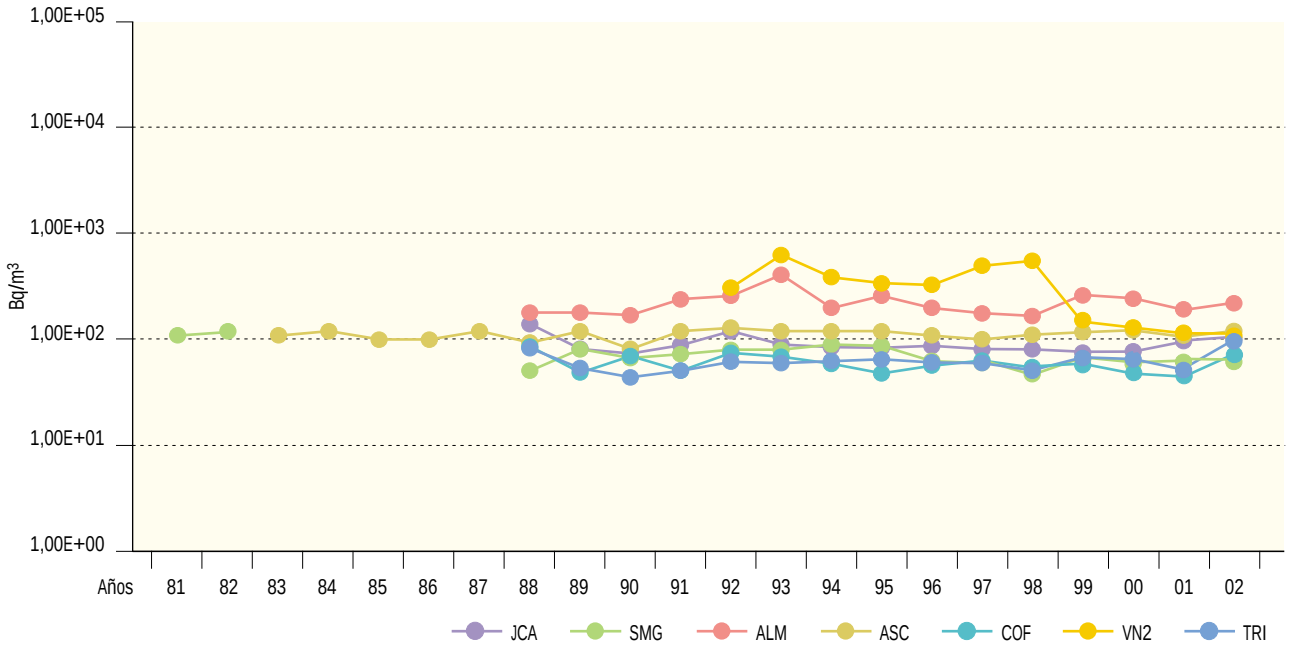
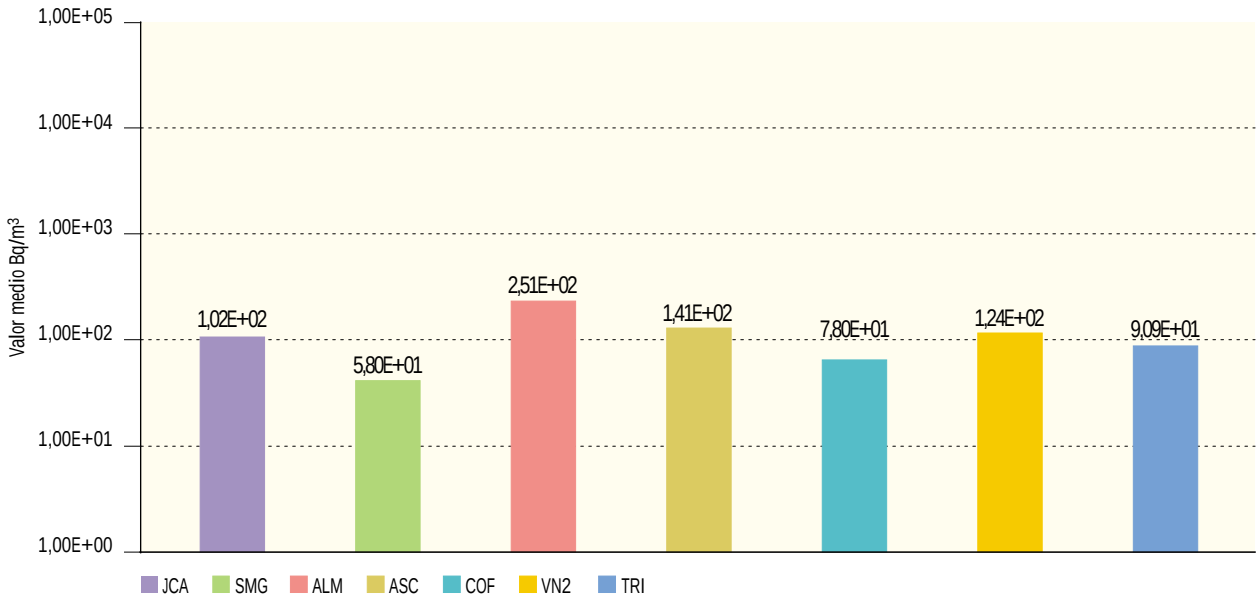


Figura 2.22b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,41E+02	1,05E+02	3,91E+02	2,26E+02	8,53E+01	1,74E+02	2,11E+02
Valor mínimo	4,60E+01	4,39E+01	3,74E+01	7,51E+01	7,12E+01	8,92E+01	3,86E+01
Nº total de análisis	20	24	36	48	12	4	28
Nº de análisis > LID	18	11	28	48	4	4	17
Nº de análisis < LID	2	13	8	0	8	0	11

Figura 2.23a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

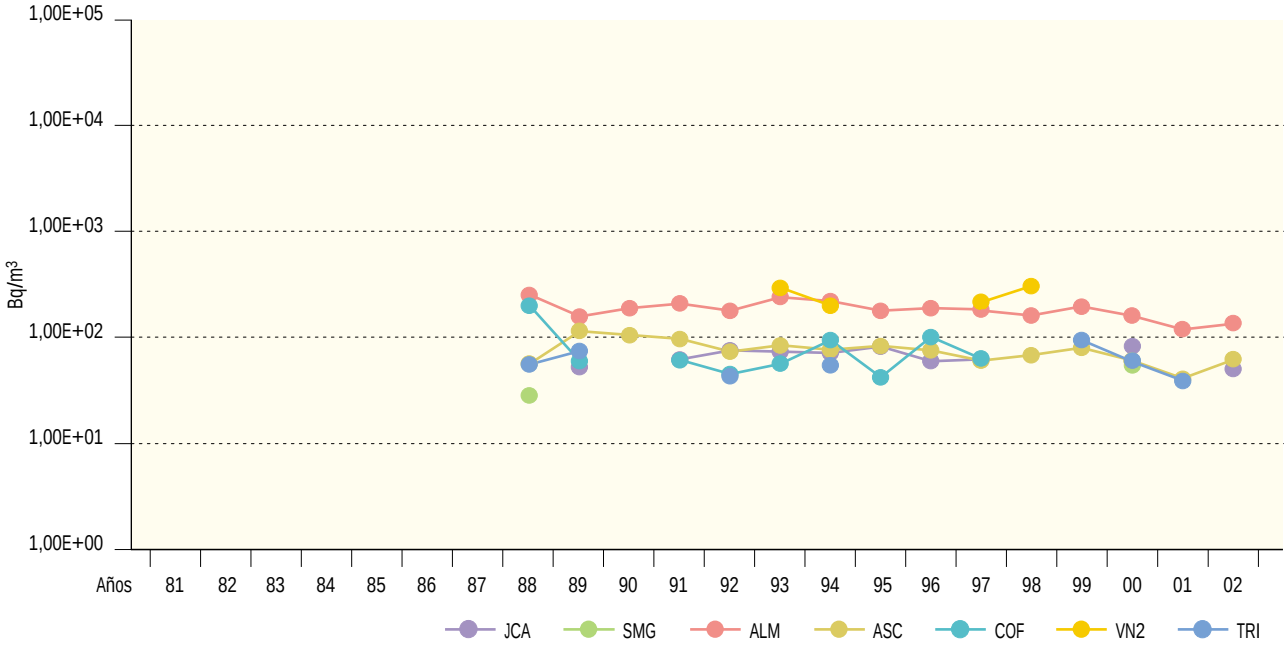
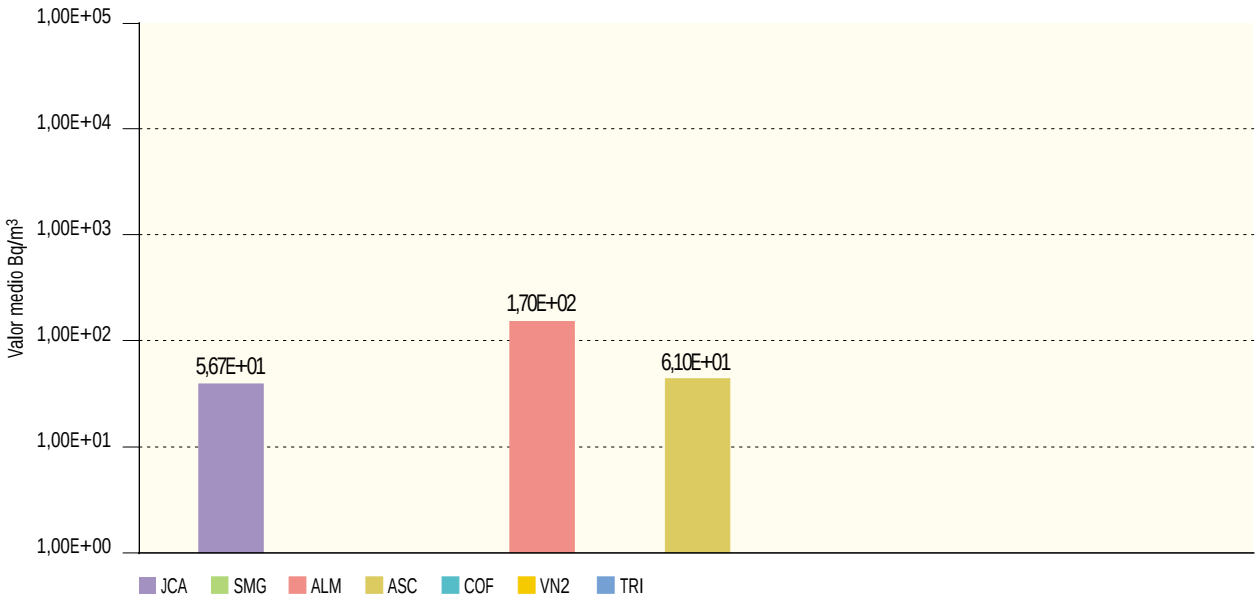


Figura 2.23b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,79E+01		2,77E+02	7,53E+01			
Valor mínimo	2,59E+01		5,98E+01	4,85E+01			
Nº total de análisis	19	24	36	48	12	4	28
Nº de análisis > LID	5	0	16	7	0	0	0
Nº de análisis < LID	14	24	20	41	12	4	28

Figura 2.24a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

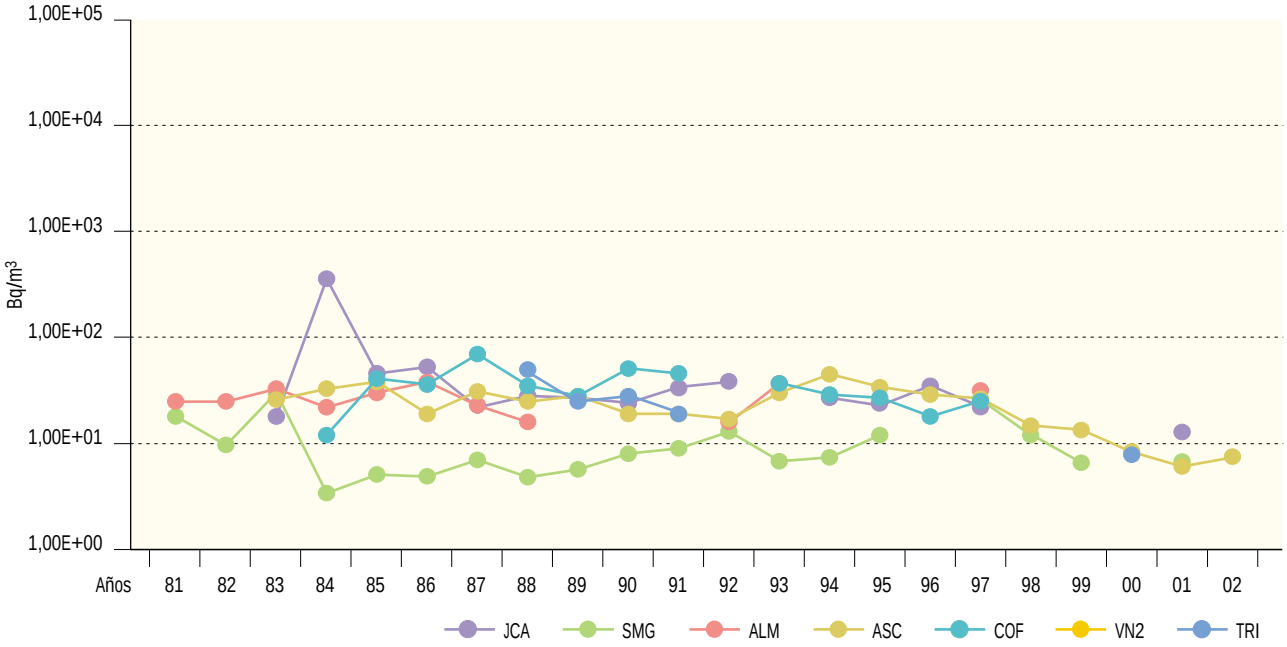
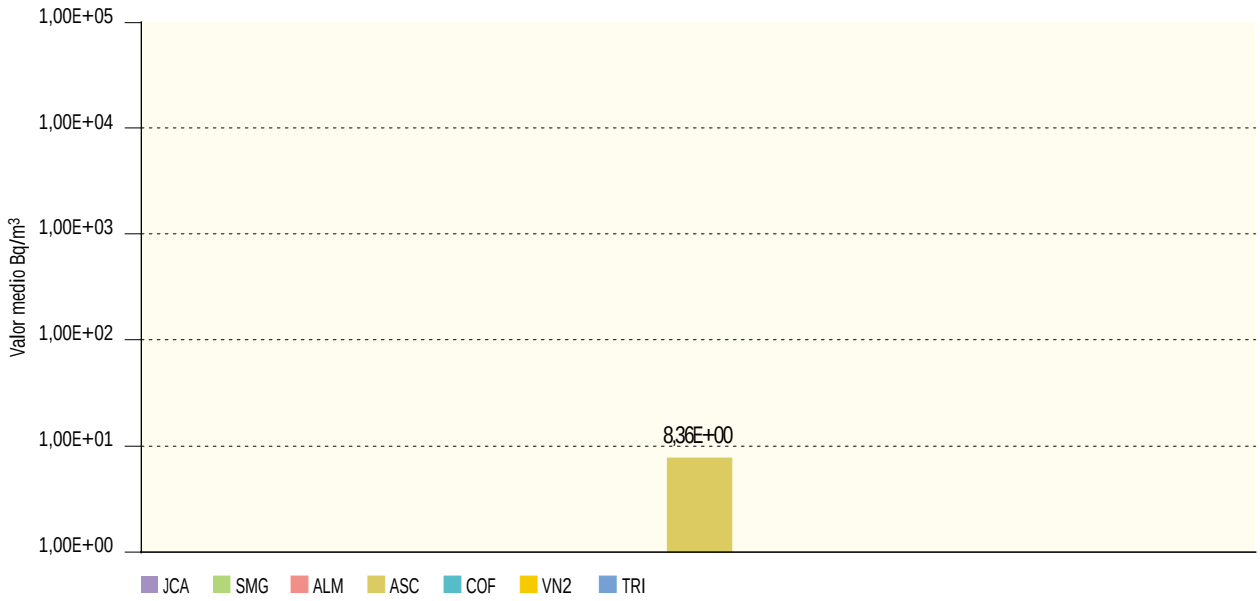


Figura 2.24b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				1,19E+01			
Valor mínimo				6,05E+00			
Nº total de análisis	20	24	12	16	12		28
Nº de análisis > LID	0	0	0	4	0		0
Nº de análisis < LID	20	24	12	12	12		28

Figura 2.25a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

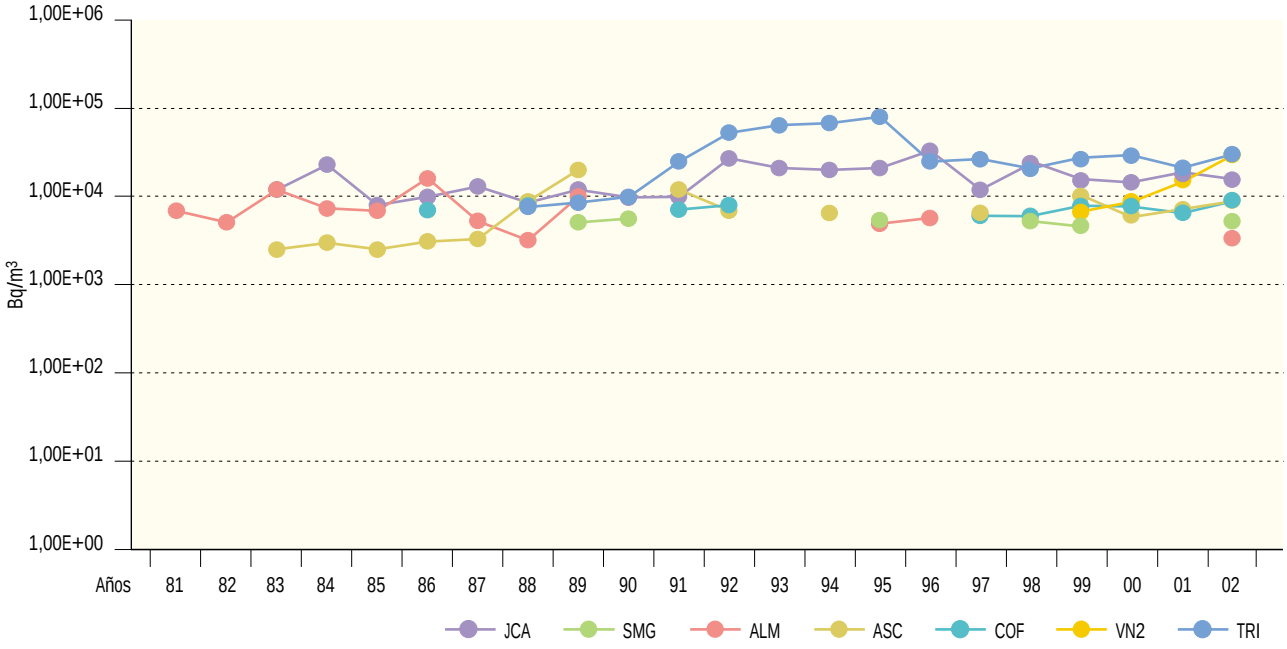
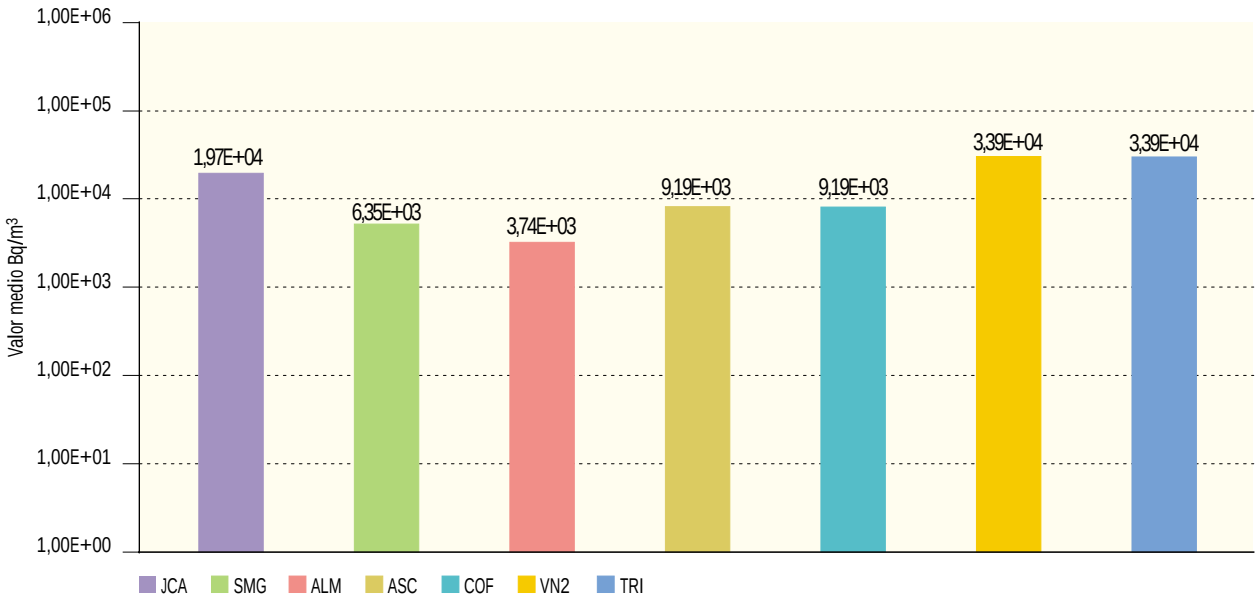


Figura 2.25b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,75E+04	7,25E+03	3,74E+03	1,48E+04	9,19E+03	3,82E+04	5,55E+04
Valor mínimo	5,01E+03	5,67E+03	3,74E+03	5,93E+03	9,19E+03	2,96E+04	6,91E+03
Nº total de análisis	20	24	12	16	12	4	28
Nº de análisis > LID	9	3	1	11	1	2	12
Nº de análisis < LID	11	21	11	5	11	2	16

Sedimentos de fondo

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

Sr-90. Además de la posible aportación por el funcionamiento de la central, el principal origen de la presencia de este isótopo es el poso radiactivo. Los valores obtenidos en la campaña de 2002 son similares a los de campañas anteriores. El incremento experimentado a partir del año 2000 en los valores medios de la central José Cabrera se mantiene en la presente, observándose una cierta tendencia a la disminución en relación con los resultados del año 2001. Los valores más elevados se obtienen sistemáticamente en la central de Almaraz. Esta instalación efectúa sus vertidos líquidos al embalse de Arrocampo construido para la refrigeración de la central, y los resultados de los análisis realizados en las muestras recogidas en el mismo se han considerado también para obtener los valores medios.

Espectrometría gamma. Los radionucleidos de origen artificial que se detectan son principalmente productos de fisión como cesio-137 (uno de sus posibles orígenes sería el poso radiactivo, por lo tanto se detecta tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de la instalación) y cesio-134 y productos de activación como el cobalto-60 y manganeso-54.

En la campaña de 2002 se han obtenido resultados superiores al LID de cesio-137 y cobalto-60 en los programas de vigilancia de todas las centrales excepto de este último radionucleido en los de José Cabrera y Vandellós II. En general los valores medios de cesio-137 son similares a los de campañas anteriores, salvo los obtenidos en José Cabrera, Ascó y Santa María de Garoña y Almaraz que son los más bajos del PVRA de esas centrales, su detección ha variado entre porcentajes de un cien por cien, en las centrales de José Cabrera y Almaraz, y un veinticinco por ciento en Ascó. En el caso de detectarse valores tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de la instalación los valores de concentración de estas últimas suelen ser superiores. El cobalto-60 se detecta en un porcentaje menor de muestras y sólo en las recogidas aguas abajo del punto de vertido, los valores medios son similares a los de otras campañas.

Adicionalmente, en esta campaña se ha obtenido cesio-134 en muestras recogidas aguas abajo de la central de Almaraz, siendo el valor medio el más bajo de los obtenidos, hasta la fecha en su PVRA. En este mismo PVRA también se detecta Mn-54, en el cincuenta por ciento de las muestras analizadas, tanto en muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del vertido siendo asimismo el valor medio el más bajo de los obtenidos en el PVRA.

Figura 2.26a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

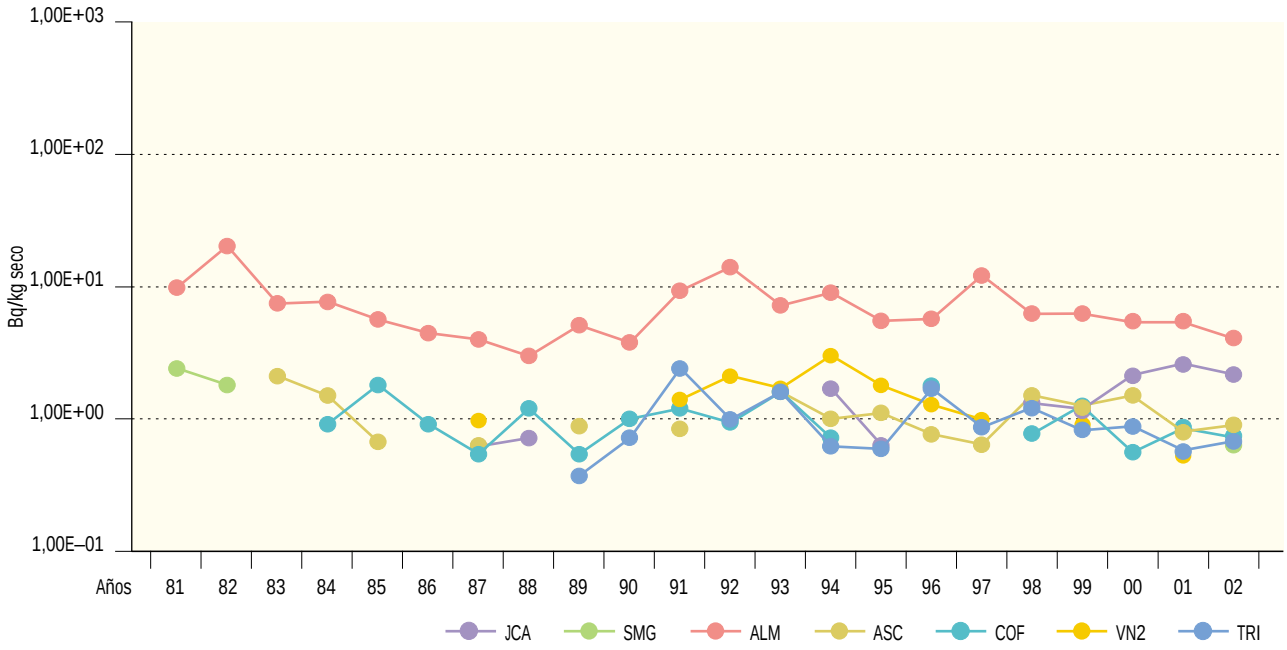
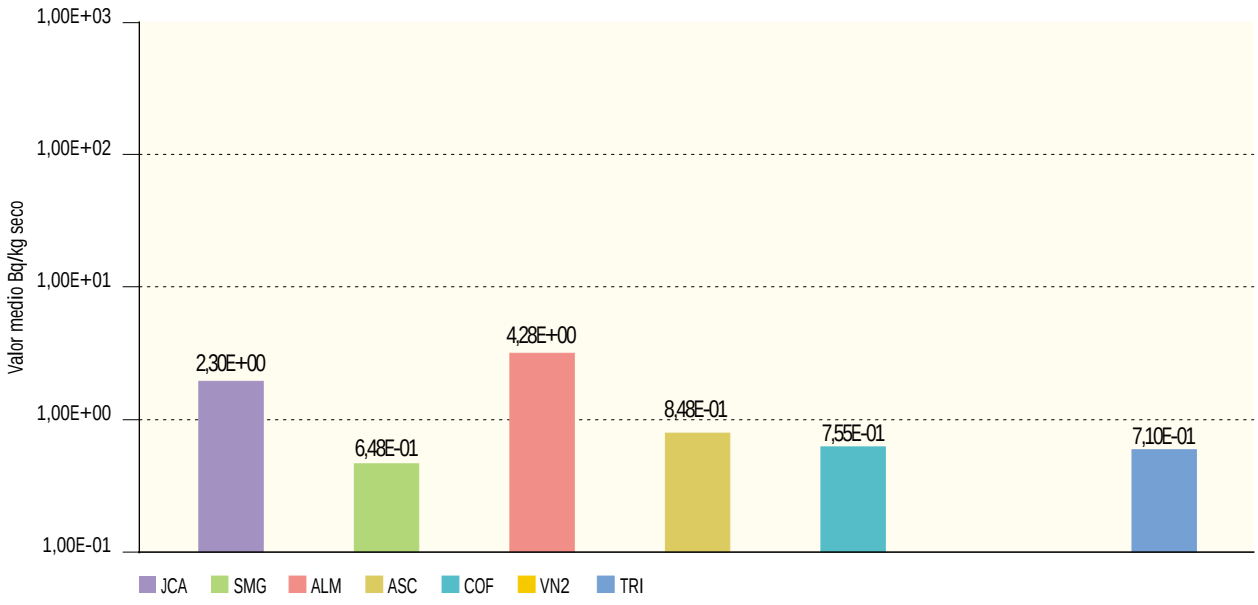


Figura 2.26b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,34E+00	1,42E+00	8,92E+00	1,53E+00	1,22E+00		7,10E-01
Valor mínimo	1,32E+00	3,23E-01	1,54E+00	4,44E-01	3,71E-01		7,10E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	6	5	16	3	9	0	1
Nº de análisis < LID	0	7	0	5	5	6	7

Figura 2.27a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

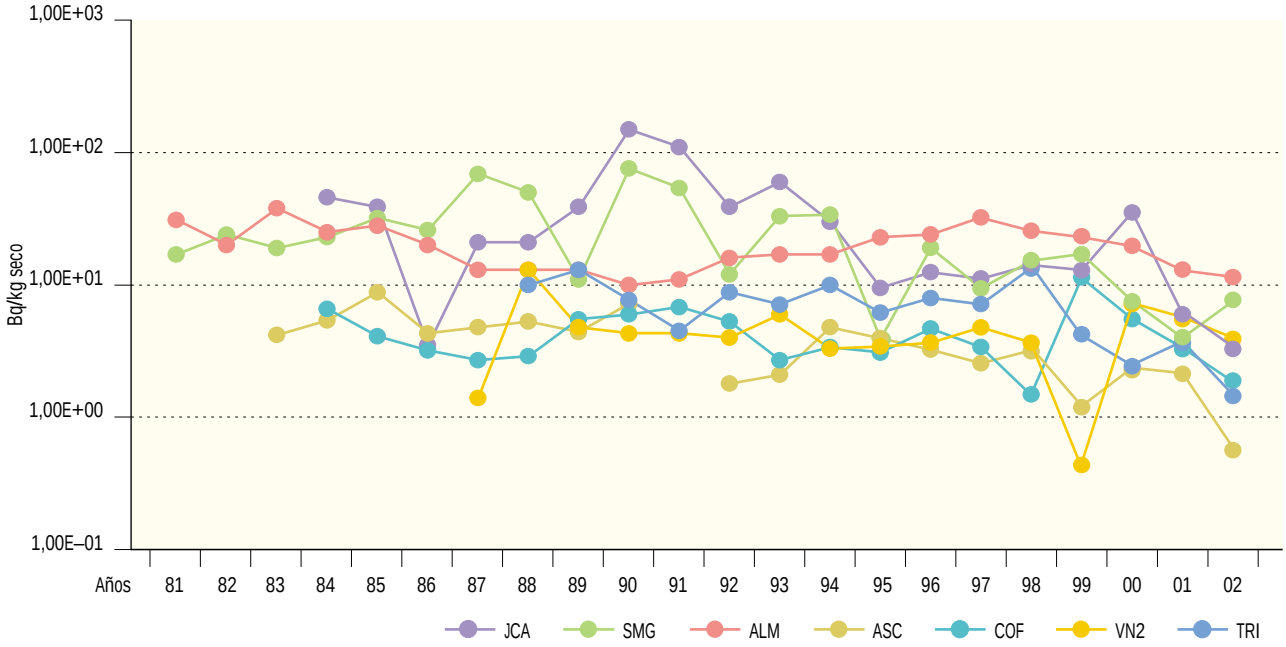
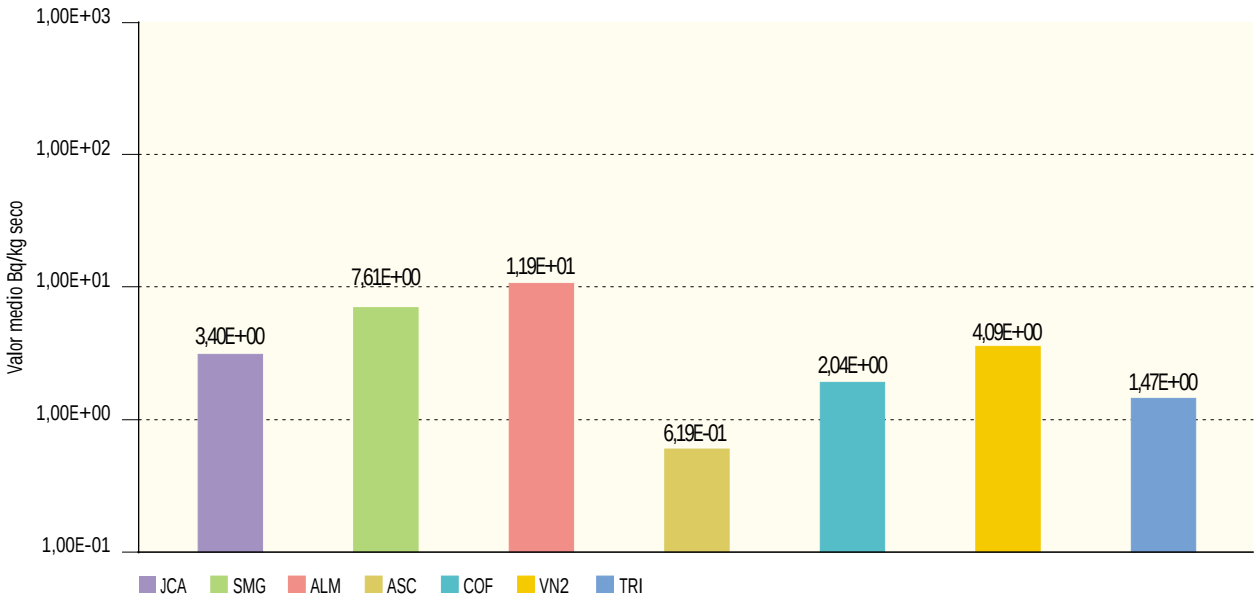


Figura 2.27b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,82E+00	2,43E+01	3,47E+01	7,64E-01	6,32E+00	4,99E+00	3,20E+00
Valor mínimo	1,45E+00	5,20E-01	1,77E+00	4,73E-01	6,33E-01	2,75E+00	2,56E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	6	5	16	2	10	4	4
Nº de análisis < LID	0	7	0	6	4	2	4

Figura 2.28a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

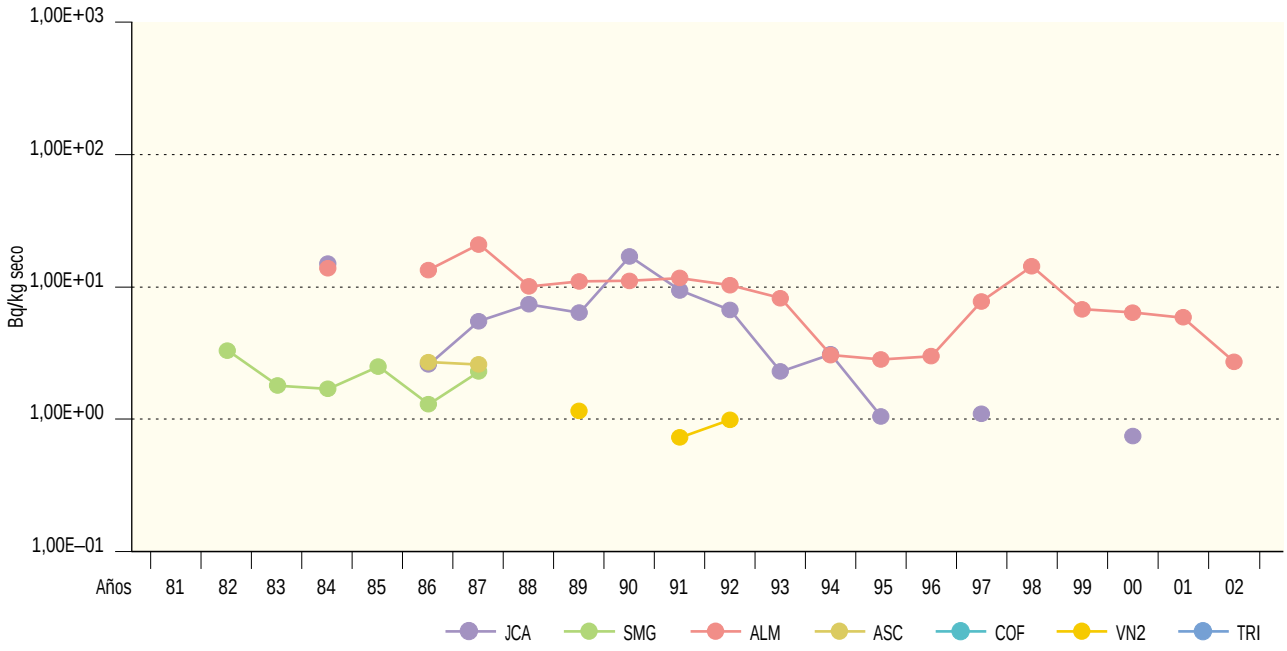
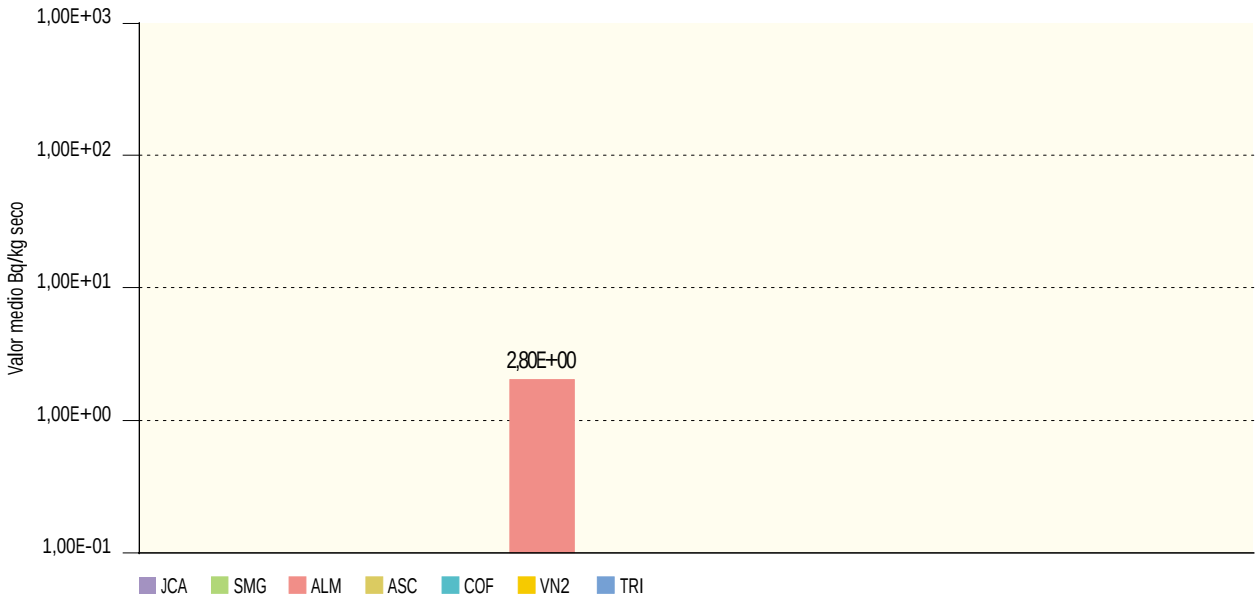


Figura 2.28b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-134 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			4,21E+00				
Valor mínimo			1,03E+00				
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	6	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	10	8	14	6	8

Figura 2.29a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

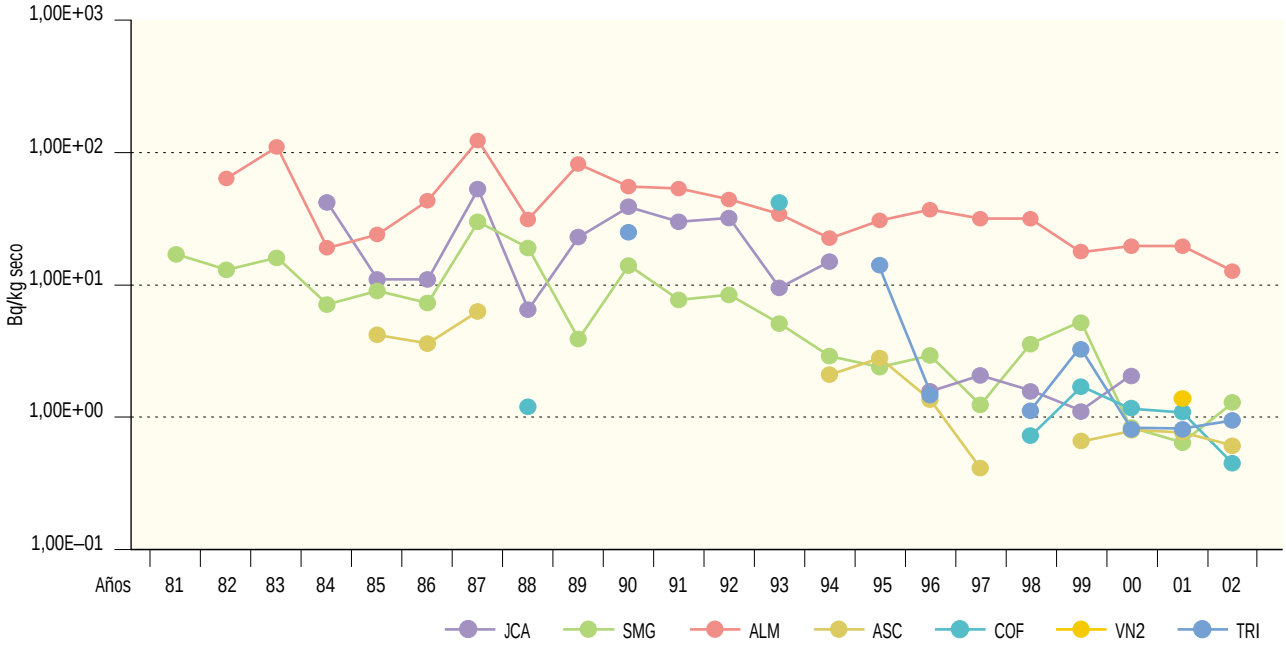
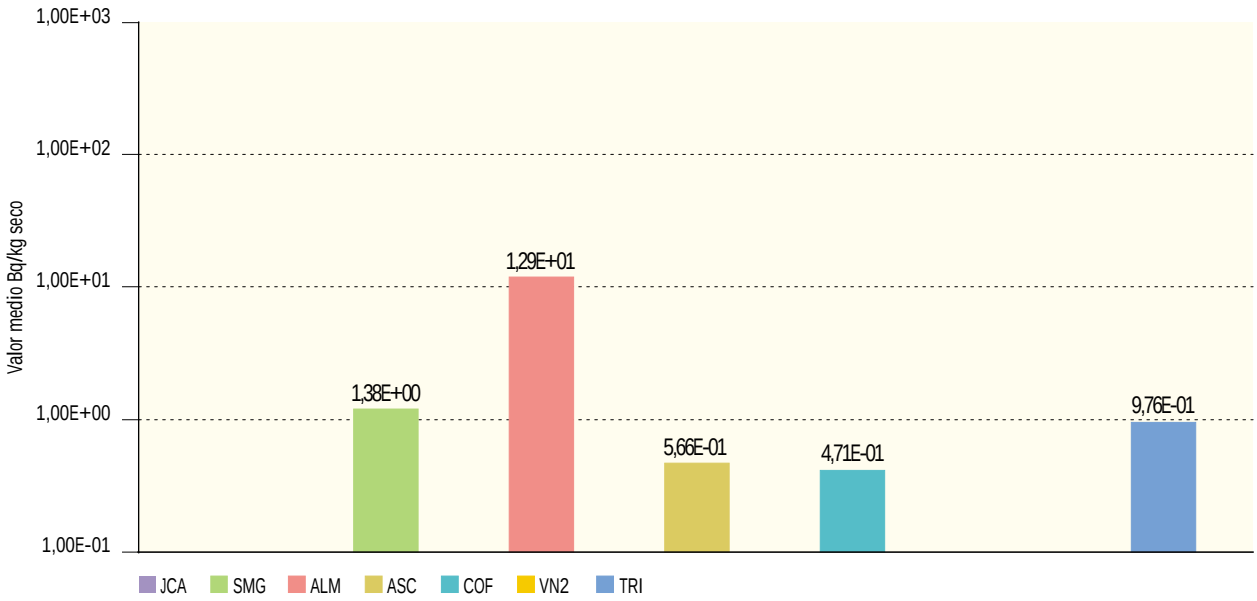


Figura 2.29b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		2,31E+00	3,83E+01	7,16E-01	5,24E-01		2,63E+00
Valor mínimo		4,44E-01	5,87E-01	4,22E-01	4,17E-01		3,43E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0	2	8	5	2	0	4
Nº de análisis < LID	6	10	8	3	10	6	4

Figura 2.30a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

Valores medios en la zona vigilada

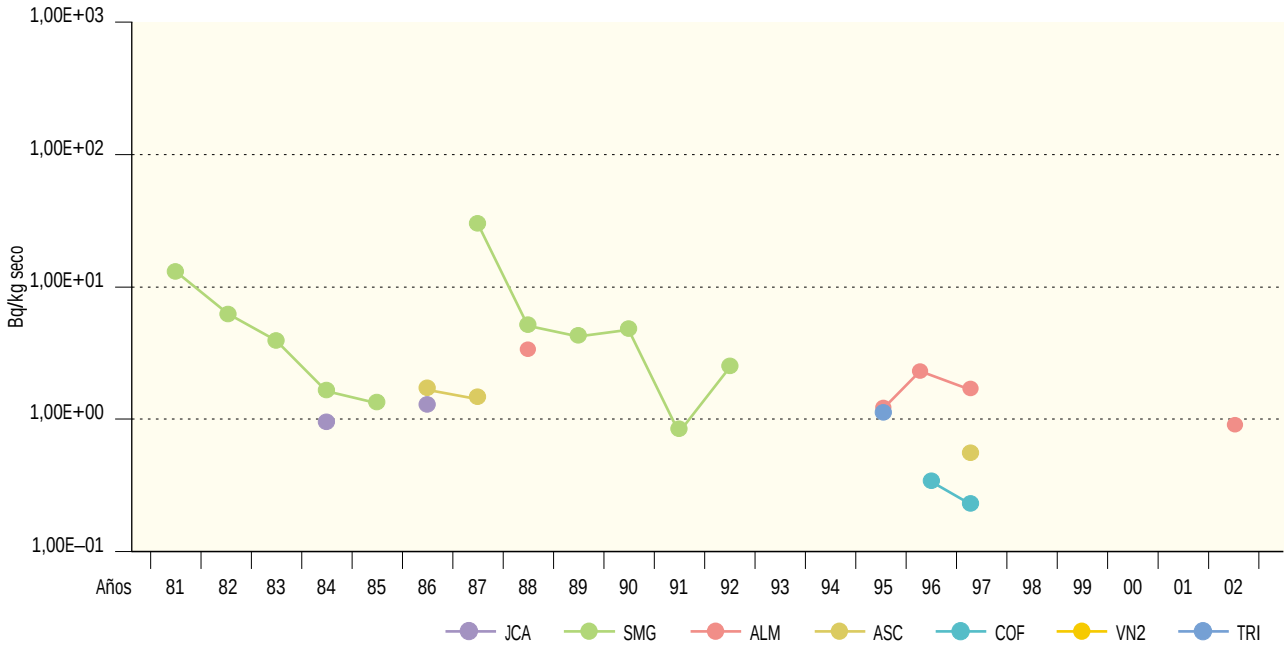
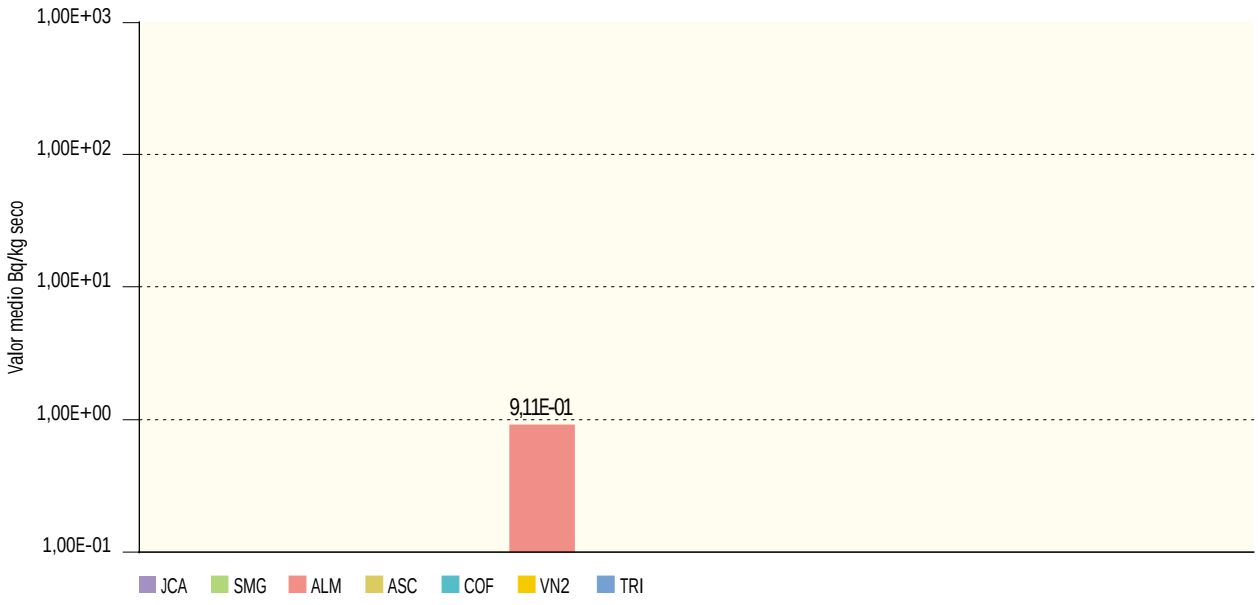


Figura 2.30b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Mn-54 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,09E+00				
Valor mínimo			3,90E-01				
Nº total de análisis	6	12	16	8	14	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	8	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	8	8	14	6	8

Organismos indicadores

Constituyen una vía integradora y acumuladora. En condiciones normales se pueden detectar en ellos, por su capacidad de acumulación, isótopos que estén presentes en las vías integradoras o transitorias en pequeñas concentraciones, incluso trazas, por lo tanto la vigilancia de estos organismos, aunque no sean vías directas de exposición para las personas, permite conocer la evolución de la concentración de actividad de los radionucleidos en el medio ambiente.

Las muestras recogidas para la vigilancia de estos organismos son muy variadas y para poder presentar los resultados de un modo resumido se agrupan en plantas acuáticas, plantas de orilla, plantas terrestres, criptógamas 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 2002, 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 dinámica de las corrientes marinas, hasta el momento no han podido establecerse los puntos testigo. Los resultados de esta central aparecen, en la figura correspondiente, como valores medios obtenidos aguas abajo aunque en este caso sea un valor medio de todos los resultados obtenidos.

Los tipos de muestras recogidos durante 2002 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), *Potamogetom sp.* en la de José Cabrera (aguas arriba), *Myriophyllum sp.* y *Ceratophyllum sp.* en la de Ascó (aguas arriba y aguas abajo) y *Posidonia oceánica* en Vandellós II.

- Plantas de orilla. En este grupo se incluyen plantas que viven en las orillas de los ríos. Las muestras de los distintos programas son las siguientes: *Typha sp.* en las centrales nucleares José Cabrera, Almaraz, Cofrentes y Trillo (aguas arriba y aguas abajo); *Scirpus sp.* en José Cabrera y Almaraz (aguas arriba y aguas abajo); *Phragmites sp.* en José Cabrera (aguas arriba y aguas abajo), y plantas sin identificar en Trillo (aguas arriba y aguas abajo).

