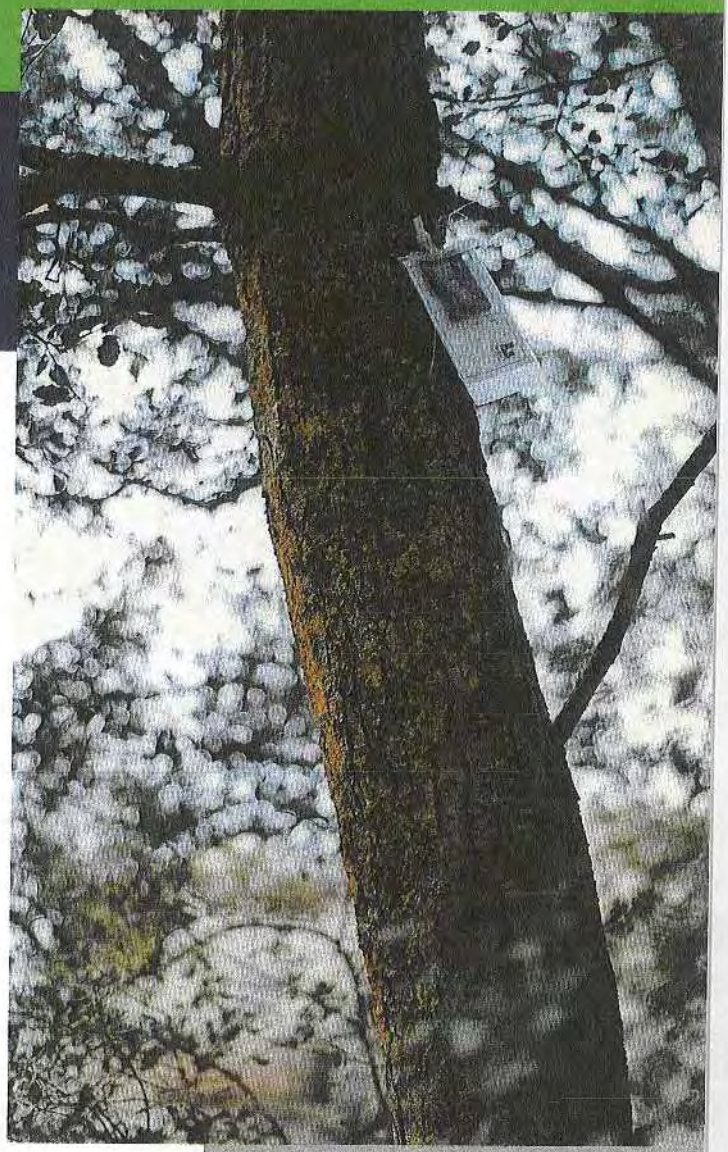
Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 1998

CSN



Colección
Informes Técnicos
6.2000

Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 1998

Programas de vigilancia radiológica ambiental
Resultados 1998

Autores: Rosario Salas Collantes
Inmaculada Marugán Tovar
Lucila Mª Ramos Salvador
Carmen Rey del Castillo
Agustina Sterling Carmona
Ángel García de Mateos
Soledad Paniagua Román

Colección
Informes Técnicos
6. 2000

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.03

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 2001, 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: Artegraf, S.A.

ISBN: 84-95341-31-X
Depósito legal: M. 39.690-2001

Introducción

En 1999, el Consejo de Seguridad Nuclear inició la publicación de los resultados de los programas de vigilancia radiológica ambiental en 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. Este documento se publica como continuación del editado en 1999[1] y contiene los resultados de los programas desarrollados durante el año 1998, junto con los datos históricos que constituyen un marco de referencia.

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 Consejo, 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 de vigilancia independientes, bien de modo directo o mediante encomienda a las comunidades autónomas. La red de vigilancia radiológica no asociada a instalaciones (Revira) es gestionada por el Consejo y está constituida por una Red de Estaciones de Muestreo (REM) y por una

---

[1] *La vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España*, editado en 1999 (CSN. Colección Informes Técnicos 4.1999).

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 y de las aguas (potables, continentales y marinas), 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[2,3].

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 1998 y analizando a continuación en mayor detalle los valores correspondientes al año 1998, últimos resultados evaluados en el momento de elaborarse este trabajo. Como novedades respecto al informe anterior, cabe indicar la inclusión de datos sobre la vigilancia de organismos indicadores y de algunos alimentos, como carnes, huevos, miel, peces y mariscos, realizada en los programas de vigilancia llevados a cabo alrededor de las centrales nucleares. También se ha ampliado la información relativa al año 1998, incluyendo en este caso los valores máximos y mínimos de concentración de actividad para cada tipo de muestras y análisis.

---

[2] 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".*

[3] 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 105

Red de Estaciones Automáticas (REA) 143

Índice de contenidos 149

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

1

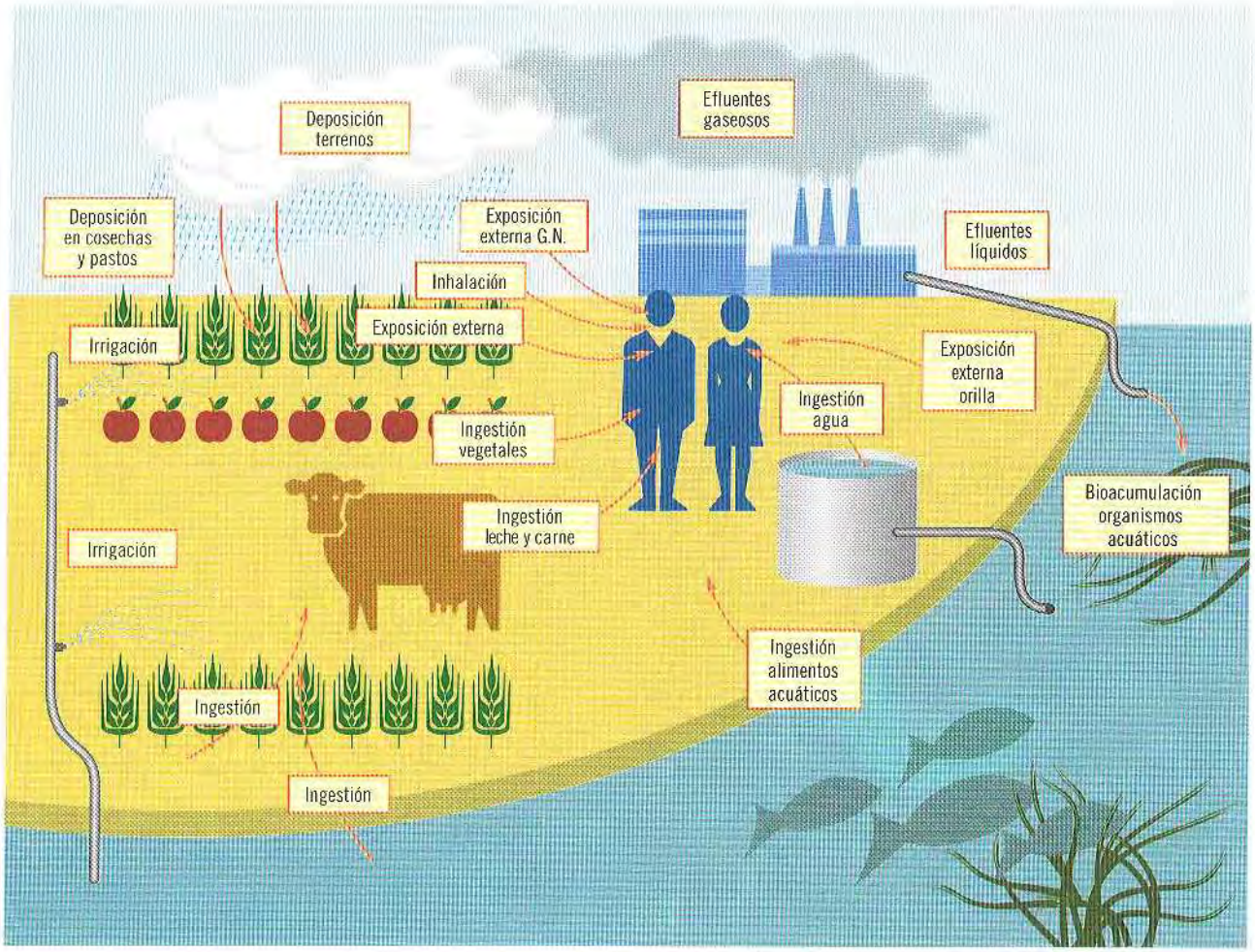
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- 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 rápidamente eventuales fugas.