- Plantas terrestres. En este grupo se recogieron las siguientes muestras: retama en Almaraz (aguas arriba y aguas abajo) y *Carex sp.* en Trillo (aguas arriba).

- Criptógamas. Por sus características morfológicas y fisiológicas se ha considerado separadamente este grupo en el que se incluyen musgos acuáticos y criptógamas 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 2002 para las diferentes determinaciones realizadas confirman los obtenidos en campañas anteriores, destacando el interés como bioindicadores sobre todo de las muestras de plantas acuáticas, plantas de orilla y criptógamas, ya que a menudo permiten apreciar diferencias cualitativas y a veces también cuantitativas entre las muestras recogidas aguas arriba o aguas abajo de los puntos de vertido de los efluentes.

En el caso de los isótopos estroncio-90 y del cesio-137, que, como ya se ha mencionado en otros apartados, provienen del poso radiactivo además de la aportación por el funcionamiento de la central, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas

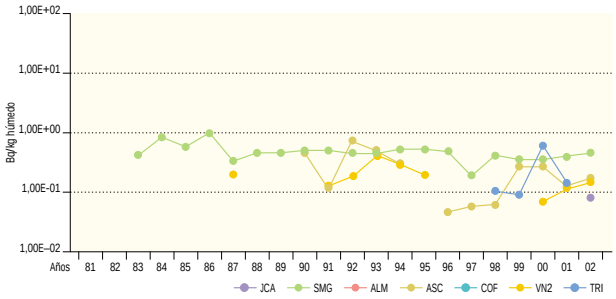
arriba como aguas abajo del punto de vertido, con porcentajes próximos al 100% en todos los tipos de muestras para el estroncio-90, y más bajos y variables para el cesio-137. Los valores obtenidos aguas arriba del vertido suelen ser similares a los de las estaciones de seguimiento. En las muestras de plantas terrestres el estroncio-90 y el cesio-137 son los únicos isótopos detectados en la campaña de 2002; y en fauna terrestre sólo el estroncio-90.

Cuando se detectan productos de activación como el cobalto-58, cobalto-60 y manganeso-54 y otros de fisión como la plata-110 metaestable siempre es en muestras recogidas aguas abajo de la instalación, con una única excepción la de una muestra de musgo acuático recogida en la estación testigo de la central de Santa María de Garoña en la que se ha obtenido un valor de concentración de actividad de cobalto-60.

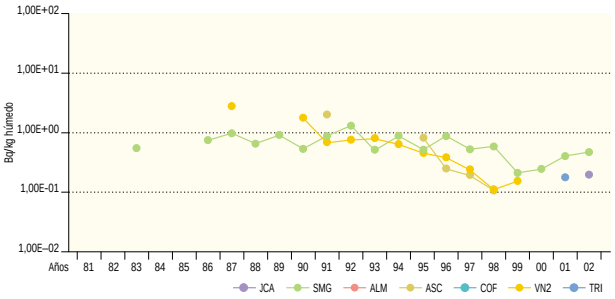
En esta campaña se han obtenido valores superiores al LID para cobalto-60 y manganeso-54 en la central de Santa María de Garoña y Ascó para las muestras de plantas acuáticas, cobalto-58 en estas mismas muestras en las centrales de Ascó y Vandellós y además cobalto-60 en plantas acuáticas, de orilla y criptógamas de las centrales de Vandellós II, Trillo y Santa María de Garoña respectivamente. Adicionalmente se ha detectado plata-110 metaestable en plantas acuáticas en Ascó, que se observó por primera vez en la campaña anterior. En general todos los valores entran dentro del rango de los obtenidos en periodos anteriores.

Figura 2.31a. Plantas acuáticas. Valores medios en la zona vigilada

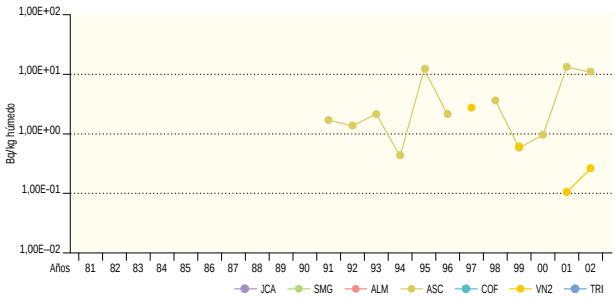
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



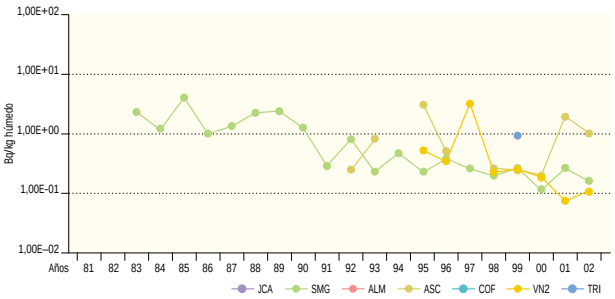
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



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

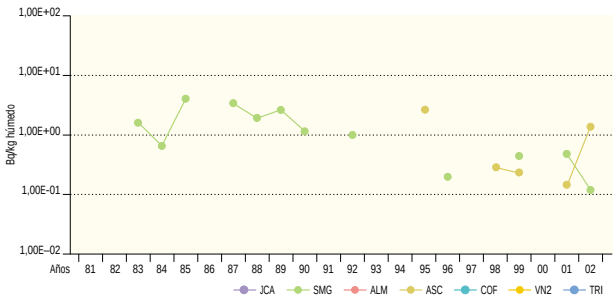
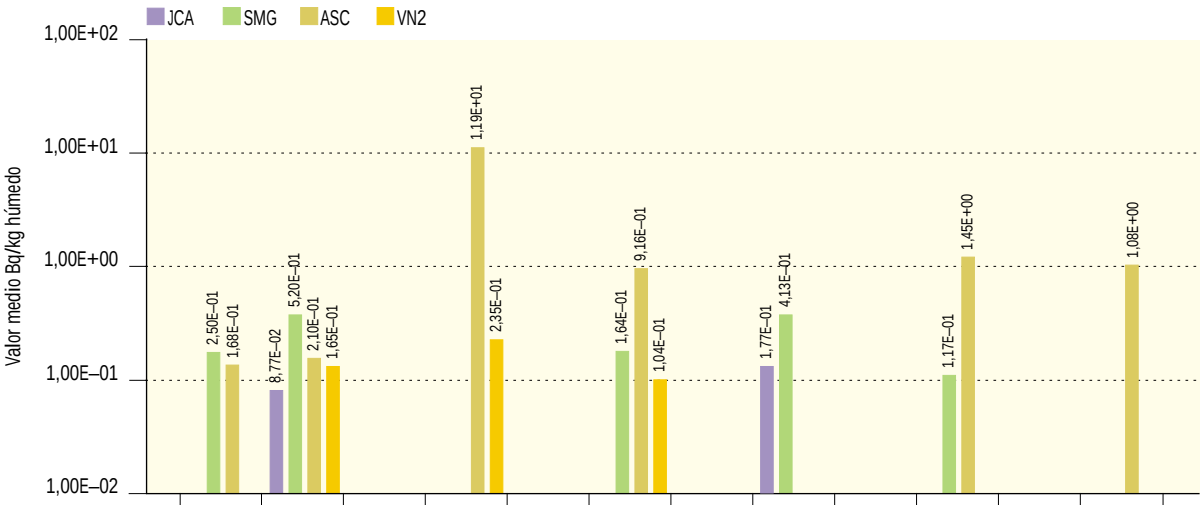


Figura 2.31b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002

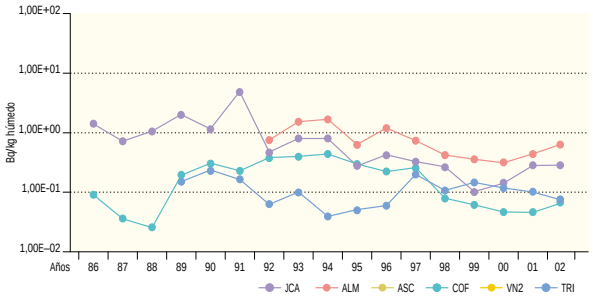


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-58 AR	Co-58 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB	Ag-110m AR	Ag-110m AB
JCA												
Valor máximo		8,77E-02						1,86E-01				
Valor mínimo		8,77E-02						1,68E-01				
SMG												
Valor máximo	2,51E-01	9,23E-01				1,94E-01		8,80E-01		1,46E-01		
Valor mínimo	2,48E-01	2,71E-01				1,43E-01		9,56E-02		8,89E-02		
ASC												
Valor máximo	2,14E-01	2,54E-01		2,02E+01		2,52E+00				1,45E+00		2,56E+00
Valor mínimo	1,22E-01	1,29E-01		3,57E+00		1,82E-01				1,45E+00		1,96E-01
VN2												
Valor máximo		2,28E-01		4,17E-01		1,29E-01						
Valor mínimo		9,23E-02		1,45E-01		7,72E-02						
Nº total análisis	4	18	2	12	4	18	4	18	4	18		4
Nº análisis>LID	4	17	0	7	0	12	0	8	0	3		0
Nº análisis<LID	0	1	2	5	4	6	4	10	4	15		4

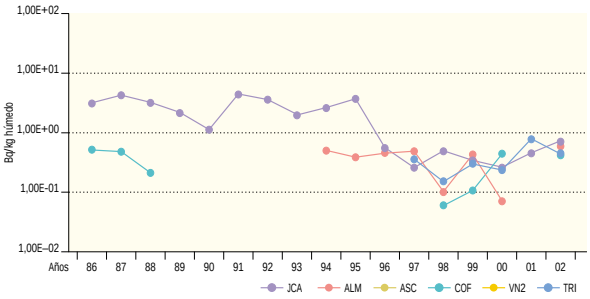
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.32a. Plantas de orilla. Valores medios en la zona vigilada

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

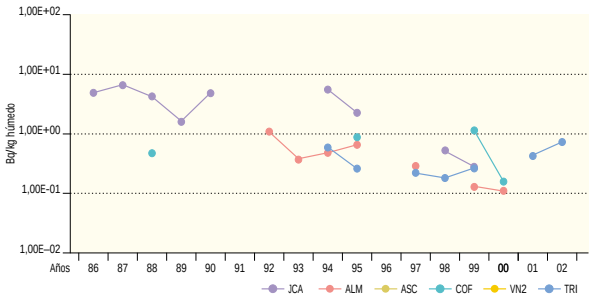
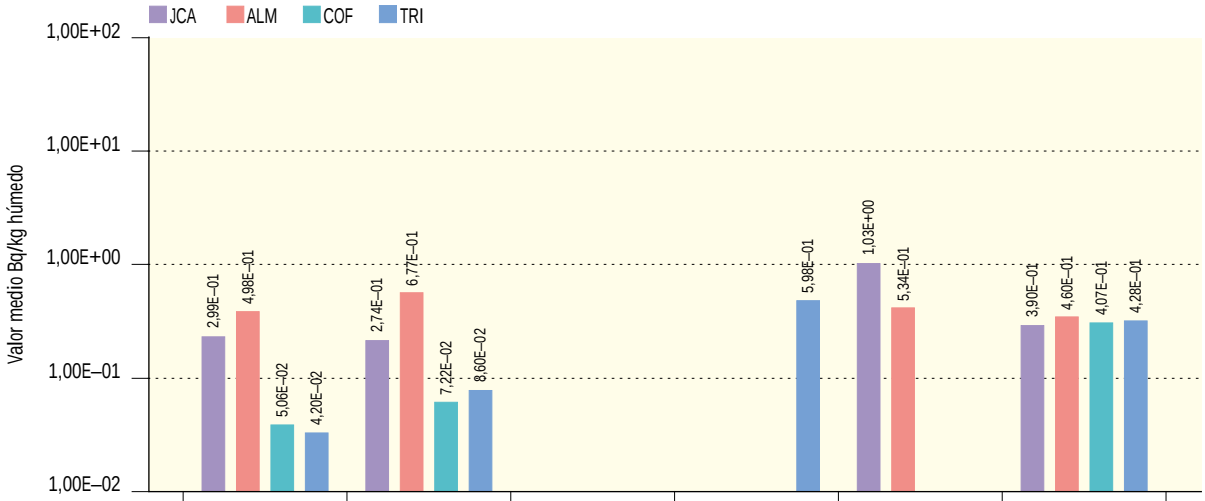


Figura 2.32b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002

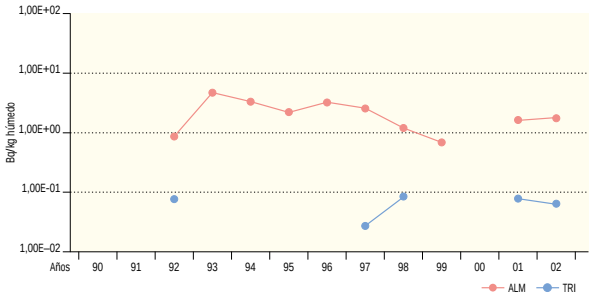


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
JCA						
Valor máximo	3,38E-01	4,99E-01			1,69E+00	7,01E-01
Valor mínimo	2,30E-01	1,90E-01			2,59E-01	5,13E-02
ALM						
Valor máximo	6,35E-01	1,10E+00			1,63E+00	7,35E-01
Valor mínimo	3,20E-01	1,51E-01			6,83E-02	2,31E-01
COF						
Valor máximo	5,93E-02	1,24E-01				6,65E-01
Valor mínimo	4,19E-02	3,09E-02				2,77E-01
TRI						
Valor máximo	5,30E-02	2,08E-01		1,20E+00		6,75E-01
Valor mínimo	2,43E-02	3,10E-02		1,72E-01		1,80E-01
Nº total análisis	13	26	13	26	13	26
Nº análisis>LID	13	25	0	6	7	15
Nº análisis<LID	0	1	13	20	6	11

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.33a. 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

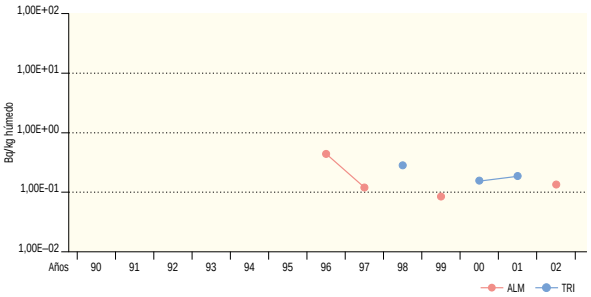
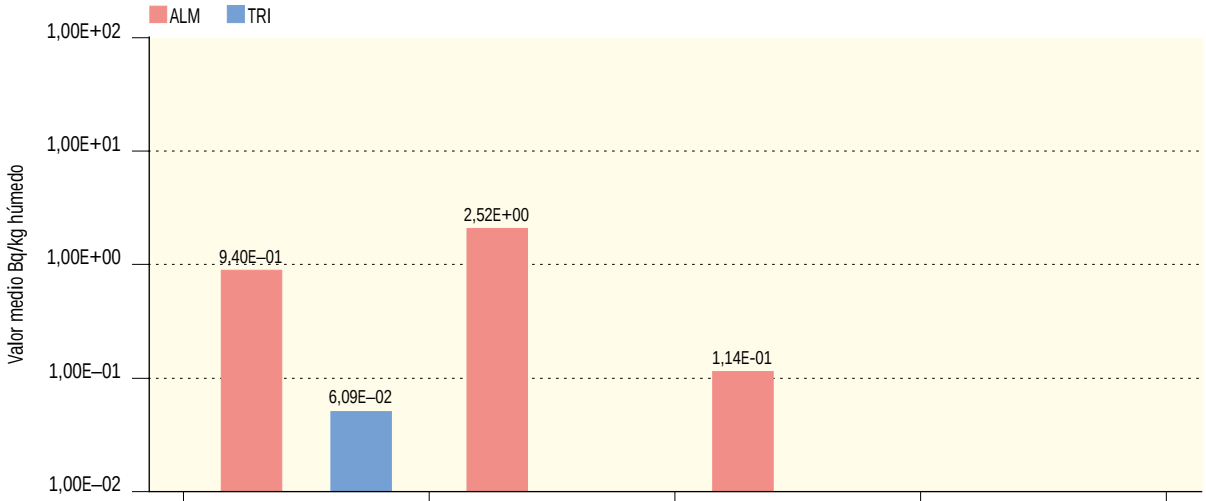


Figura 2.33b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002

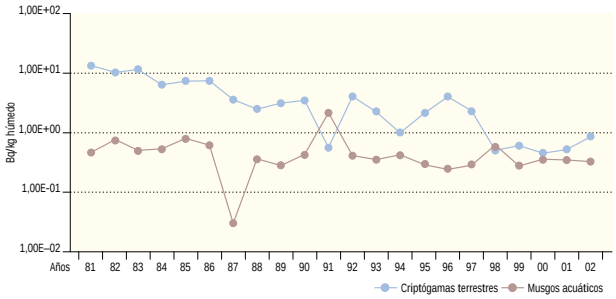


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
ALM				
Valor máximo	1,05E+00	2,52E+00	1,14E-01	
Valor mínimo	8,31E-01	2,52E+00	1,14E-01	
TRI				
Valor máximo	6,09E-02			
Valor mínimo	6,09E-02			
Nº total análisis	3	1	3	1
Nº análisis>LID	3	1	1	0
Nº análisis<LID	0	0	2	1

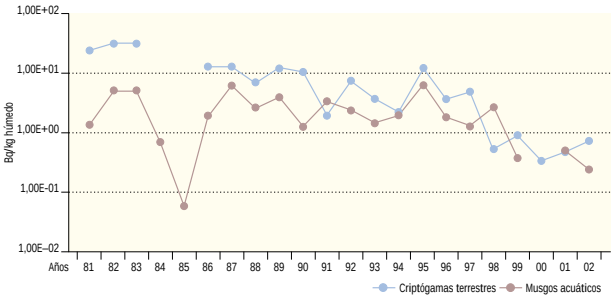
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.34a. Criptógamas. 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

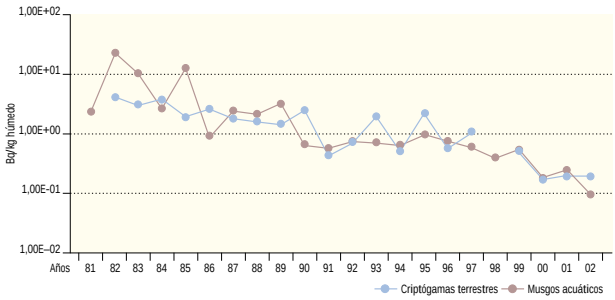
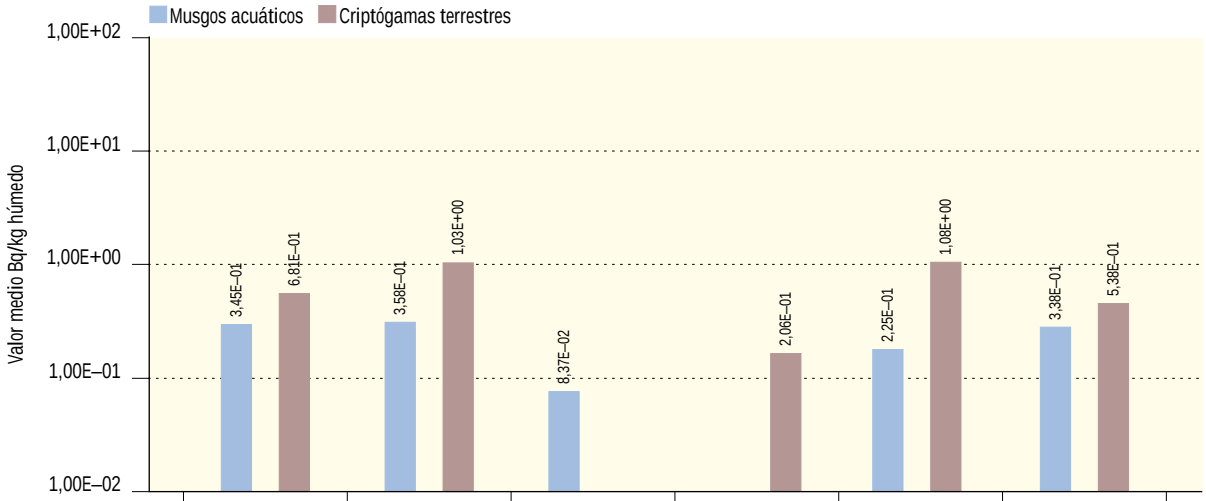


Figura 2.34b. Criptógamas. Central nuclear Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002

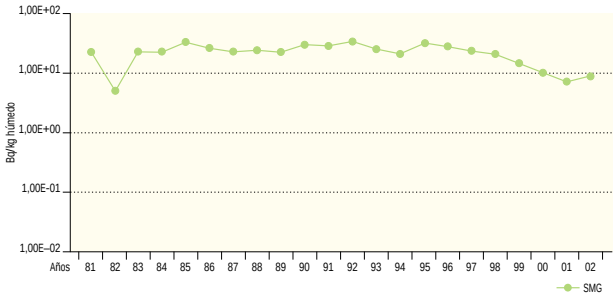


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
Criptóg. terrestres						
Valor máximo	7,96E-01	2,12E+00		2,06E-01	1,09E+00	1,10E+00
Valor mínimo	5,66E-01	3,88E-01		2,06E-01	1,06E+00	9,90E-02
Musgos acuáticos						
Valor máximo	4,78E-01	4,28E-01	8,37E-02		2,63E-01	5,12E-01
Valor mínimo	2,12E-01	2,87E-01	8,37E-02		1,86E-01	1,63E-01
Nº total análisis	4	8	4	8	4	8
Nº análisis>LID	4	8	1	1	4	8
Nº análisis<LID	0	0	3	7	0	0

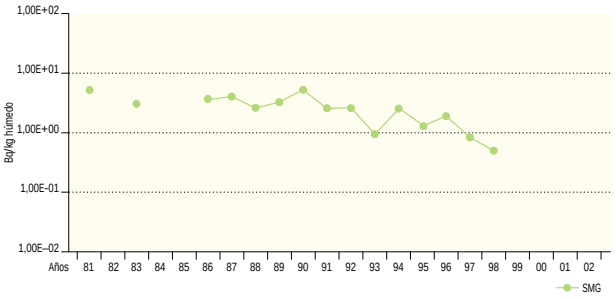
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.35a. Fauna terrestre. Valores medios en la zona vigilada

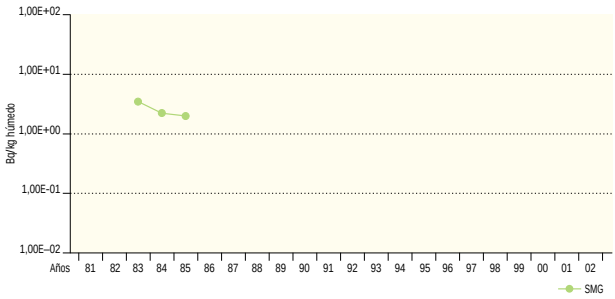
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

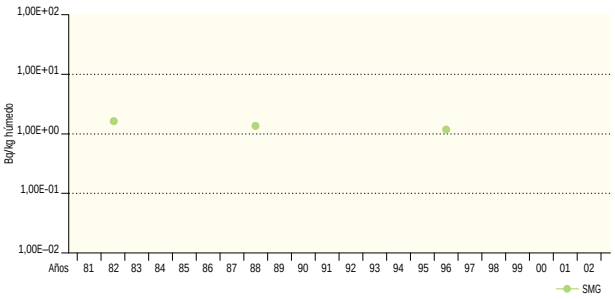
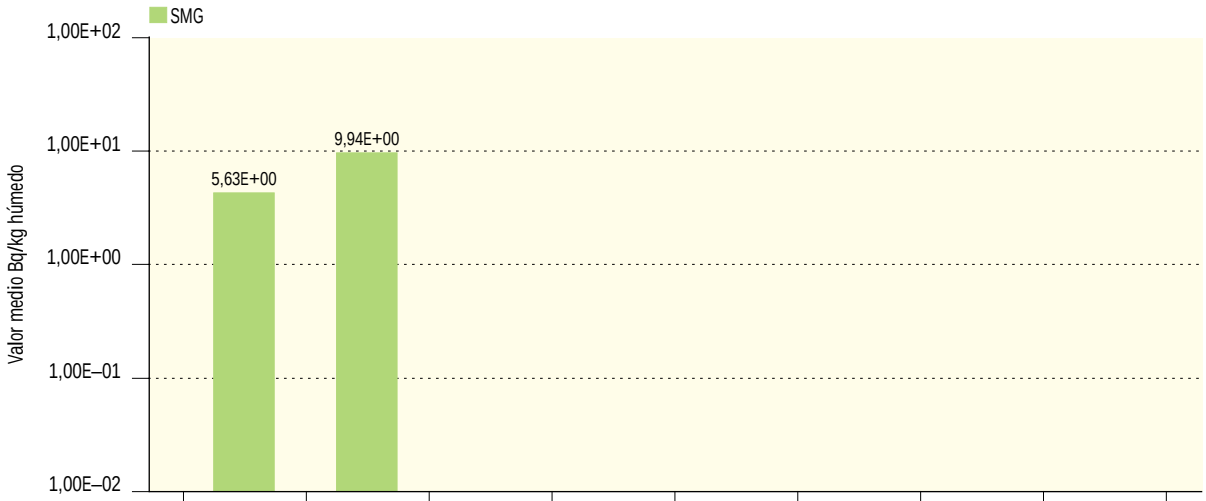


Figura 2.35b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB
SMG								
Valor máximo	9,61E+00	2,17E+01						
Valor mínimo	2,10E+00	2,73E+00						
Nº total análisis	4	12	4	12	4	12	4	12
Nº análisis>LID	4	12	0	0	0	0	0	0
Nº análisis<LID	0	0	4	12	4	12	4	12

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

1.3.5. Alimentos

Las muestras que componen esta vía proporcionan resultados directos para la evaluación de las dosis por ingestión. Los radionucleidos se van a incorporar 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 no han superado los niveles de notificación establecidos por el CSN. Éstos, como ya se ha dicho, representan las concentraciones de actividad que podrían dar lugar a los valores de dosis fijados por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Leche

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

I-131. Este análisis se realiza con una frecuencia quincenal si la leche procede de animales que pastan, y en aquellos periodos en los que son alimentados con forraje la frecuencia disminuye a mensual. Los valores de concentración son, en líneas generales, inferiores al LID. En las fechas posteriores al accidente de Chernóbil, se observó un incremento en los valores de concentración en las muestras recogidas en todas las centrales nucleares (figura 2.36a).

En la campaña de 2002 no se obtuvo ningún resultado por encima del LID, salvo dos valores en dos muestras de leche correspondientes a un punto compartido para los PVRA de las centrales de Ascó y Vandellós II, por lo que en las gráficas 2.36a y 2.36b los datos que se representan para ambos programas son idénticos.

Sr-90. Los valores de concentración de actividad se mantienen muy homogéneos a lo largo de los distintos periodos en cada una de las instalaciones.

Los valores obtenidos en la campaña de 2002 son similares a los de las campañas anteriores. Los resultados más elevados se obtienen sistemáticamente en la central de Almaraz en consonancia con lo observado en las muestras de suelo.

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

En el año 2002 se han detectado valores por encima del LID en alguna muestra de los programas de José Cabrera, Almaraz y Trillo, siendo los valores medios muy similares a los de las últimas campañas, sólo el único valor observado entre un total de setenta y una muestras analizadas del PVRA de la central José Cabrera es superior a los valores medios obtenidos hasta la fecha en este programa, si bien se ve dentro del rango de los valores medios obtenidos en el conjunto de los programas como se puede observar en la figura 2.38a.

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.

Los valores medios obtenidos en 2002 están contenidos dentro del rango de valores de las campañas anteriores (figura 2.39a). Los más elevados se encuentran en las centrales de Almaraz, Trillo y Santa María de Garoña, detectándose valores tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento.

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

En 2002 se obtienen para Cs-137 valores superiores al LID en las centrales de José Cabrera y Almaraz y éstos

son similares o inferiores a otros valores esporádicos detectados en años anteriores.

I-131. Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica. En 2002 no se ha obtenido ningún valor por encima del LID, situación que se repite desde la campaña de 1997.

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 también cierta variabilidad a lo largo del tiempo y en las distintas zonas vigiladas no obstante algo menor que para el otro grupo de vegetales considerado.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2002 disminuyen ligeramente en Trillo y se mantienen similares a los obtenidos en las últimas campañas en el resto.

Espectrometría gamma. De la misma manera que en el otro grupo de vegetales, los valores obtenidos para los isótopos de origen artificial son habitualmente inferiores a los LID, excepto para el cesio-137 para el que un pequeño porcentaje de todos los análisis realizados en ocasiones presenta valores superiores al LID.

En la campaña de 2002 sólo se han obtenido cuatro resultados superiores al LID, de los veintiún análisis realizados, en la central de José Cabrera y aunque el valor medio es ligeramente superior al de las dos últimas campañas en esta misma central, es inferior al detectado en el año 1993 y mucho más bajo que el nivel de notificación fijado por el CSN.

Carnes y huevos

Dentro de este tipo de muestra se recogen carnes de vaca, cordero, cerdo, jabalí, conejo, liebre, aves y huevos, dependiendo de las explotaciones existentes en cada zona vigilada. En cada una de las muestras se realiza una medida de espectrometría gamma. En las muestras de los distintos tipos de carne y aves, los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID excepto en el caso del cesio-137 para el que se obtienen valores superiores al LID en un pequeño porcentaje de las muestras analizadas.

En la campaña de 2002 sólo se han obtenido valores de dicho isótopo en cinco muestras correspondientes a la central de Almaraz, tanto en la estación testigo como en las estaciones de seguimiento y el valor medio obtenido es el más bajo obtenido hasta la fecha.

En las muestras de huevos se ha detectado un único valor próximo al LID de cesio-137, en una muestra de la central de Almaraz. La detección de este radionucleido, en los distintos programas, ha sido muy esporádica, ya que desde el año 1981 sólo se han detectado cuatro valores superiores al LID, dos en el año 1983 en la central Santa María de Garoña, uno en Vandellós II y el cuarto el ya comentado de la presente campaña.

Miel

En los PVRA establecidos en las centrales de Trillo, José Cabrera, Almaraz, Cofrentes y Vandellós II se recogen muestras de miel en las que se realiza una espectrometría gamma. Los valores obtenidos en la medida de espectrometría gamma de los radionucleidos de origen artificial han sido inferiores al LID. A lo largo del desarrollo del PVRA se han obtenido valores superiores al LID en seis ocasiones, como se puede ver en la gráfica 2.46a y siempre con valores muy próximos al LID, de estos seis resultados dos corresponden a la campaña del año 2002, uno a la central de Trillo y otro a la de Vandellós II, como se puede ver en la gráfica 2.46b.

Peces y mariscos

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales; en el caso de la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se recogen también muestras de mariscos. En cada una de ellas se realiza una medida de espectrometría gamma y aunque los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID, esporádicamente se obtienen valores de cesio-137 así como de cesio-134 y cobalto-60 fundamentalmente. En la campaña de 2002 el único isótopo detectado en alguna muestra de peces ha sido el cesio-137, con valores que son generalmente similares a los de los LID, observándose en el caso de la central José Cabrera un claro descenso en los resultados.

Figura 2.36a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

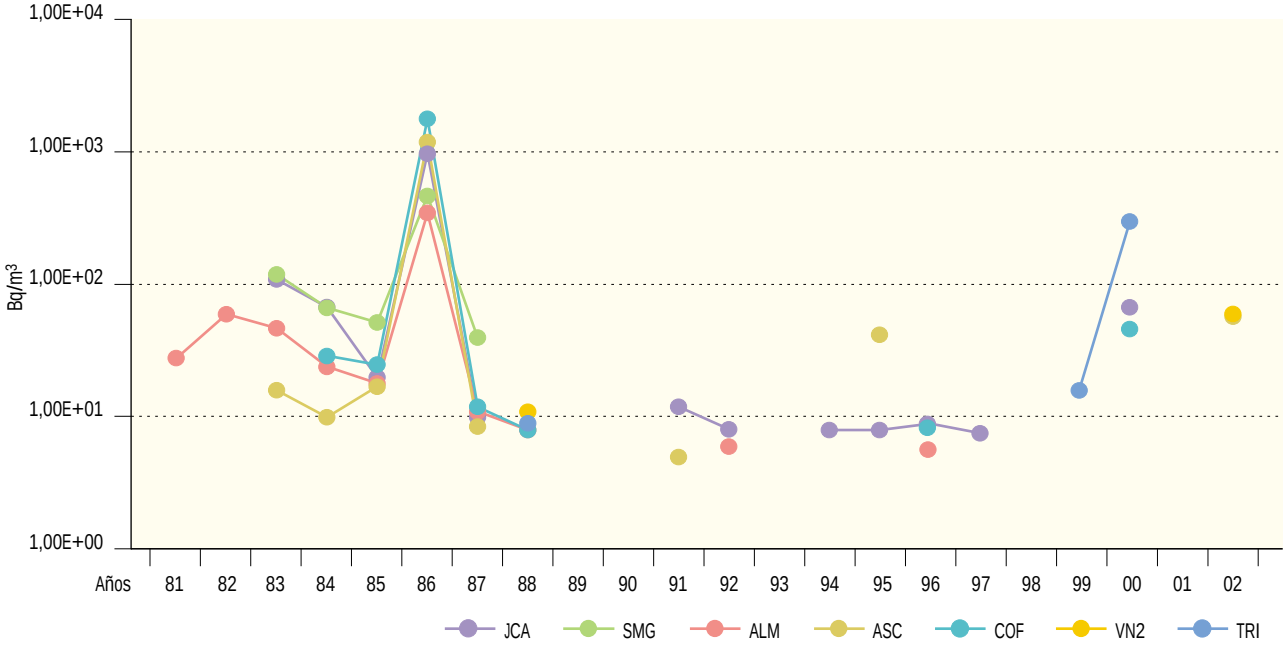
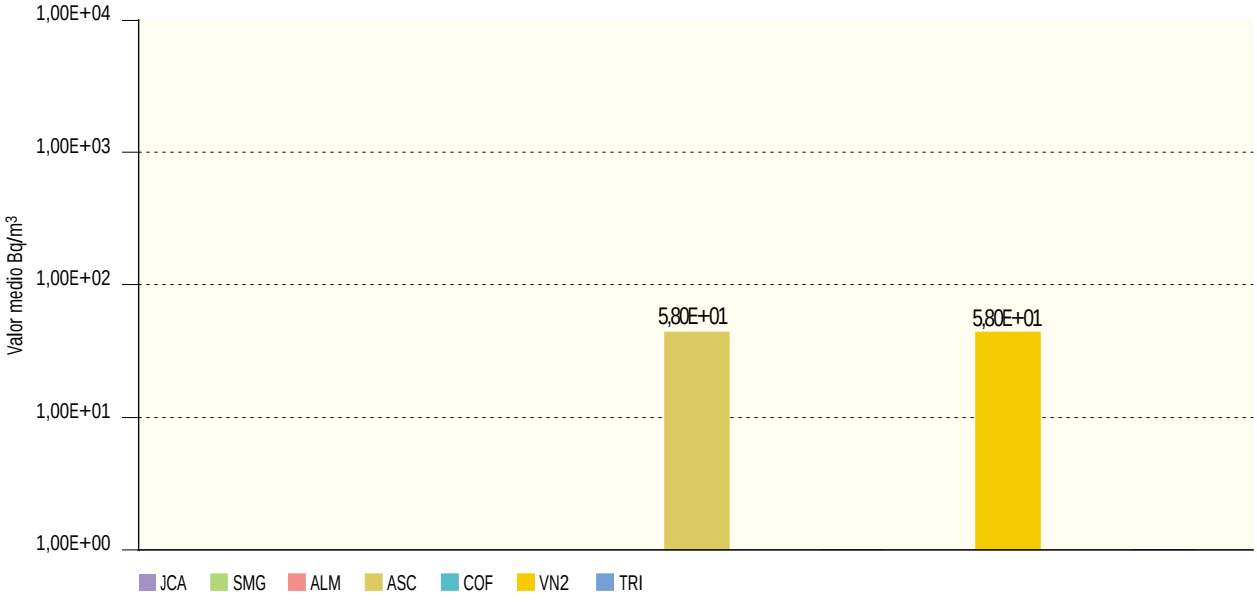


Figura 2.36b. Leche. Concentración de actividad de I-131 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				6,55E+01		6,55E+01	
Valor mínimo				5,05E+01		5,05E+01	
Nº total de análisis	80	96	195	50	95	63	81
Nº de análisis > LID	0	0	0	2	0	2	0
Nº de análisis < LID	80	96	195	48	95	61	81

Figura 2.37a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

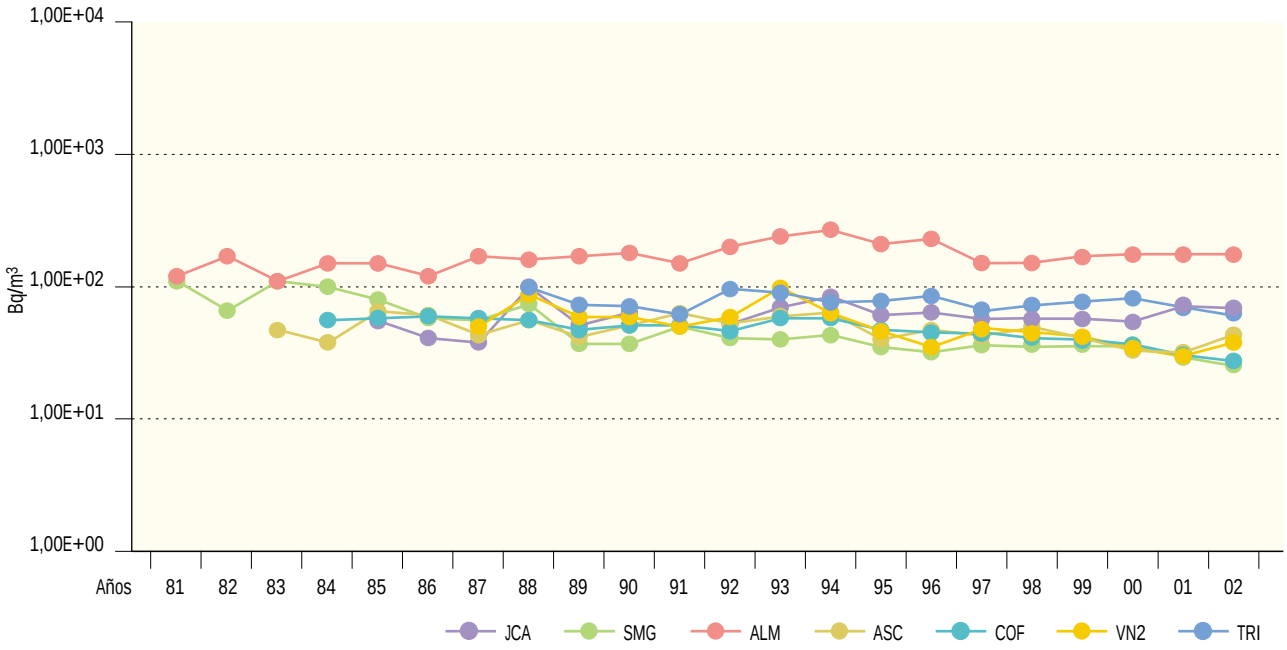
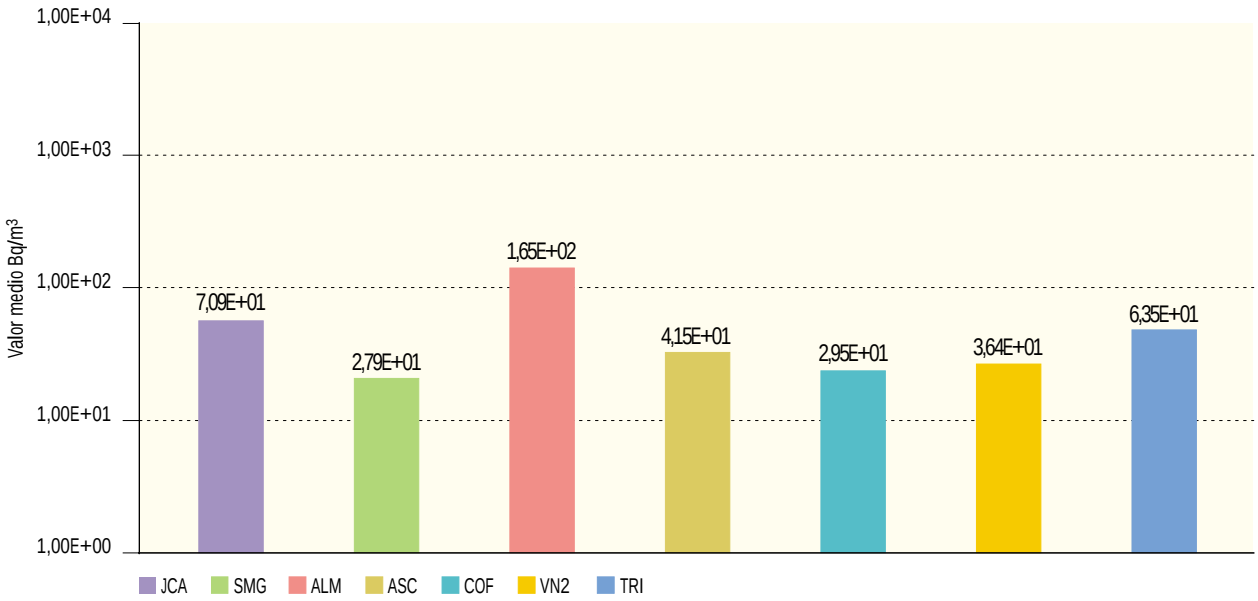


Figura 2.37b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,34E+02	5,52E+01	6,97E+02	7,57E+01	7,93E+01	7,57E+01	1,38E+02
Valor mínimo	2,83E+01	1,55E+01	2,36E+01	1,90E+01	1,20E+01	1,44E+01	1,66E+01
Nº total de análisis	71	48	98	22	60	35	49
Nº de análisis > LID	71	45	97	22	47	24	49
Nº de análisis < LID	0	3	1	0	13	11	0

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

Valores medios en la zona vigilada

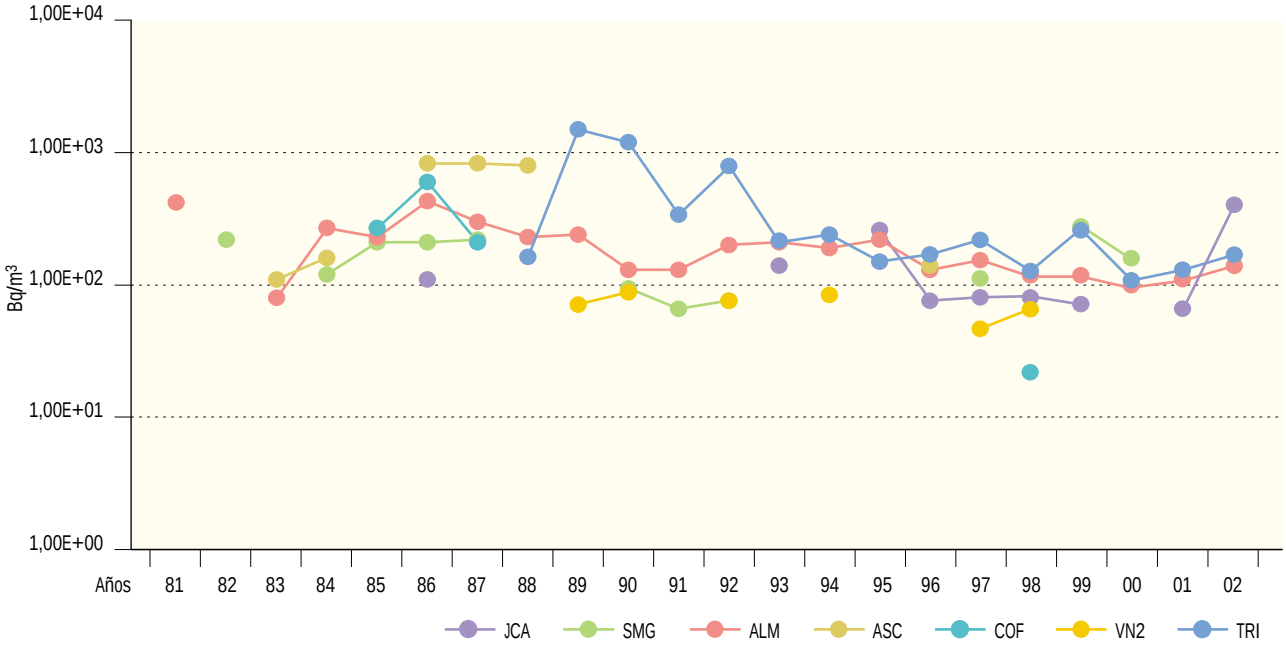
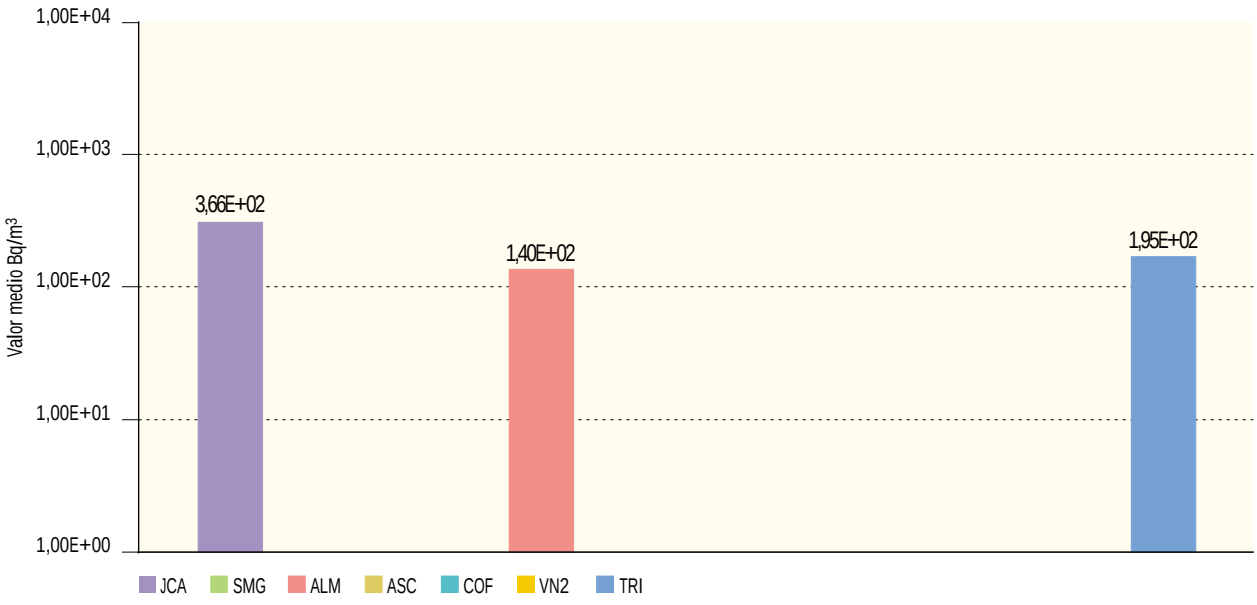


Figura 2.38b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,66E+02		4,54E+02				4,70E+02
Valor mínimo	3,66E+02		3,68E+01				5,72E+01
Nº total de análisis	71	48	98	22	60	35	49
Nº de análisis > LID	1	0	37	0	0	0	7
Nº de análisis < LID	70	48	61	22	60	35	42

Figura 2.39a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

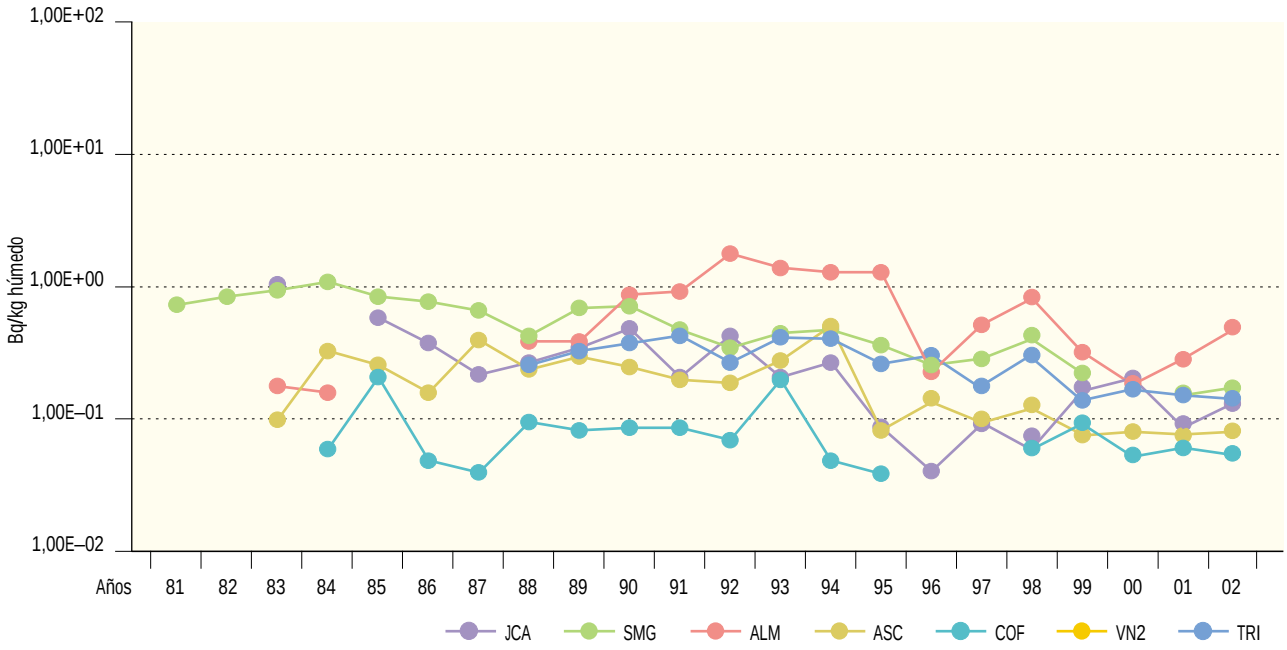
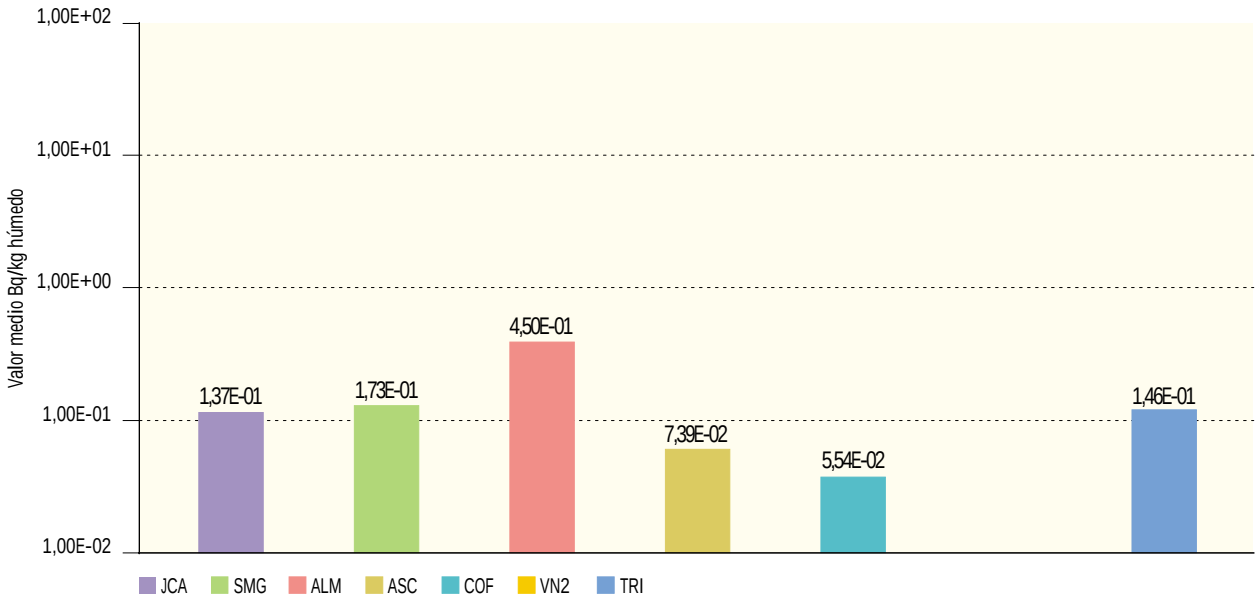


Figura 2.39b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,76E-01	3,06E-01	1,30E+00	1,46E-01	1,35E-01		3,18E-01
Valor mínimo	4,27E-02	5,85E-02	6,01E-02	3,43E-02	2,74E-02		6,66E-02
Nº total de análisis	5	16	11	10	4		8
Nº de análisis > LID	5	14	11	7	4		8
Nº de análisis < LID	0	2	0	3	0		0

Figura 2.40a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

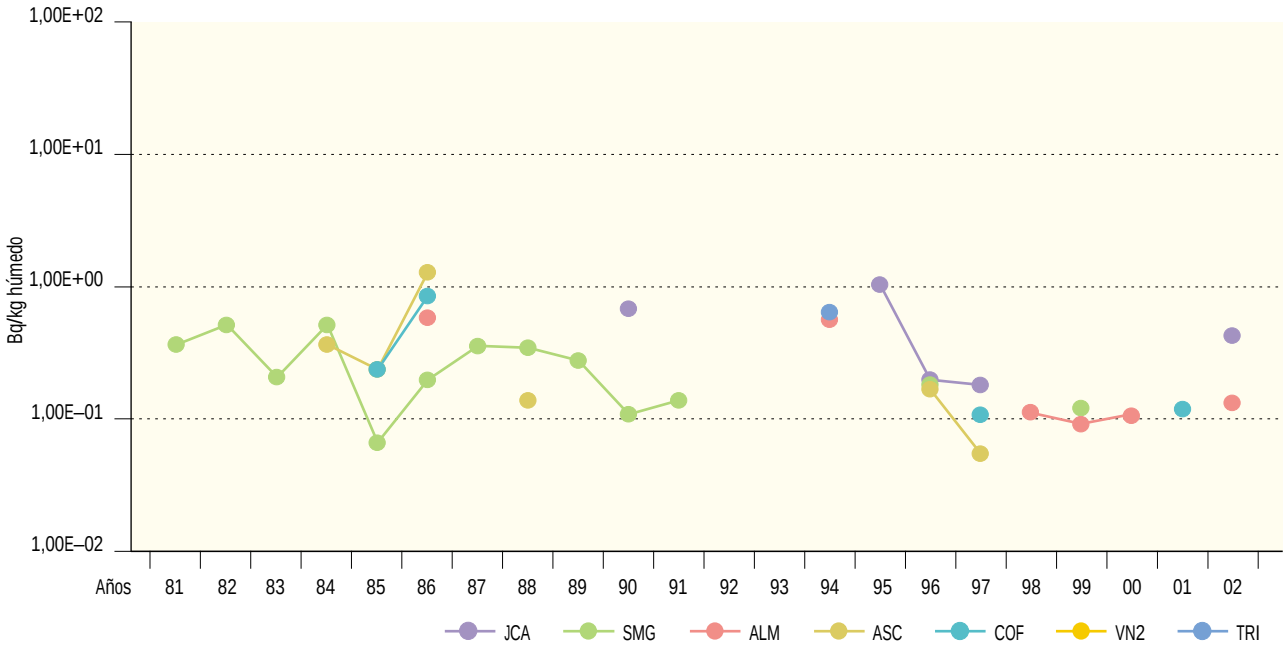
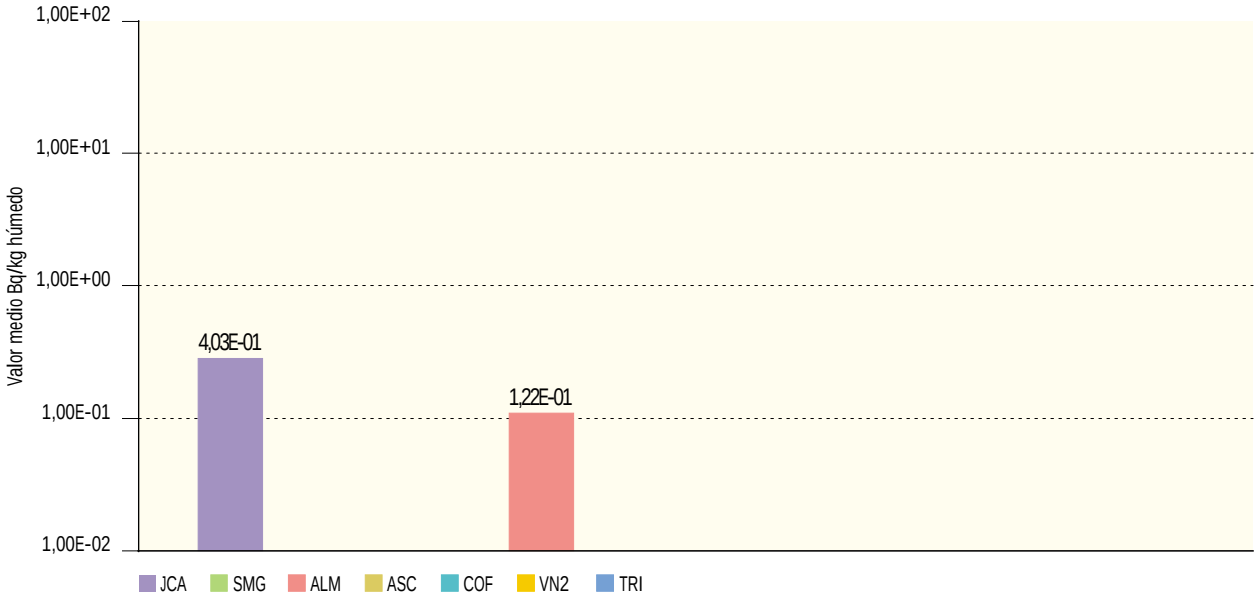


Figura 2.40b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6,08E-01		1,43E-01				
Valor mínimo	1,86E-01		9,77E-02				
Nº total de análisis	5	16	11	10	4		8
Nº de análisis > LID	4	0	3	0	0		0
Nº de análisis < LID	1	16	8	10	4		8

Figura 2.41a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

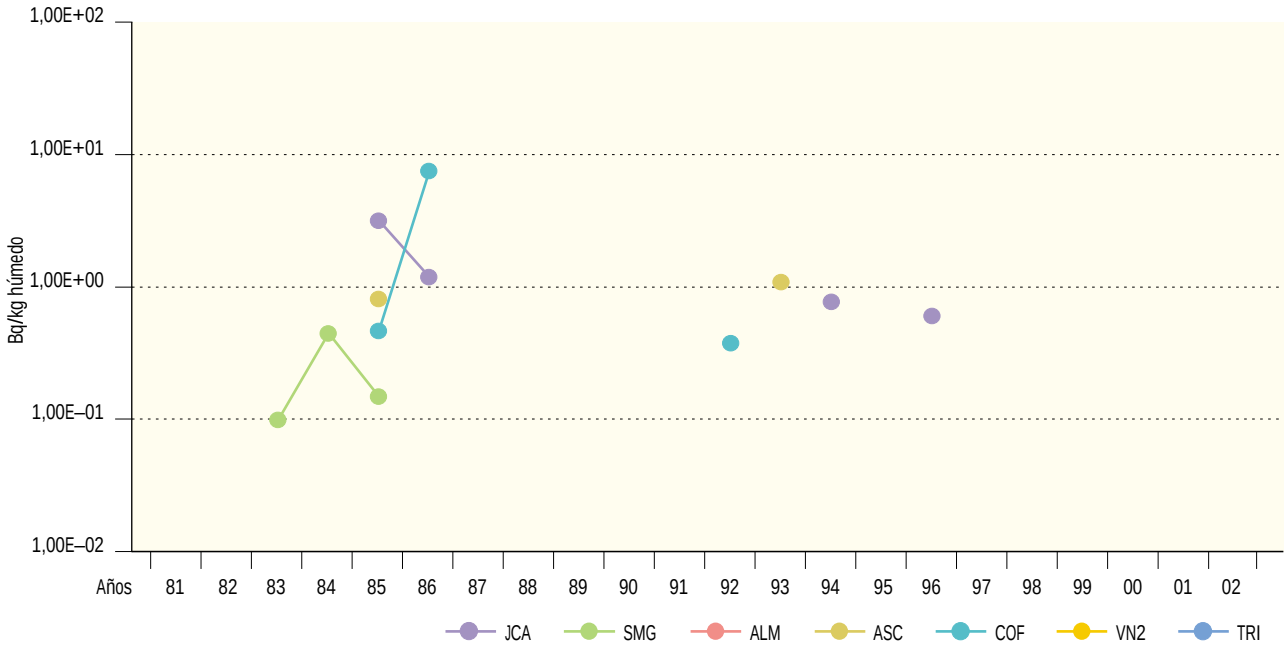


Figura 2.42a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

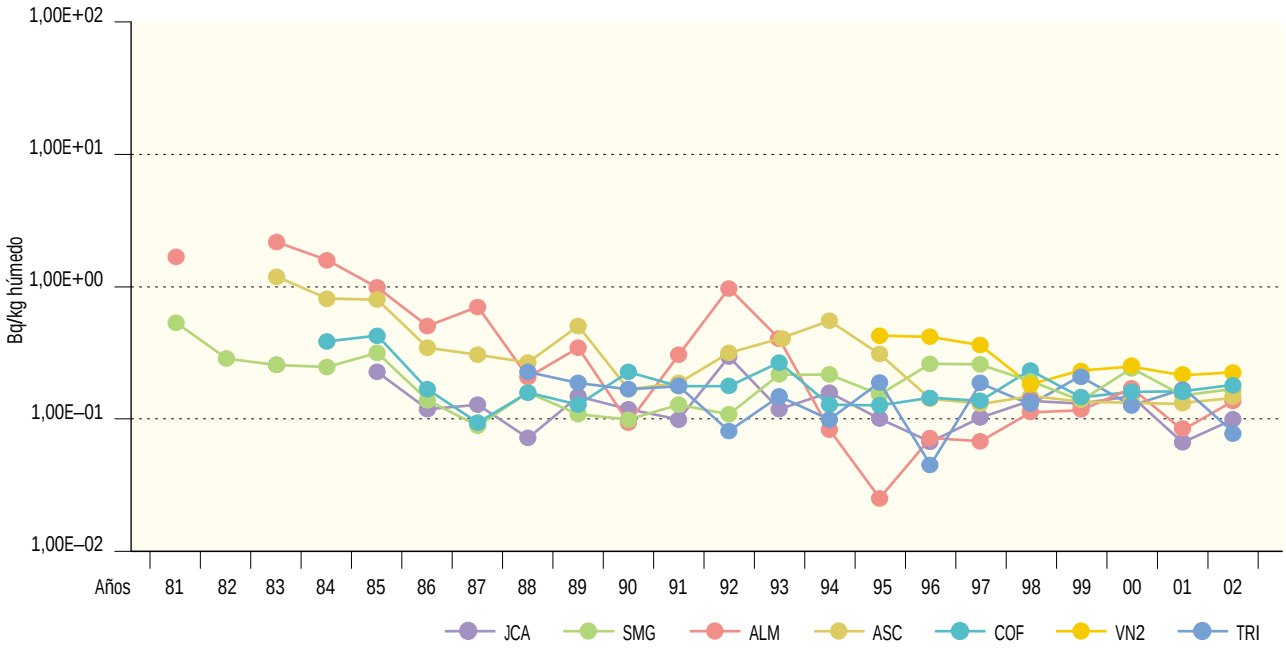
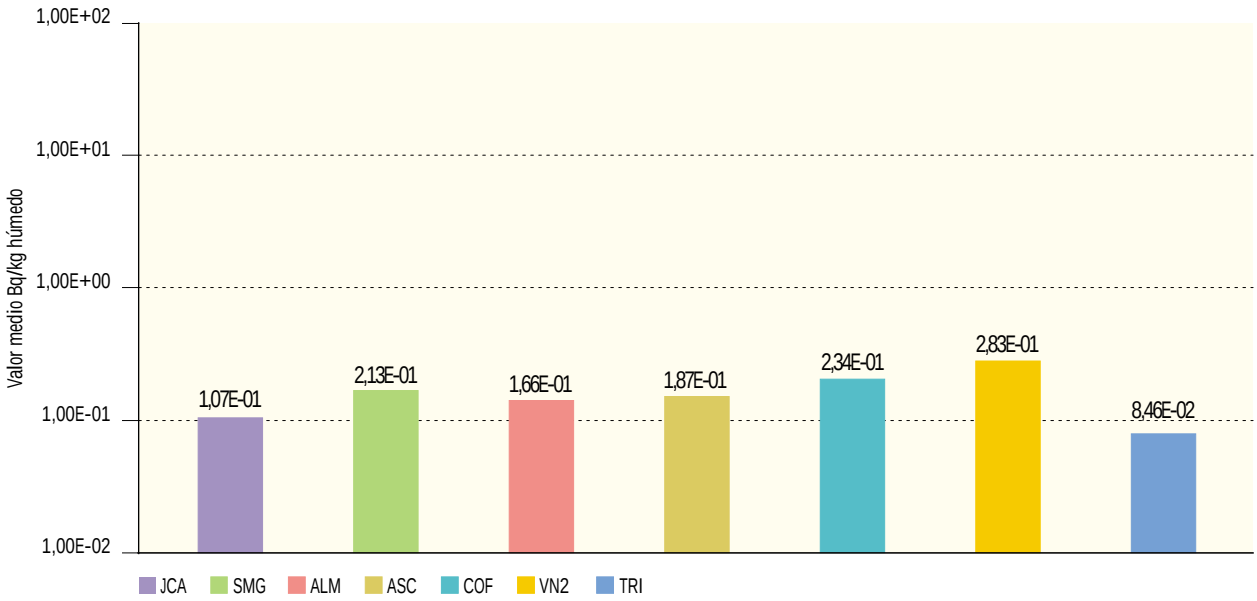


Figura 2.42b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,48E-01	2,75E-01	1,15E+00	4,74E-01	4,95E-01	4,96E-01	1,65E-01
Valor mínimo	1,45E-02	1,36E-01	1,72E-02	2,02E-02	2,34E-02	8,01E-02	2,30E-02
Nº total de análisis	21	16	27	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	21	8	19	7	14	7	9
Nº de análisis < LID	0	8	8	12	2	1	3

Figura 2.43a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

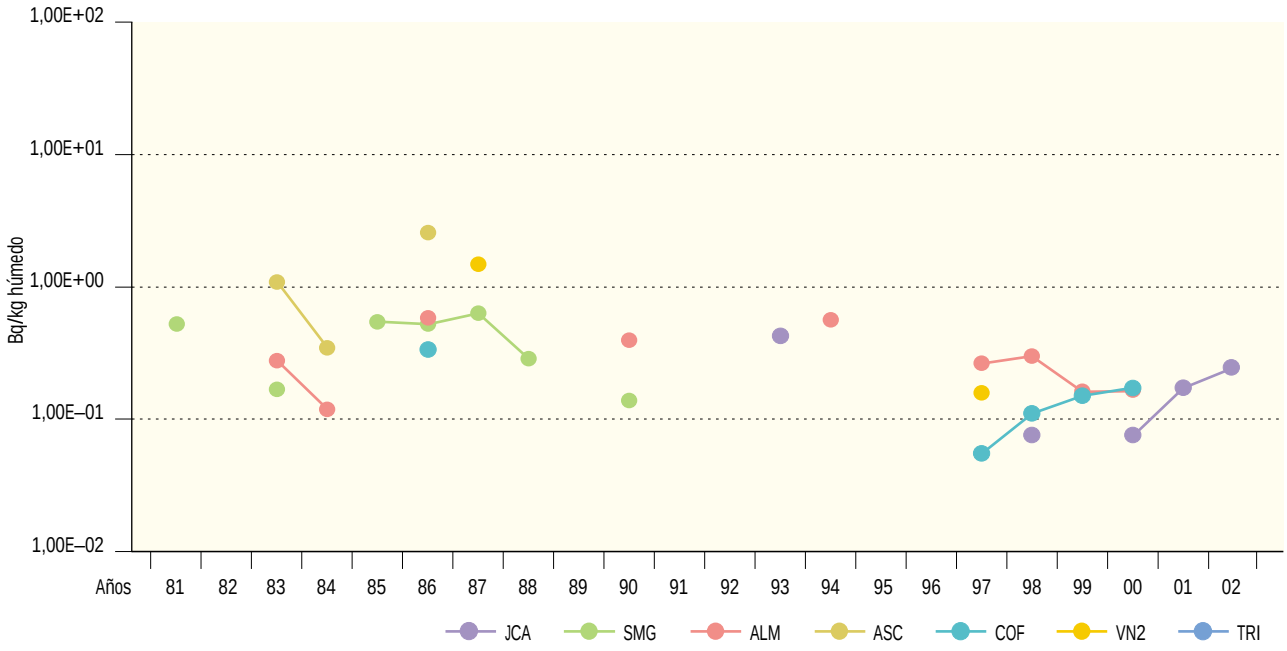
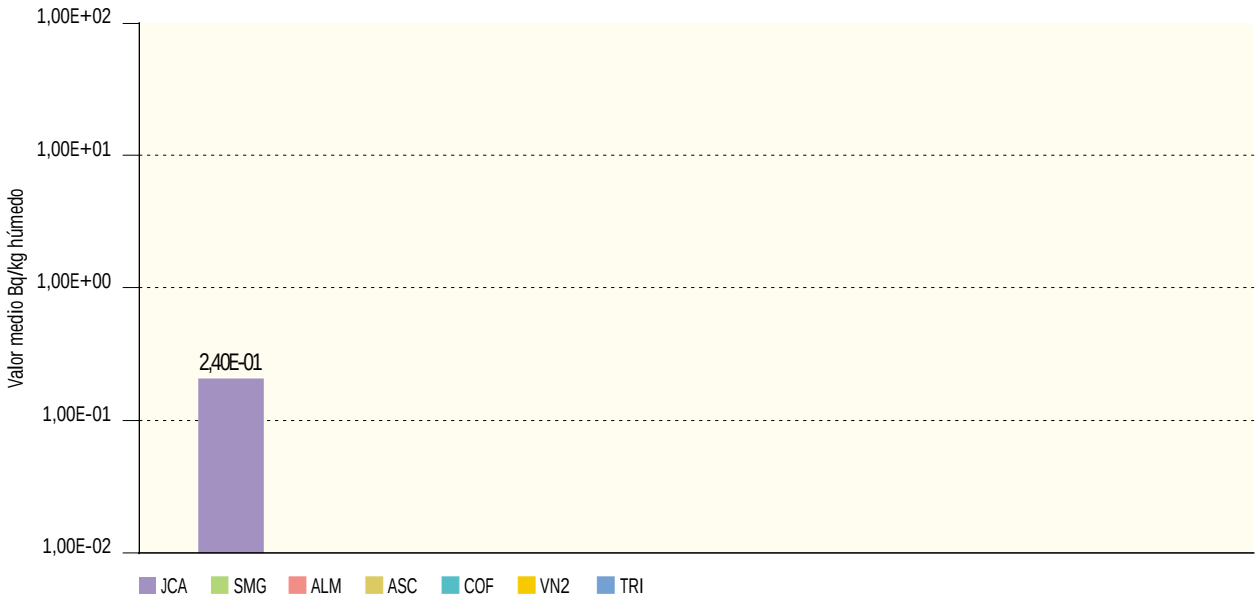


Figura 2.43b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,04E-01						
Valor mínimo	1,00E-01						
Nº total de análisis	21	16	27	19	16	8	12
Nº de análisis > LID	4	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	17	16	27	19	16	8	12

Figura 2.44a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

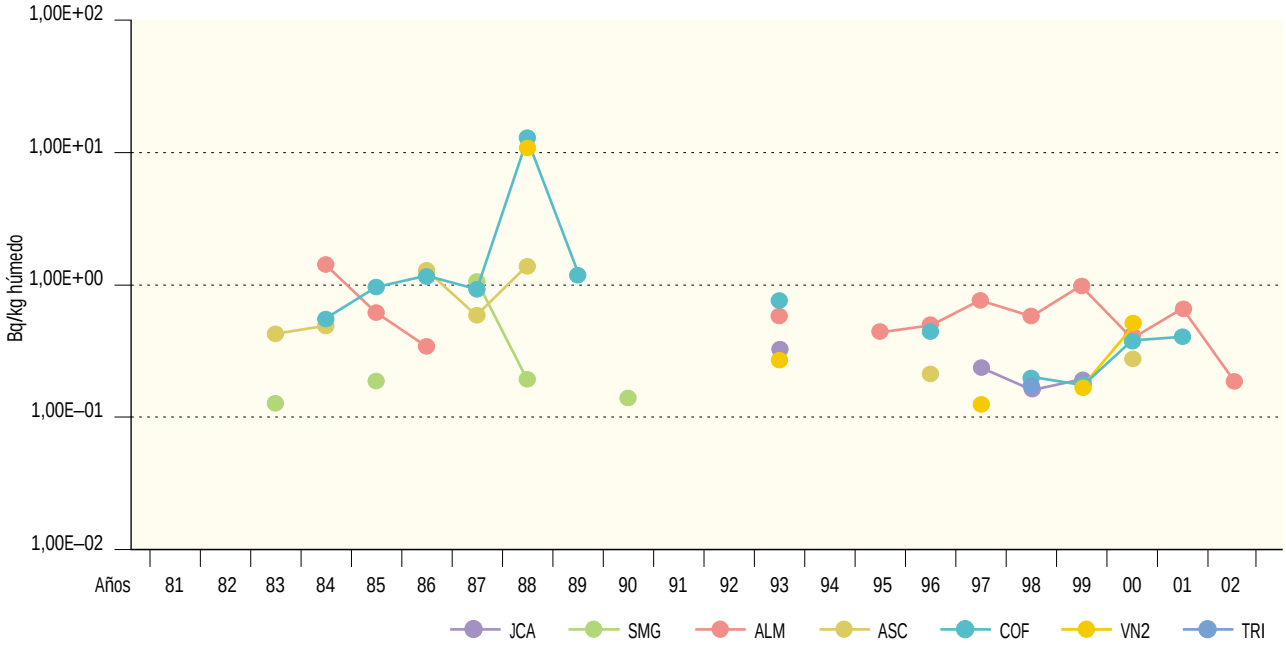
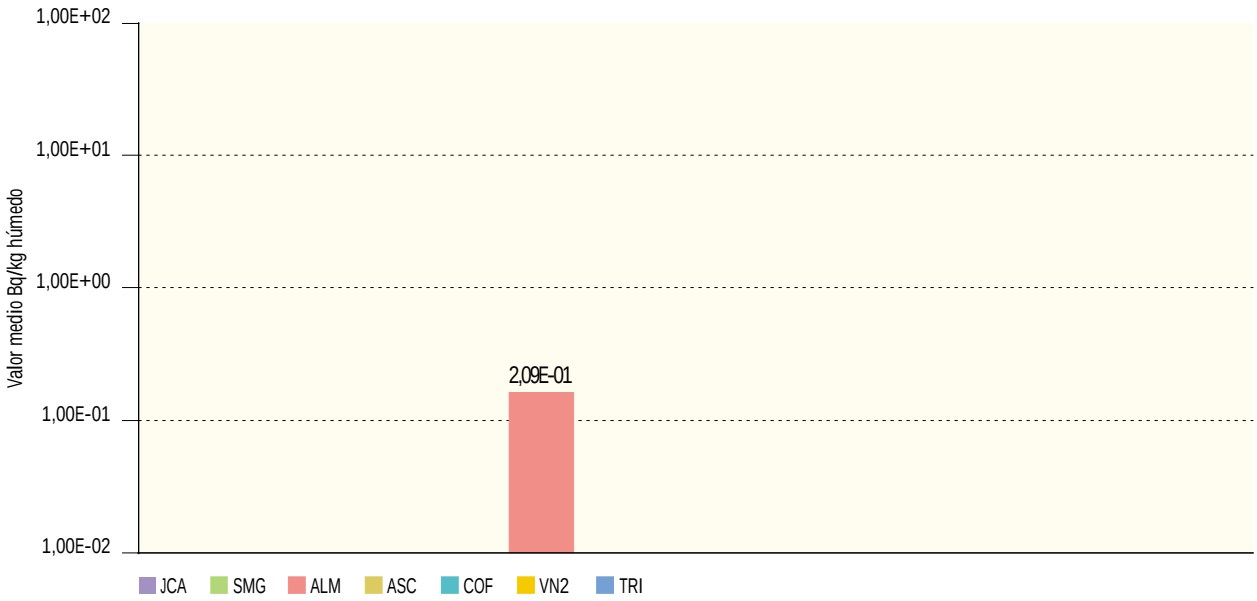


Figura 2.44b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,54E-01				
Valor mínimo			1,08E-01				
Nº total de análisis	10	8	25	8	16	3	16
Nº de análisis > LID	0	0	5	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	10	8	20	8	16	3	16

Figura 2.45a. Huevos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

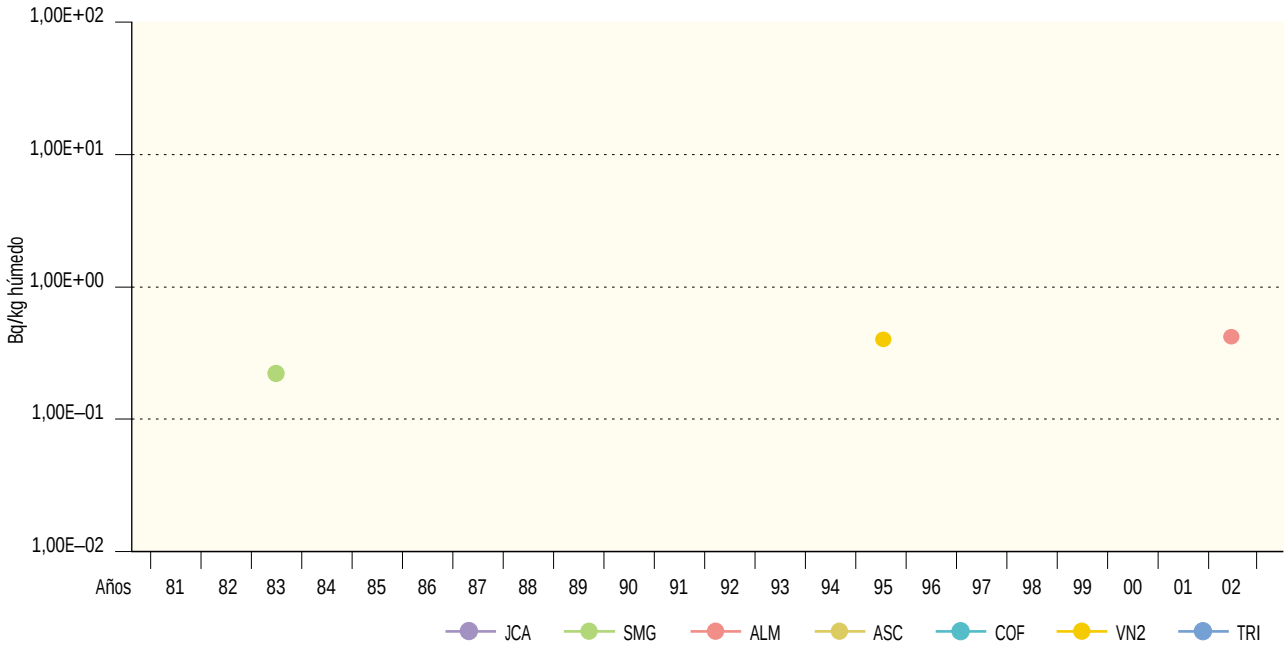
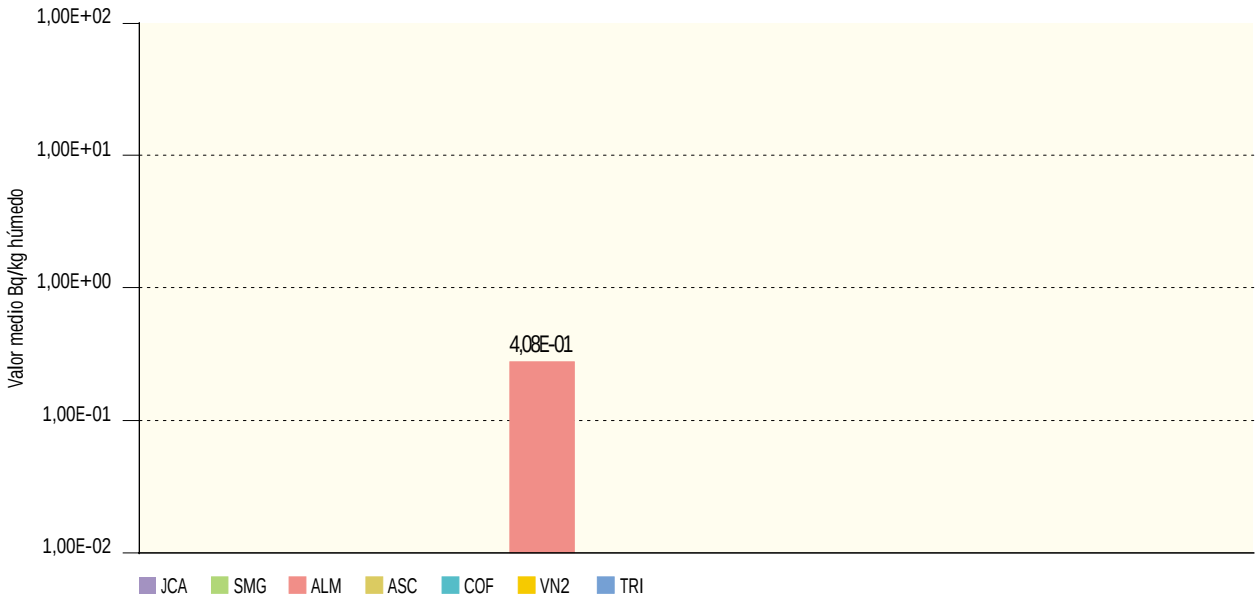


Figura 2.45b. Huevos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			4,08E-01				
Valor mínimo			4,08E-01				
Nº total de análisis	4	4	8	4	4	2	8
Nº de análisis > LID	0	0	1	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	4	4	7	4	4	2	8

Figura 2.46a. Miel. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

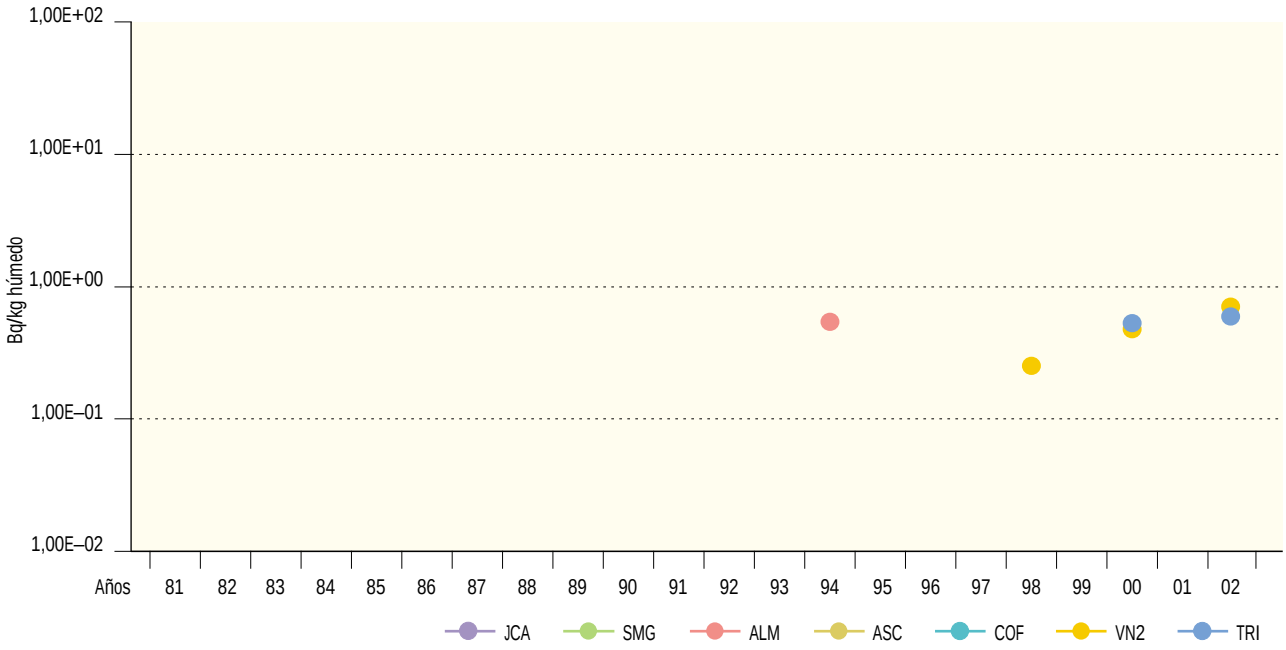
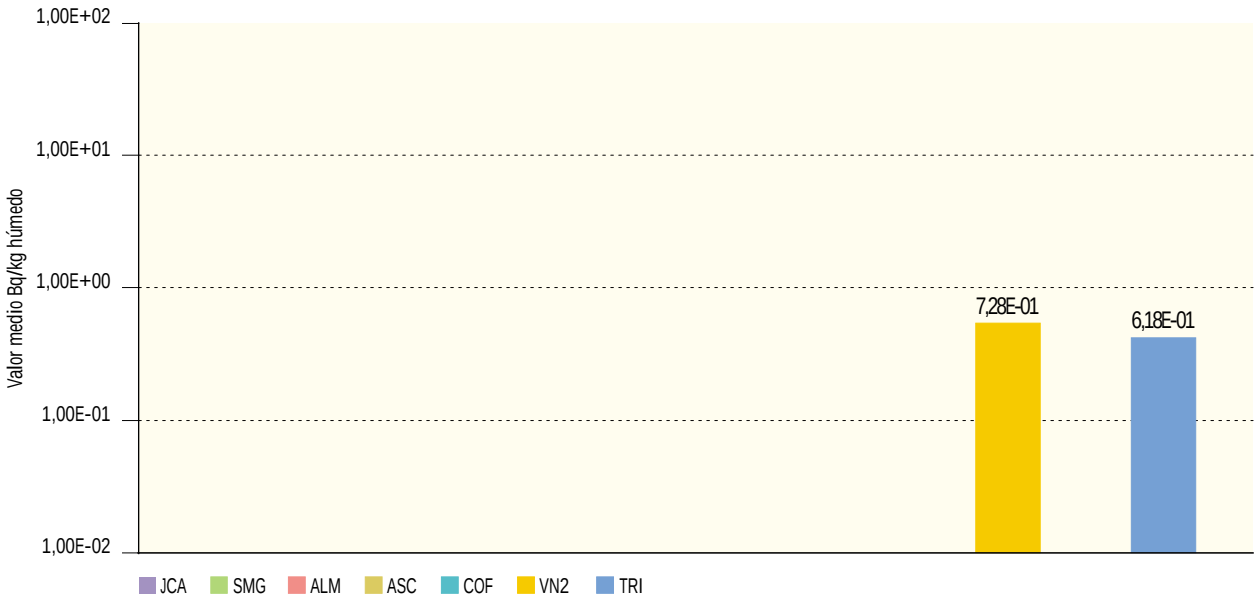


Figura 2.46b. Miel. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo						7,28E-01	6,18E-01
Valor mínimo						7,28E-01	6,18E-01
Nº total de análisis	2		2		2	2	2
Nº de análisis > LID	0		0		0	1	1
Nº de análisis < LID	2		2		2	1	1

Figura 2.47a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

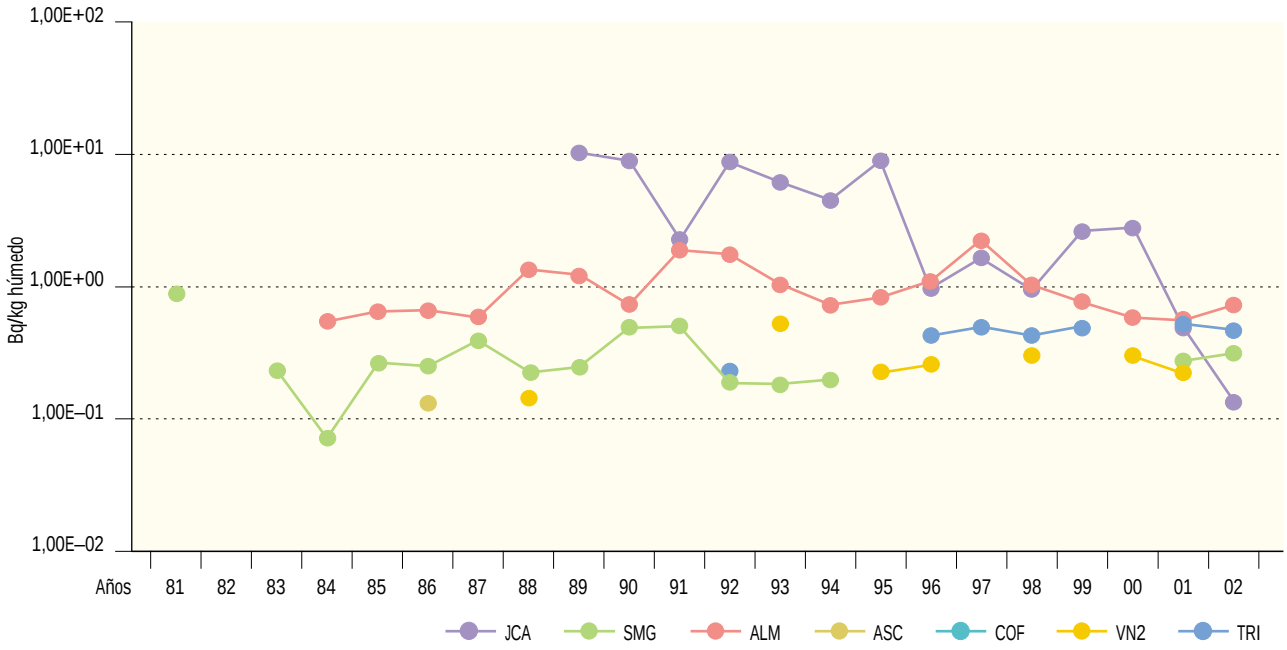
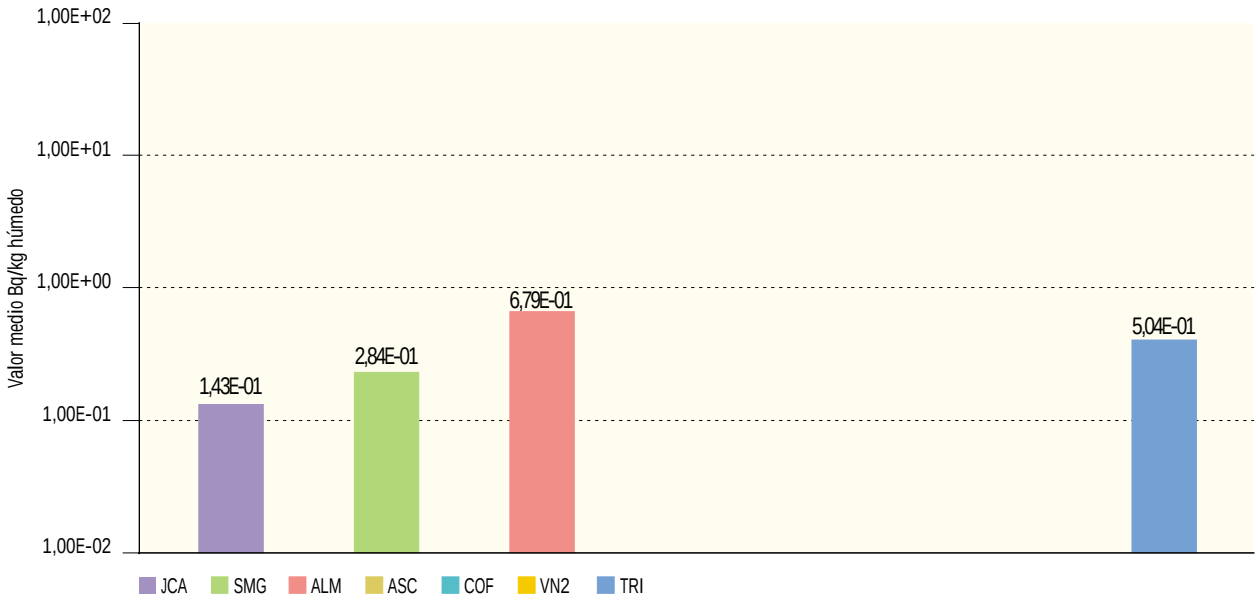


Figura 2.47b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2002



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,61E-01	2,84E-01	1,41E+00				5,04E-01
Valor mínimo	1,31E-01	2,84E-01	3,00E-01				5,04E-01
Nº total de análisis	10	6	15	2	4	4	6
Nº de análisis > LID	3	1	12	0	0	0	1
Nº de análisis < LID	7	5	3	2	4	4	5

2. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación

2.1. Tipos de instalaciones

En la tabla 2.3 se incluyen las instalaciones que se encuentran en operación y las características de las mismas.

2.2. 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 la Regulatory Guide 4.14, "Radiological Effluent and Enviromental Monitoring at Uranium Mills", para la Planta Quercus, 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 las figuras 2.48 a 2.50 se presenta el número de estaciones de muestreo seleccionadas para cada instalación y vía de exposición.

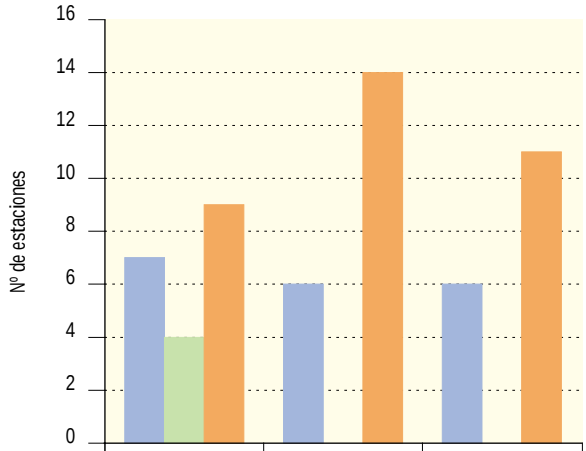
En la tabla 2.4 se incluyen los tipos de muestras y los análisis realizados en cada una de ellas.

Tabla 2.3. Características de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible

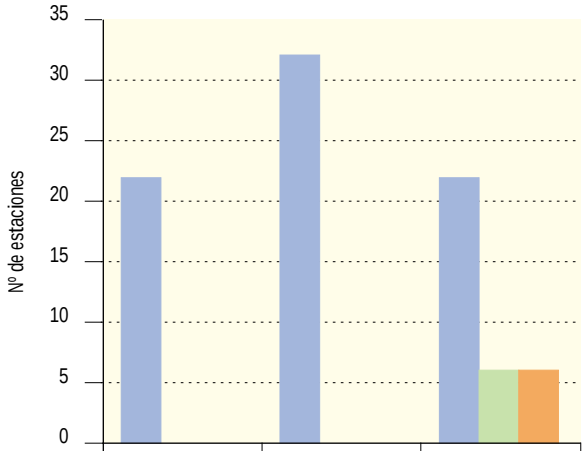
Instalación	Localidad (Provincia)	Tipo de instalación	Actividad	Puesta en marcha
Fábrica de elementos combustibles de Juzbado	Juzbado (Salamanca)	Nuclear	Fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio para reactores de agua ligera	PEP (OM de 14/1/85). Vigente 6ª prórroga del PEP por 10 años (OM 5/7/96).
Planta Quercus	Ciudad Rodrigo (Salamanca)	Radiactiva de 1ª categoría	Producción de concentrados de uranio	PEP para cuatro años (OM10/92). Obtiene el PED por OM de 25/4/97.
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 2.48. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Aire y deposición húmeda y seca



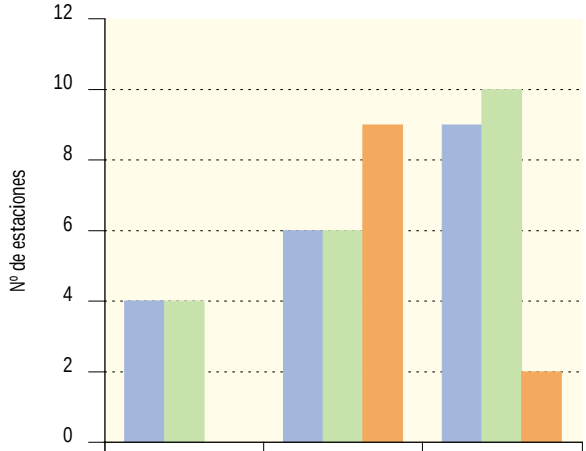
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Aire	7	6	6
Agua lluvia	4	-	-
Suelo	9	14	11



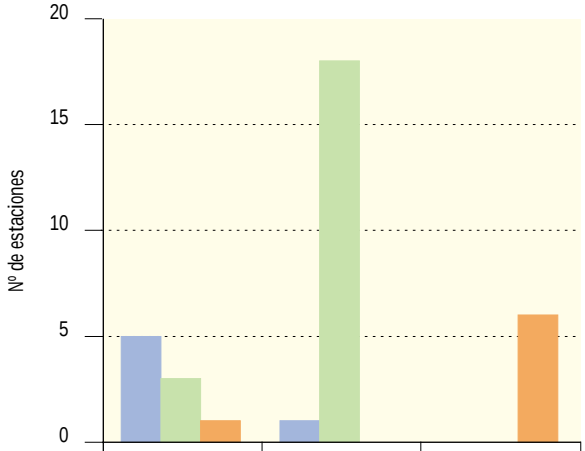
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Radiación directa	22	32	22
Radón	-	-	6
D. Radón	-	-	6

Figura 2.49. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Medio acuático



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Agua superficial	4	6	9
Sedimentos	4	6	10
Organismos indicadores	-	9	2

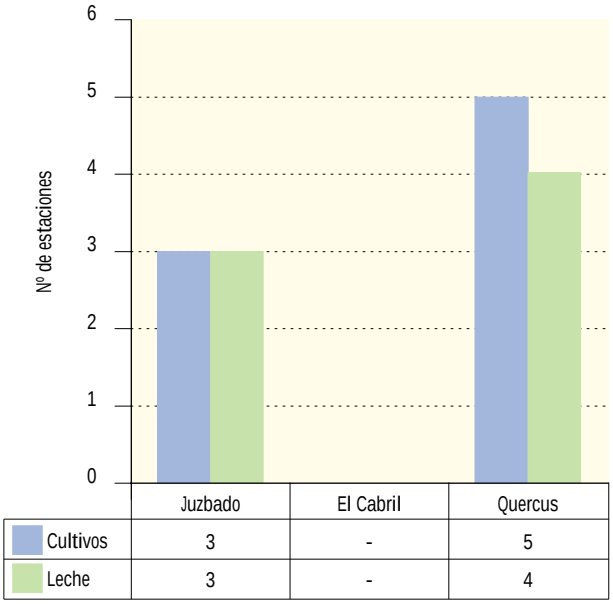


	Juzbado	El Cabril	Quercus
Agua subterránea	5*	1(pozo)	-
Agua de sondeos	3	18	-
Agua potable	1	-	6

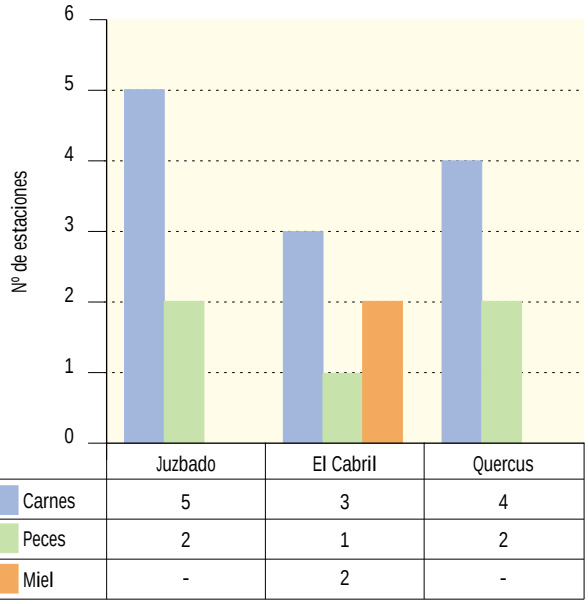
* Una de las estaciones tiene también uso de potable.

Figura 2.50. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Alimentos



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Cultivos	3	-	5
Leche	3	-	4



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Carnes	5	3	4
Peces	2	1	2
Miel	-	2	-

Tabla 2.4. PVRA alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas. Tipos de análisis

Tipo de muestra	Análisis realizados		
	Juzbado	Quercus	El Cabril
Aire	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210 Radón (Rn-222 y descendientes)	Actividad β total Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14
Radiación directa	Dosis integrada	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 α total Actividad β total (en superficial) Actividad β resto (en superficial) U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	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	Actividad α total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Sr-90 Espectrometría γ
Sedimentos y organismos indicadores	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total Actividad β total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	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	Actividad α total Actividad β total (peces) U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Sr-90 (peces y carnes) Espectrometría γ

2.3. 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 2002. 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. En la planta de concentrados de uranio Quercus los posibles efluentes pueden variar las concentraciones del uranio natural pero no alterar las proporciones de sus diferentes isotópos, por eso se vigila en las muestras del PVRA el contenido de uranio total y de los descendientes del uranio-238 de periodo de semidesintegración más largo como son el torio-230, el radio-226 y el plomo-210. Asimismo se mide el índice de actividad alfa total por las razones ya expuestas. 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 instalación Quercus se encuentra situada en terrenos que por sus características geológicas, presentan un contenido elevado en radionucleidos de origen natural, dando lugar a un fondo radiológico más elevado.

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

2.3.1. 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 2002 es del 100% en todos los casos. En la figura 2.51 se comprueba que los valores medios del índice de actividad alfa total y uranio-235 son similares a los de los últimos años, si exceptuamos el 2001 en el que se obtuvo un valor algo más elevado para el índice de actividad alfa total. Se incrementan ligeramente los valores obtenidos de uranio-234 y uranio-235, aunque dentro del rango de variación del periodo operacional.

Planta Quercus

El muestreo de partículas de polvo es continuo y el cambio de filtro semanal. En cada uno de ellos se realiza una determinación del índice de actividad alfa total y en las muestras acumuladas trimestralmente en cada punto de muestreo se analiza torio-230, radio-226 y plomo-210 así como uranio natural. La medida de radón se lleva a cabo mediante la colocación de dosímetros pasivos de trazas, con un periodo de exposición semestral. Las determinaciones de descendientes del radón se realizan mensualmente en cada uno de los puntos mediante el método Kusnetz.

En la campaña de 2002, el porcentaje de resultados superiores al LID es del 100% en los análisis de alfa total y plomo-210, del 50% en los de radio-226, del 71% en el torio-230 y del 29% para el uranio natural. En la campaña de 1997 se introdujo una modificación en el procedimiento de análisis del índice de actividad alfa total que permitió disminuir el LID y obtener un mayor número de medidas superiores al mismo y, en consecuencia, aumentar la proporción de medidas detectadas con valores más bajos, tal como se pone de manifiesto en los valores medios representados en la figura 2.52.

Los resultados de alfa total y plomo-210 obtenidos en estas muestras son, en general a lo largo de los años, similares entre sí y más elevados que los del uranio, torio-230 y radio-226. Estos tres últimos se encuentran en el aire debido a la resuspensión del suelo, mientras que el plomo, que es un emisor beta gamma, además de este mismo origen se encuentra en el aire debido al decaimiento del radón que emana del suelo. Los valores medios obtenidos en el año 2002 son similares a los de años anteriores para el plomo-210, torio-230 y radio-226; ligeramente inferior para el índice de actividad alfa total, y claramente inferior al de todas las campañas anteriores para el uranio natural.

En el caso del radón (figura 2.53) el porcentaje de resultados superiores al LID es, tanto para el radón-222 como para los descendientes, del 100%. Los valores se mantienen bastante similares a lo largo de los años de funcionamiento de la instalación.