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 integrada 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 radiológica ambiental 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, ha elaborado recientemente una recomendación sobre el alcance mínimo de estos programas que se ha publicado 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 las que la concentración de un radionucleido es proporcional a la tasa de emisión del mismo por lo que, en principio, existirá concentración mientras exista emisión. Dadas las características de los vertidos, en condiciones normales de operación de las instalaciones, y si no existen otras causas externas (por ejemplo, el accidente de la central nuclear de Chernóbil), los valores de 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 una vía de exposición integradora y de las transitorias. En las muestras seleccionadas en estas vías, de existir actividad en las denominadas integradoras, bien por deposición radiactiva (poso radiactivo) y/o como consecuencia del funcionamiento de las instalaciones, se pueden detectar también los isótopos presentes en las mismas.

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

[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 Radiación directa: Tasa de dosis	Aire: Partículas de polvo Yodo en aire Agua de lluvia: Deposito húmedo y/o depósito seco Agua 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 Alimentos: Vegetales Leche Carne	Suelo	
Integradoras y acumuladoras	Organismos indicadores Peces, mariscos		

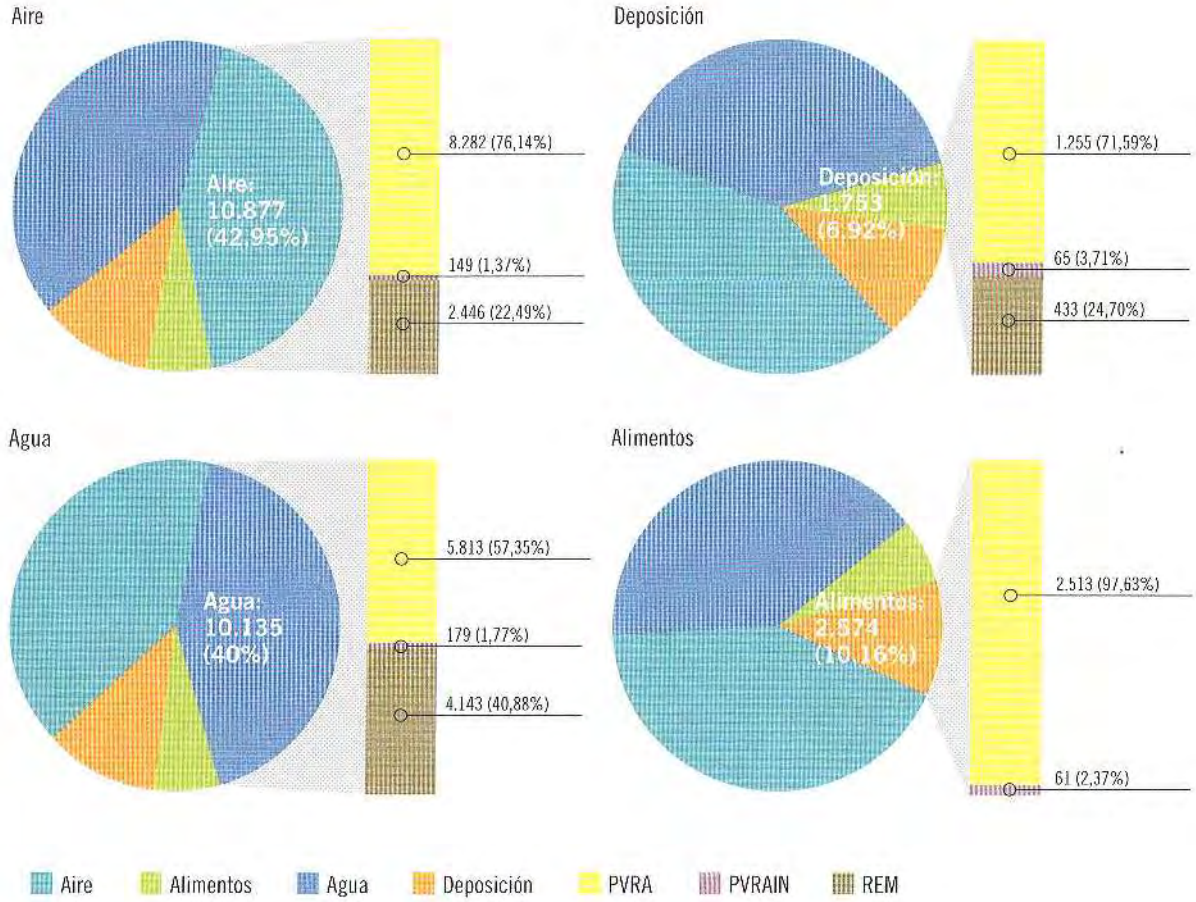
En la figura 1.2 se indica el número total de análisis que se realiza en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los distintos tipos de vigilancia a los que se asocian.

En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir aquellas que indican de manera casi inmediata una alteración en los niveles de radiactividad ambiental, permitiendo 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 de registros que corresponden a los distintos programas de vigilancia.