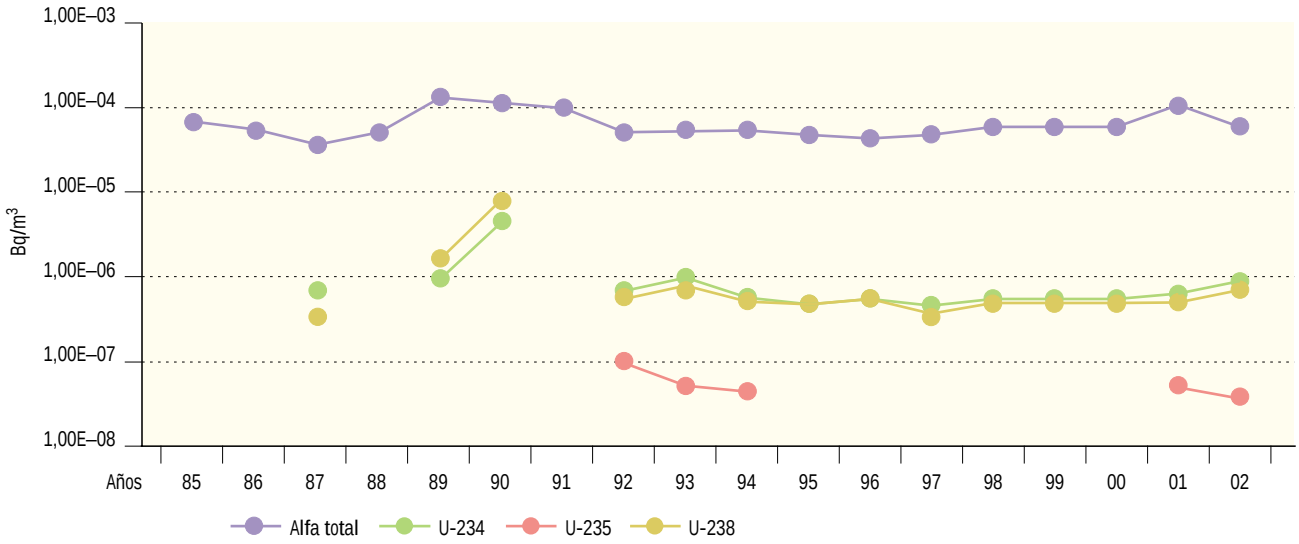
El Cabril

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 lleva a cabo una medida de espectrometría gamma y se analiza 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 una indicadora y otra no 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.

En la campaña de 2002 los porcentajes de valores de carbono-14 y beta total superiores al LID están próximos al 100% y los valores medios se mantienen muy semejantes a lo largo de los años y similares a los obtenidos en otros programas de vigilancia. No se han obtenido valores de estroncio-90 superiores al LID. Todos los valores obtenidos en la espectrometría gamma para los isótopos de origen artificial han sido inferiores a los LID. El valor medio obtenido para el tritio es similar al registrado desde el año 1998 y un orden de magnitud más elevado que los anteriores a esa fecha. Esta diferencia se debe a la modificación del procedimiento de recogida de las muestras que ha permitido que aumente la proporción de medidas superiores al LID, siendo del 52% en el año 2002, cuando en años anteriores a 1998 no llegaba al 28%. No obstante los valores siguen siendo entre uno y dos órdenes de magnitud más bajos que los valores de fondo registrados en otros PVRA.

Figura 2.51. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

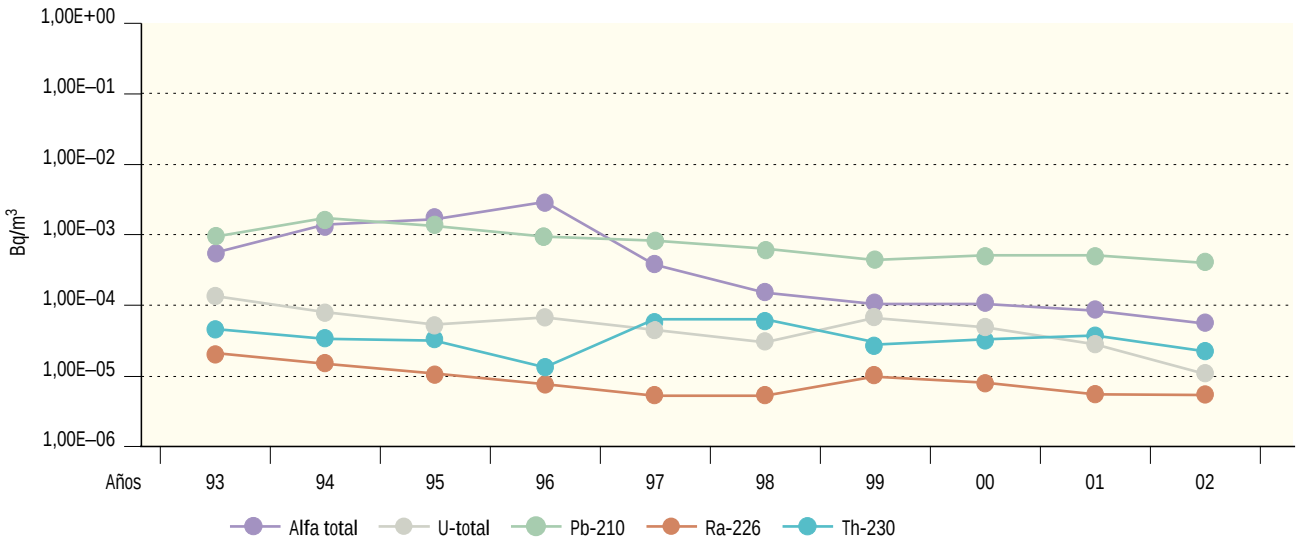
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	6,46E-05	9,70E-07	5,29E-08	7,90E-07
Valor máximo	4,44E-04	3,10E-06	1,30E-07	2,90E-06
Valor mínimo	5,80E-06	4,40E-07	3,00E-08	2,60E-07
Nº total de análisis	362	7	7	7
Nº de análisis > LID	362	7	7	7
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.52. Quercus. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

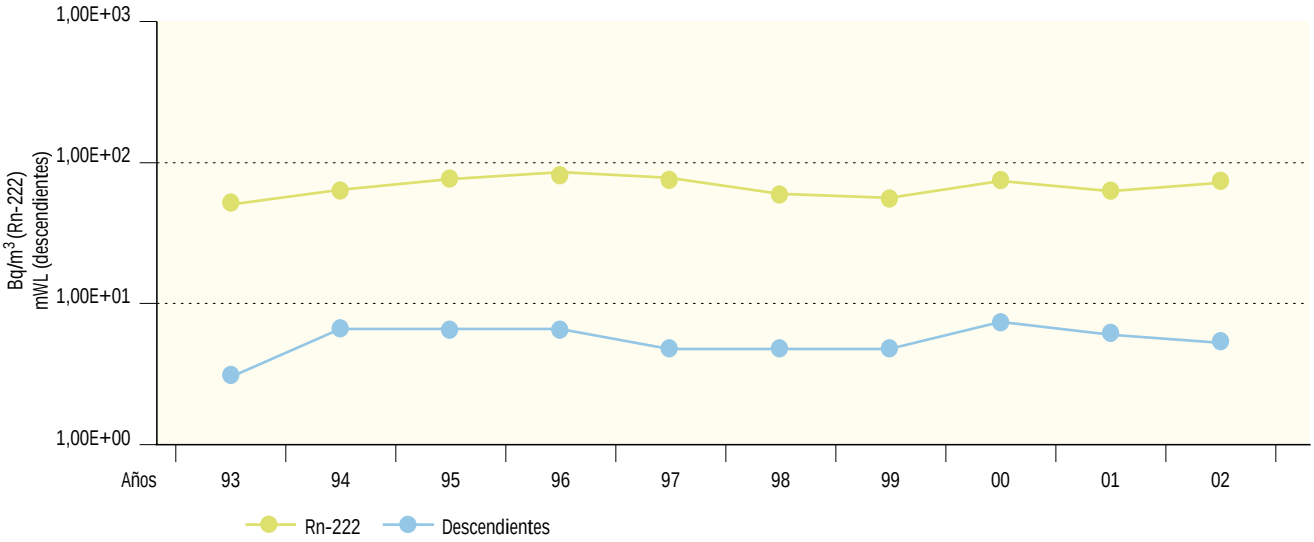
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	7,71E-05	1,11E-05	4,13E-04	5,16E-06	2,27E-05
Valor máximo	5,37E-04	1,44E-05	6,45E-04	8,36E-06	3,20E-05
Valor mínimo	1,06E-05	7,93E-06	2,21E-04	2,87E-06	1,69E-05
Nº total de análisis	312	24	24	24	24
Nº de análisis > LID	312	7	24	12	17
Nº de análisis < LID	0	17	0	12	7

Figura 2.53. Quercus. Radón en el aire. Valores de concentración de actividad Rn-222 (Bq/m³). Descendientes (mWL)

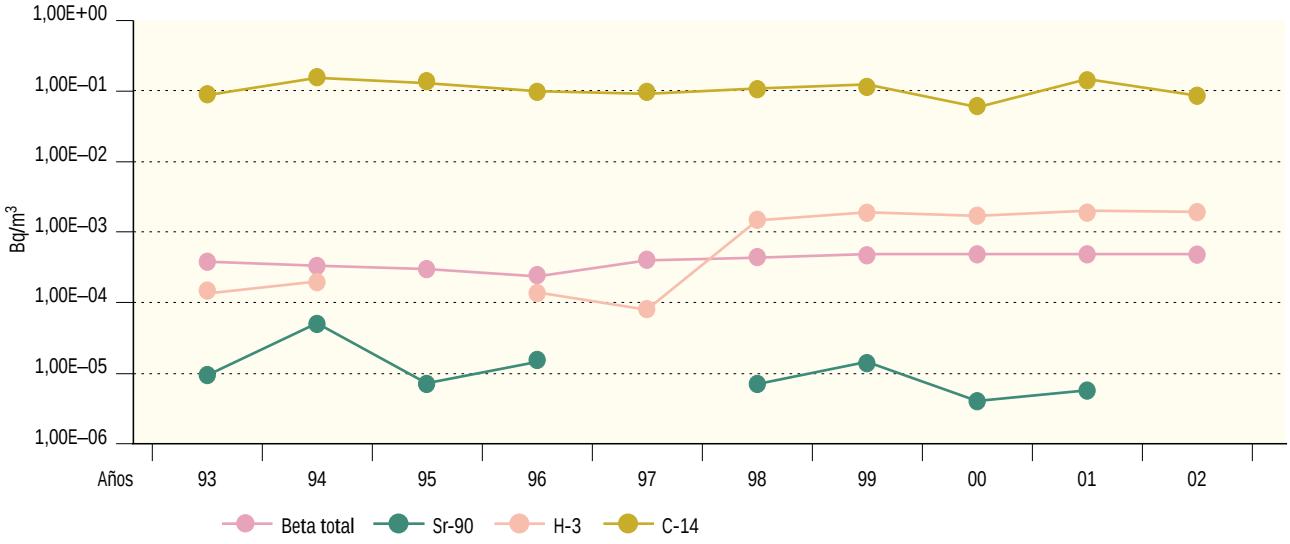
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Rn-222	Descendientes
Valor medio	7,24E+01	5,54E+00
Valor máximo	1,50E+02	1,89E+01
Valor mínimo	2,20E+01	7,20E-01
Nº total de análisis	11	72
Nº de análisis > LID	11	72
Nº de análisis < LID	0	0

Figura 2.54. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m^3)

Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	5,31E-04		3,05E-03	7,88E-02
Valor máximo	1,83E-03		9,74E-03	1,89E-01
Valor mínimo	3,68E-05		7,98E-04	3,57E-03
Nº total de análisis	351	33	33	33
Nº de análisis > LID	351	0	17	31
Nº de análisis < LID	0	33	16	2

2.3.2. Radiación directa

Dosímetros de termoluminiscencia

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

Juzbado

La vigilancia se realiza mediante dosímetros expuestos trimestralmente. Como se observa en la figura 2.55 los valores medios obtenidos son muy estables a lo largo de los años, incluido el 2002.

Planta Quercus

La vigilancia se realiza mediante dosímetros expuestos trimestralmente. Los valores medios obtenidos son algo superiores a los de otras instalaciones debido a las características geológicas del área geográfica donde se sitúa la planta, como lo confirman los valores obtenidos en la estación testigo. El valor medio de la dosis integrada en el año 2002 es similar a los valores obtenidos a partir del año 1996, en el que disminuyen ligeramente debido a la exclusión del PVRA de un cierto número de estaciones de muestreo, cuyos valores eran algo más elevados que el resto, que al ampliarse la propiedad del titular han quedado incluidas dentro de ésta.

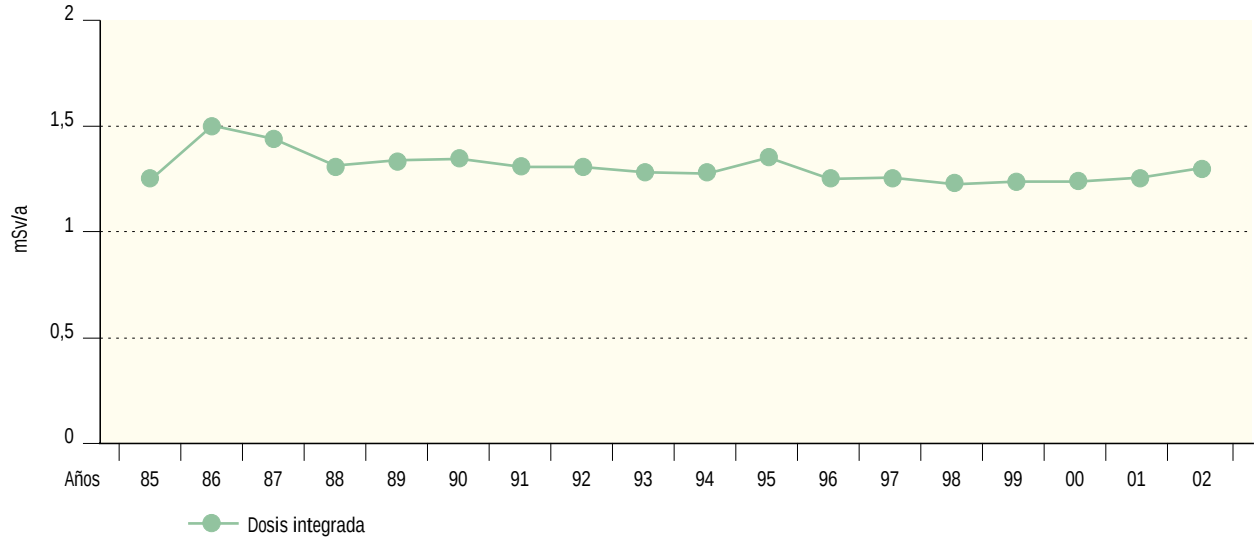
El Cabril

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

Como se puede observar en la figura 2.57 en los dos últimos años, 2001 y 2002, se obtienen valores medios de la dosis por radiación externa ligeramente superiores a los de años anteriores. Este incremento se relaciona con el almacenamiento de los residuos procedentes del incidente de Acerinox, para los que se han construido unas nuevas estructuras de almacenamiento sobre las que se lleva a cabo la correspondiente vigilancia.

Figura 2.55. Juzbado. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/a)

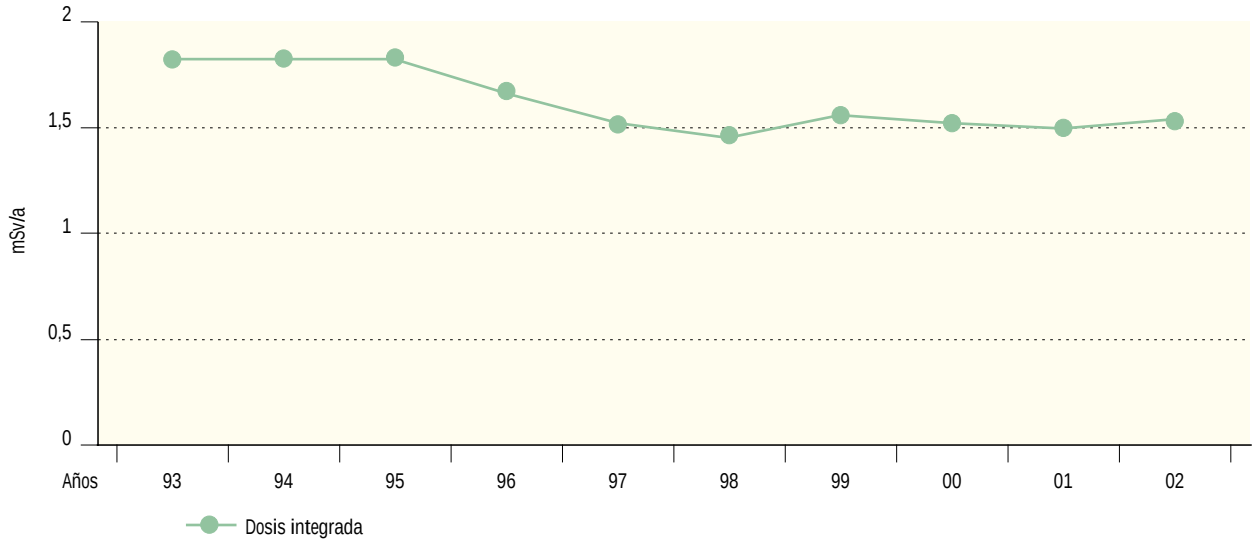
Valores medios en la zona vigilada



Valores 2002	Dosis integrada
Valor medio	1,38
Valor máximo	1,89
Valor mínimo	0,96
Nº total de análisis	84
Nº de análisis > LID	84
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.56. Quercus. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/a)

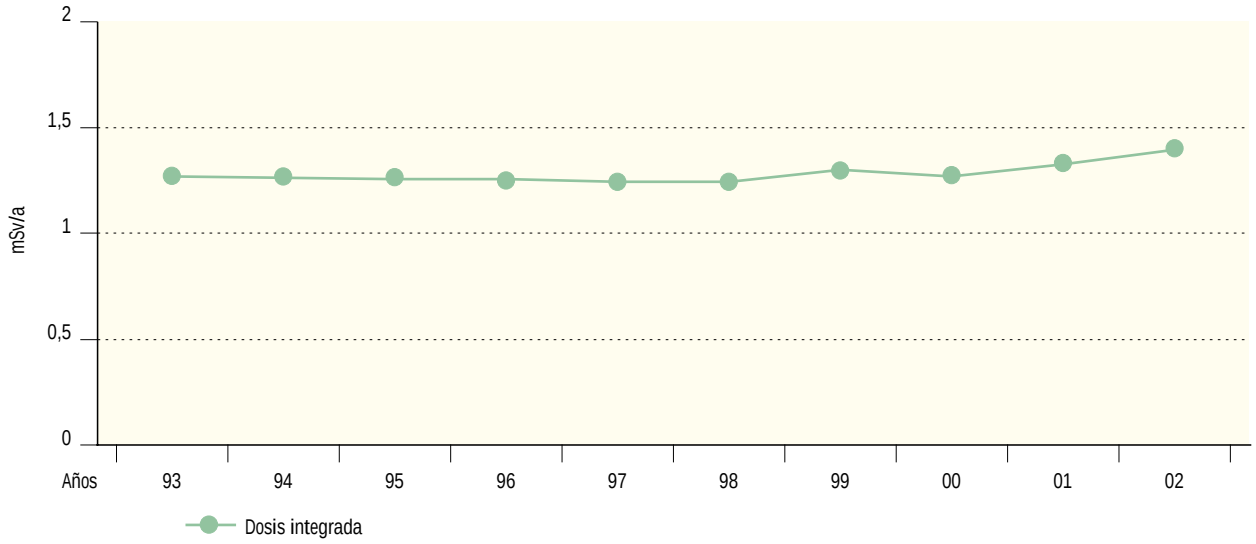
Valores medios en la zona vigilada



Valores 2002	Dosis integrada
Valor medio	1,58
Valor máximo	2,25
Valor mínimo	0,93
Nº total de análisis	87
Nº de análisis > LID	87
Nº de análisis < LID	0

Figura 2.57. El Cabril. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/a)

Valores medios en la zona vigilada



Valores 2002	Dosis integrada
Valor medio	1,39
Valor máximo	2,95
Valor mínimo	0,88
Nº total de análisis	211
Nº de análisis > LID	211
Nº de análisis < LID	0

2.3.3. Deposición

Suelo: deposición total

Juzbado

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

El porcentaje de resultados superiores al LID es del 100% en todas las determinaciones. Como puede verse en la figura 2.58 los valores medios para el índice de actividad alfa total y para los isótopos de uranio se mantienen muy similares a los obtenidos desde la campaña de 1995.

Planta Quercus

El muestreo se lleva a cabo con una frecuencia trimestral. En cada muestra se realiza una determinación del índice de actividad alfa total, uranio natural, torio-230, radio-226 y plomo-210.

Los porcentajes de resultados superiores al LID en los diferentes tipos de análisis realizados son próximos al 100% excepto en el caso del torio-230 para el que ningún valor supera el LID por primera vez en todos los años de vigilancia. Los valores medios para el índice alfa total y radio-226 son similares a los de años anteriores, mientras que se observa una ligera tendencia al incremento en el valor del plomo-210 pero dentro del rango de valores de campañas anteriores.

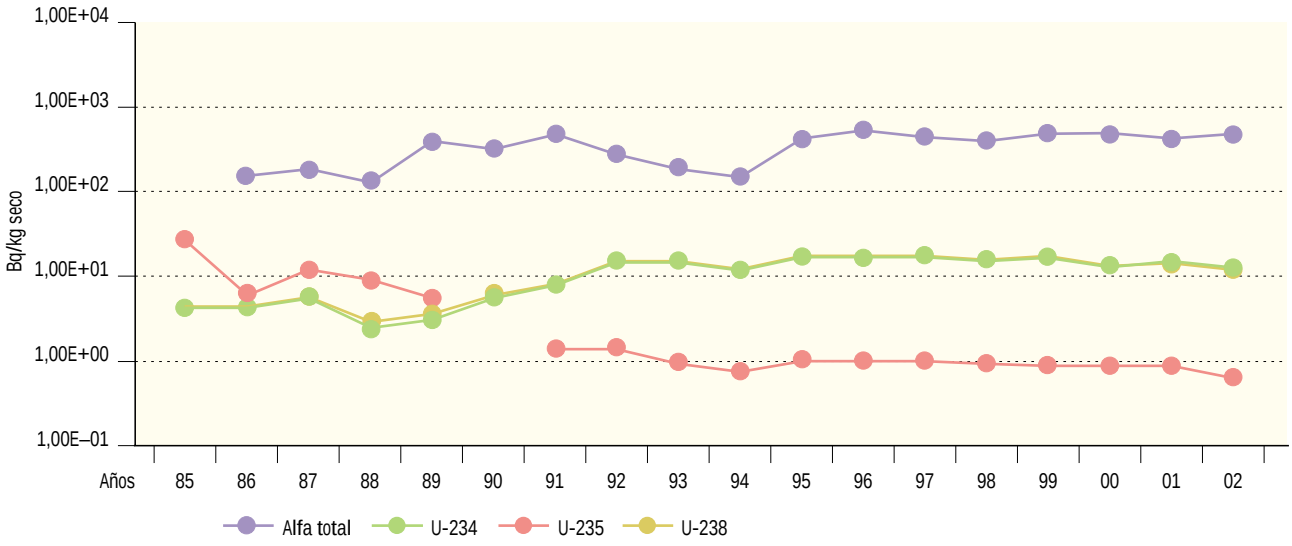
El Cabril

El muestreo se lleva a cabo con frecuencia anual. En cada muestra se realiza una espectrometría gamma y un análisis de estroncio-90.

En la espectrometría gamma únicamente se han detectado valores superiores al LID para el cesio-137 entre los isótopos de origen artificial. 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 un porcentaje próximo al 100% de las medidas. Los valores medios de cesio-137 son similares a lo largo de los años y los valores más elevados se suelen obtener en los puntos más alejados de la instalación. El valor medio de estroncio-90 obtenido en 2002 ha disminuido ligeramente respecto a años anteriores.

Figura 2.58. Juzbado. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

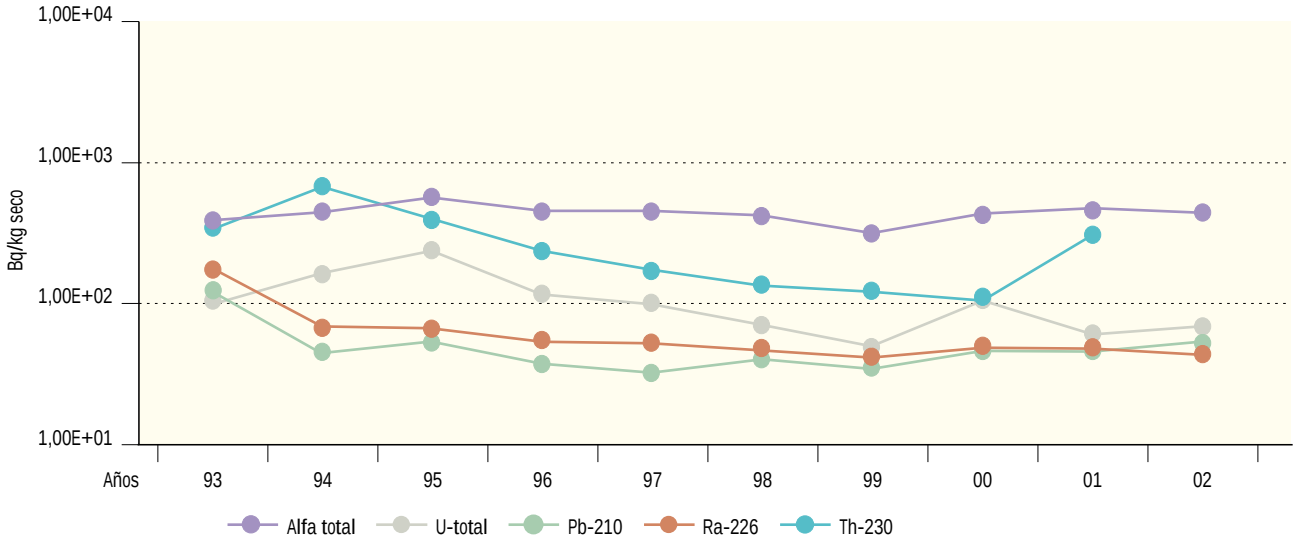
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,84E+02	1,56E+01	8,03E-01	1,53E+01
Valor máximo	6,95E+02	3,20E+01	1,60E+00	3,30E+01
Valor mínimo	3,49E+02	6,30E+00	2,80E-01	5,60E+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 2.59. Quercus. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

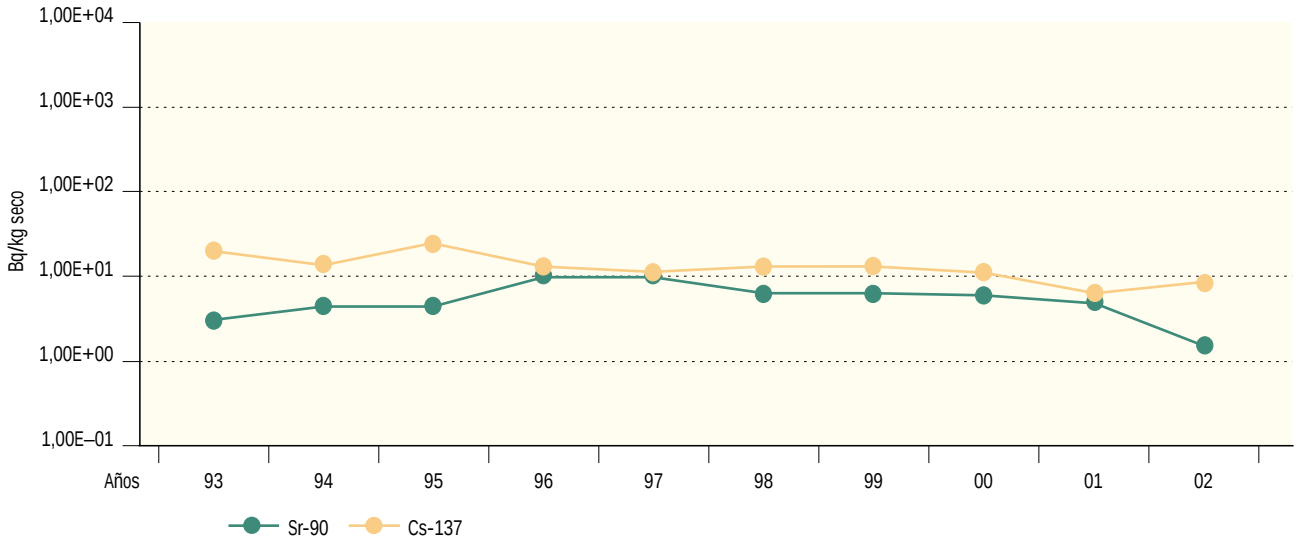
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	3,89E+02	8,05E+01	6,11E+01	5,42E+01	
Valor máximo	1,30E+03	4,33E+02	1,31E+02	1,36E+02	
Valor mínimo	9,51E+01	1,22E+01	1,73E+01	1,23E+01	
Nº total de análisis	44	44	44	44	44
Nº de análisis > LID	44	44	44	43	0
Nº de análisis < LID	0	0	0	1	44

Figura 2.60. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Sr-90	Cs-137
Valor medio	1,98E+00	8,06E+00
Valor máximo	3,82E+00	1,94E+01
Valor mínimo	7,86E-01	1,95E+00
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	14	11
Nº de análisis < LID	0	3

2.3.4. Agua

Agua superficial

Juzbado

Dispone de muestreadores de recogida de agua en continuo en tres puntos y en cada uno de ellos se forma mensualmente una muestra compuesta con el agua recogida diariamente. En un cuarto punto se recoge, también con frecuencia mensual, una muestra simple. En cada muestra se determinan los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto y en la muestra de junio de cada punto se realiza un análisis isotópico del uranio. En el caso de que la actividad alfa total correspondiente al mes de diciembre en cada punto supere un valor establecido se realizará otro análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID para todos los análisis realizados en 2002 fue del 100%. Como se ve en la figura 2.61 los valores medios se mantienen muy constantes a lo largo de las campañas, obteniéndose en esta un valor ligeramente más bajo para la determinación del índice de actividad alfa total y beta resto.

Planta Quercus

El muestreo se lleva a cabo en seis puntos con sistemas automáticos de captación proporcional continua. Las muestras se toman semanalmente del agua recogida en ese periodo y se agrupan para formar muestras mensuales. En otros tres puntos se recogen muestras simples con frecuencia mensual. En cada muestra mensual resultante se realiza una determinación del índice de actividad alfa total, uranio natural, y radio-226, y se componen muestras trimestrales en las que se determina el contenido de torio-230, plomo-210, así como los índices de actividad beta total y resto.

Los porcentajes de valores superiores al LID en el año 2002 se sitúan en torno al 100% para el índice de actividad beta total y plomo-210, entre el 46% y 77% para el índice de actividad alfa total, uranio total, radio-226 y torio-230, y sólo del 10% para el índice beta resto. Como se ve en la figura 2.62 los valores medios se distribuyen en dos franjas. En la franja alta, como es de esperar, se sitúan los valores de los índices de actividad alfa y beta total, beta resto y del uranio total, y en la franja baja los de los radionucleidos radio-226, torio-230 y plomo-210. Los valores medios de esta campaña son similares a los de años anteriores, observándose un ligero descenso respecto al año anterior en la concentración de todos los radioisótopos excepto el torio-230.

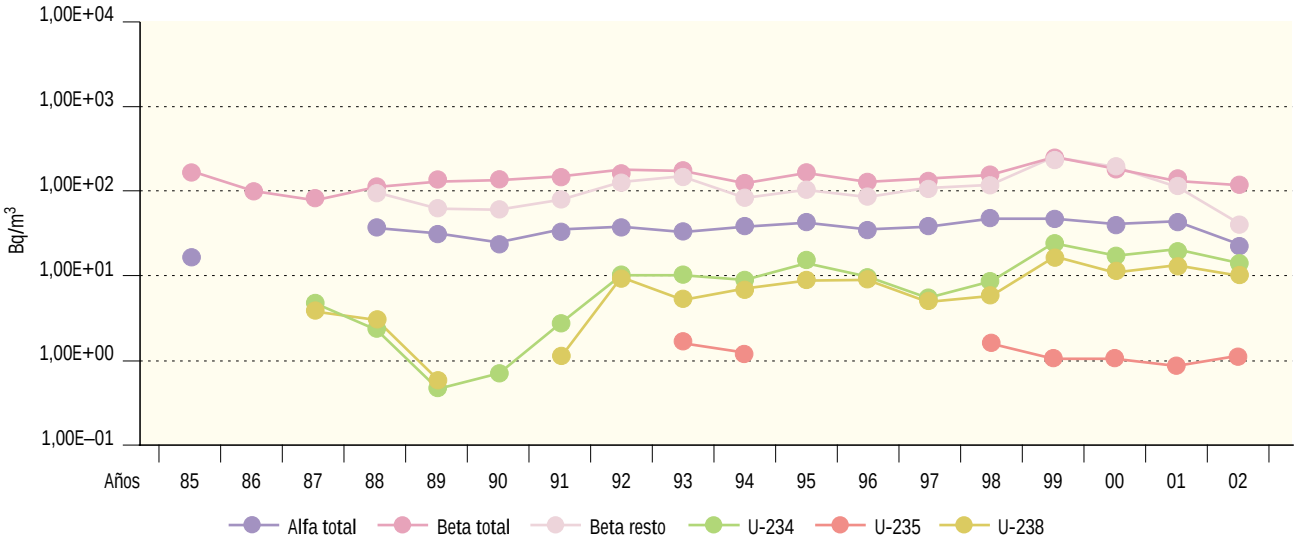
El Cabril

Las muestras de agua se recogen 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. Cada una de ellas, tras sufrir el tratamiento adecuado en cada caso, se mide en un detector de germanio-litio para obtener los valores de concentración de actividad de los isótopos emisores gamma; en un contador proporcional para la determinación de índices de actividad beta total y beta resto; en un detector de centelleo líquido para el análisis de los emisores beta débiles, tritio y carbono-14; y por último, después de realizar los adecuados procesos de separación radioquímica, se determina la actividad del estroncio-90 y adicionalmente, desde 1994, la del yodo-129 y tecnecio-99 en el 10% de las muestras recogidas.

En el año 2002 se obtienen valores de actividad superiores al LID para la determinación de los índices de actividad beta total y beta resto y los isótopos estroncio-90 y tritio, siendo la magnitud de los valores medios y las proporciones de detección similares a anteriores campañas, como puede verse en la figura 2.63. En los análisis de carbono-14, tecnecio-99 y yodo-129, así como en todos los isótopos artificiales de la espectrometría gamma, todos los valores obtenidos han sido inferiores al LID.

Figura 2.61. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

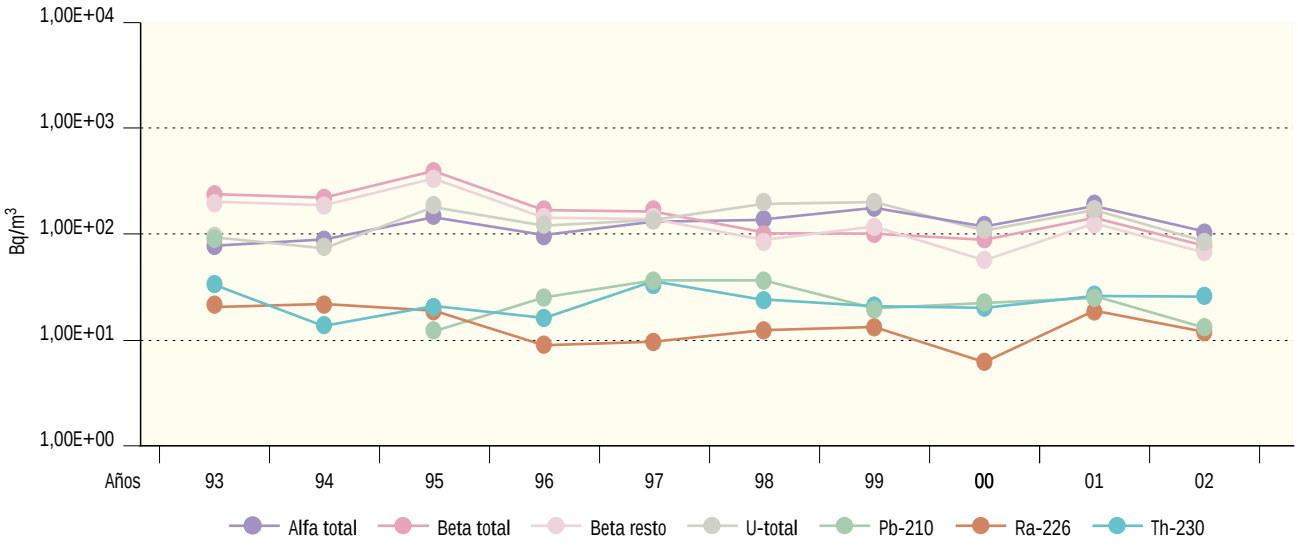
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	2,11E+01	1,17E+02	3,56E+01	1,27E+01	1,02E+00	8,33E+00
Valor máximo	4,97E+01	2,79E+02	1,61E+02	1,70E+01	2,13E+00	9,70E+00
Valor mínimo	1,25E+01	3,20E+01	1,99E+01	7,80E+00	4,58E-01	6,10E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0

Figura 2.62. Quercus. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m^3)

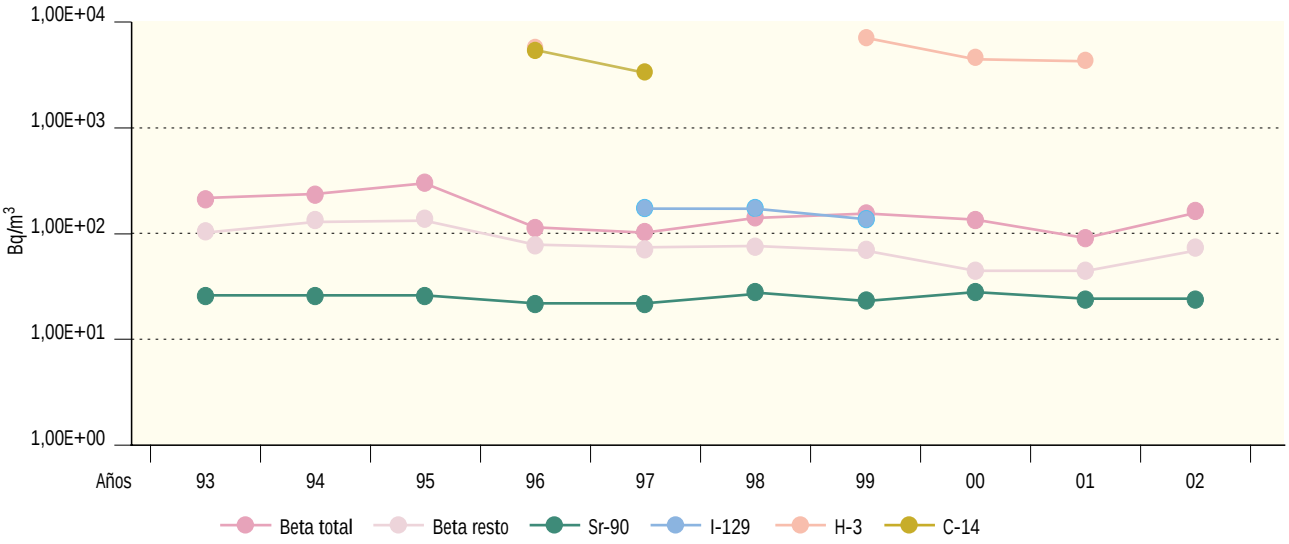
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	9,84E+01	7,57E+01	6,49E+01	7,89E+01	1,39E+01	1,23E+01	2,22E+01
Valor máximo	2,92E+02	2,05E+02	1,24E+02	2,71E+02	2,04E+01	3,16E+01	4,19E+01
Valor mínimo	1,48E+01	3,20E+01	3,37E+01	1,14E+01	9,01E+00	4,16E+00	1,20E+01
Nº total de análisis	86	30	30	86	16	86	30
Nº de análisis > LID	58	29	3	57	16	40	23
Nº de análisis < LID	28	1	27	29	0	46	7

Figura 2.63. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Beta total	Beta resto	Sr-90	I-129	H-3	C-14	Tc-99
Valor medio	1,39E+02	7,62E+01	2,03E+01				
Valor máximo	2,58E+02	1,03E+02	2,15E+01				
Valor mínimo	5,70E+01	4,93E+01	1,91E+01				
Nº total de análisis	22	22	22	8	22	22	8
Nº de análisis > LID	20	2	3	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	2	20	19	8	22	22	8

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 2.64, en la que no se representan los resultados de las muestras de la fuente, el valor medio obtenido en 2002 para la determinación del índice de actividad alfa total es algo inferior al obtenido en los últimos años. Sufren un ligero incremento respecto a los obtenidos en la última campaña los valores medios obtenidos para los isótopos uranio-234 y uranio-238, pero siempre dentro del rango de variación de anteriores campañas. Se obtienen valores de actividad para el uranio-235, que aparece esporádicamente a lo largo de todo el PVRA, similares a los de otros años. Ninguno de los valores obtenidos supera los del Real Decreto 140/2003 relativo a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, ni los de la guía 7.7 del CSN, "Control radiológico del agua de bebida". En cuanto a la fuente vigilada, cuyas aguas se utilizan a veces con fines medicinales, si bien presenta en 2002 valores del índice de actividad alfa total que superan el nivel de investigación establecido en la guía 7.7 del CSN, los resultados de los análisis isotópicos del uranio la condicionan a la fase de no actuación. Los valores obtenidos son similares a los de otras campañas anteriores.

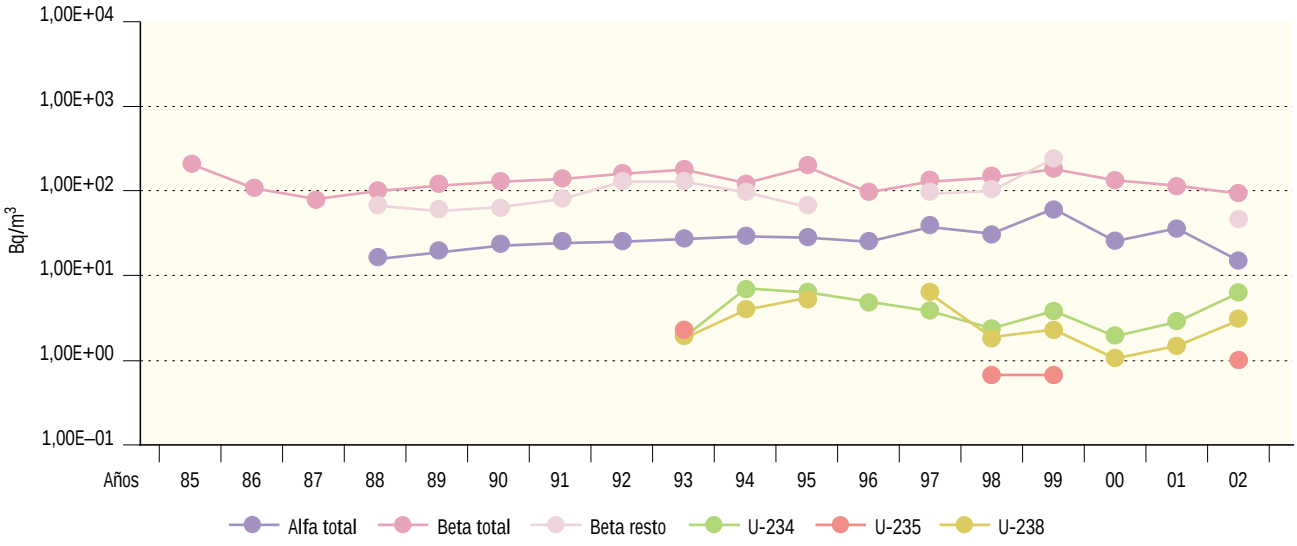
Planta Quercus

Se recogen muestras de fuentes de cinco poblaciones situadas en un radio de 10 km alrededor de la instalación y de la red de abastecimiento público de una de ellas que suministra aguas del río Águeda. Aunque mediante estudios hidrogeológicos se ha comprobado que las aguas de estos abastecimientos no tienen conexión con las explotaciones mineras de la planta se incluyen para determinar el fondo radiactivo de la zona. En cada uno de los puntos se recoge una muestra simple con una frecuencia mensual componiéndose una muestra semestral, en la que se determina el índice de actividad alfa total, uranio natural, torio-230, radio-226 y plomo-210.

Se obtienen valores de actividad por encima del LID para todas las determinaciones. Como se ve en la figura 2.65 los valores medios anuales de la determinación del índice de actividad alfa total, plomo-210, torio-230 y radio-226 presentan ligeros descensos respecto al año anterior, que en el caso de este último isótopo confirma, además, una tendencia de los últimos años. El valor medio para el uranio total es muy similar al de otros años. Como ocurrió en campañas anteriores, algunos de los valores medidos para el índice de actividad alfa total superan el del Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad de las aguas de consumo humano, así como el nivel de investigación establecido en la guía 7.7 del CSN. No obstante, ninguno de los radionucleidos medidos supera el nivel de investigación de esta guía, con la excepción de algunos de los valores de plomo-210, aunque ninguno de ellos alcanzó el nivel de notificación de la misma ni el valor establecido como concentración de referencia en la Recomendación de la Comisión relativa a la protección de la población contra la exposición al radón en el agua potable.

Figura 2.64. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

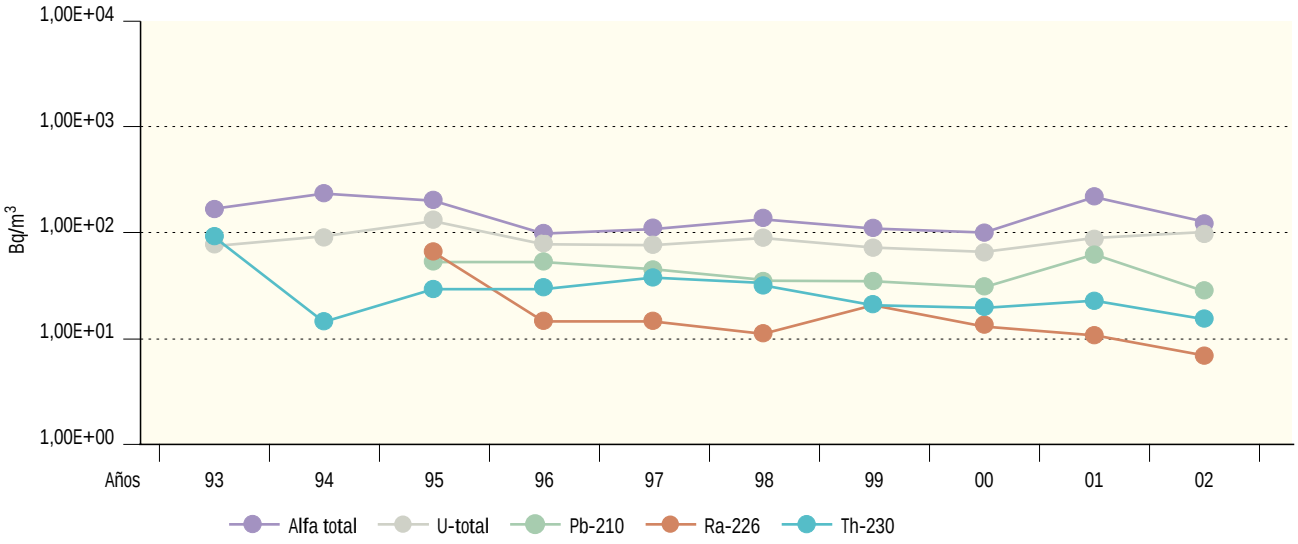
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,94E+01	9,17E+01	5,20E+01	7,05E+00	1,00E+00	4,25E+00
Valor máximo	6,75E+01	2,38E+02	1,58E+02	8,30E+00	1,34E+00	5,60E+00
Valor mínimo	1,26E+01	4,13E+01	1,99E+01	5,80E+00	6,60E-01	2,90E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0

Figura 2.65. Quercus. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m^3)

Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	1,21E+02	1,04E+02	2,98E+01	7,82E+00	1,56E+01
Valor máximo	3,27E+02	2,32E+02	7,61E+01	1,15E+01	2,13E+01
Valor mínimo	2,25E+01	2,09E+01	8,33E+00	6,07E+00	4,25E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	8	8	11	9	7
Nº de análisis < LID	4	4	1	3	5

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 habitualmente del 100%. Como se ve en la figura 2.66, en la campaña de 2002 se aprecia un ligero incremento con relación al año anterior en el valor medio obtenido en la determinación del índice de actividad alfa total, si bien, dentro del rango de valores obtenidos anteriormente. El valor medio para la determinación de uranio-235 es el valor más alto de todo el PVRA. Los valores obtenidos para el uranio-234 y 238 son similares a los de años anteriores.

Planta Quercus

Las muestras se recogen en 10 puntos, nueve de los cuales coinciden con las localizaciones donde se toma agua superficial. Cinco puntos se consideran como testigos por estar situados aguas arriba del vertido de la instalación o en otro río o arroyos de manera que no se ven afectados por las descargas de la misma. Las muestras se toman con frecuencia semestral. En cada muestra se realiza una determinación de los índices de actividad alfa total y beta total, uranio natural, torio-230, radio-226 y plomo-210.

En 2002 los porcentajes de valores superiores al LID están próximos al 100% en las determinaciones del índice de actividad alfa y beta total y uranio natural, y del 63% y el 79% en las determinaciones de radio-226 y plomo-210, respectivamente. No se detectan valores de actividad por encima del LID de torio-230. Como se ve en la figura 2.67 los valores medios obtenidos en 2002 en todas las determinaciones realizadas son similares a los de las últimas campañas. En los valores obtenidos en cada estación de muestreo se observan diferencias entre los de las estaciones testigo y los de las estaciones situadas aguas abajo del vertido de los efluentes de la instalación, siendo más altos los valores obtenidos aguas abajo fundamentalmente en el punto situado en las inmediaciones del vertido, aunque en los puntos de muestreo más alejados a lo largo del río los valores vuelven a ser similares a los de las estaciones testigo.

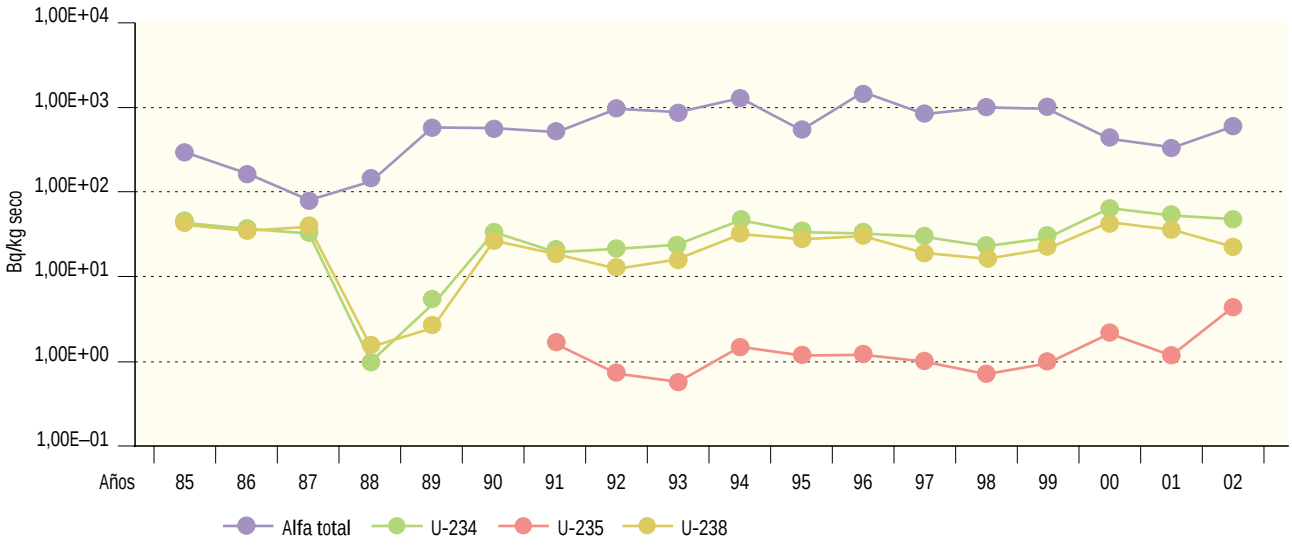
El Cabril

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

El porcentaje de valores superiores al LID para la determinación del índice de actividad beta total es siempre del 100%, manteniéndose los valores medios muy estables a lo largo de las diferentes campañas, como puede verse en la figura 2.68. En la espectrometría gamma los valores de los isótopos de origen artificial son en todas las campañas inferiores al LID, excepto en el caso del cesio-137 que se ha detectado en 2002 en el 83% de las muestras, siendo el valor medio obtenido similar al obtenido en las anteriores campañas. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en los mismos.

Figura 2.66. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

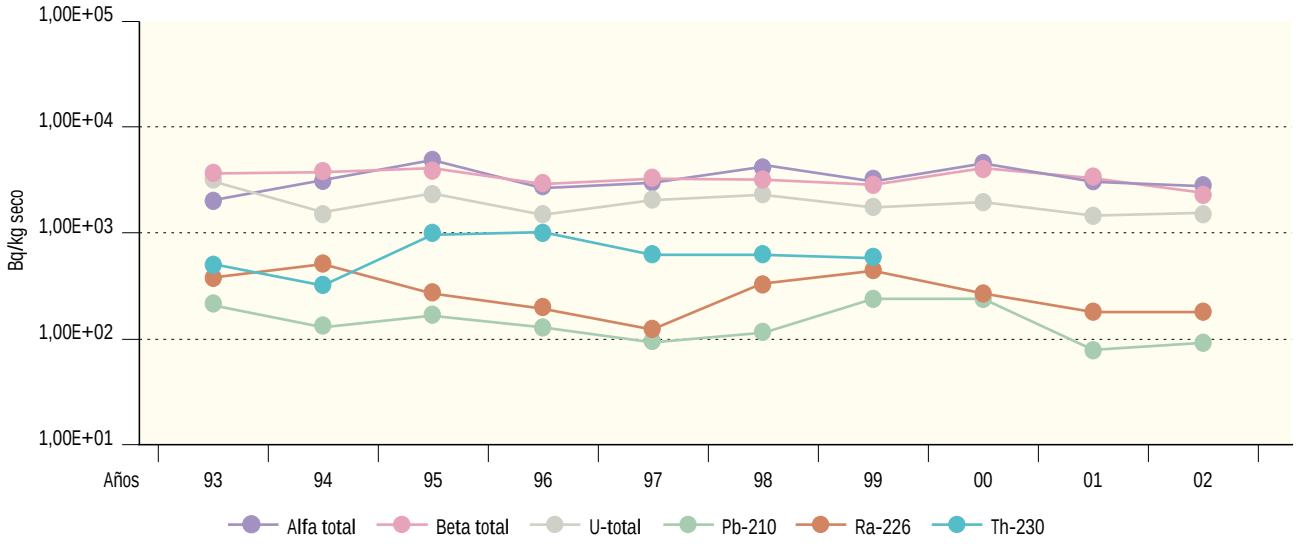
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,95E+02	3,89E+01	4,05E+00	2,59E+01
Valor máximo	1,30E+03	1,20E+02	1,20E+01	7,50E+01
Valor mínimo	8,46E+01	2,40E+00	2,64E-01	1,60E+00
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.67. Quercus. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

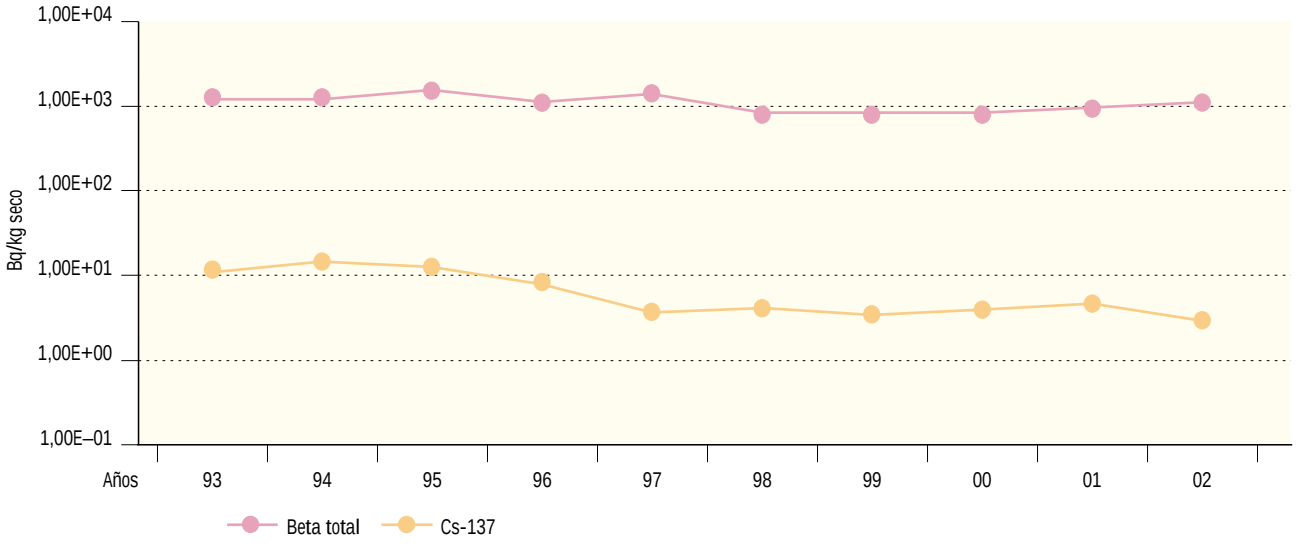
Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Alfa total	Beta total	U- total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	3,33E+03	2,51E+03	1,84E+03	9,38E+01	1,77E+02	
Valor máximo	1,40E+04	8,91E+03	8,55E+03	2,00E+02	5,32E+02	
Valor mínimo	1,57E+02	3,90E+02	1,26E+01	1,32E+01	1,94E+01	
Nº total de análisis	19	19	19	19	19	19
Nº de análisis > LID	18	19	19	15	12	0
Nº de análisis < LID	1	0	0	4	7	19

Figura 2.68. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 2002	Beta total	Cs-137
Valor medio	1,17E+03	3,56E+00
Valor máximo	1,58E+03	9,56E+00
Valor mínimo	9,59E+02	1,23E+00
Nº total de análisis	6	6
Nº de análisis > LID	6	5
Nº de análisis < LID	0	1

3. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en desmantelamiento y/o clausura

En la actualidad se encuentran en situación de desmantelamiento y/o clausura algunas de las instalaciones del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), la central nuclear Vandellós I y la Planta Lobo-G.

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

La información que a continuación se facilita se presenta agrupada para cada una de las instalaciones, proporcionando las características del PVRA que desarrollan y los resultados obtenidos en la campaña del 2002.

3.1. Ciemat

3.1.1. Características de la instalación

Este centro de investigación dispone de una autorización como instalación nuclear única incluyendo bajo esta clasificación dos grupos diferenciados: un grupo de dieciocho instalaciones radiactivas operativas y un grupo de seis instalaciones, cuatro nucleares y dos radiactivas, no operativas en fase de clausura.

3.1.2. Características y resultados del PVRA

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

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

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2002.

Figura 2.69. Ciemat. Muestras de aire y suelo

Campaña 2002

Aire

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: semanal continuo y tritio mensual continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, α total, I-131 (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral compuesta) y H-3 (mensual)

Suelo

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	6,82E-04	52	0
α total	6,44E-05	46	6
I-131	<LID	0	52
Tritio	<LID	0	11
Sr-90	3,96E-06	1	3
Espectrometría γ	<LID	0	4

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	8,26E-01	1	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,28E+01	1	0

Figura 2.70. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2002

Sedimentos de fondo

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

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 5 (número de muestras variable en función de la disponibilidad)
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	2,25E+00	4	1
Espectrometría γ			
Cs-137	1,33E+00	4	1

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Espectrometría γ	<LID	0	21

Figura 2.71. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche
Campaña 2002

Agua superficial

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia muestreo: mensual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, β resto y α total (mensual),
  Sr-90, espectrometría γ y H-3 (trimestral compuesta),
  I-131 (trimestral individual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	3,66E+02	71	1
β resto	9,30E+01	4	68
α total	7,62E+01	72	0
Tritio	5,59E+03	2	22
I-131	1,98E+02	5	1
Sr-90	2,59E+01	1	23
Espectrometría γ	<LID	0	24

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	4
Sr-90	3,04E+01	8	0
Espectrometría γ	<LID	0	8

Figura 2.72. Ciemat. Muestras de vegetales
Campaña 2002

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	4
Sr-90	1,87E-01	8	0
Espectrometría γ	<LID	0	8

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	2,56E-01	12	1
Espectrometría γ	<LID	0	13

Figura 2.73. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos
Campaña 2002

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	<LID	0	2

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. Características y resultados del PVRA

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

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

Para el establecimiento del Plan de Vigilancia y Mantenimiento se han tenido en cuenta las características del emplazamiento y la normativa internacional aplicable como *Guidance for UMTRA Project Surveillance and 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 Tailingd Piles, NUREG/CR-4504, March 1986.

La vigilancia actual se lleva a cabo sobre muestras de aguas subterráneas, procedentes de pozos y sondeos, agua superficial y flujo de radón en la superficie del dique.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2002.

Figura 2.74. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial y de pozo
Campaña 2002

Agua superficial

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	3,74E+02	9	0
β resto	2,09E+02	2	7
α total	4,88E+02	9	0
Pb-210	<LID	0	9
Ra-226	5,14E+00	8	1
Th-230	3,19E+01	9	0
U-total	2,98E+02	9	0
Espectrometría α			
U-234	1,47E+02	9	0
U-235	8,41E+00	9	0
U-238	1,37E+02	9	0

Agua de pozo

- Número de estaciones: 9 (un punto es agua de manantial)
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230,Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,54E+03	34	0
β resto	1,34E+03	14	20
α total	3,68E+03	34	0
Pb-210	5,83E+00	7	27
Ra-226	6,04E+00	33	1
Th-230	1,15E+02	34	0
U-total	3,35E+03	34	0
Espectrometría α			
U-234	1,86E+03	34	0
U-235	1,03E+02	33	1
U-238	1,82E+03	34	0

Figura 2.75. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón
Campaña 2002

Exhalación de radón

Campaña flash

- Número de puntos: 91 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	1,04E+02	91	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.

3.3.2. Características y resultados del PVRA

El cambio de titularidad tiene repercusiones importantes en el PVRA. Formalmente se produce la entrada en vigor del Programa de Vigilancia propuesto por Enresa para la fase de desmantelamiento y clausura. Sin embargo la implantación de dicho programa se realiza de forma progresiva, al estar en marcha desde principios de enero, el PVRA que ya había sido autorizado a Hifrensa para el año 1998.

Entre las adaptaciones del programa cabe citar su ajuste a la actividad isotópica prevista en efluentes como resultado de las tareas de desmantelamiento, la reducción del área de vigilancia a un radio de 10 km, intensificándose los controles ambientales sobre zonas más cercanas a aquellas en que tienen lugar las actividades de desmantelamiento, y cambios tanto en el número de estaciones como en la frecuencia de muestreo y análisis, que se fueron incorporado progresivamente a lo largo del año 1998.

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2002.

Figura 2.76. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa

Campaña 2002

Aire

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia muestreo: partículas de polvo semanal continuo, H-3 continuo durante un mes al semestre 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 (semestral) y C-14 (anual)

Radiación directa

- Número de estaciones: 7
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	5,42E-04	310	0
C-14	8,32E-02	3	3
Tritio	4,59E-02	6	6
Sr-90	3,48E-06	1	23
Espectrometría γ	<LID	0	24

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	6,84E-01	44	0

Figura 2.77. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo y agua de lluvia

Campaña 2002

Suelo

- Número de estaciones: 7
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Sr-90 (anual)

Agua de lluvia

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia de muestreo: mensual y bimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, H-3, y Sr-90 (bimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	4,69E+00	7	0
Espectrometría γ			
Cs-137	5,23E+00	7	0

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
H-3	<LID	0	24
Sr-90	<LID	0	24
Espectrometría γ	<LID	0	24

Figura 2.78. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Campaña 2002

Agua de mar

- Número de estaciones: 5 y 7 (en profundidad)
- Frecuencia de muestreo: mensual y semestral (agua en profundidad)
- Tipo de análisis (frecuencia): β total, β resto, H-3 y espectrometría γ (mensual) y en muestras de agua en profundidad (semestral)

* Los resultados indicados entre paréntesis corresponden a muestras de agua en profundidad

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,63E+04	97	0
β resto	<LID	0	97
Tritio	4,79E+04	1	96
Sr-90	(2,31E+01)	1	13
Pu-238	(<LID)	0	14
Am-241	(<LID)	0	14
Espectrometría γ			
Cs-137	2,58E+01	3	94

Sedimentos de orilla (arena de playa)

- Número de estaciones: 5
- 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	2,20E+00	3	2
Pu-238	2,19E-03	2	3
Am-241	2,53E-03	0	5
Espectrometría γ			
Cs-137	6,03E-01	1	4

Figura 2.79. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Campaña 2002

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 7
- 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	1,53E+00	7	7
Pu-238	9,29E-03	7	7
Am-241	1,01E-02	10	4
Espectrometría γ			
Cs-137	3,44E+00	11	3
Co-58	1,75E-01	1	13
Co-60	2,01E-01	1	13
Mn-54	1,95E-01	2	12

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 7
- 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	1,83E-01	14	0
Pu-238	1,87E-03	6	8
Am-241	2,06E-03	8	6
Espectrometría γ			
Cs-137	1,69E-01	4	10
Co-60	1,01E-01	3	11

Figura 2.80. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces
Campaña 2002

Mariscos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	6,70E-02	11	1
Pu-238	<LID	12	0
Am-241	5,08E-04	1	11
Espectrometría γ			
Co-60	3,01E-01	1	12
Cs-137	1,46E-01	2	10

Peces

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia muestreo: trimestral (a partir del segundo trimestre)
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,085E-01	2	10
Pu-238	<LID	0	12
Am-241	6,79E-04	3	9
Espectrometría γ			
Cs-137	1,37E-01	7	5

Figura 2.81. Central nuclear Vandellós I. Muestras de vegetales
Campaña 2002

Hoja no ancha

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia):
  espectrometría γ y Sr-90 (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	3,13E-01	6	0
Espectrometría γ	<LID	0	6

3.4. Planta Lobo G

3.4.1. Características de la instalación

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

- Inicio de la operación:
  21 de abril de 1977.

- Parada de la operación:
  En marzo de 1991 Enusa comunicó la parada definitiva.

- Cierre y desmantelamiento:
  Por Orden Ministerial de 15 de noviembre de 1995 se autoriza a Enusa a desarrollar las actividades de desmantelamiento y clausura del dique de estériles que finalizaron en junio de 1997. Mediante Resolución de la Dirección General de la Energía de 30 de enero de 1998, obtuvo aprobación del Programa de Vigilancia y Control para el Periodo de Cumplimiento. En abril de 2002 fue presentada la documentación para la solicitud de concesión de Declaración de Clausura del emplazamiento restaurado de la planta Lobo-G. En junio de 2003 la Dirección General de Política Energética y Minas denegó dicha concesión y prorrogó el Periodo de Cumplimiento hasta junio de 2004.

3.4.2. Características y resultados del PVRA

La vigilancia establecida para el periodo de cumplimiento se lleva a cabo sobre el aire, radiación directa, radón, agua superficial y subterránea. En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante las campañas del año 2002.

Figura 2.82. Planta Lobo-G. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2002

Aire

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia de muestreo: partículas de polvo mensual continuo
- Tipo de análisis (frecuencia):
  α total (mensual), U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral-compuesta)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	8,33E-05	12	0
U-natural	1,66E-05	1	3
Th-230	5,42E-05	3	1
Ra-226	1,21E-05	2	2
Pb-210	4,69E-04	4	0

Radiación directa

- Número de estaciones: 12 (2 cristales por punto)
- 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	1,87E+00	47	0

Figura 2.83. Planta Lobo-G. Muestras de radón

Campaña 2002

Radón (muestreo pasivo)

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Radón	3,06E+01	14	0

Figura 2.84. Planta Lobo-G. Muestras de agua superficial y subterránea

Campaña 2002

Agua superficial

- Número de estaciones: 8 (4 ríos y 4 arroyos)
- 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	1,69E+02	19	5
β total	2,53E+02	24	0
U-natural	1,32E+02	21	3
Th-230	1,92E+01	24	0
Ra-226	1,59E+01	14	10
Pb-210	2,52E+01	24	0

Agua subterránea

- Número de estaciones: 5
- 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	8,68E+02	13	7
β total	3,72E+02	17	3
U-natural	3,99E+02	17	3
Th-230	3,06E+01	19	0
Ra-226	2,22E+01	17	3
Pb-210	4,33E+01	20	0

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. Y 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	UMD	Diciembre 1991
	Ciemat. Laboratorio de radiactividad ambiental	CIE	Septiembre 2000
País Vasco	Universidad del País Vasco (Bilbao). Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. E. T. S. Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	UPV	Diciembre 1991
Valencia	Universidad de Valencia. Edificio de Investigación. Laboratorio de Radiactividad Ambiental	UVC	Junio 1991
	Universidad Politécnica de Valencia. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Servicio de Radiaciones. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear	UVP	Diciembre 1991
Castilla-La Mancha	Universidad de Castilla-La Mancha (Ciudad Real). Centro de Instrumentación Científica, Análisis y Tecnología	UCM	Diciembre 1996
Galicia	Universidad de La Coruña (Ferrol). Departamento de Química Analítica. Escuela Universitaria Politécnica	UCF	Diciembre 1996
Asturias	Universidad de Asturias. (Oviedo) Laboratorio de Energía Nuclear. E. T. S. Ingenieros de Minas	UOV	Diciembre 1996
Aragón	Universidad de Zaragoza. Departamento de Física Teórica. Facultad de Ciencias	UZA	Diciembre 1996
Cataluña	Universidad Politécnica de Cataluña (Barcelona). Instituto de Técnicas Energéticas	UPC	Marzo 2000

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

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

En al tabla 3.2 se incluye un resumen de los programas de vigilancia de las redes densa y espaciada en el año 2002. 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. En el caso de las medidas de espectrometría gamma los isótopos sobre los que, como mínimo, se debe suministrar información son:

Figura 3.1. Red de estaciones de muestreo (REM): redes densa y espaciada

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. gama) Be-7 (esp. gama)	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. gama)	Mensual Mensual
Dieta tipo	Trimestral			Sr-90 Cs-137 (esp. gama)	Trimestral Trimestral

- 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 se envían al CSN en soporte informático a medida que van estando disponibles. Además, en ambas redes los datos del programa de vigilancia son remitidos al CSN con periodicidad semestral, salvo que se detecten anomalías de las cuales se informa al CSN inmediatamente, en un informe que 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 información anualmente al Congreso de los Diputados y al Senado sobre los valores medios obtenidos en este programa y asimismo remite los datos de esta vigilancia a la UE en cumplimiento del artículo 36 del Tratado de Euratom.

1.1.3. Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el periodo 1993 a 2002 (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 2002, 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 se incluyen sólo las gráficas correspondientes al año 2002, ya que la red sólo ha estado operativa desde el año 2001, representando 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. La representación de los resultados de estos análisis se realiza en gráficas independientes, identificadas únicamente con su número correspondiente.

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 muestreadores de alto flujo cuyo caudal de aspiración se aproxima a 900 m^3/hora, analizándose los filtros cada semana y realizándose medidas largas, durante unas 72 horas.

Índice de actividad alfa total. La proporción de medidas superiores al LID suele estar próxima al 100% en casi todos los laboratorios. Los valores medios obtenidos en cada uno de ellos son bastante estables a lo largo de los años, aunque se observan variaciones entre los distintos puntos de muestreo. Los valores medios del año 2002 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 en el 100% de las muestras y, en el caso de la red espaciada, en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID.

Deposición

Suelo (deposición total)

Índice de actividad beta total. La detección de actividad beta total en muestras de suelo se sitúa próxima al 100% en el conjunto del programa. En el año 2002 se detecta siempre que se mide, siendo los valores en general similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto.

Sr-90. El inventario de isótopos radiactivos artificiales de vida larga procedentes del poso radiactivo, como son estroncio-90 o cesio-137 presentes en el suelo, aún es considerable. En el año 2002, Granada vuelve a presentar el nivel más alto de estroncio-90, como en campañas anteriores, y se registra un valor superior a otras campañas en Badajoz.

Espectrometría gamma (Cs-137). La concentración de cesio-137 en suelo resulta generalmente más elevada en Granada, La Laguna, Ferrol y Oviedo, tendencia que se mantiene en los resultados del año 2002.

Agua

Agua potable

Índice de actividad alfa total. Se detecta actividad alfa total en proporción variable en todos los puntos excepto Badajoz, Cáceres y Ciudad Real en los que hasta ahora no se ha detectado. Se observan variaciones en los valores medios anuales entre los distintos puntos de muestreo, correspondiendo los valores más altos a Baleares y los más bajos a Zaragoza, Salamanca, Bilbao y Madrid-Ciemat. Entre las más de doscientas muestras analizadas, 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) sólo se ha superado en cinco muestras, tres de ellas correspondientes a Baleares y las otras dos a Valencia y La Laguna. En todas ellas los valores obtenidos son muy próximos al límite pero está previsto llevar a cabo determinaciones de la concentración de actividad de diferentes radionucleidos emisores alfa, de acuerdo con las actuaciones establecidas en la Guía de seguridad 7.7. del CSN sobre *Control radiológico del agua de bebida.*

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 2002 similares a los del año anterior en cada punto y destacando con los valores más altos Barcelona y La Laguna. En ninguna muestra se supera el límite establecido para el índice de actividad beta total en el Real Decreto 140/2003 relativo a la Calidad de Agua de consumo humano (1000 Bq/m^3).

Índice de actividad beta resto. Esta medida sólo se determina en el programa de la red espaciada y proporciona los valores de actividad beta, una vez que a la concentración de actividad beta total se le sustrae el aporte correspondiente al potasio-40. Tanto los valores de concentración de actividad como el porcentaje de medidas detectadas son inferiores a los observados para la medida de beta total, siendo en La Laguna donde se observan los valores más altos y la detección en 2002 se presenta en todas las muestras analizadas.

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 la campaña de 2002.

Tritio H-3. Este radionucleido se mide en las muestras correspondientes a la red espaciada y se detectan valores de concentración de actividad de tritio en un porcentaje inferior al 34% de las muestras de Bilbao, La Laguna y Madrid, y en ninguna de ellas en Barcelona y Sevilla. Todos los valores 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 164 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 2002 la proporción de detección ha aumentado, sobre todo en las muestras recogidas en Madrid, pero en todo caso los valores detectados son muy próximos a los correspondientes valores de LID.

Alimentos

Leche

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

Sr-90. La detección de estroncio-90, cuya presencia se atribuye al poso radiactivo, se produce en prácticamente la totalidad de las muestras. Los valores de concentración de actividad se mantienen bastante homogéneos en cada uno de los puntos, destacando Ferrol con valores algo más altos.

Espectrometría gamma (Cs-137). La presencia de este isótopo se asocia también al aporte debido al poso radiactivo y la proporción de muestras que presentan valores de concentración de actividad superiores al LID varía notablemente entre los distintos laboratorios, reflejando en algunos casos diferencias en los procedimientos analíticos utilizados, y en los umbrales de detección alcanzados. Ferrol y Cantabria detectan actividad de cesio-137 casi en todas las muestras, siendo los valores más altos en Ferrol.

Dieta tipo

Sr-90. Se obtienen resultados homogéneos en los cinco laboratorios que realizan estos análisis, con detección de estroncio-90 en la totalidad de las muestras y valores similares entre ellos y a lo largo del año.

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

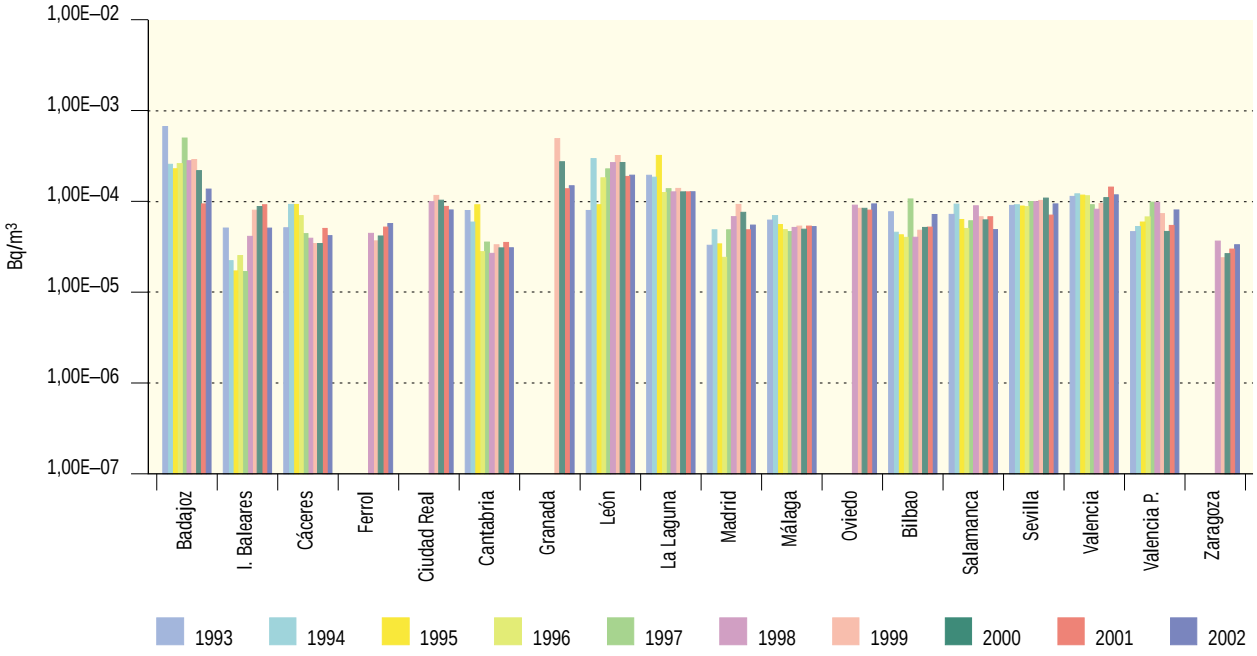
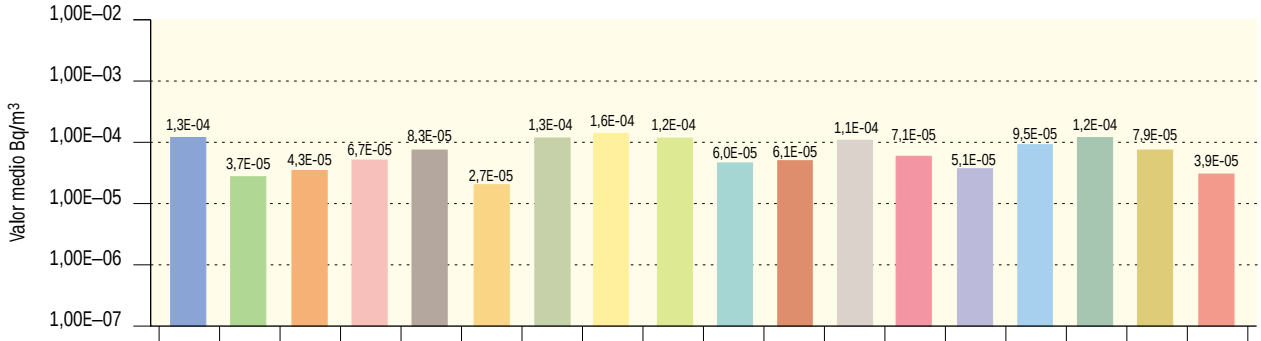


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m^3)

Valores de la campaña de 2002



	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	4,1E-04	7,7E-05	9,2E-05	2,1E-04	2,3E-04	7,1E-05	2,5E-04	3,8E-04	6,9E-04	1,3E-04	1,0E-04	2,5E-04	5,7E-04	1,5E-04	5,8E-04	2,1E-04	5,2E-04	8,4E-05
Valor mínimo	2,7E-05	1,6E-05	5,0E-06	1,4E-05	1,9E-05	9,3E-06	3,4E-05	4,2E-05	1,4E-05	1,8E-05	2,7E-05	4,3E-05	3,2E-05	8,8E-06	1,2E-05	5,0E-05	3,0E-05	1,1E-05
Nº total de análisis	51	52	53	51	52	53	52	44	48	53	52	53	53	52	51	52	52	52
Nº de análisis > LID	50	52	53	45	52	52	51	44	48	49	52	53	53	52	51	52	52	52
Nº de análisis < LID	1	0	0	6	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

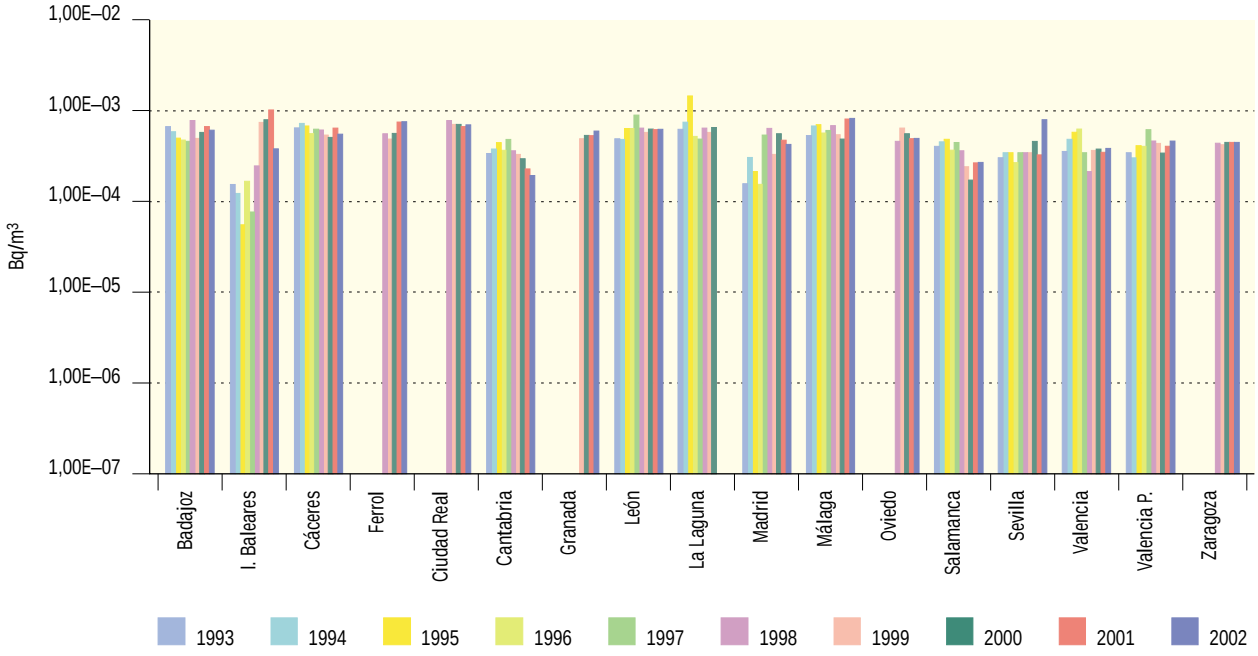
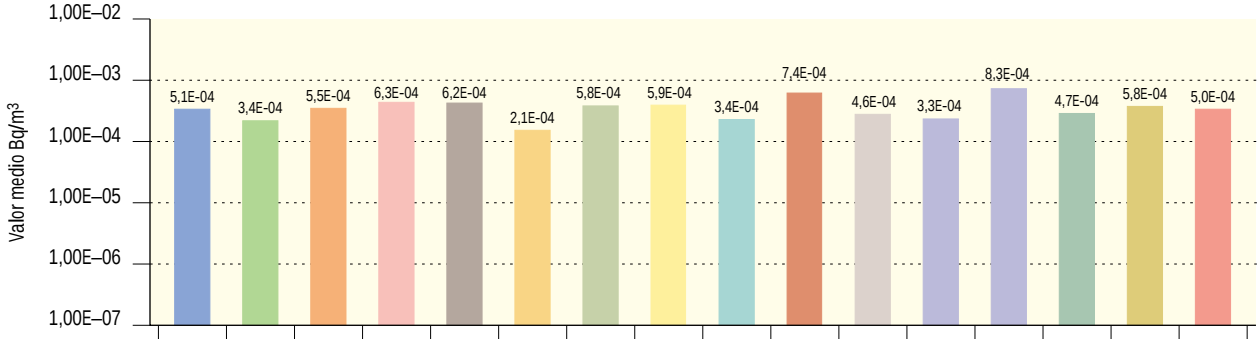


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



	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	1,3E-03	8,9E-04	1,7E-03	1,6 E-03	1,0E-03	5,7E-04	9,5E-04	1,3E-03	6,3E-04	1,5E-03	1,2E-03	6,2E-04	6,5E-03	1,0E-03	1,2E-03	8,5E-04
Valor mínimo	1,3E-04	3,7E-05	1,2E-04	2,2E-04	2,0E-04	3,2E-05	1,5E-04	2,2E-04	1,1E-04	1,9E-04	2,2E-04	9,2E-05	8,7E-05	1,7E-04	1,7E-05	2,8E-04
Nº total de análisis	51	52	53	51	52	53	52	44	53	52	53	52	51	52	52	52
Nº de análisis > LID	51	52	53	51	52	51	52	44	51	52	53	52	51	52	52	52
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

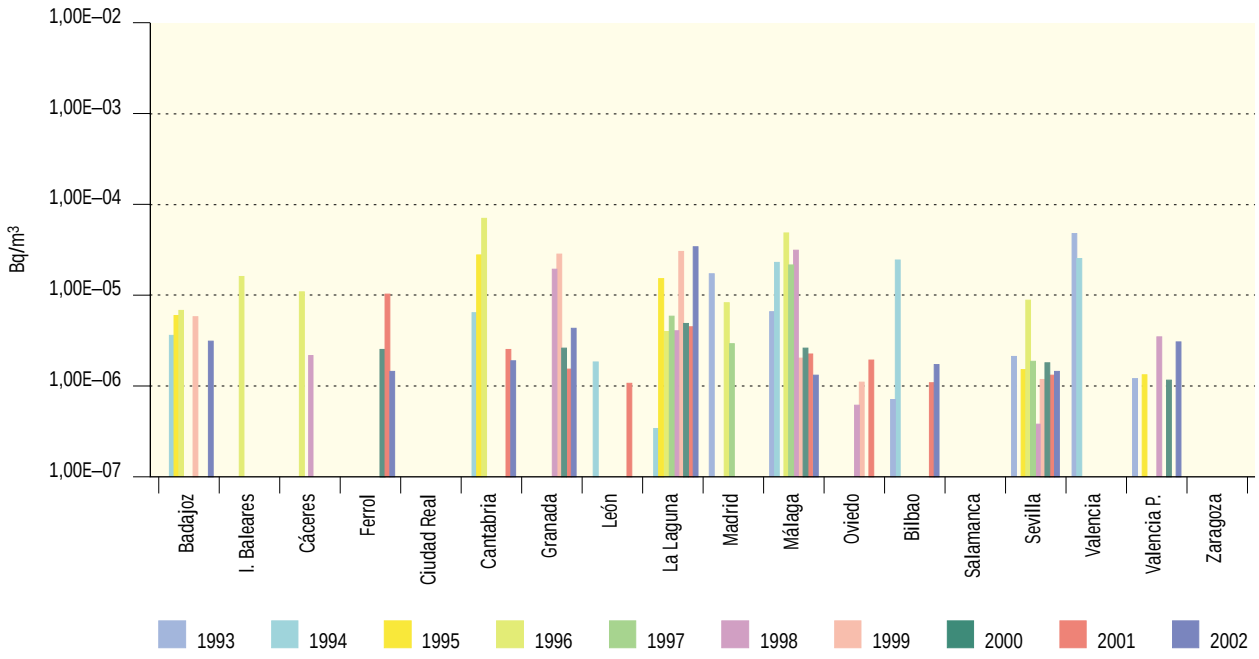
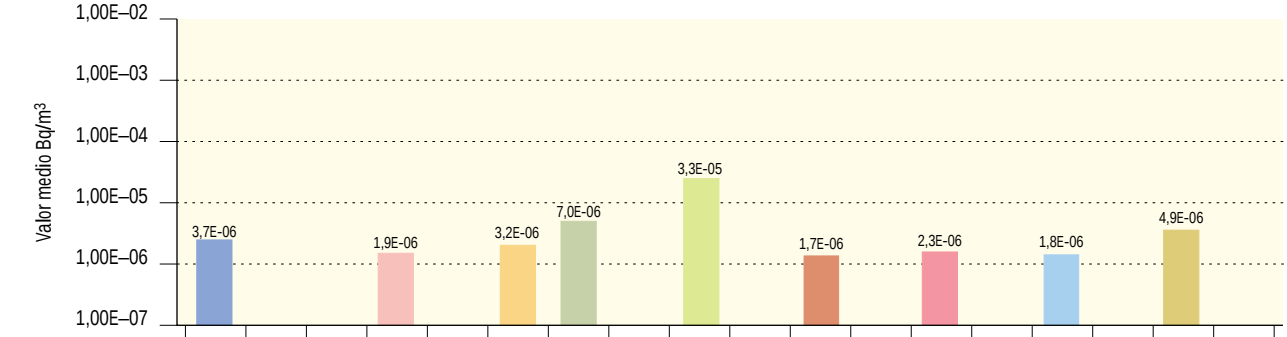


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)

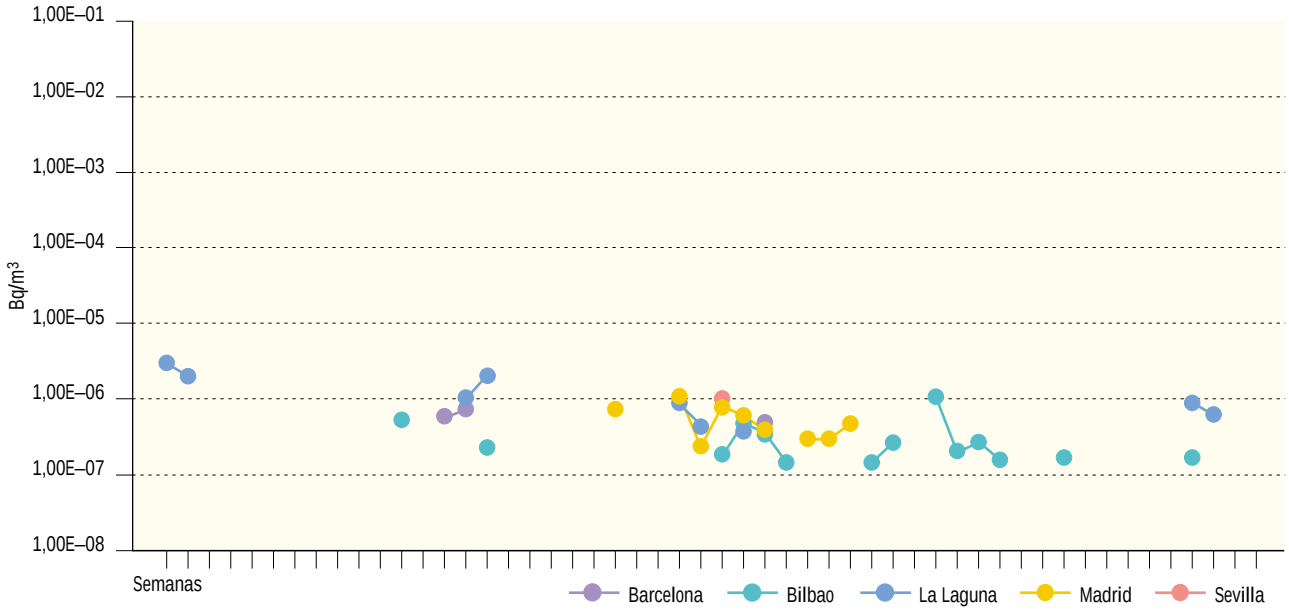
Valores de la campaña de 2002



	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-06			1,9E-06		4,1E-06	1,9E-05		1,1E-04		2,5E-06		4,4E-06		2,5E-06		9,9E-06	
Valor mínimo	3,2E-06			1,9E-06		2,6E-06	1,0E-06		2,1E-06		8,5E-07		9,2E-07		9,8E-07		2,5E-06	
Nº total de análisis	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	3	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	2	0	0	1	0	3	4	0	4	0	2	0	3	0	2	0	4	0
Nº de análisis < LID	2	4	5	3	4	2	1	4	0	4	2	5	2	3	2	4	0	4

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

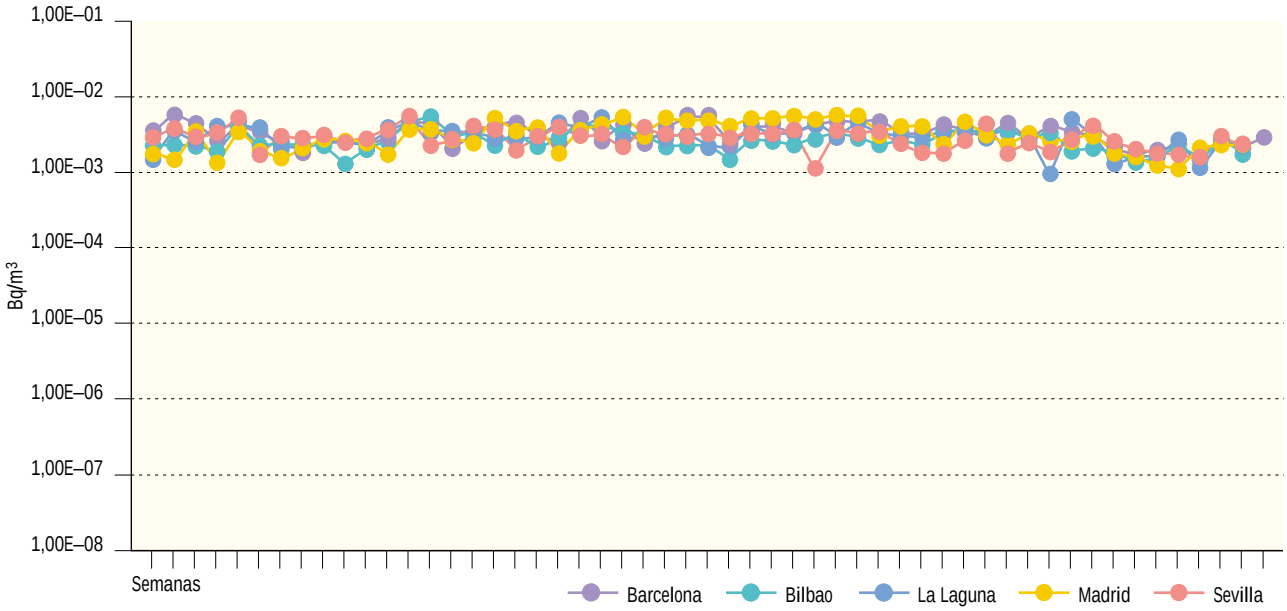
Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	5,70E-07	3,29E-07	1,33E-06	5,28E-07	9,50E-07
Valor máximo	7,40E-07	1,02E-06	2,76E-06	9,40E-07	9,50E-07
Valor mínimo	4,20E-07	1,60E-07	4,40E-07	2,60E-07	9,50E-07
LID máximo	3,64E-06	3,50E-07	4,06E-06	6,60E-07	3,50E-06
LID mínimo	2,40E-07	1,20E-07	3,50E-07	1,80E-07	3,60E-07
Nº total de análisis	53	52	52	52	52
Nº de análisis > LID	5	14	8	9	1
Nº de análisis > LID	48	38	44	43	51

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

Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,30E-03	2,54E-03	2,97E-03	3,10E-03	2,88E-03
Valor máximo	5,14E-03	5,17E-03	5,02E-03	5,56E-03	5,03E-03
Valor mínimo	1,47E-03	1,24E-03	7,88E-04	1,08E-03	1,00E-03
LID máximo	4,28E-05	6,64E-06	1,77E-05	5,19E-06	3,50E-05
LID mínimo	2,29E-06	1,81E-06	3,36E-06	1,42E-06	4,80E-06
Nº total de análisis	53	52	52	52	52
Nº de análisis > LID	53	52	50	52	52
Nº de análisis > LID	0	0	2	0	0

Figura 3.7a. Suelo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

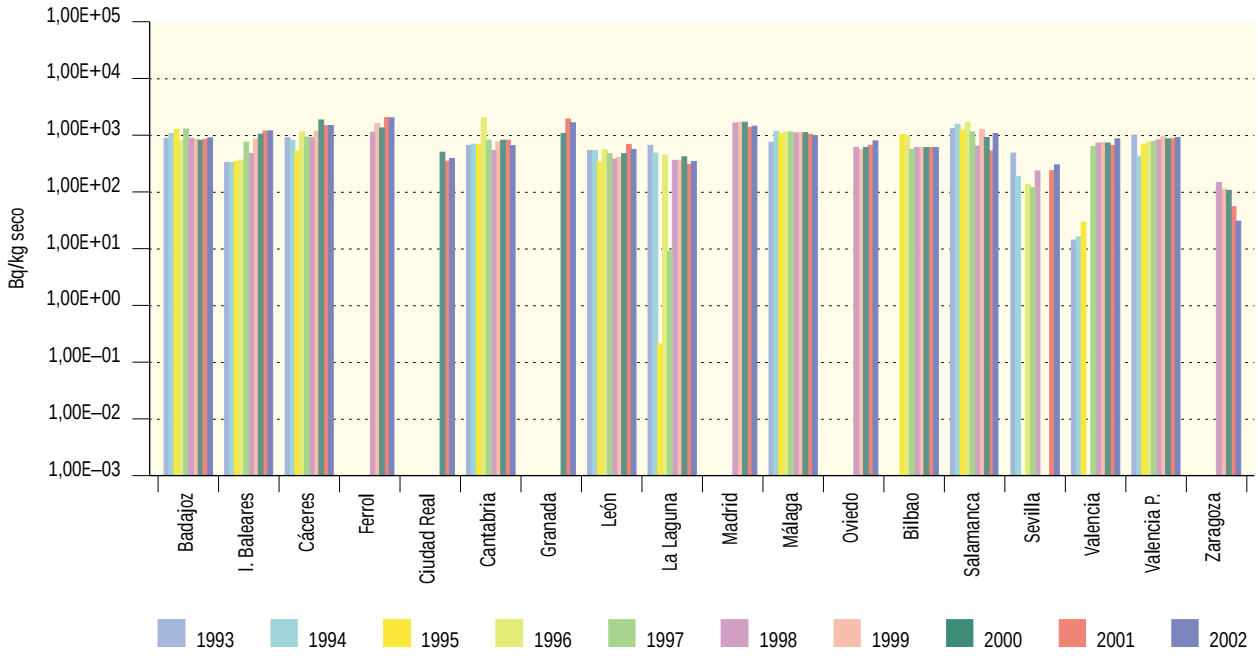
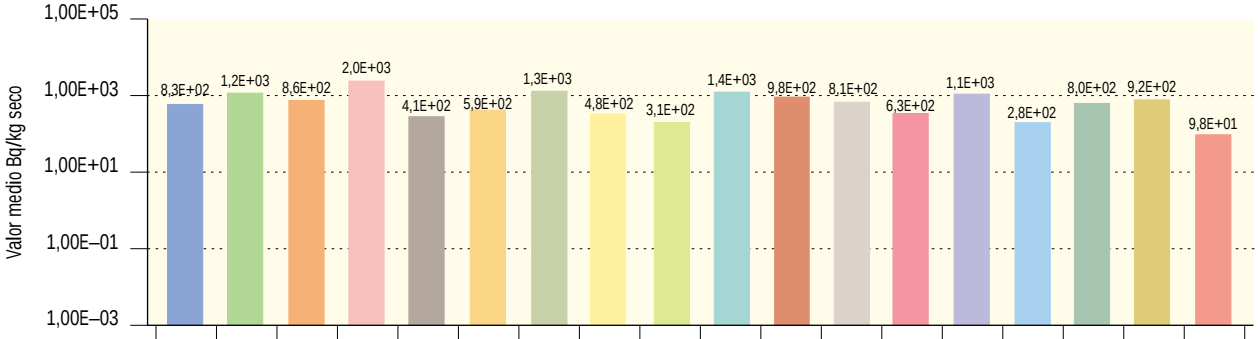


Figura 3.7b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



	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	8,3E+02	1,2E+03	8,6E+02	2,0E+03	4,1E+02	5,9E+02	1,3E+03	4,8E+02	3,1E+02	1,4E+03	9,8E+02	8,1E+02	6,3E+02	1,1E+03	2,8E+02	9,6E+02	9,2E+02	9,8E+01
Valor mínimo	8,3E+02	1,2E+03	8,6E+02	2,0E+03	4,1E+02	5,9E+02	1,3E+03	4,8E+02	3,1E+02	1,4E+03	9,8E+02	8,1E+02	6,3E+02	1,1E+03	2,8E+02	6,4E+02	9,2E+02	9,8E+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	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

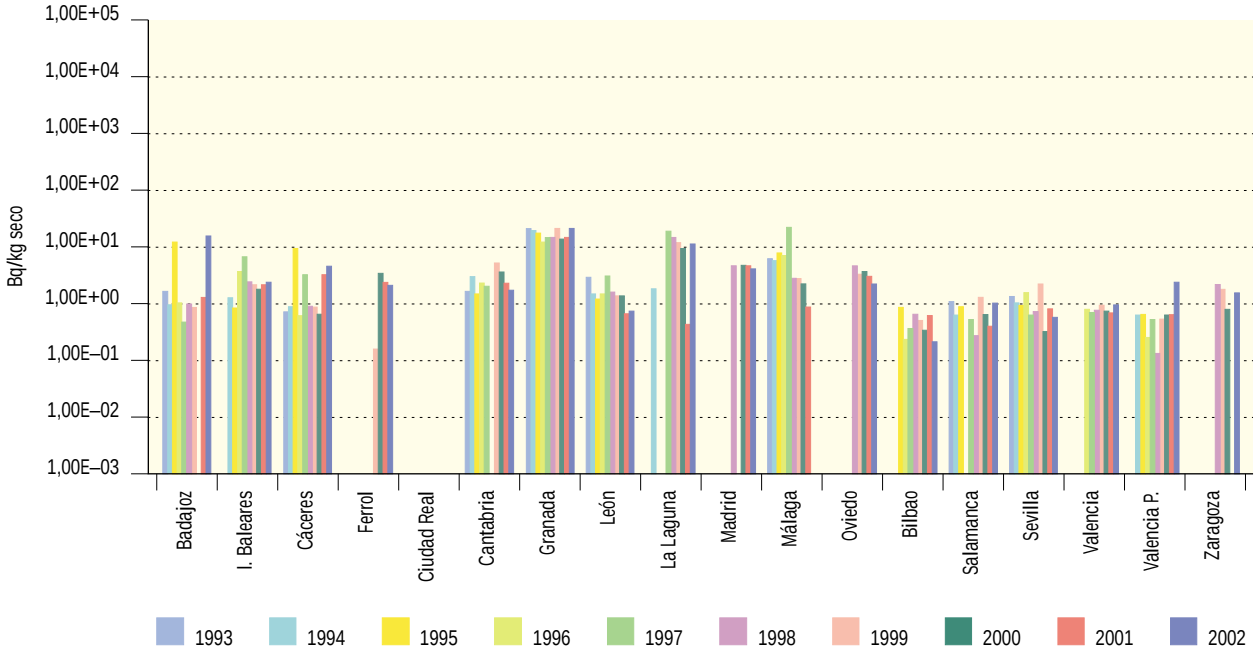
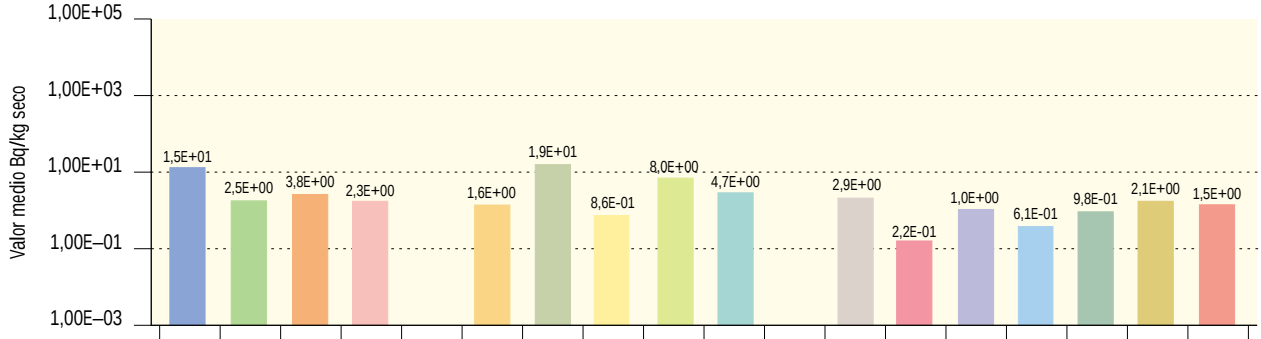


Figura 3.8b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2002



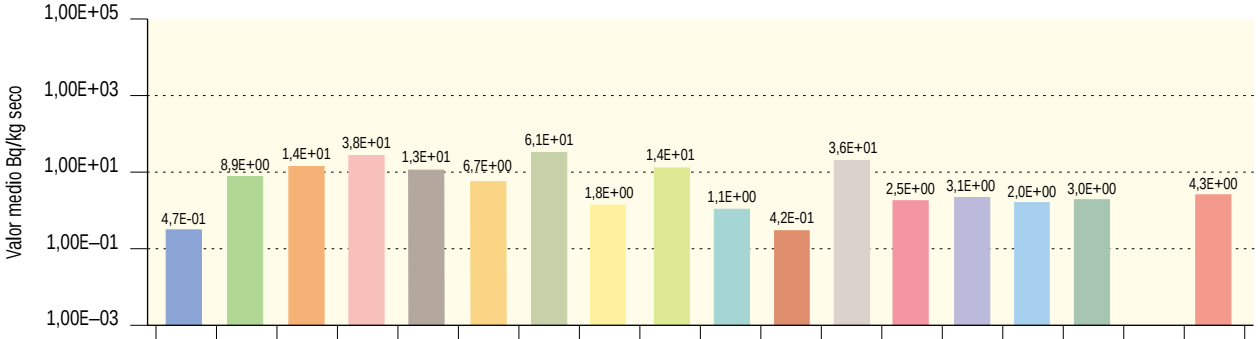
	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	Bilbao	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	1,5E+01	2,5E+00	3,8E+00	2,3E+00		1,6E+00	1,9E+01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

Figura 3.9a. Suelo

Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

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

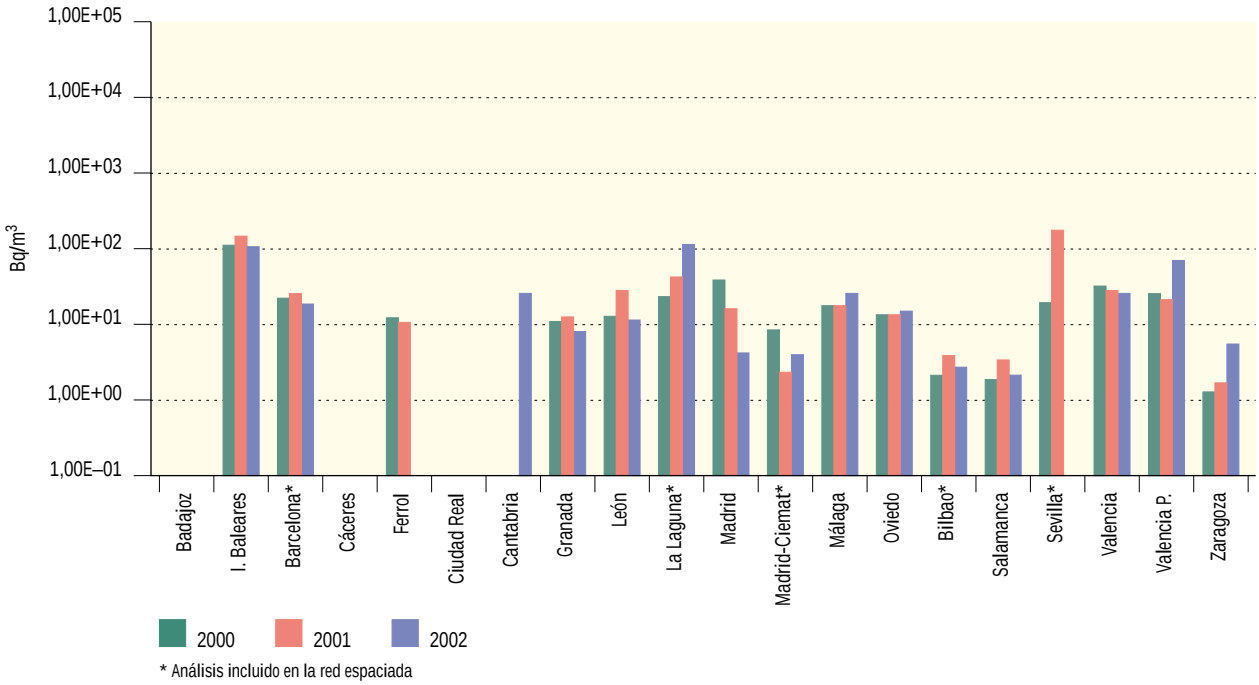
Valores de la campaña de 2002



	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-01	8,9E+00	1,4E+01	3,8E+01	1,3E+01	6,7E+00	6,1E+01	1,8E+00	1,3E+01	1,1E+00	4,2E-01	3,6E+01	2,5E+00	3,1E+00	2,0E+00	4,6E+00		4,3E+00
Valor mínimo	4,7E-01	8,9E+00	1,4E+01	3,8E+01	1,3E+01	6,7E+00	6,1E+01	1,8E+00	1,3E+01	1,1E+00	4,2E-01	3,6E+01	2,5E+00	3,1E+00	2,0E+00	1,3E+00		4,3E+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	1	1	2	0	1
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Figura 3.10a. Agua potable

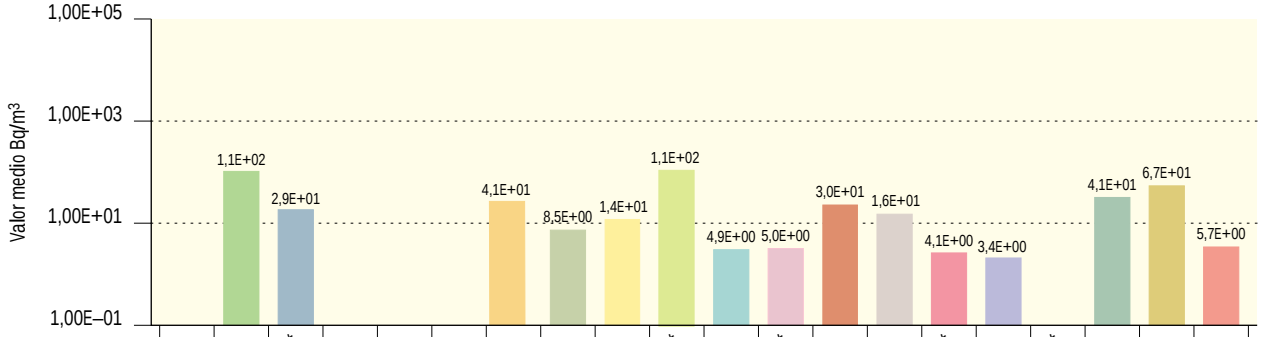
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



* Análisis incluido en la red espaciada

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

Valores de la campaña de 2002

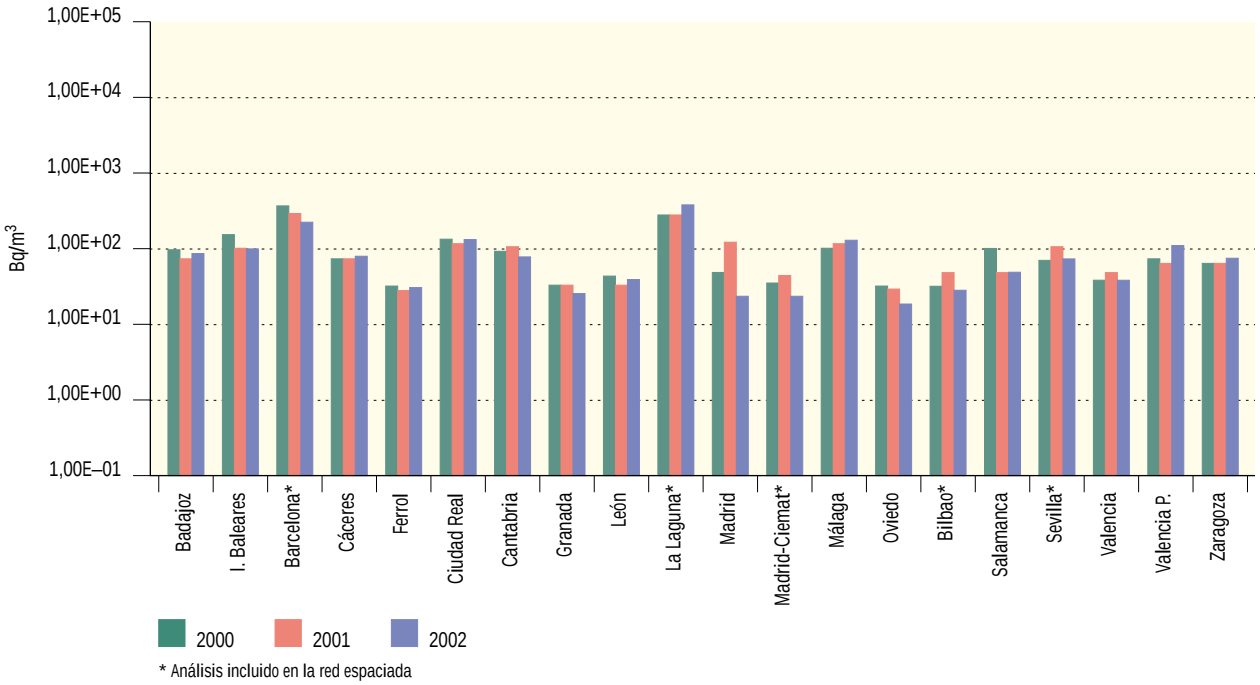


	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo		1,7E+02	4,6E+01				5,0E+01	1,5E+01	2,1E+01	2,4E+02	6,4E+00	7,7E+00	7,5E+01	1,9E+01	6,5E+00	6,0E+00		6,7E+01	1,5E+02	1,4E+01
Valor mínimo		8,8E+01	2,0E+01				2,5E+01	4,5E+00	8,8E+00	4,6E+01	4,0E+00	2,7E+00	1,8E+01	1,3E+01	2,9E+00	1,5E+00		2,1E+01	3,3E+01	2,6E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	13
Nº de análisis > LID	0	7	3	0	0	0	5	10	7	3	4	12	12	3	10	8	0	7	6	12
Nº de análisis < LID	12	5	9	12	12	12	7	2	5	9	8	0	0	9	2	4	12	5	0	1

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.11a. Agua potable

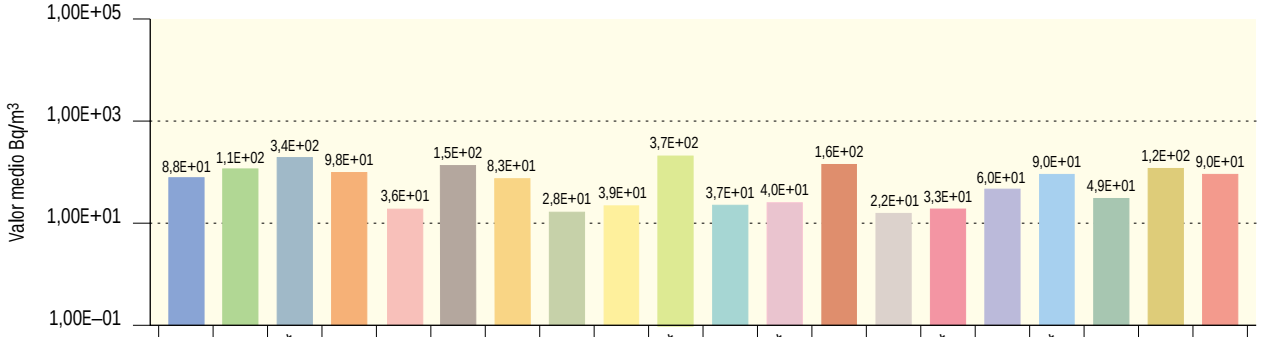
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Análisis incluido en la red espaciada

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

Valores de la campaña de 2002

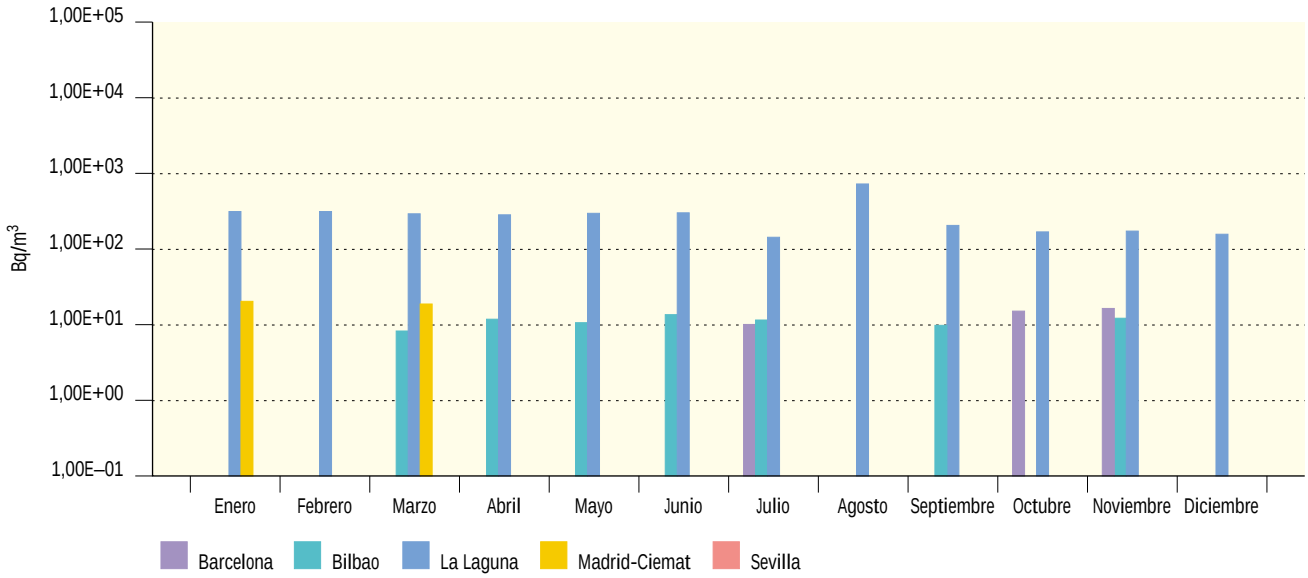


	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	1,1E+02	1,3E+02	8,6E+02	1,2E+02	4,1E+01	1,6E+02	1,2E+02	4,4E+01	5,4E+01	4,1E+02	5,4E+01	6,2E+01	2,4E+02	4,5E+01	5,0E+01	1,1E+02	4,2E+01	6,9E+01	2,0E+02	1,2E+02
Valor mínimo	6,7E+01	9,0E+01	1,4E+02	8,0E+01	2,7E+01	1,2E+02	5,0E+01	2,1E+01	2,1E+01	2,3E+02	7,4E+00	2,6E+01	8,8E+01	5,3E+00	2,3E+01	4,2E+01	3,9E+01	2,7E+01	8,0E+01	6,4E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13
Nº de análisis > LID	12	12	12	12	12	12	9	12	12	12	10	11	12	12	12	12	11	10	12	13
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.12. Agua potable. Concentración de actividad de beta resto (Bq/m^3)

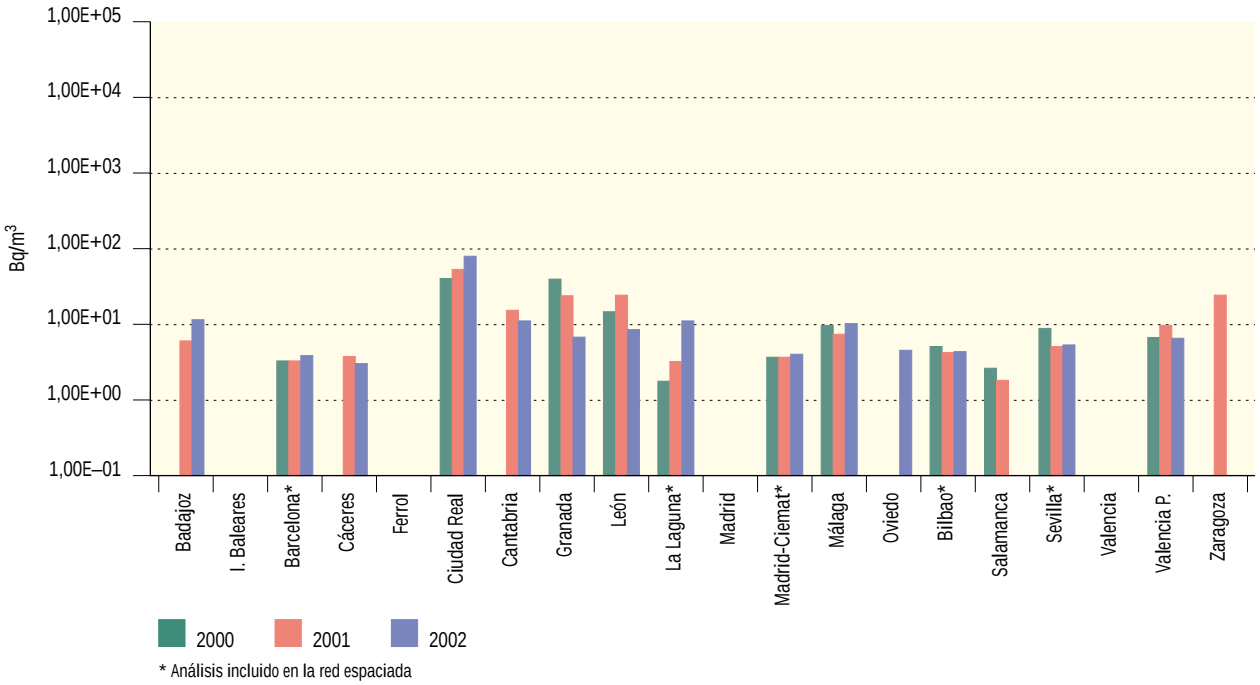
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,83E+01	1,28E+01	3,21E+02	2,60E+01	
Valor máximo	2,40E+01	1,77E+01	6,51E+02	2,67E+01	
Valor mínimo	1,10E+01	8,72E+00	1,86E+02	2,52E+01	
LID máximo	4,00E+01	8,65E+00	3,05E+02	2,11E+01	
LID mínimo	1,00E+01	5,82E+00	2,19E+01	1,88E+01	
Nº total de análisis	12	12	12	12	
Nº de análisis > LID	3	7	12	2	
Nº de análisis > LID	9	5	0	10	

Figura 3.13a. Agua potable

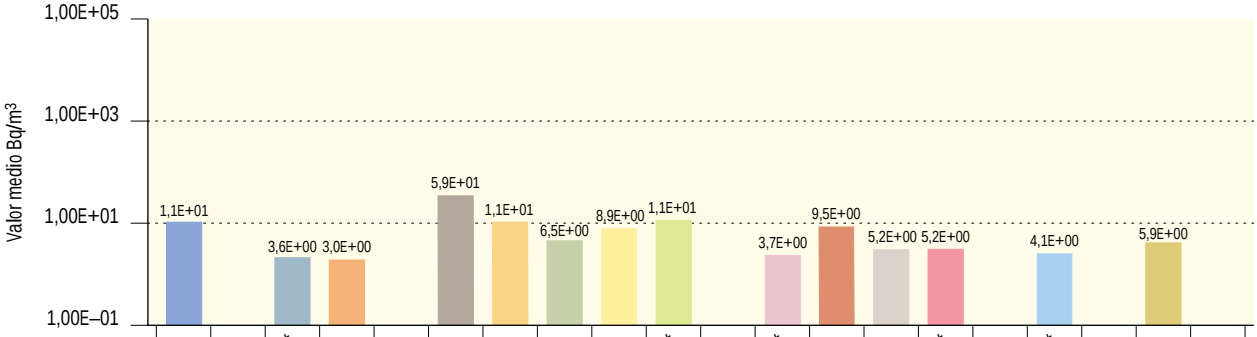
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Análisis incluido en la red espaciada

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

Valores de la campaña de 2002

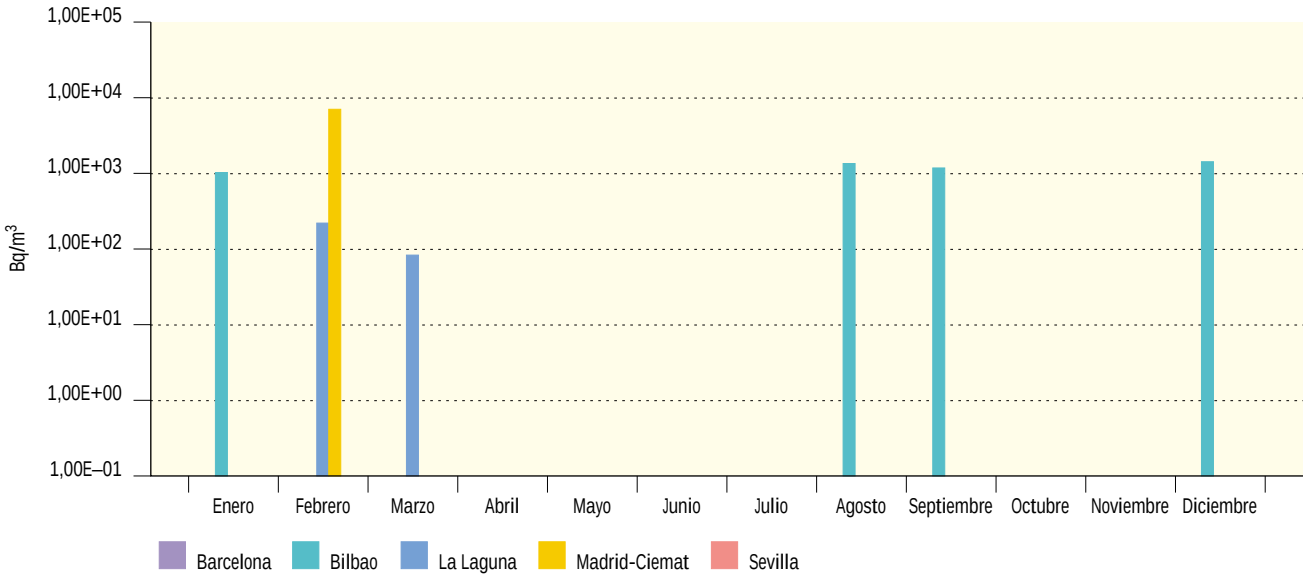


	Badajoz	I. Baleares	Barcelona*	Cáceres	Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna*	Madrid	Madrid-Ciemat*	Málaga	Oviedo	Bilbao*	Salamanca	Sevilla*	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UPC	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	CIE	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	1,2E+01		6,3E+00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

* Análisis incluido en la red espaciada

Figura 3.14. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m^3)

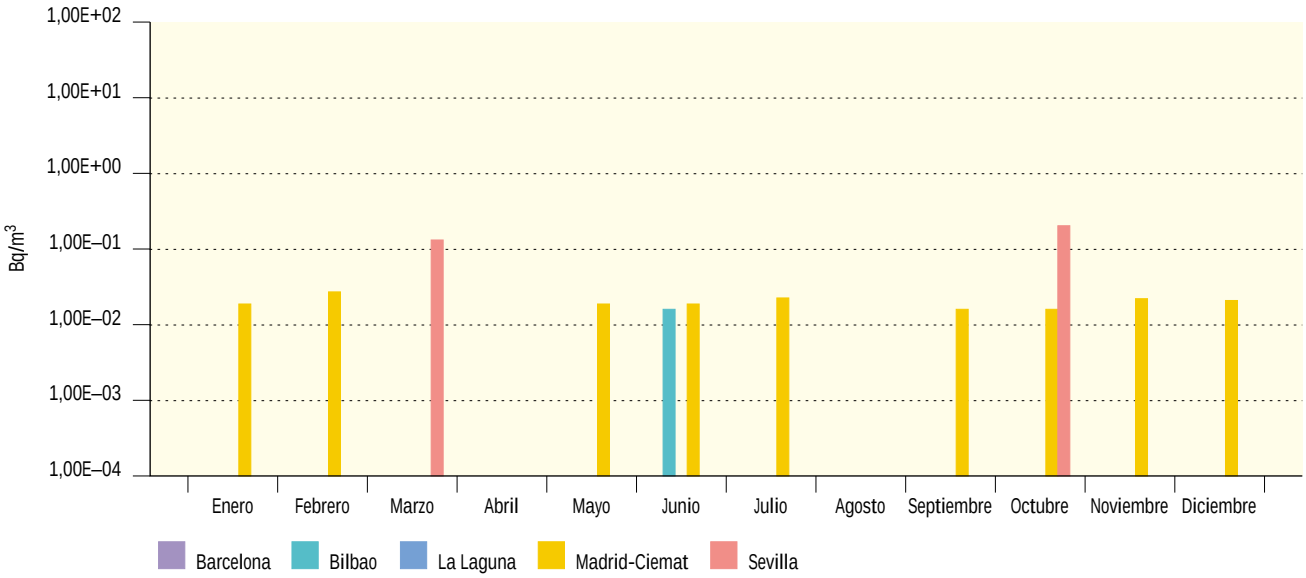
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,40E+03	1,95E+02	6,74E+03	
Valor máximo		1,78E+03	3,10E+02	6,74E+03	
Valor mínimo		1,13E+03	8,00E+01	6,74E+03	
LID máximo	2,39E+03	1,21E+03	6,00E+01	4,56E+03	1,72E+03
LID mínimo	1,54E+03	8,51E+02	2,40E+01	6,24E+02	1,64E+03
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	0	4	2	1	0
Nº de análisis > LID	12	8	10	11	12

Figura 3.15. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m^3)

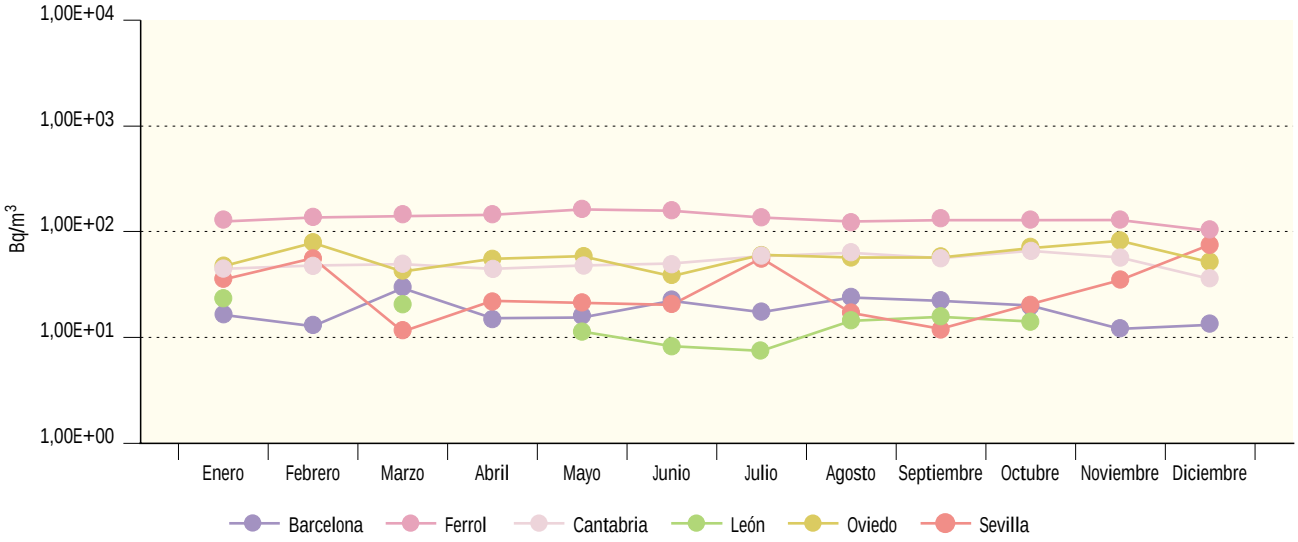
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,85E-02		2,71E-02	2,50E-01
Valor máximo		1,85E-02		3,73E-02	2,90E-01
Valor mínimo		1,85E-02		1,99E-02	2,10E-01
LID máximo	3,45E-02	2,35E-02	1,53E-01	2,46E-02	2,80E-03
LID mínimo	2,08E-02	1,17E-02	1,06E-01	9,13E-03	2,70E-03
Nº total de análisis	12	12	12	12	2
Nº de análisis > LID	0	1	0	3	2
Nº de análisis > LID	12	11	12	9	0

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

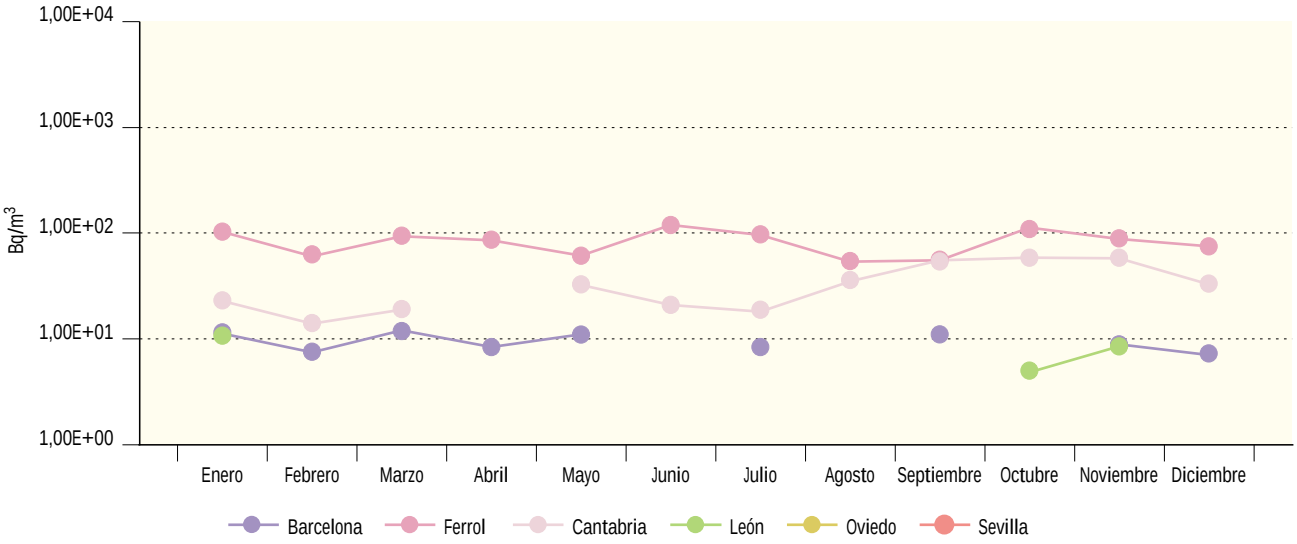
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	2,11E+01	1,51E+02	5,44E+01	1,57E+01	6,26E+01	3,49E+01
Valor máximo	3,66E+01	1,75E+02	6,50E+01	2,57E+01	8,53E+01	8,76E+01
Valor mínimo	1,37E+01	1,32E+02	4,26E+01	7,96E+00	4,51E+01	1,27E+01
LID máximo	1,36E+01	2,25E+01	3,50E+01	1,88E+01	4,41E+00	2,47E+00
LID mínimo	5,40E+00	4,81E+00	4,20E+00	2,21E+00	3,21E+00	1,40E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	12	12	12	8	12	12
Nº de análisis < LID	0	0	0	4	0	0

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

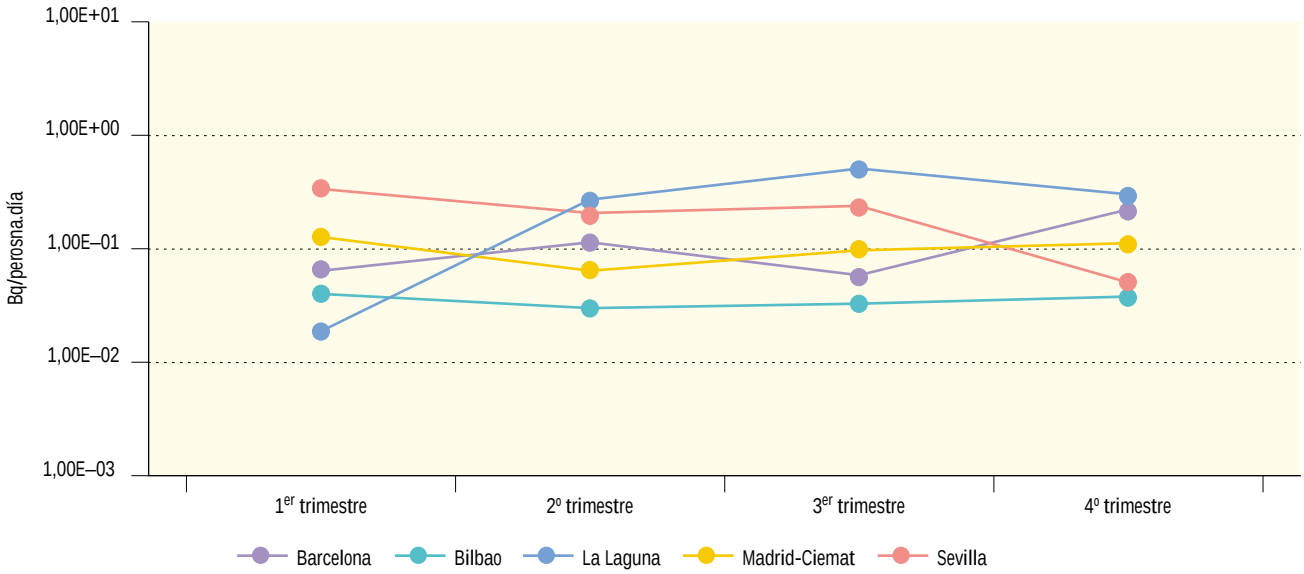
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	9,86E+00	8,22E+01	3,37E+01	8,76E+00		
Valor máximo	1,19E+01	1,09E+02	5,71E+01	1,11E+01		
Valor mínimo	8,10E+00	5,63E+01	1,44E+01	5,93E+00		
LID máximo	9,90E+00	6,84E+01	2,30E+01	1,75E+01	8,42E+01	1,97E+02
LID mínimo	4,60E+00	4,70E+01	1,35E+01	5,68E+00	7,96E+01	1,40E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	9	12	11	3	0	0
Nº de análisis < LID	3	0	1	9	12	12

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

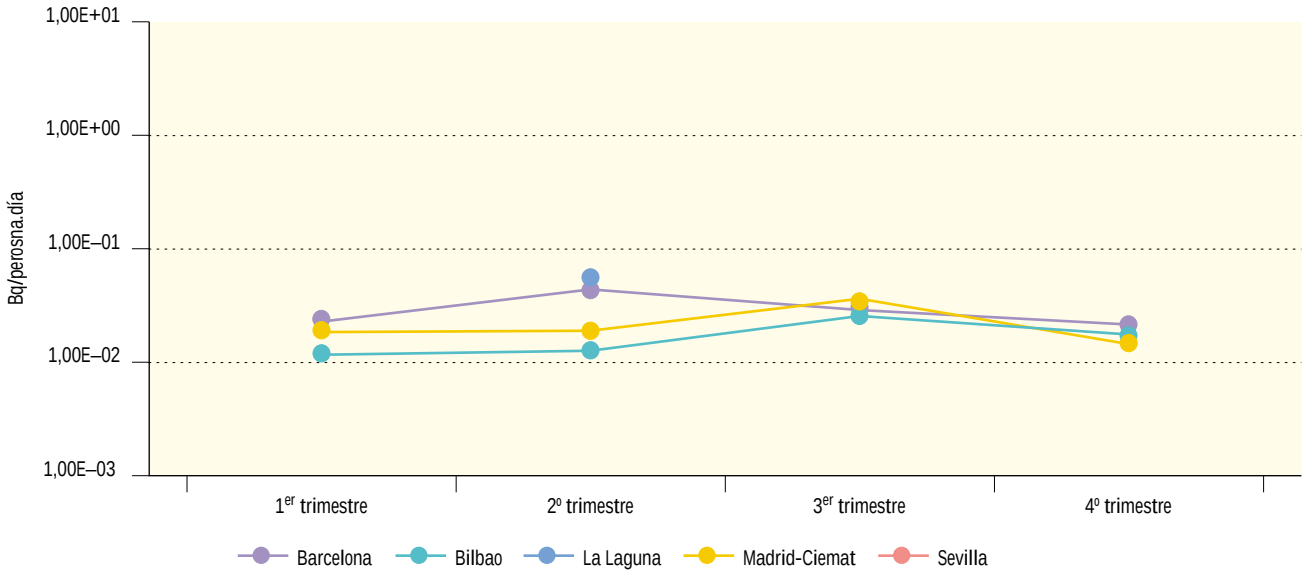
Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,08E-01	4,42E-02	2,17E-01	1,03E-01	1,76E-01
Valor máximo	1,90E-01	5,47E-02	4,11E-01	1,16E-01	3,13E-01
Valor mínimo	6,10E-02	3,66E-02	3,16E-02	7,94E-02	5,84E-02
LID máximo	3,00E-02	9,02E-03	3,73E-02	6,12E-03	8,44E-02
LID mínimo	1,40E-02	3,65E-03	3,30E-03	3,95E-03	1,44E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	0

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

Valores de la campaña de 2002



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	4,25E-02	2,30E-02	7,32E-02	3,06E-02	
Valor máximo	6,00E-02	3,97E-02	7,32E-02	5,74E-02	
Valor mínimo	3,00E-02	1,48E-02	7,32E-02	1,72E-02	
LID máximo	2,00E-02	1,07E-02	5,48E-02	1,62E-02	7,49E-01
LID mínimo	1,00E-02	8,30E-03	3,90E-02	9,89E-03	3,86E-01
Nº total de análisis	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	1	4	0
Nº de análisis > LID	0	0	3	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 y Experimentación de Obras Públicas (Cedex), dentro del acuerdo marco de colaboración firmado en 1984 entre ambos organismos, por el cual el CSN participaba en el programa de vigilancia radiológica de las aguas de todas las cuencas de los ríos españoles implantado por dicho Organismo y operativo desde 1978. 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.

1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales

Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo están situadas a lo largo de los ríos de las distintas cuencas hidrográficas, tanto en zonas de potencial influencia de las instalaciones nucleares y del ciclo de combustible como en áreas alejadas de ellas incluyendo en la actualidad más de 80 puntos (ver figura 3.20).

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

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

En la 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 2002.

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.

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 desa-

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 2001

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo	Número de muestras analizadas
Miño y norte de España	10	96
Duero	13	123
Tajo	22	181
Guadiana	5	13
Guadalquivir	12	85
Ebro	11	155
Júcar	6	40
Cuencas hidrográficas catalanas	7	22
Segura	4	24

rrolla 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 1990 a 2002 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes (ver publicaciones anteriores para resultados de los años 1984 a 1990). Se incorporaron en la edición anterior resultados gráficos de las cuencas hidrográficas catalanas y otras cuencas del norte de España distintas al Miño; el análisis y recogida de estas aguas comenzó respectivamente en los años 1995 y 1996, disponiendo actualmente de suficientes datos para representar su evolución temporal; se incluyen por primera vez los resultados del índice de actividad beta resto en las estaciones del río Llobregat, que debido al elevado depósito sólido de las muestras ha sido necesario el desarrollo de un nuevo método analítico, que el Cedex ha aplicado a las muestras recogidas en este año 2002. 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 el señalado para el río Llobregat u otros en que la falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

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

- Los valores de las concentraciones de actividad alfa y beta total, reflejan las características del terreno de la cuenca receptora, así como la existencia en sus márgenes de zonas de cultivos, cuyos abo-

nos 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). Se han detectado algunos valores más altos del índice de actividad beta resto en las cuencas del norte de España (Asón y Pas) y catalanas (Llobregat), pero se consideran valores puntuales no significativos respecto a la tendencia histórica de resultados.

- No se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguno de los ríos vigilados.

- 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. El incremento observado en el río Tajo en la estación aguas abajo de Trillo, refleja la elevada actividad medida en las muestras de los meses de enero y de noviembre debida a vertidos puntuales recogidos por tratarse de un punto adyacente al punto de vertido, cuya incidencia se limita a ese momento y ese tramo del río, ya que no se aprecia incremento en la siguiente estación aguas abajo del río, y tampoco en la misma estación en las muestras correspondientes al mes siguiente, en las que ni siguiera se detecta actividad de tritio por encima del valor del LID.

Cuencas del norte de España

Figura 3.21. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

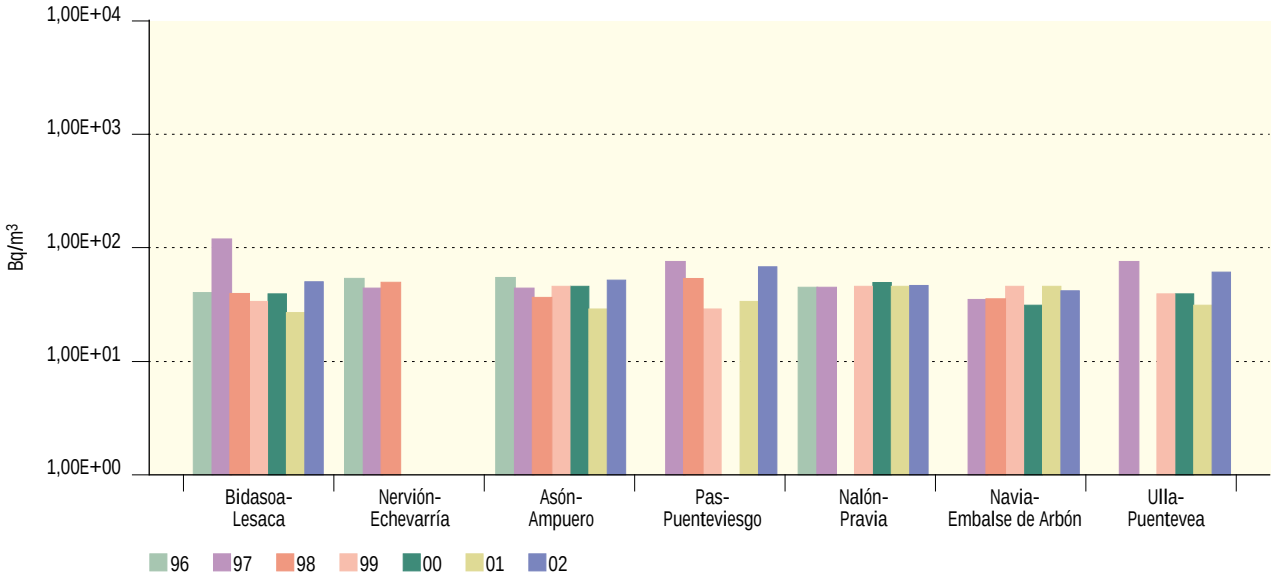


Figura 3.22. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta total

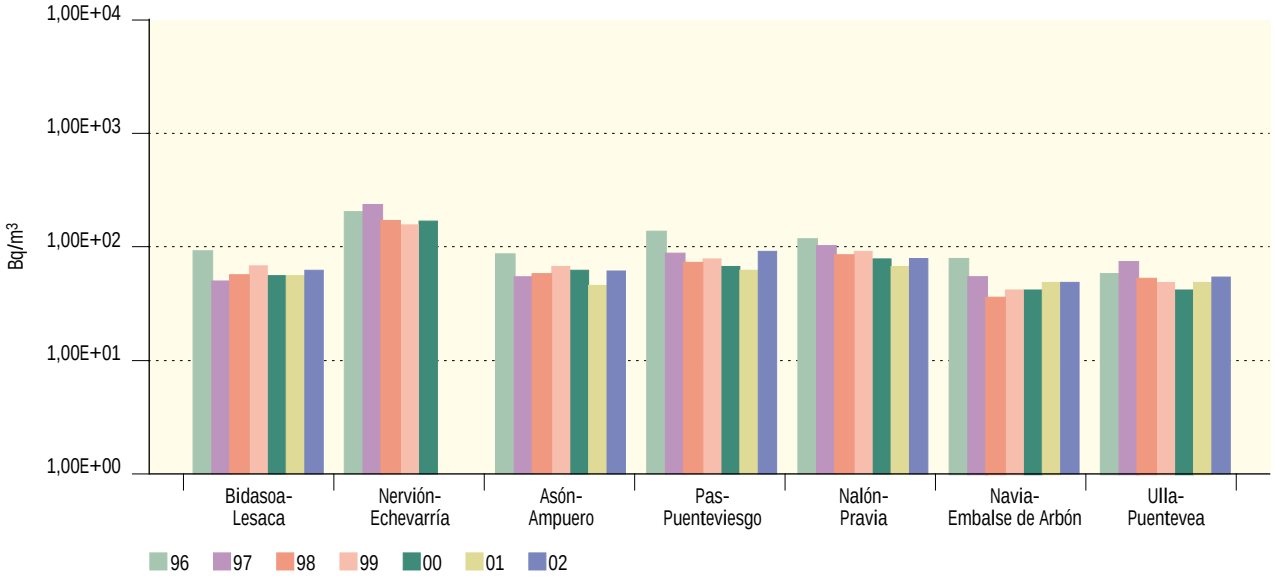


Figura 3.23. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

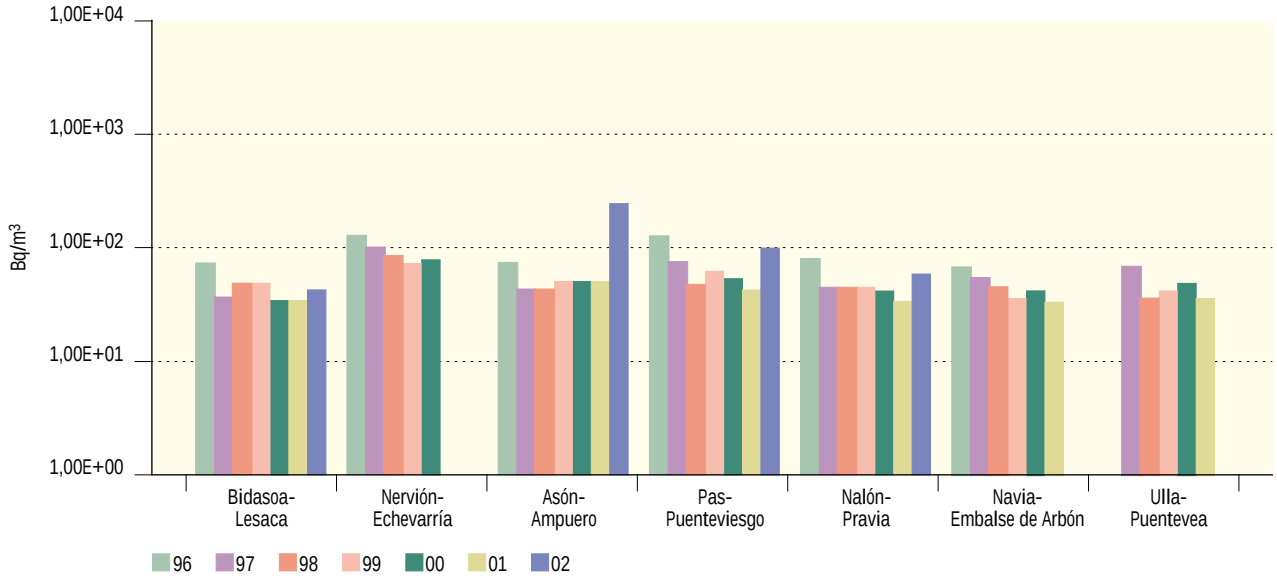
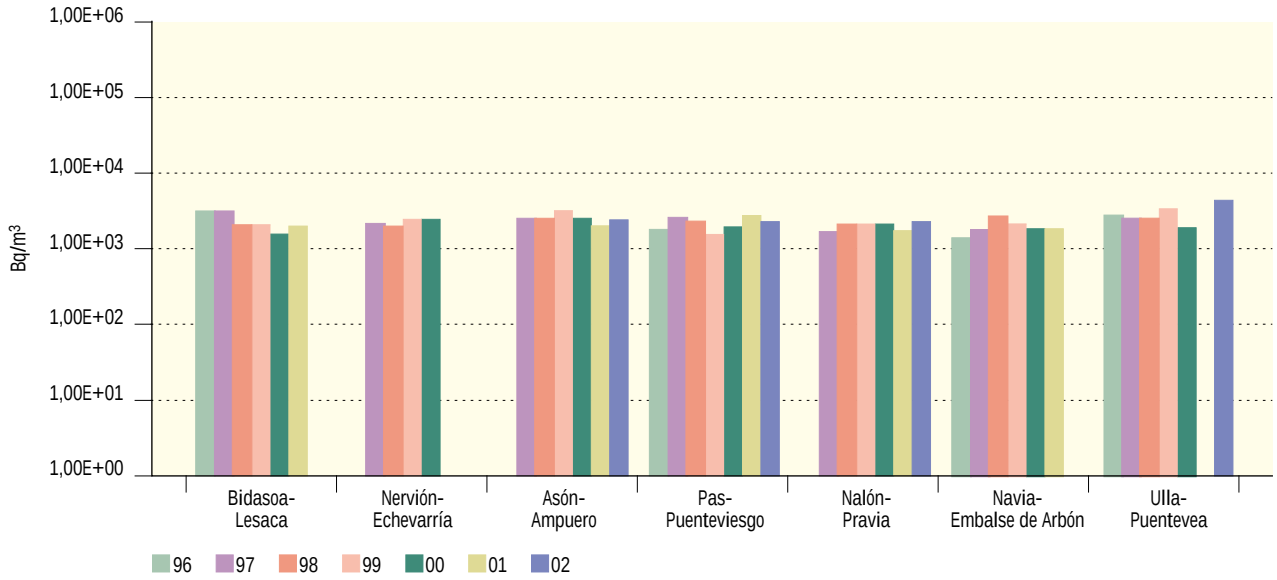


Figura 3.24. Cuencas del norte de España

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Miño

Figura 3.25. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

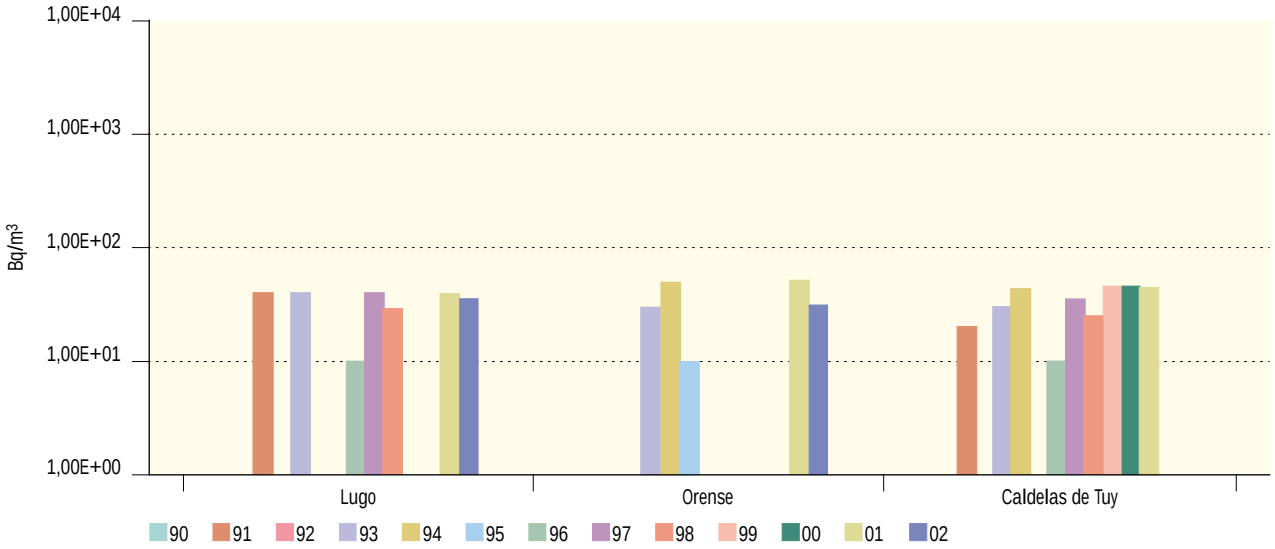


Figura 3.26. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

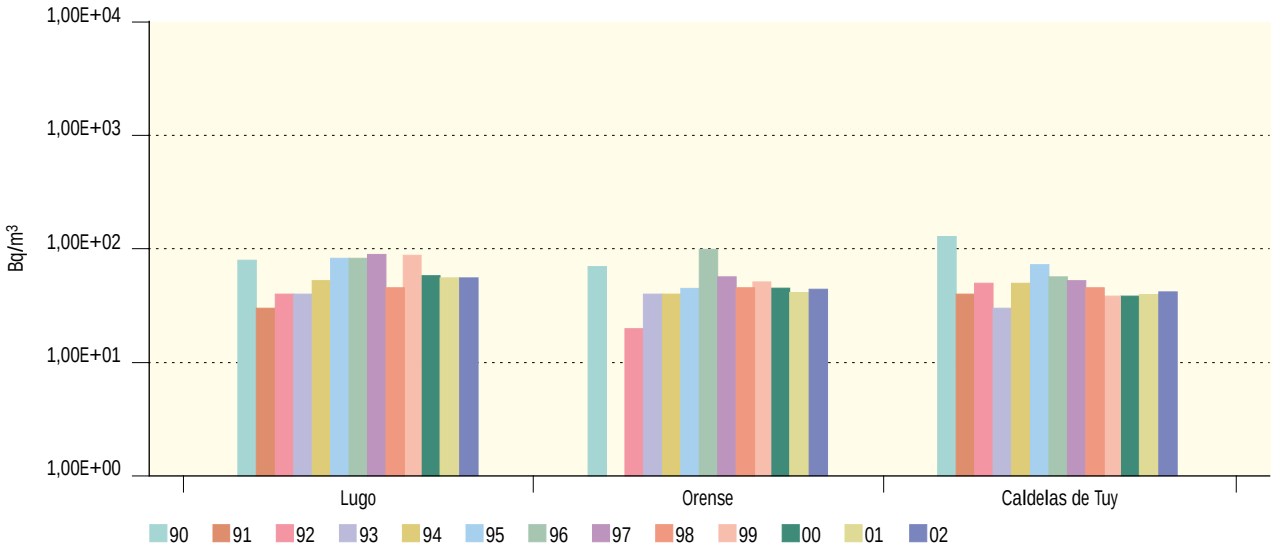


Figura 3.27. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

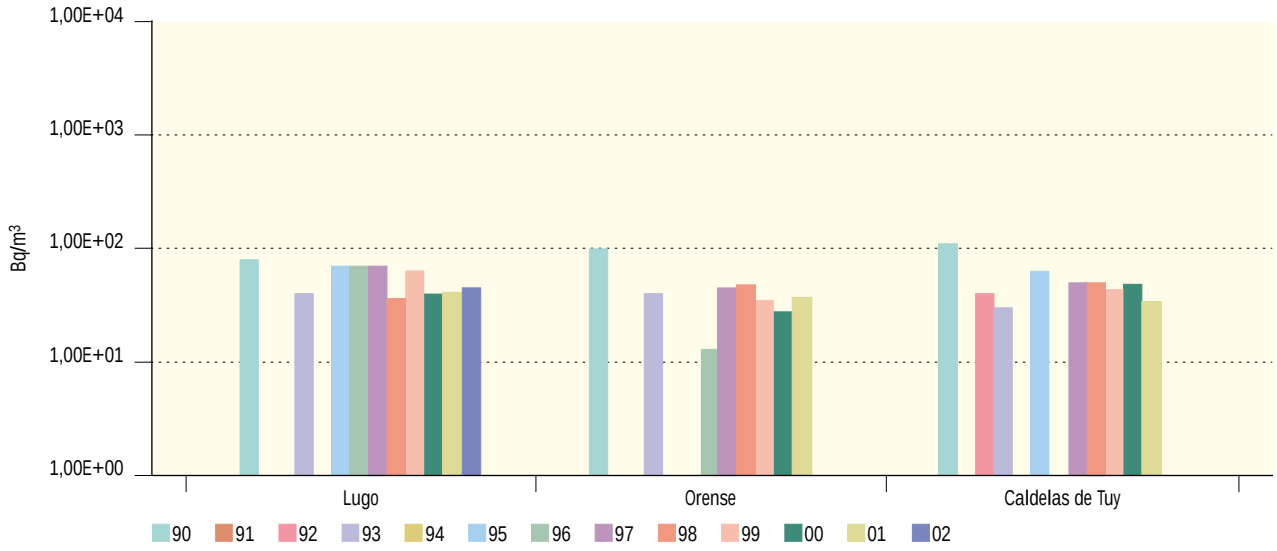
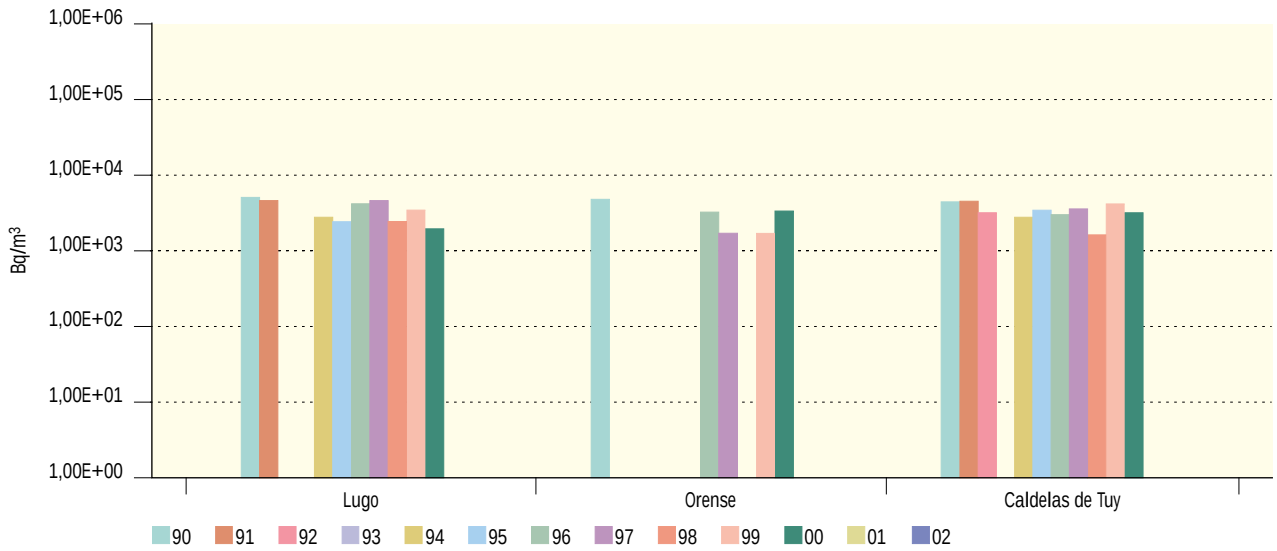


Figura 3.28. Río Miño

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.29. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

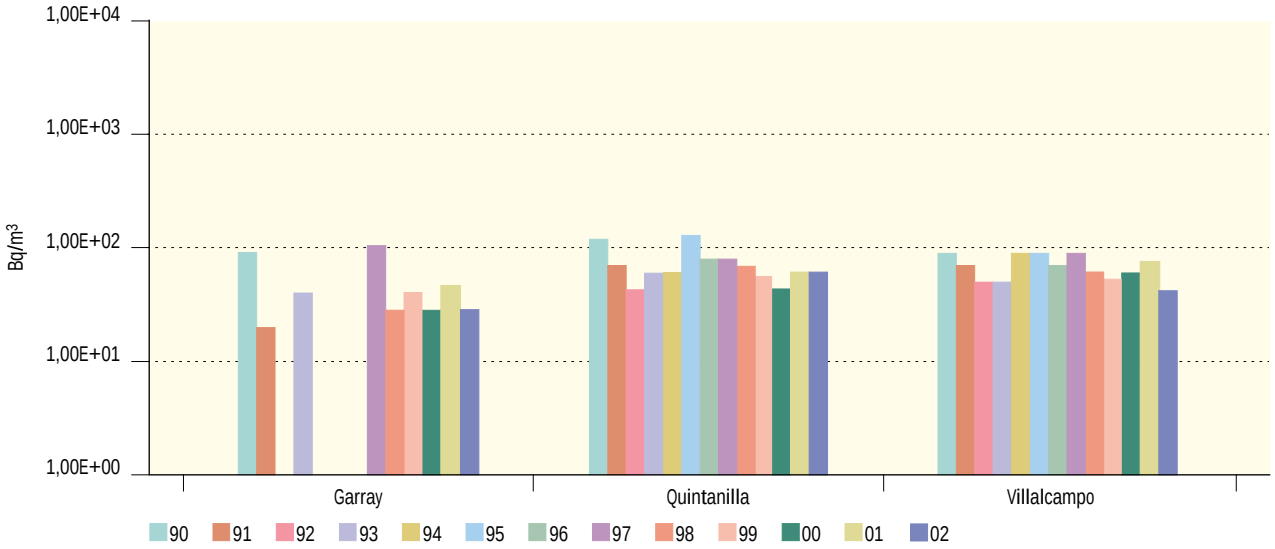


Figura 3.30. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

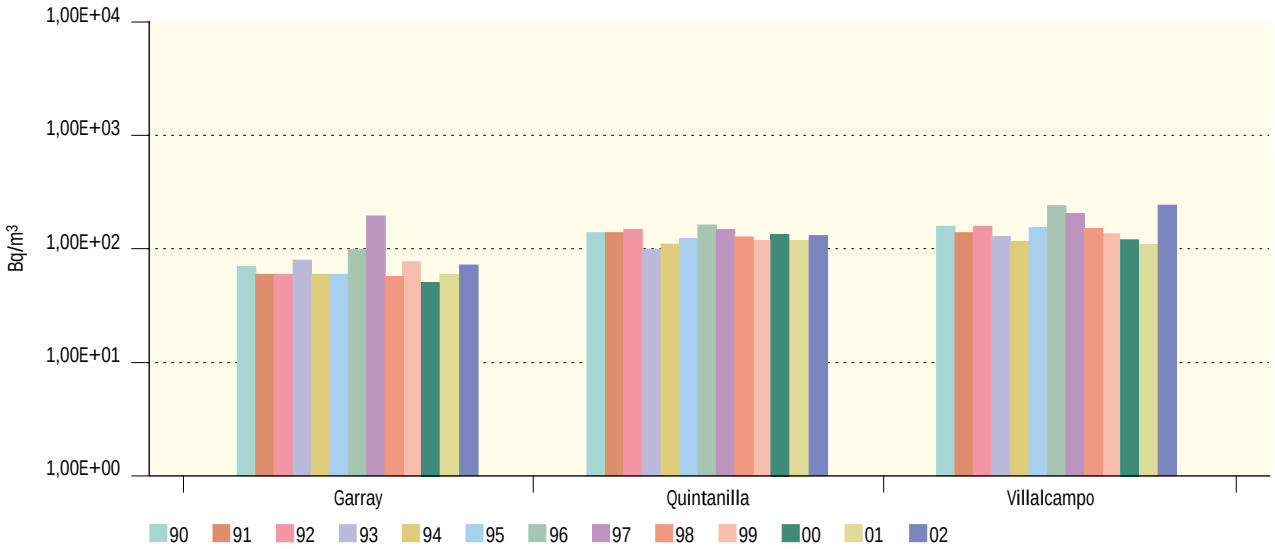


Figura 3.31. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

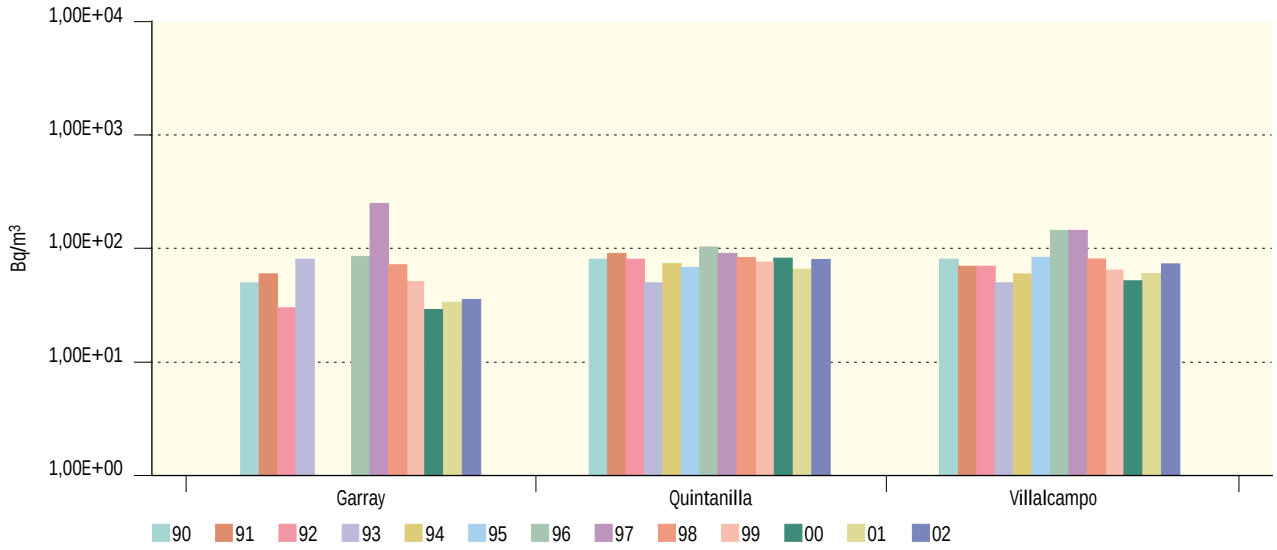
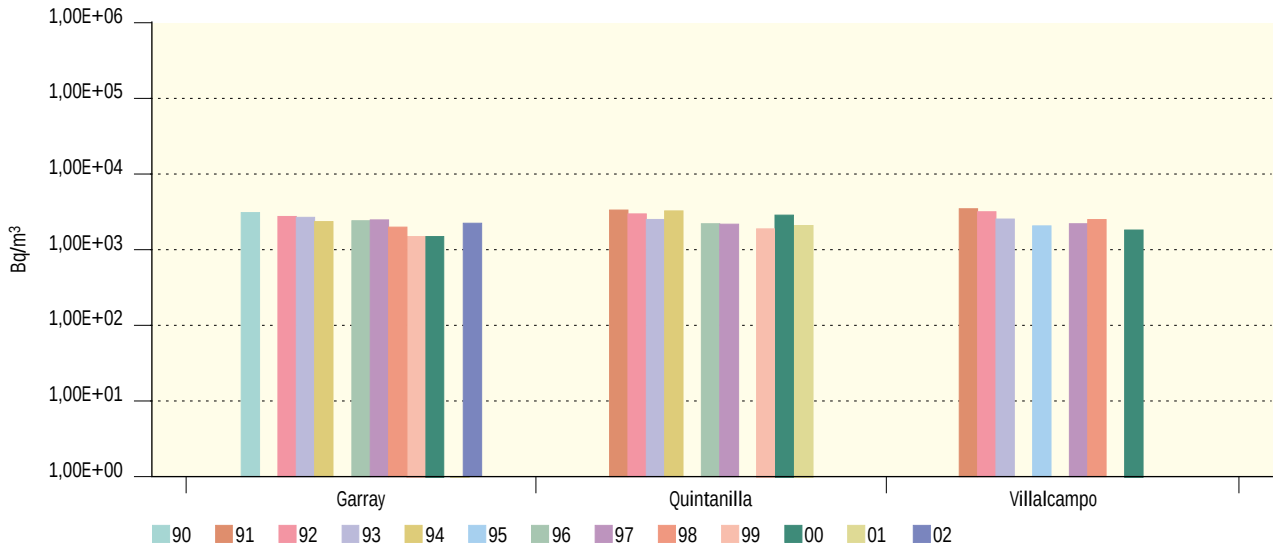


Figura 3.32. Río Duero

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.33. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

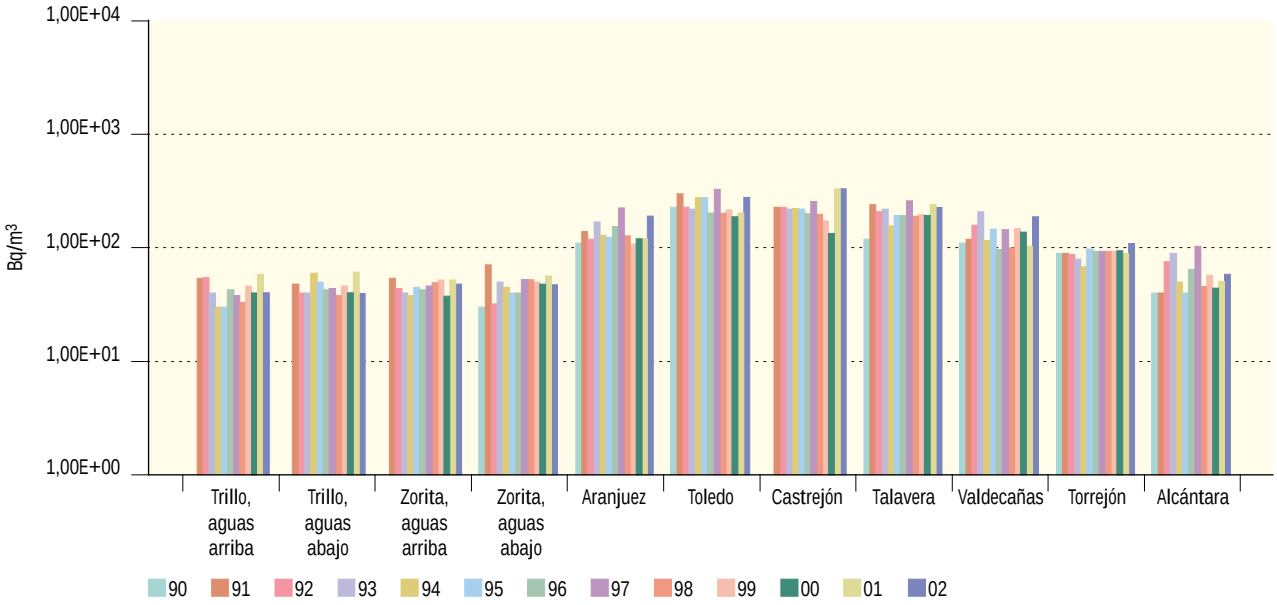


Figura 3.34. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

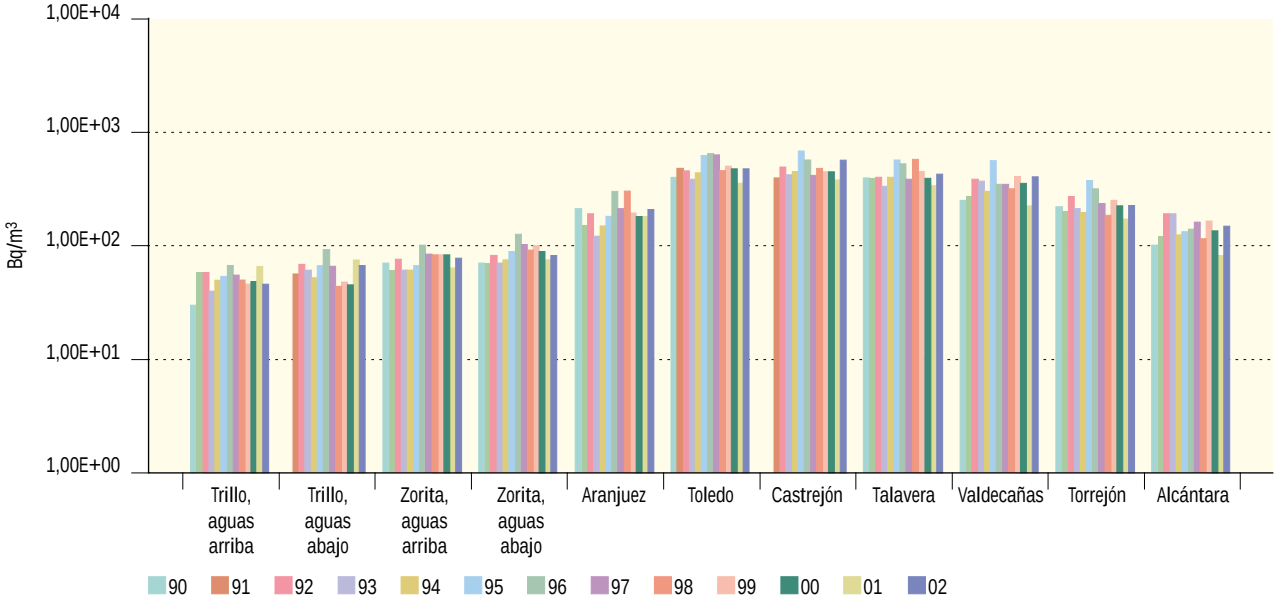


Figura 3.35. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

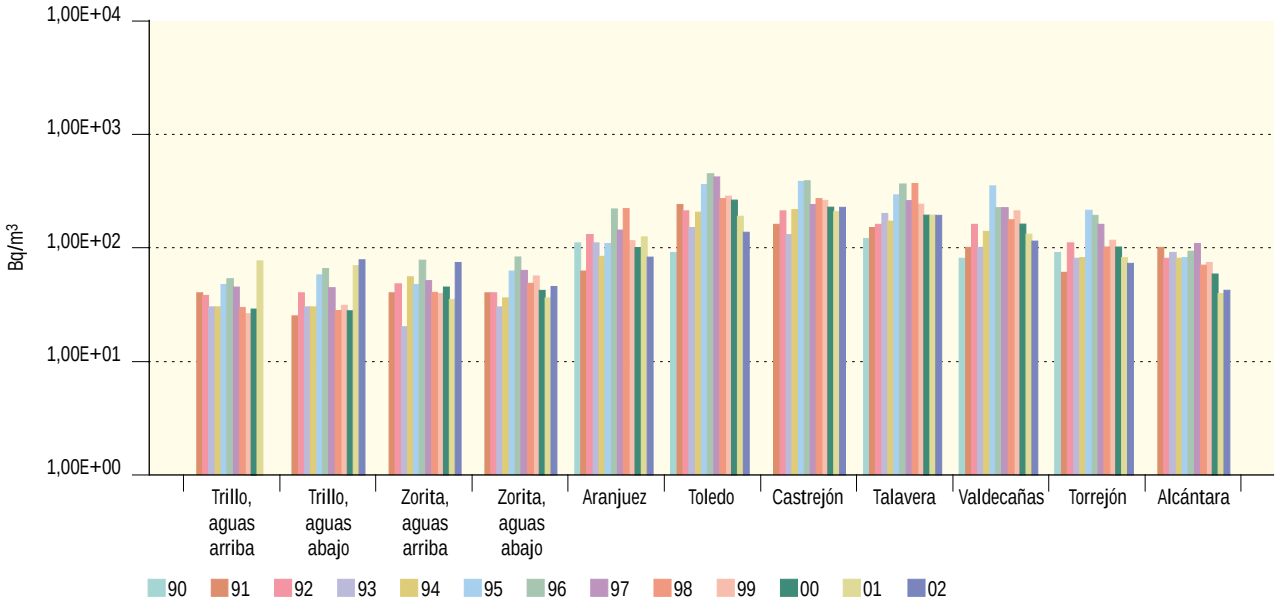
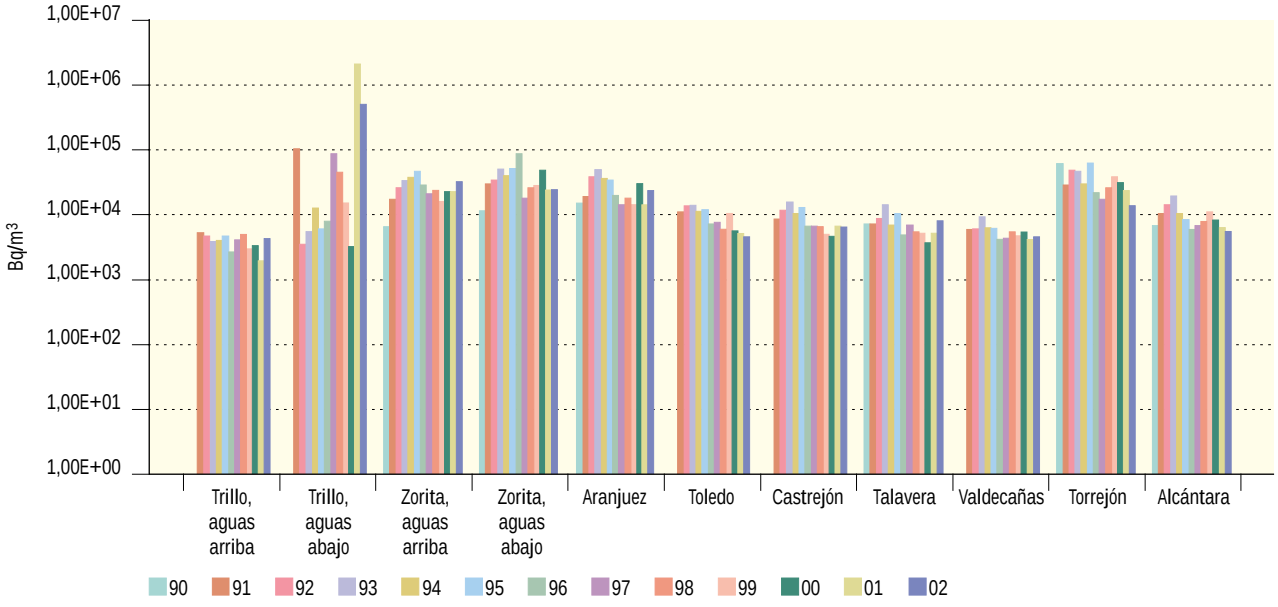


Figura 3.36. Río Tajo

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.37. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

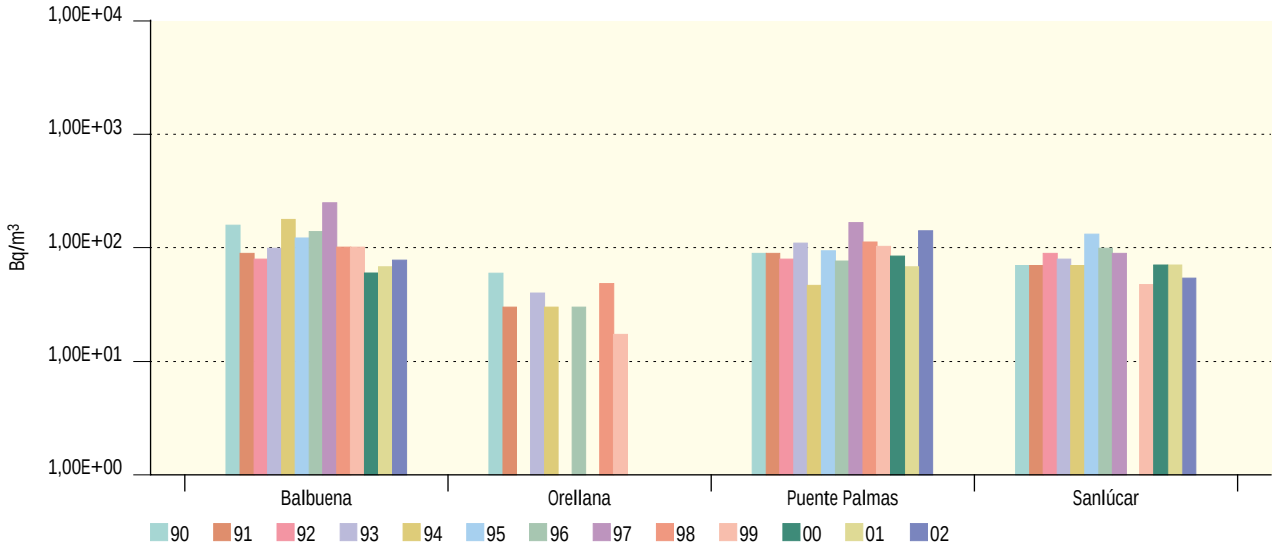


Figura 3.38. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

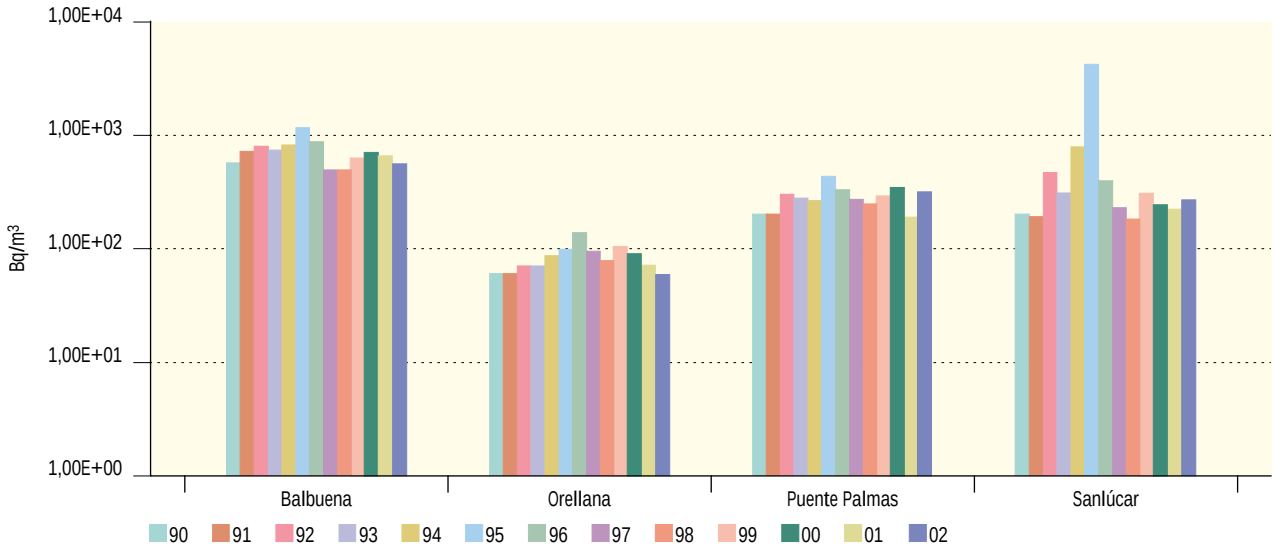


Figura 3.39. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

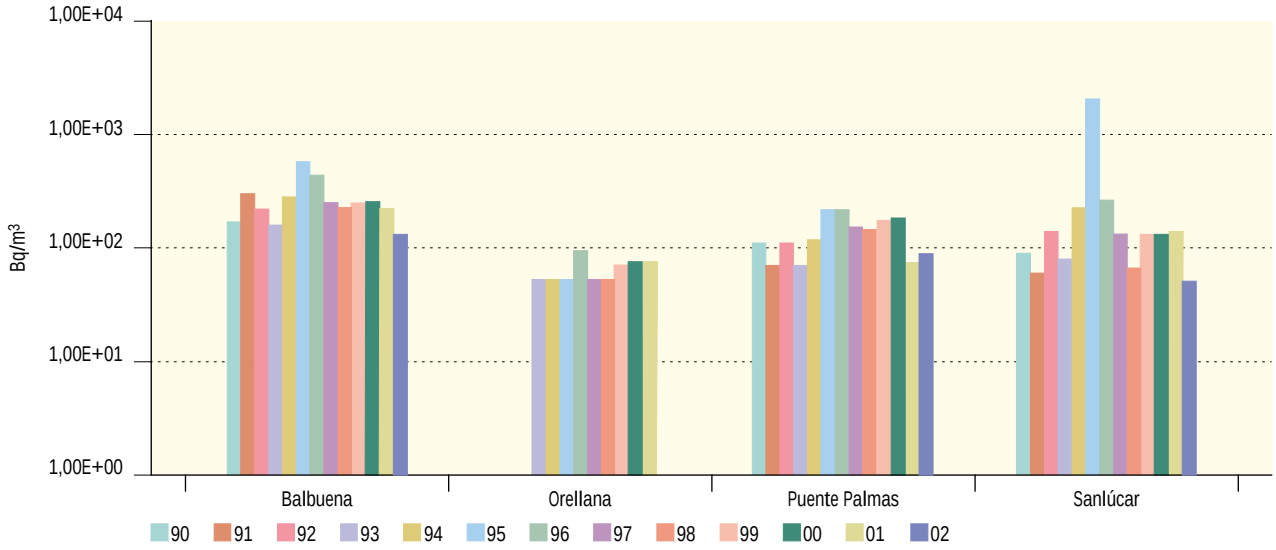
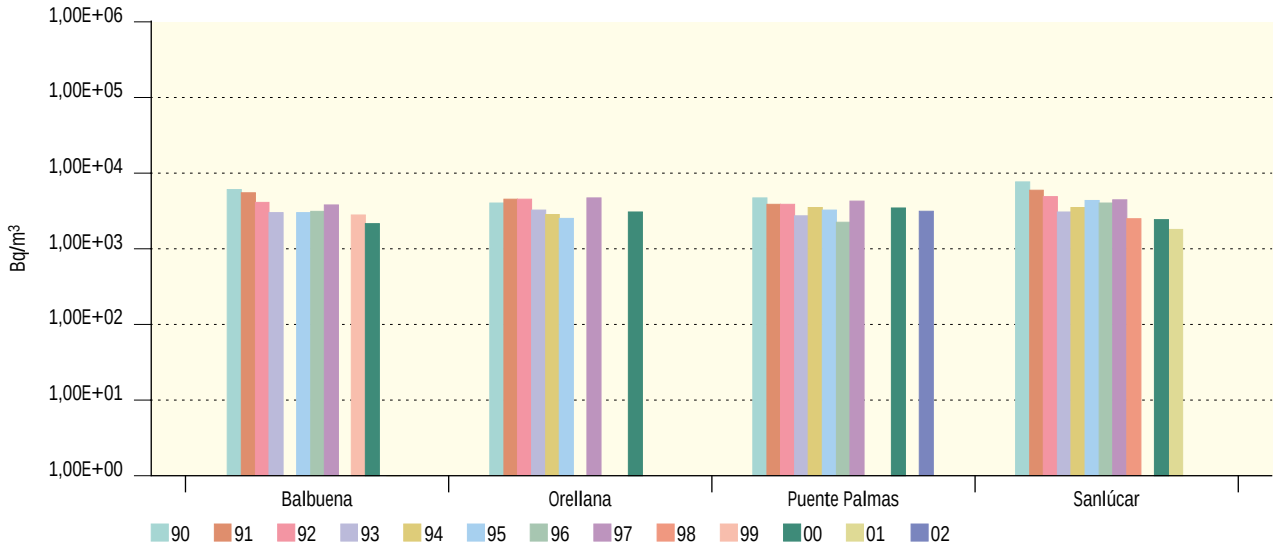


Figura 3.40. Río Guadiana

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

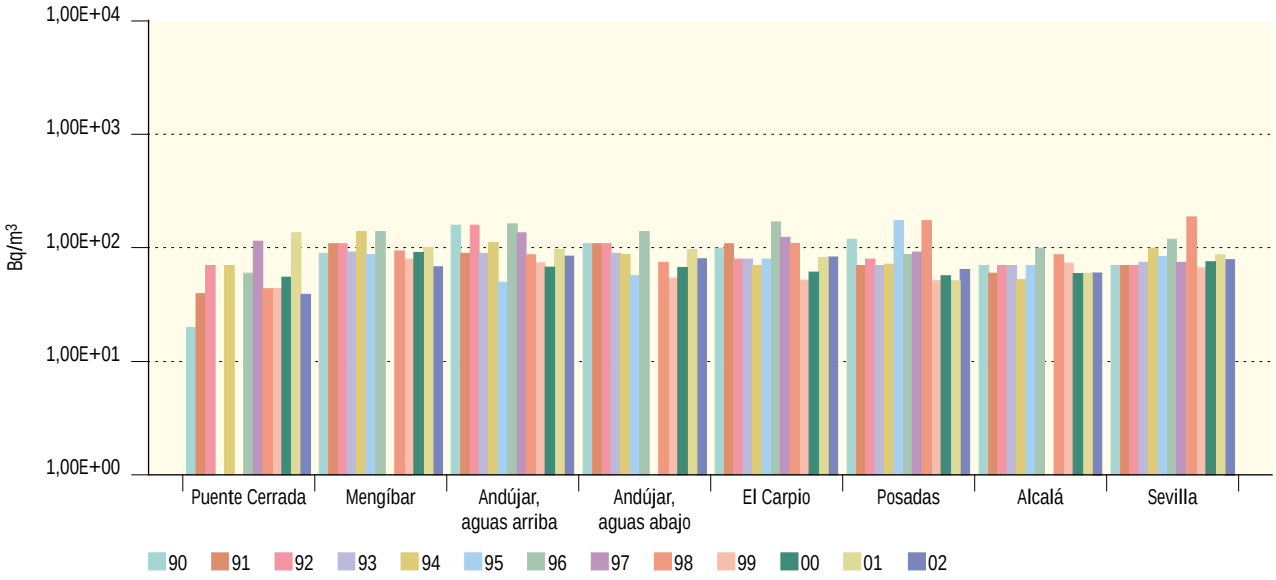


Figura 3.42. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

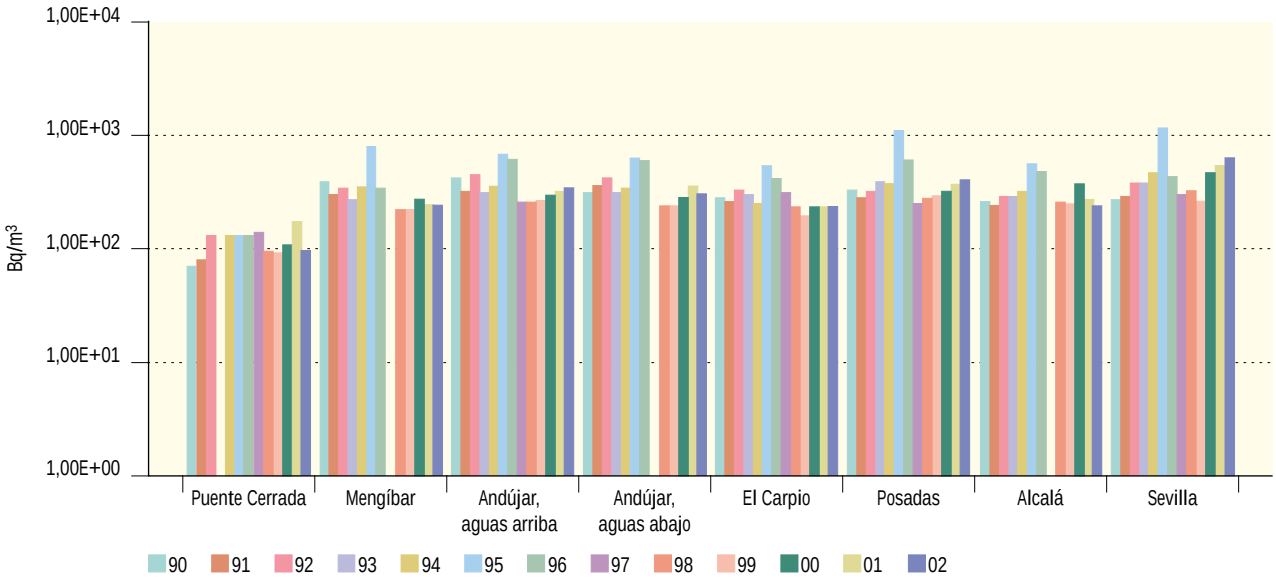


Figura 3.43. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

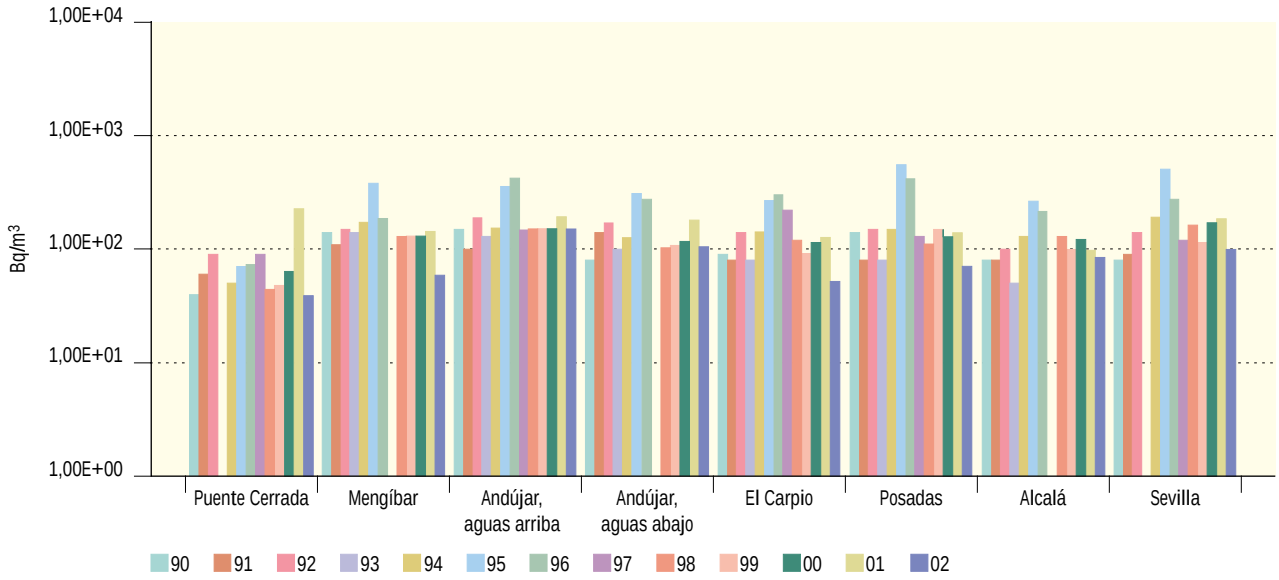
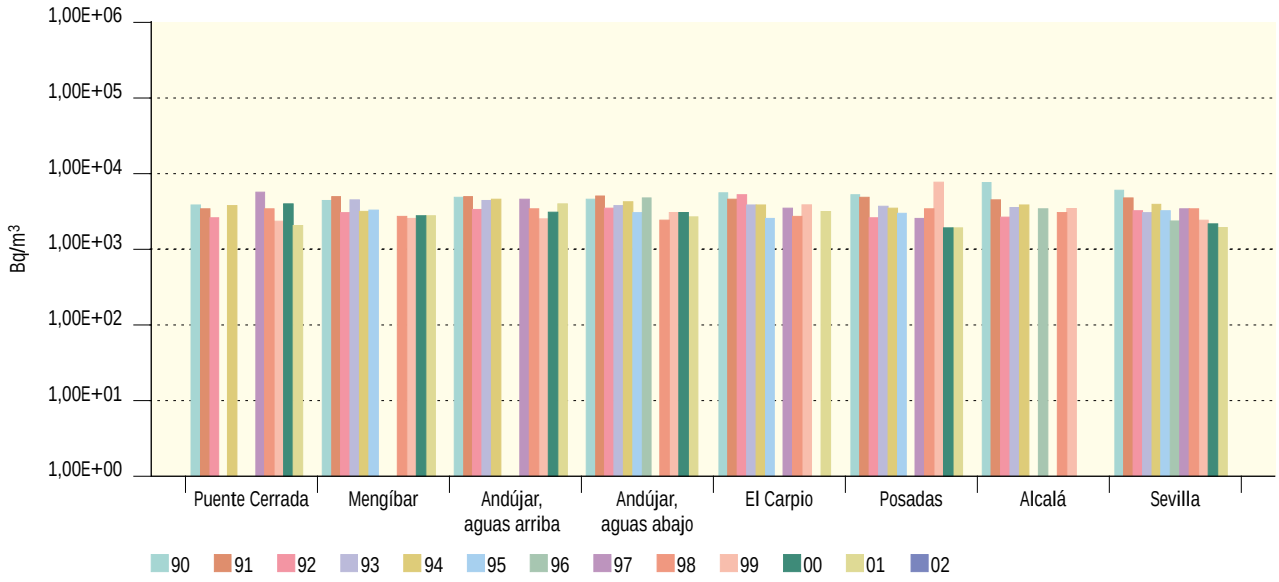


Figura 3.44. Río Guadalquivir

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

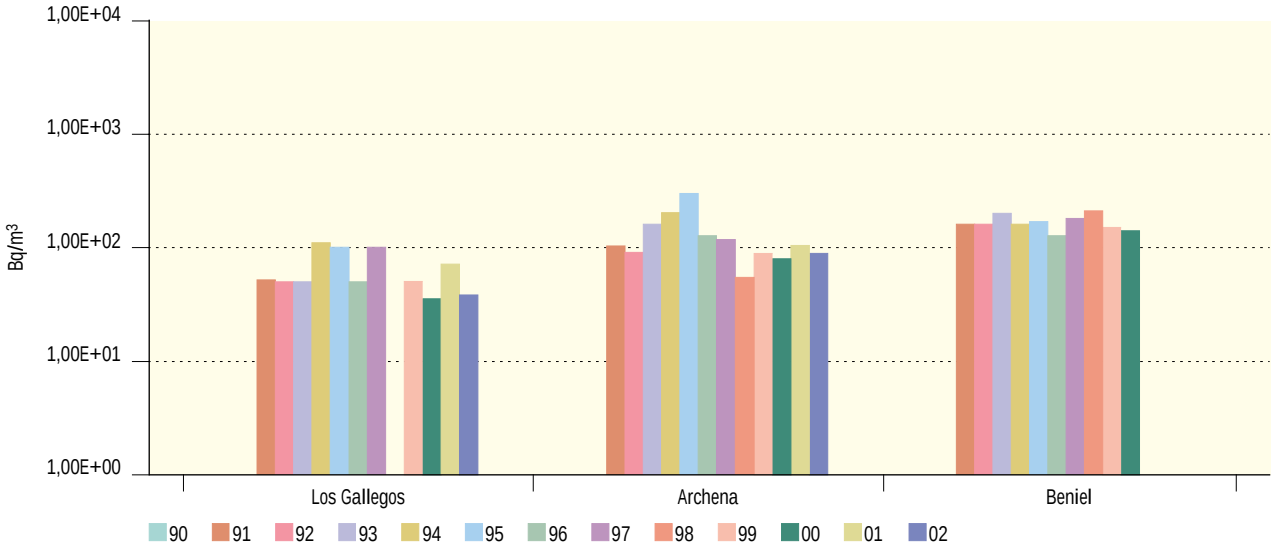


Figura 3.46. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

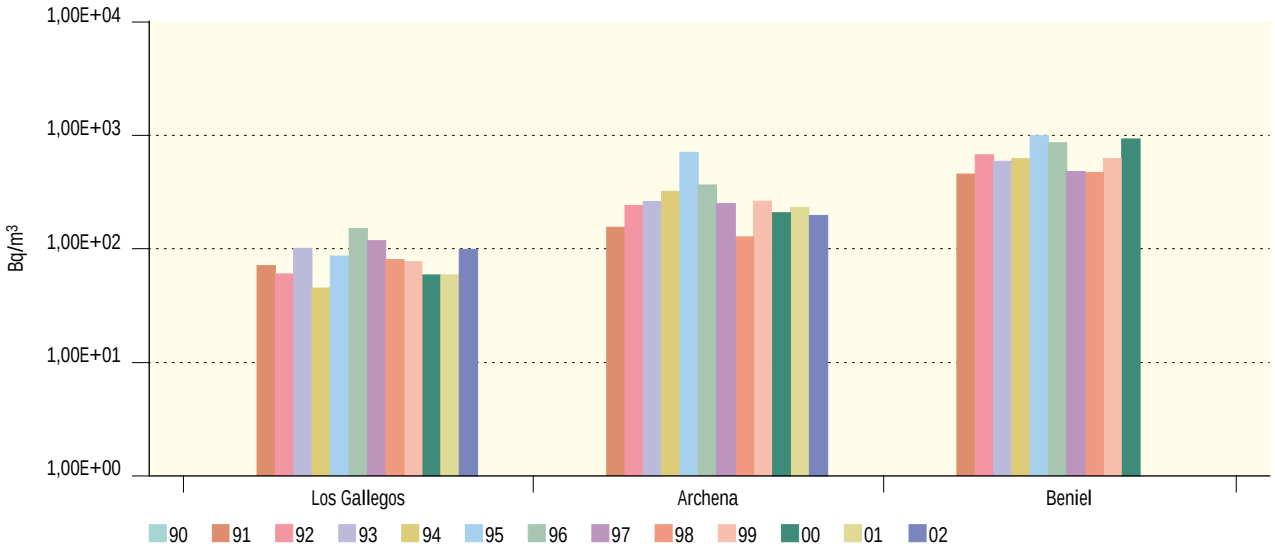


Figura 3.47. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

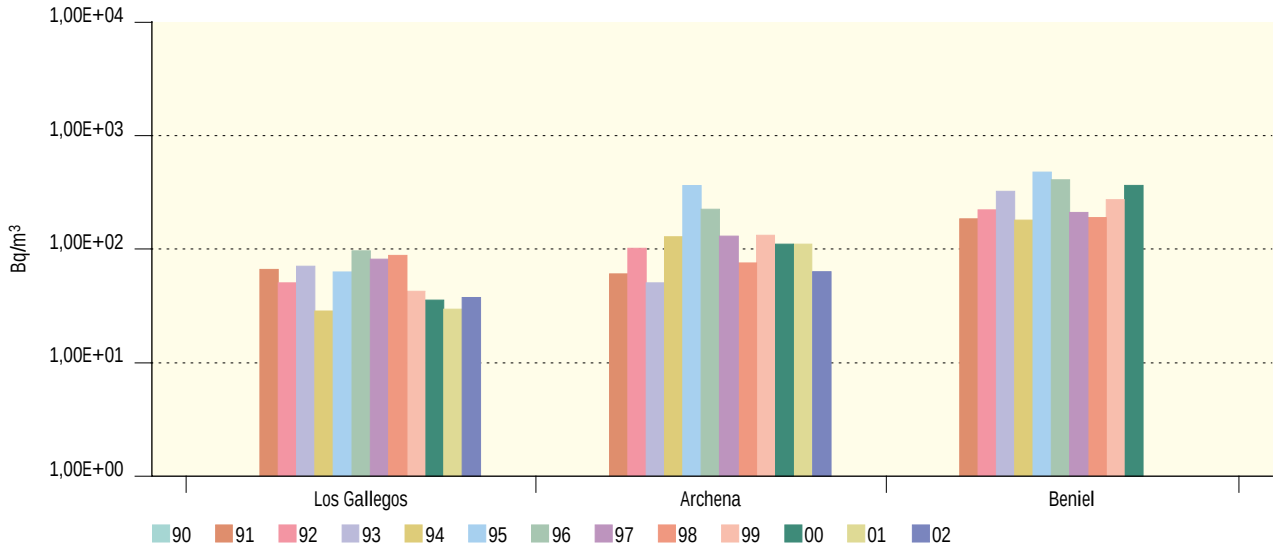
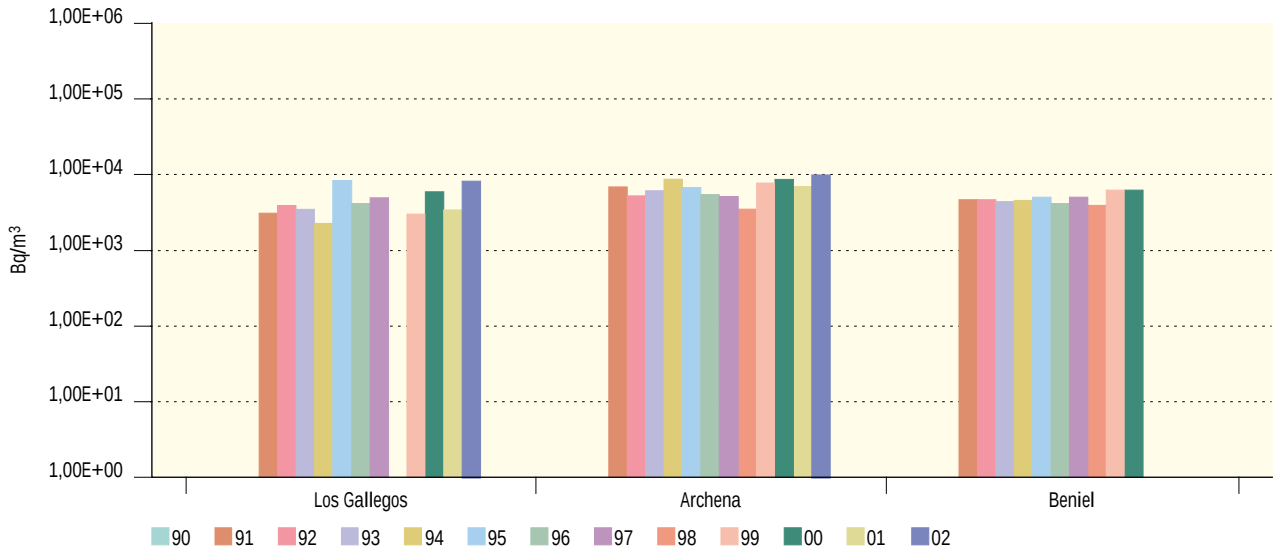


Figura 3.48. Río Segura

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

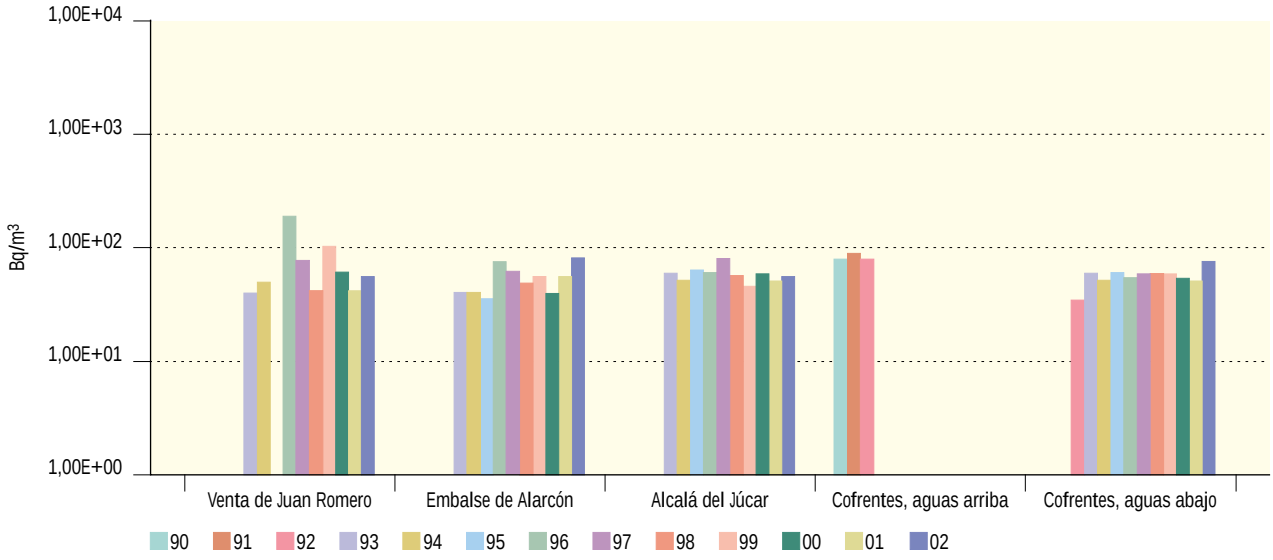


Figura 3.50. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

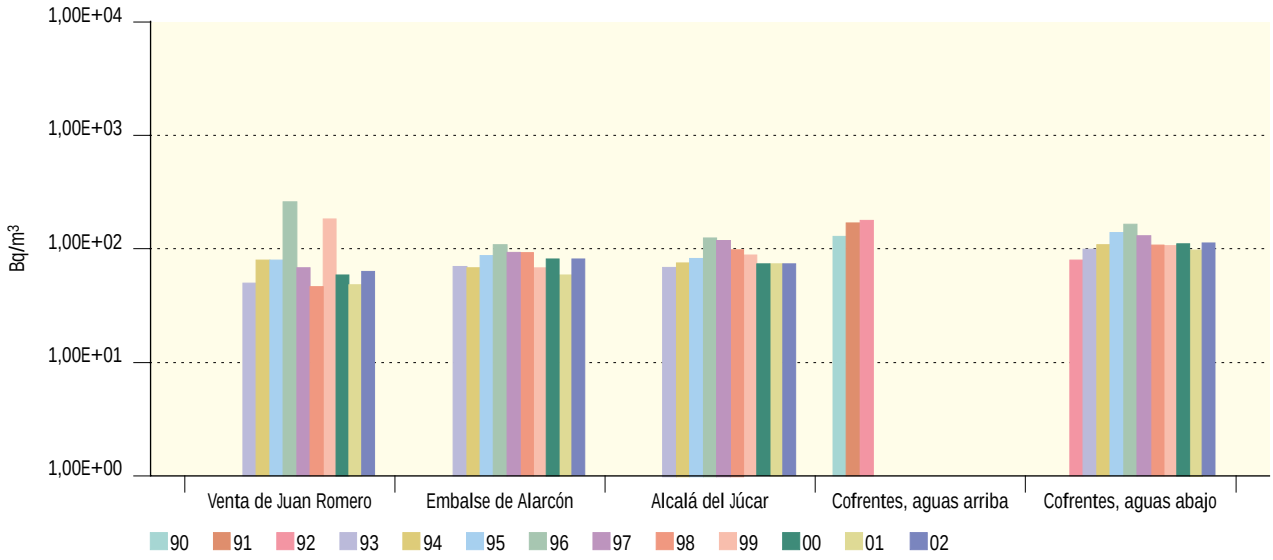


Figura 3.51. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

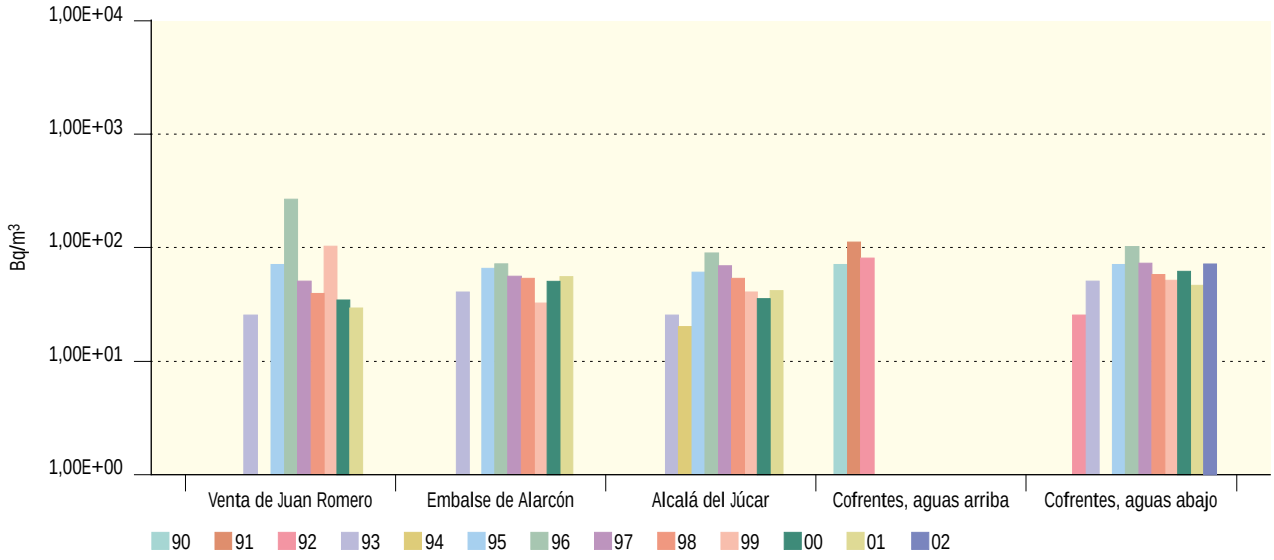
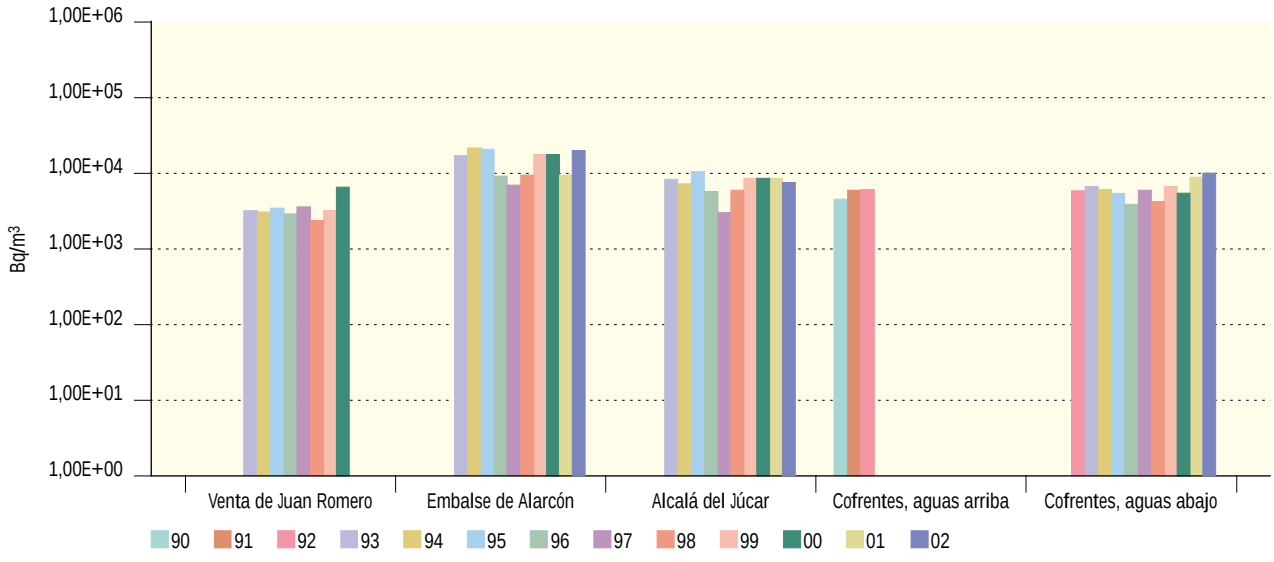


Figura 3.52. Río Júcar

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

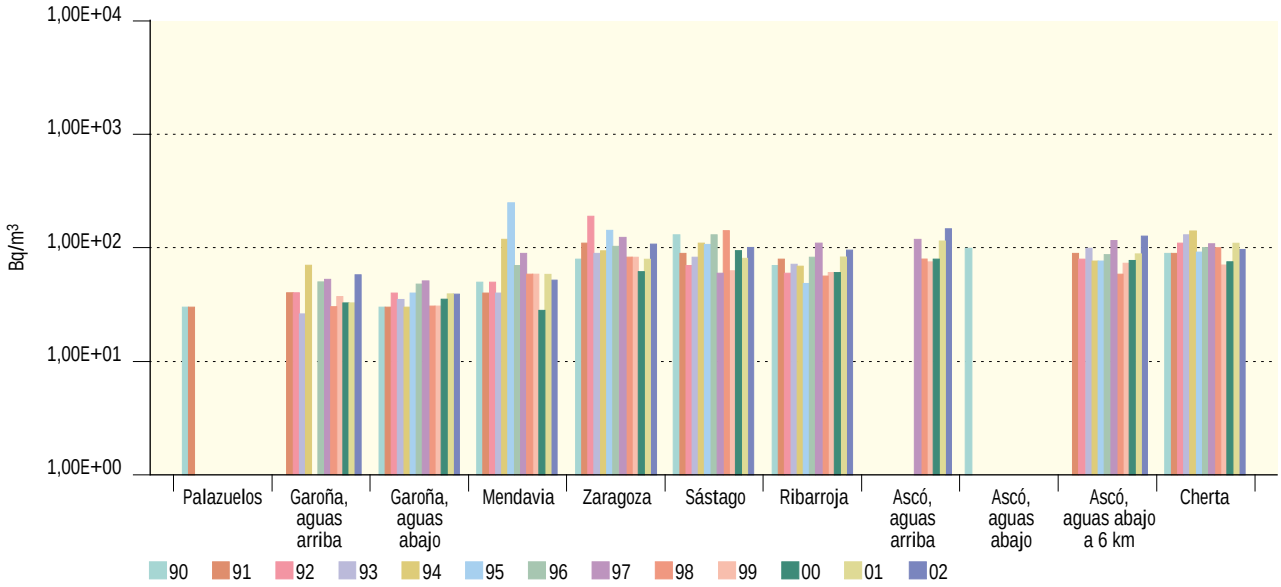


Figura 3.54. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

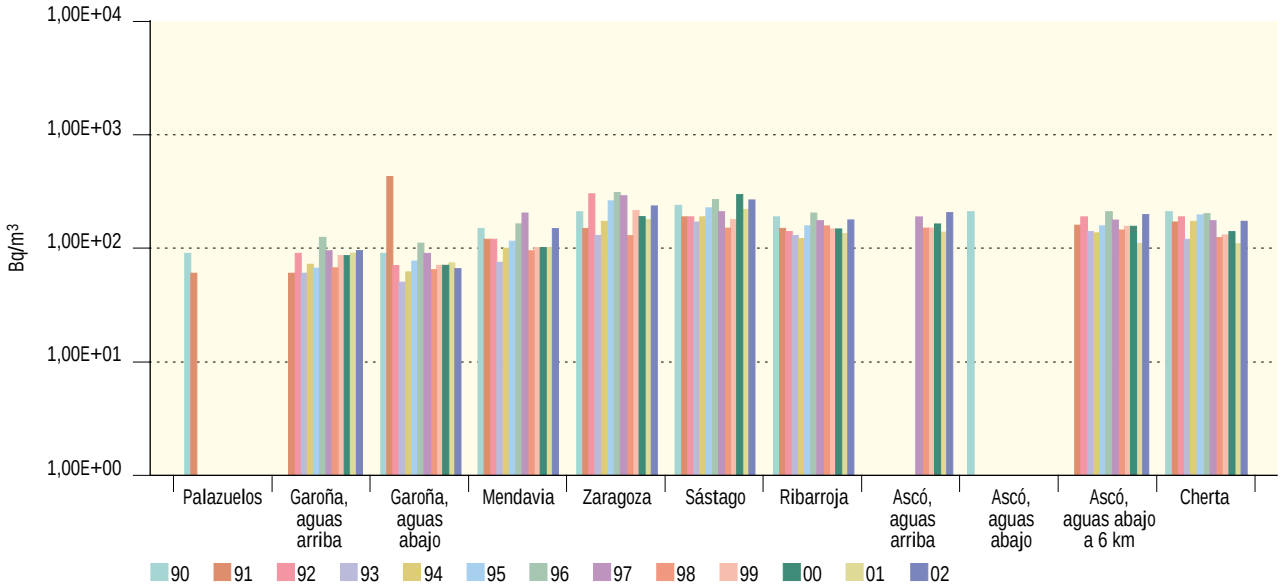


Figura 3.55. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

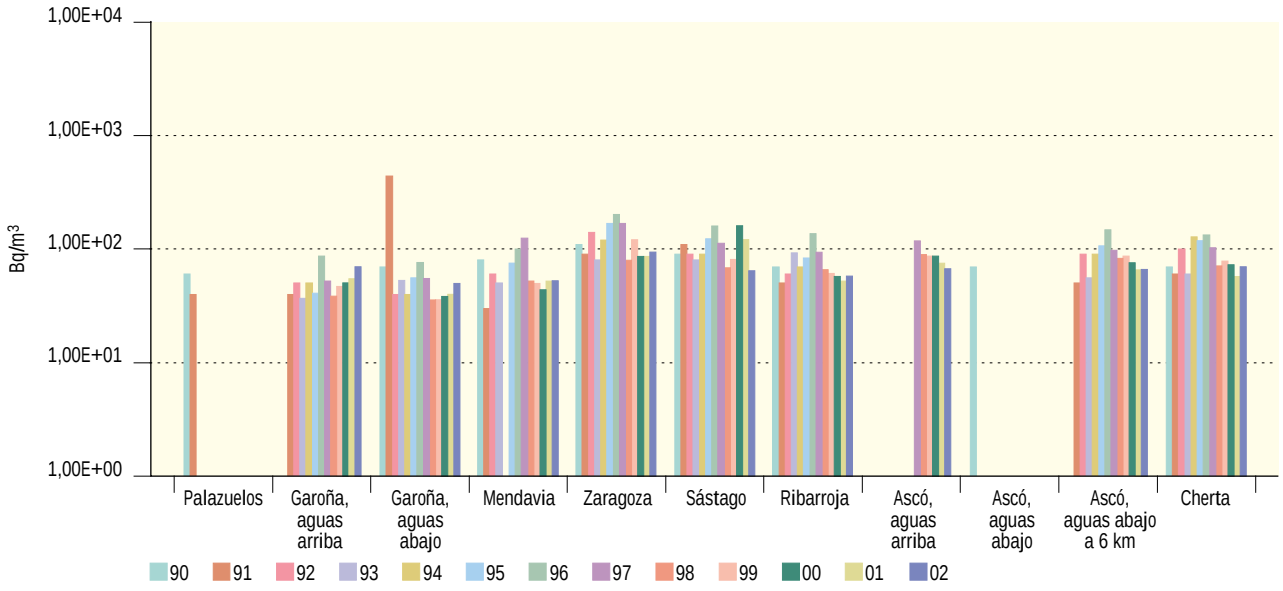
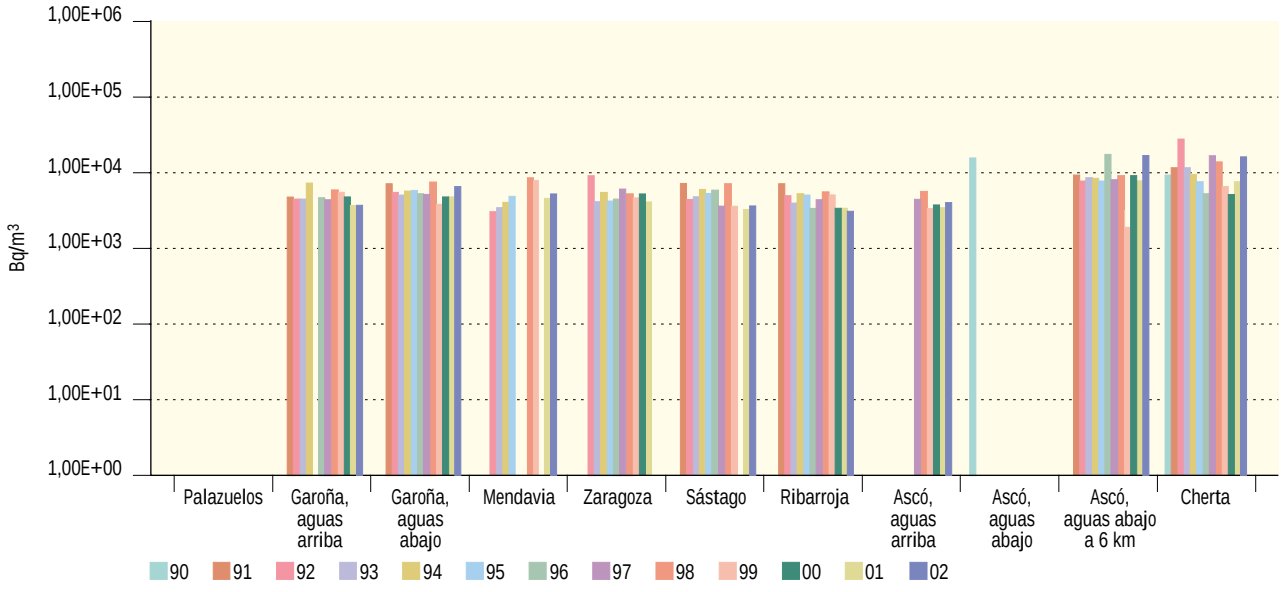


Figura 3.56. Río Ebro

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

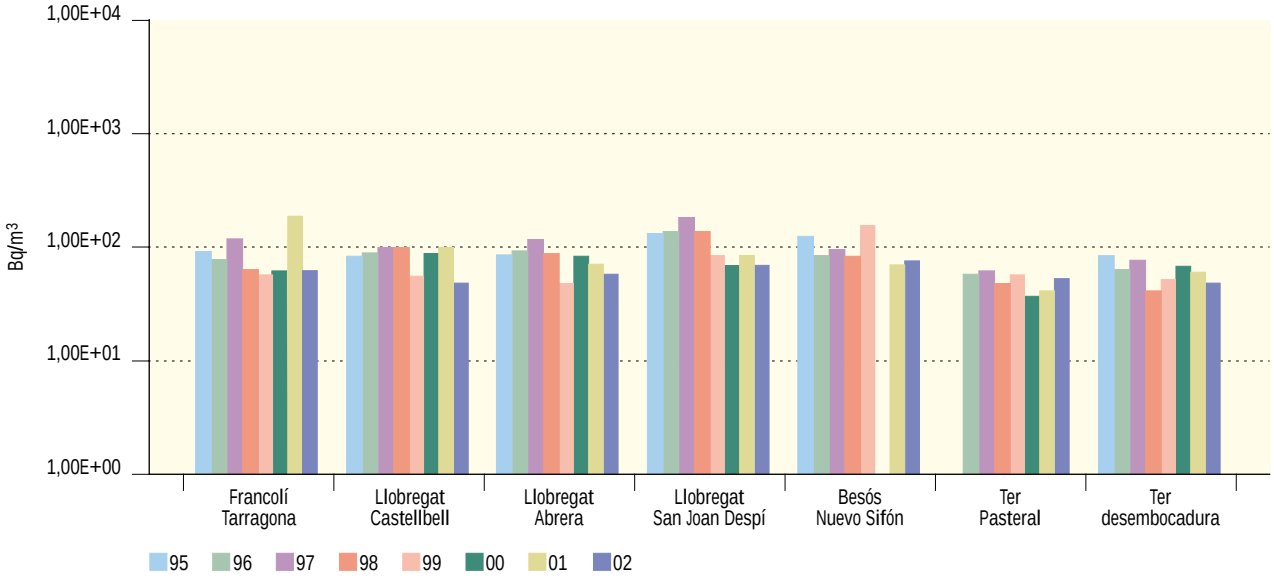


Figura 3.58. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta total

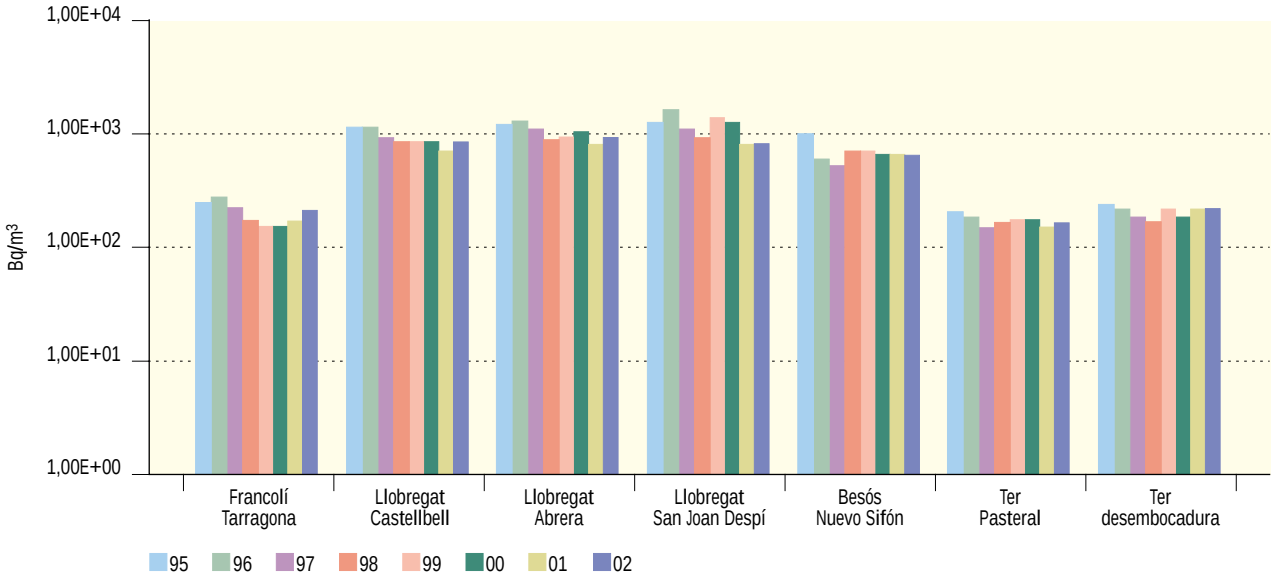


Figura 3.59. Cuencas catalanas

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

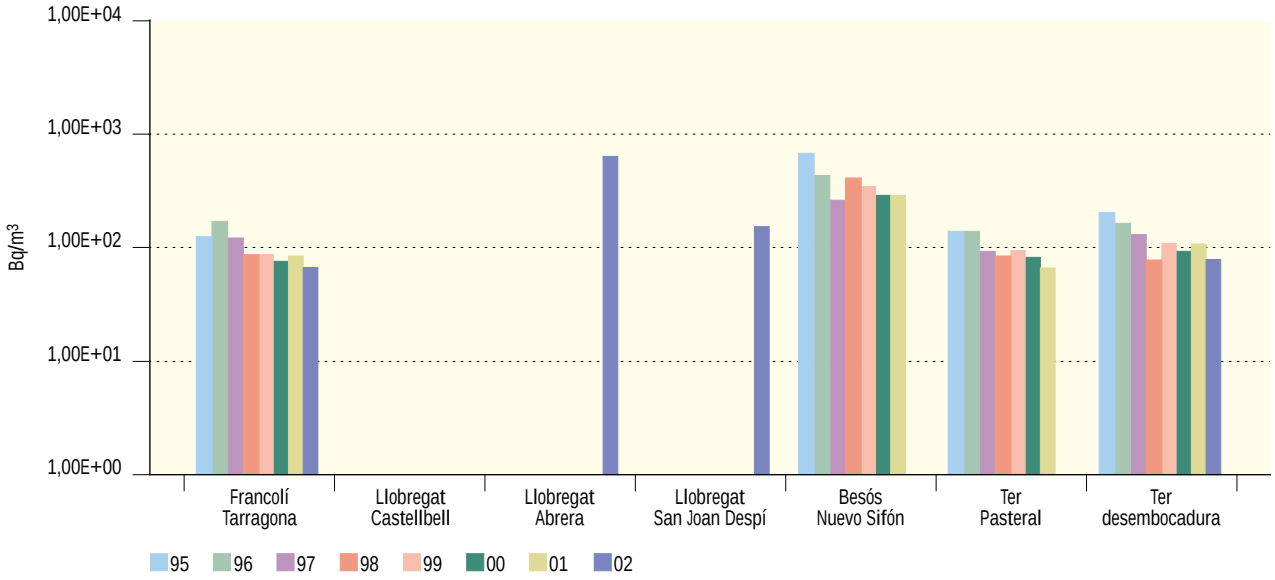
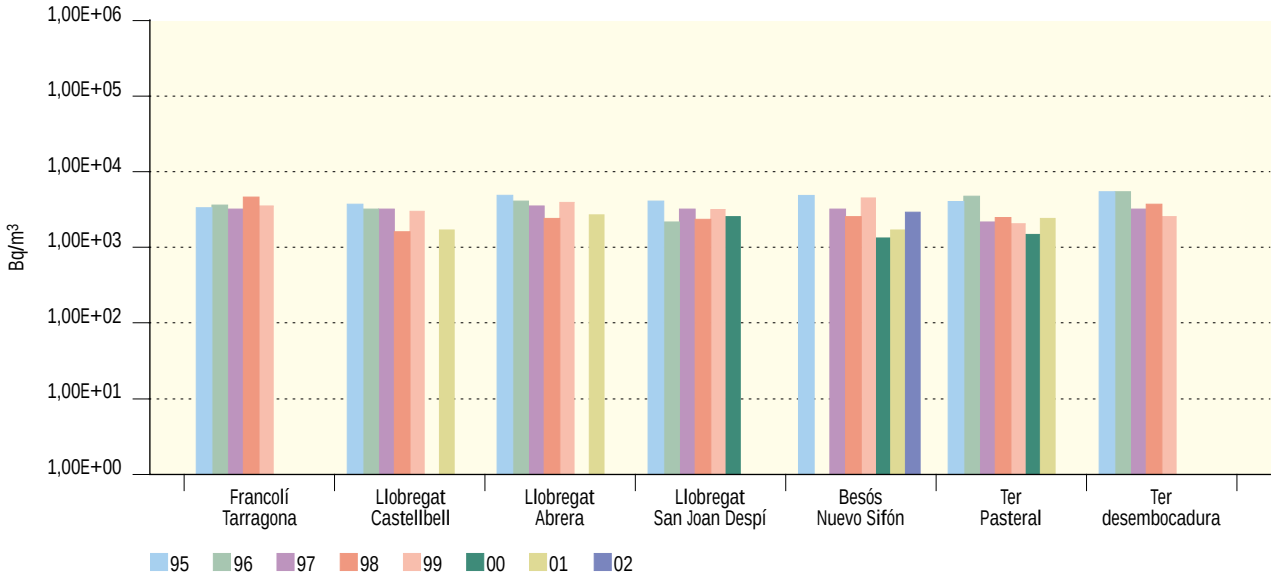


Figura 3.60. Cuencas catalanas

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras

Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo que integran en la actualidad este programa son 14 y se sitúan a lo largo de las costas españolas como se puede observar en la figura 3.61. Las últimas estaciones incorporadas al programa han sido puerto de Tarragona en el año 1999, puerto de Palma de Mallorca en el año 2000 y puerto de Las Palmas en la campaña de 2002.

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

Con el fin de vigilar la calidad del agua del litoral español desde el punto de vista radiológico, se estableció una red de estaciones integrada durante la campaña de 2002 por los puntos de muestreo que figuran en la tabla 3.4. El criterio empleado en su diseño es vigilar aquellas zonas costeras 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).

El desarrollo del programa es muy similar a lo indicado en el apartado referido a las muestras de aguas continentales, con la particularidad de que para la recogida de muestras, que se realiza con frecuencia trimestral, el Cedex cuenta con la colaboración de diversos organismos públicos: Dirección General de Costas, autoridades portuarias, Sociedad Estatal de Salvamento y Segu-

Figura 3.61. Red de estaciones de muestreo de aguas marinas del CSN

Tabla 3.4. Estaciones de muestreo de agua de mar

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

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

- Cambio en el procedimiento para la determinación del índice de actividad alfa total. Se abandona el método de evaporación empleado con anterioridad y se sustituye por el método de coprecipitación, basado en una práctica de la USEPA.

- Revisión de los cálculos del índice de actividad beta resto.

- Optimización del método de medida de potasio por espectrofotometría de emisión atómica.

- El análisis de tritio se lleva a cabo por un procedimiento de concentración electrolítica que permite detectar unos valores muy bajos de concentración, más de un orden de magnitud por debajo del límite de detección requerido en los programas de vigilancia de las instalaciones, y del obtenido con el método aplicado por el Cedex en el programa de las aguas continentales.

Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el periodo 1998 a 2002, en el que la aplicación de los nuevos procedimientos analíticos específicos para el agua de mar garantiza la reproducibilidad y fiabilidad de los datos. La numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).

- Valores detallados para la campaña de 2002 se representan con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra (b).

Para el cálculo de los valores medios se consideran los valores de concentración de actividad superiores al LID, obtenidos en los índices de actividad alfa y beta total y para el tritio. Los valores que se obtienen para el índice de actividad beta resto son en su mayoría inferiores al límite inferior de detección, y no se representan en las gráficas.

En la campaña de 2002 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 no se detectó ningún valor por encima del LID en este año. Como en años anteriores, tampoco se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguna de las muestras analizadas.

Figura 3.62a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

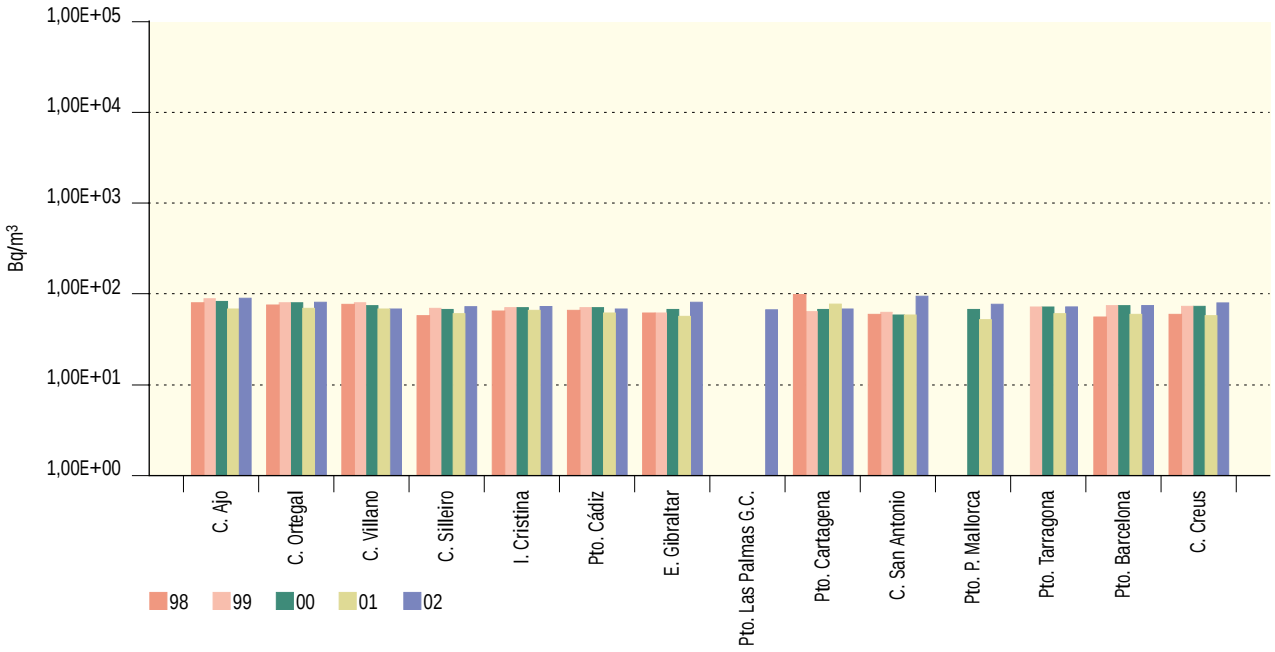
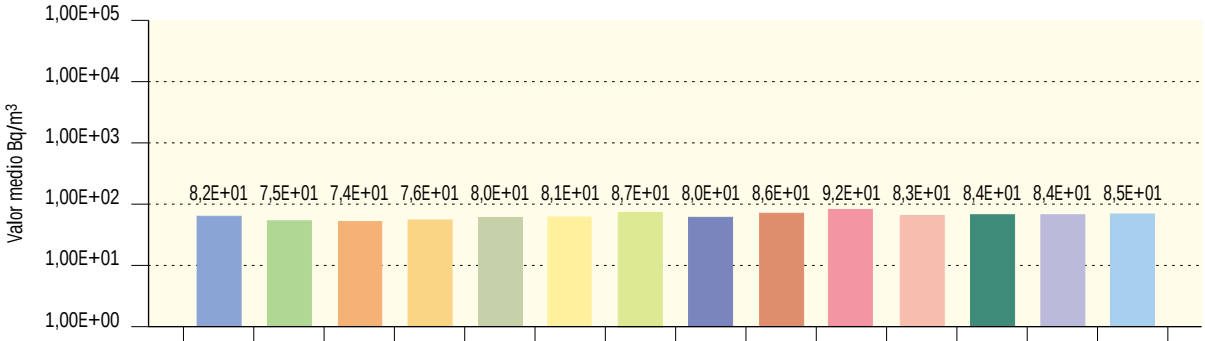


Figura 3.62b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m^3)

Valores de la campaña de 2002



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	8,89E+01	8,29E+01	7,67E+01	9,82E+01	8,12E+01	9,28E+01	9,82E+01	8,69E+01	1,03E+02	9,64E+01	8,96E+01	9,46E+01	9,98E+01	9,59E+01
Valor mínimo	7,92E+01	6,62E+01	6,89E+01	6,46E+01	7,72E+01	6,62E+01	6,96E+01	7,01E+01	6,84E+01	8,69E+01	7,53E+01	7,13E+01	6,43E+01	7,68E+01
Nº total de análisis	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.63a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

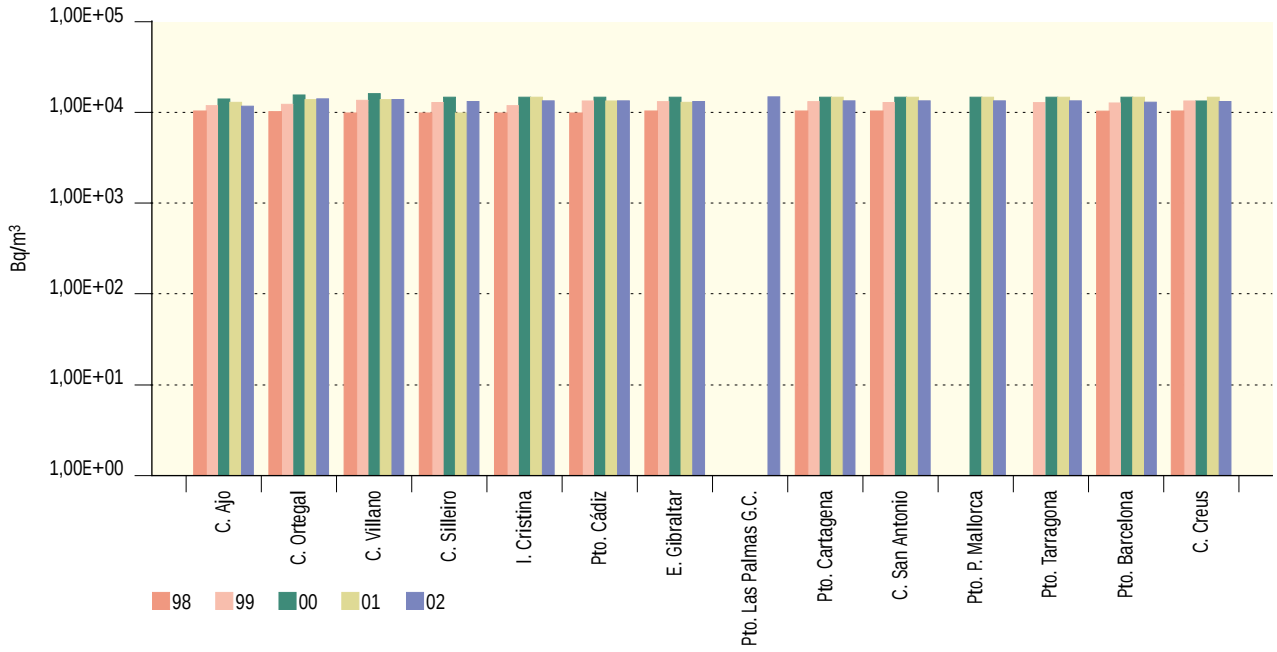
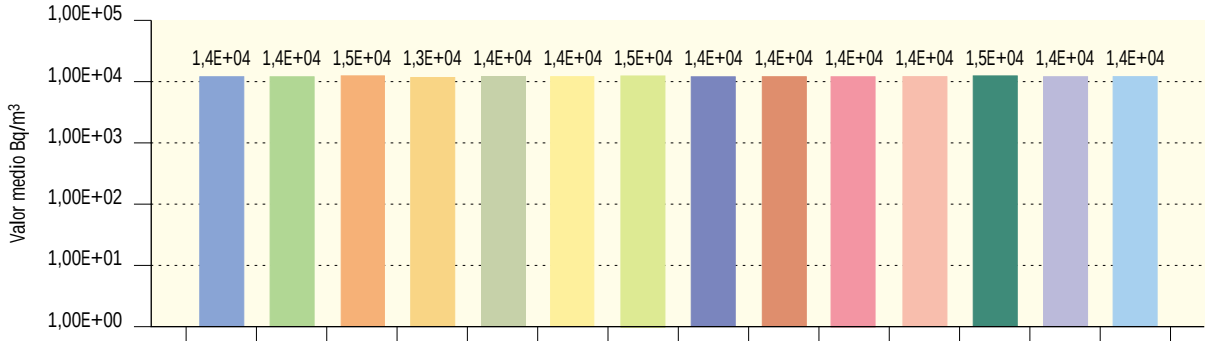


Figura 3.63b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,42E+04	1,48E+04	1,55E+04	1,41E+04	1,55E+04	1,48E+04	1,48E+04	1,46E+04	1,51E+04	1,55E+04	1,51E+04	1,59E+04	1,59E+04	1,50E+04
Valor mínimo	1,34E+04	1,34E+04	1,36E+04	1,08E+04	1,28E+04	1,39E+04	1,45E+04	1,28E+04	1,18E+04	1,21E+04	1,34E+04	1,23E+04	1,20E+04	1,08E+04
Nº total de análisis	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.64a. Agua de mar

Evolución temporal del índice de actividad de H-3

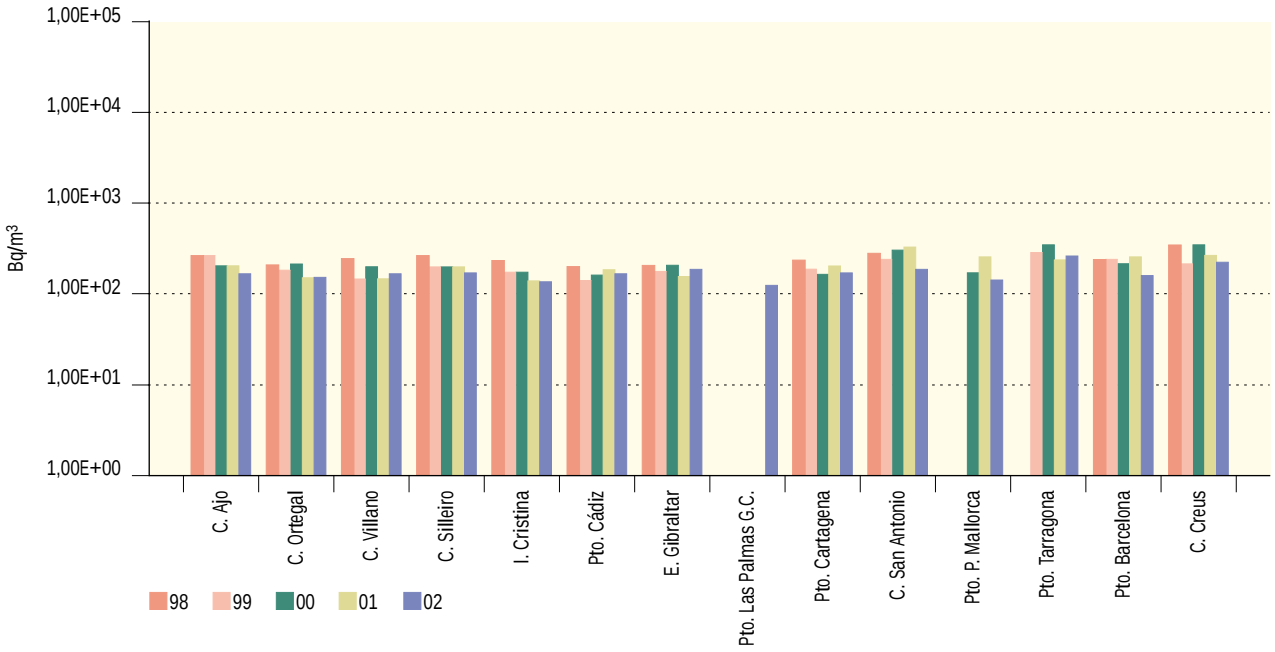
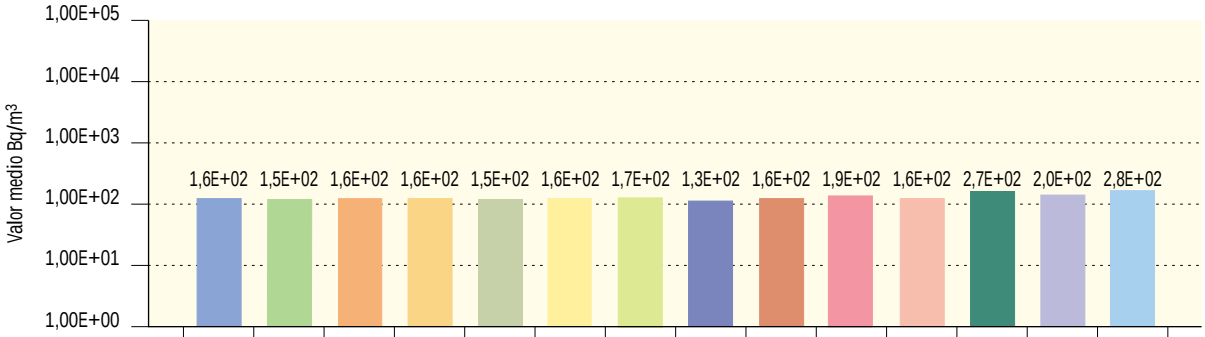


Figura 3.64b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad de H-3 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2002



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	Pto. L. P.	P. Cart.	C.S.A.	P. Palma	P. Tarra.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	2,12E+02	1,79E+02	1,73E+02	2,00E+02	1,67E+02	1,73E+02	2,22E+02	1,77E+02	1,95E+02	2,39E+02	1,71E+02	2,94E+02	2,20E+02	3,64E+02
Valor mínimo	1,41E+02	1,15E+02	1,28E+02	1,15E+02	1,34E+02	5,20E+01	1,33E+02	9,11E+01	1,38E+02	1,43E+02	1,45E+02	2,44E+02	1,64E+02	2,10E+02
Nº total de análisis	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

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

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

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

2. Diseño de la REA

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

Cada una de las estaciones se compone de:

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

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

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

La red ha alcanzado un alto nivel de disponibilidad. Las pérdidas ocasionales de datos se han producido por causas diversas relacionadas con las 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.

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 2002 en cada una de las estaciones de la red.

El análisis de la operación y los resultados de la REA durante el año 2002 será objeto de la publicación *Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2002 y 2003*.

Tabla 4.1

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

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 2002

Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora	Estación	Tasa de dosis media anual en µSv/hora
Andújar	0,13	Herrera del Duque	0,20
Huelva	0,12	Lugo	0,13
Motril	0,13	Pontevedra	0,20
Sevilla	0,14	Madrid	0,20
Tarifa	0,15	Murcia	0,13
Jaca	0,17	San Sebastián	0,11
Teruel	0,13	Agoncillo	0,14
Avilés	0,12	Penhas Douradas	0,27
Palma de Mallorca	0,16	Cofrentes (red valenciana)	0,16
Santa Cruz de Tenerife	0,13	Pedrones (red valenciana)	0,15
Santander	0,13	Jalance (red valenciana)	0,16
Quintanar de la Orden	0,17	Cortes de Pallás (red valenciana)	0,16
Almázcara	0,15	Almadraba (red catalana)	0,11
Autilla	0,14	Ascó (red catalana)	0,12
Saelices el Chico	0,16	Bilbao (red vasca)	0,08
Soria	0,19	Vitoria (red vasca)	0,08
Talavera la Real	0,10		

ANEXO

1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos (Bq/año). Año 2002

1.1. Instalaciones en explotación

1.1.1. Centrales nucleares

	Almaraz 1 y 2	Ascó 1	Ascó 2	Cofrentes	José Cabrera	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Gases nobles	3,68E+11	1,23E+12	1,12E+12	1,71E+13	1,06E+13	<LID	2,57E+11	1,44E+12
Alfa total	3,67E+03	<LID	<LID	1,28E+05	<LID	1,82E+04	<LID	<LID
Ag-110m	2,17E+05	<LID	7,97E+03	<LID	<LID	<LID	6,06E+04	<LID
Co-58	8,45E+04	1,40E+06	1,26E+06	8,90E+05	8,27E+06	1,26E+05	6,99E+05	2,10E+07
Co-60	6,27E+05	2,35E+06	1,68E+06	7,21E+06	<LID	2,83E+06	5,79E+05	1,32E+06
Cs-134	<LID	3,77E+03	9,94E+04	7,10E+04	<LID	<LID	<LID	5,80E+04
Cs-137	<LID	4,25E+05	3,21E+06	4,28E+05	2,33E+05	1,67E+05	3,34E+05	9,98E+04
H-3	8,78E+12	1,17E+12	1,78E+12	3,92E+12	8,40E+10	3,61E+11	6,37E+11	2,54E+11
I-131	4,65E+05	1,14E+05	<LID	9,17E+08	3,99E+05	8,07E+06	1,02E+05	4,42E+07
Mn-54	2,38E+04	5,12E+03	7,34E+04	3,03E+05	<LID	2,67E+06	<LID	4,20E+05
Sr-90	<LID	<LID	<LID	1,71E+07	<LID	4,31E+05	<LID	<LID
Otros radionucleidos	1,37E+05	5,27E+06	2,32E+06	5,00E+09	<LID	9,86E+07	4,38E+05	1,37E+07

1.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	El Cabril	Planta Quercus
Alfa total	4,53E+04	4,18E+03	2,84E+07
Beta total	–	8,21E+04	
Actividad gamma	–	<LID	
H-3	–	8,95E+09	
C-14	–	9,49E+08	

1.1.3. Centros de investigación: Ciemat

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

1.2. Instalaciones en fase de clausura

1.2.1. Centrales nucleares

Vandellós I: No se han descargado efluentes radiactivos gaseosos a lo largo del año 2002.

2. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos (Bq/año). Año 2002

2.1. Instalaciones en explotación

2.1.1. Centrales nucleares

	Almaraz 1 y 2	Ascó 1	Ascó 2	Cofrentes	José Cabrera	S.M. Garoña	Trillo	Vandellós II
Alfa total	<LID	<LID	<LID	<LID	<LID	6,53E+05	<LID	6,51E+06
Ag-110m	3,77E+08	2,02E+08	1,43E+09	<LID	<LID	7,21E+05	7,56E+07	<LID
Co-58	7,06E+08	1,56E+08	9,99E+08	1,88E+07	4,15E+06	8,87E+06	6,48E+07	1,12E+10
Co-60	1,57E+09	2,98E+08	7,60E+08	1,42E+08	1,62E+07	2,20E+08	2,98E+08	3,13E+09
Cs-134	1,83E+08	<LID	1,16E+06	4,82E+06	<LID	1,26E+07	4,98E+06	1,02E+09
Cs-137	7,59E+08	3,30E+07	1,13E+08	1,60E+07	2,87E+07	9,64E+07	6,15E+07	1,37E+09
H-3	2,90E+13	4,73E+13	4,82E+13	3,06E+12	2,39E+12	5,21E+11	1,66E+13	2,87E+13
I-131	4,33E+06	2,52E+05	7,00E+06	1,05E+07	4,87E+06	1,84E+05	<LID	4,05E+07
Mn-54	1,61E+08	1,07E+07	5,82E+07	1,08E+07	<LID	1,68E+08	9,59E+06	5,78E+08
Sr-90	<LID	4,70E+07	8,17E+08	4,48E+06	<LID	2,77E+06	<LID	3,71E+07
Otros radionucleidos	2,21E+09	4,93E+08	2,39E+09	1,63E+08	2,98E+06	7,65E+07	2,11E+08	2,52E+09

2.1.2. Instalaciones del ciclo del combustible

	Fábrica de Juzbado	Planta Quercus
Alfa total	2,06E+07	1,41E+06

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

2.1.3. Centros de investigación

	Ciemat
Co-60	2,32E+04
Cs-137	7,80E+05
H-3	1,63E+08
I-125	<LID
Sr-90	3,84E+05
Otros radionucleidos	3,91E+05

2.2. Instalaciones en fase de clausura

2.2.1. Centrales nucleares

	Vandellós I
Alfa total	1,17E+07
Co-60	6,31E+07
Cs-137	2,45E+08
C-14	2,37E+08
H-3	2,71E+08
Pu-241	5,59E+07
Sr-90	4,08E+07
Otros radionucleidos	1,28E+08

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 18

1.1. Centrales nucleares en operación 18

1.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 19

1.3. Resultados 24

1.3.1. Aire 24

1.3.2. Radiación directa 31

1.3.3. Deposición 33

1.3.4. Agua 38

1.3.5. Alimentos 66

2. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación 80

2.1. Tipos de instalaciones 80

2.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 80

2.3. Resultados 83

2.3.1. Aire 83

2.3.2. Radiación directa 89

2.3.3. Deposición 93

2.3.4. Agua 97

3. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en desmantelamiento y/o clausura 108

3.1. Ciemat 108

3.1.1. Características de la instalación 108

3.1.2. Características y resultados del PVRA 108

3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) 111

3.2.1. Características de la instalación 111

3.2.2. Características y resultados del PVRA 111

3.3. Vandellós I 113
3.3.1. Características de la instalación 113
3.3.2. Características y resultados del PVRA 113
3.4. Planta Lobo G 117
3.4.1. Características de la instalación 117
3.4.2. Características y resultados del PVRA 117

3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL 119

1. Red de Estaciones de Muestreo (REM) 120
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre 120
1.1.1. Estaciones de muestreo 120
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 121
1.1.3. Resultados 124
— Aire 124
— Deposición 125
— Agua 125
— Alimentos 126
1.2. Vigilancia del medio acuático 144
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales 144
— Estaciones de muestreo 144
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 145
— Resultados 146
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras 168
— Estaciones de muestreo 168
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 168
— Resultados 169

4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) 173

1. Estaciones automáticas 174

2. Diseño y desarrollo del programa 175

3. Resultados 175

ANEXO 177

1. Actividad en los efluentes radiactivos gaseosos. Año 2002 178

2. Actividad en los efluentes radiactivos líquidos. Año 2002 179