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 1998

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 un documento anterior sobre la vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España (Informe Técnico del CSN 4.1999) se describió con detalle como 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

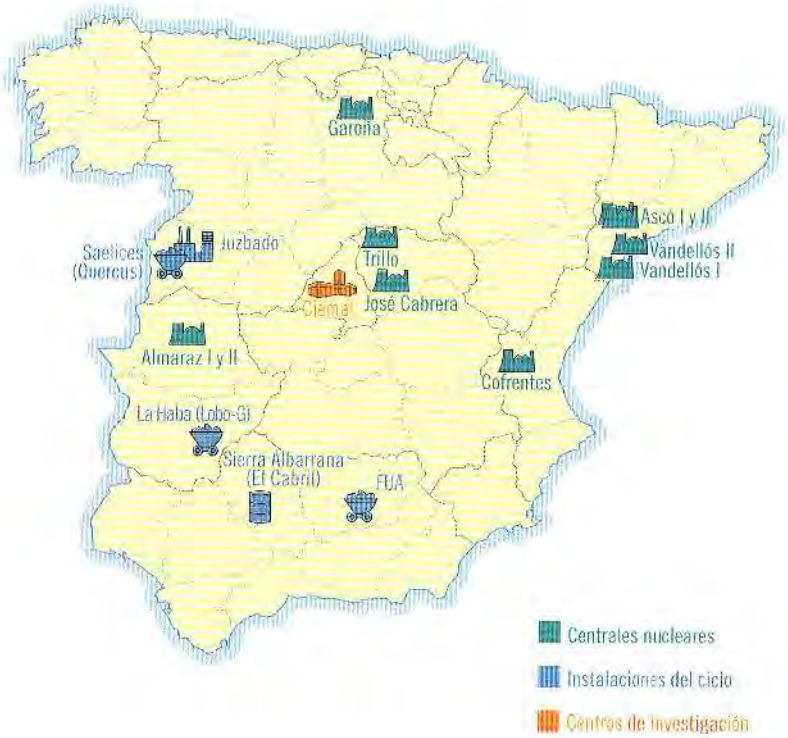
El conjunto de centrales nucleares que en la actualidad se encuentran en fase de explotación corresponde a tres generaciones diferenciadas dentro del programa nuclear de nuestro país.

- 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 clausura.

- 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 (460)	1970
Almaraz I y II	W-PWR (973/982)	1980/83
Ascó I y II	W-PWR (973/966)	1982/85
Cofrentes	GE-BWR (1025)	1984
Vandellós II	W-PWR (1009)	1987
Trillo	KWU-PWR(1066)	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	1997
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 considerado en la campaña de 1998 de los PVRA de cada una de las centrales nucleares y 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.

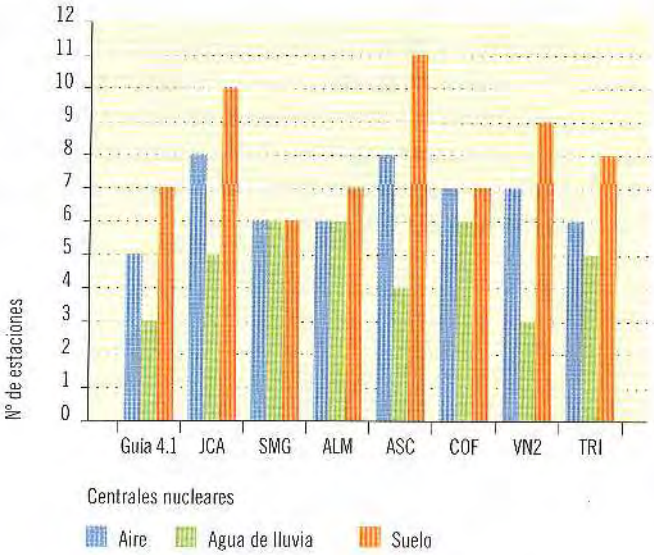
Tabla 2.1 Características de las centrales nucleares

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	460 MW	Año 1970
Almaraz (ALM)	Almaraz (Cáceres)	Unidad I PWR	973 MW	Año 1980
		Unidad II PWR	982 MW	Año 1983
Ascó (ASC)	Ascó (Tarragona)	Unidad I PWR	973 MW	Año 1982
		Unidad II PWR	966 MW	Año 1985
Cofrentes (COF)	Cofrentes (Valencia)	BWR	1.025 MW	Año 1984
Vandellós II (VN2)	Vandellós (Tarragona)	PWR	1.009 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 consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. 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)

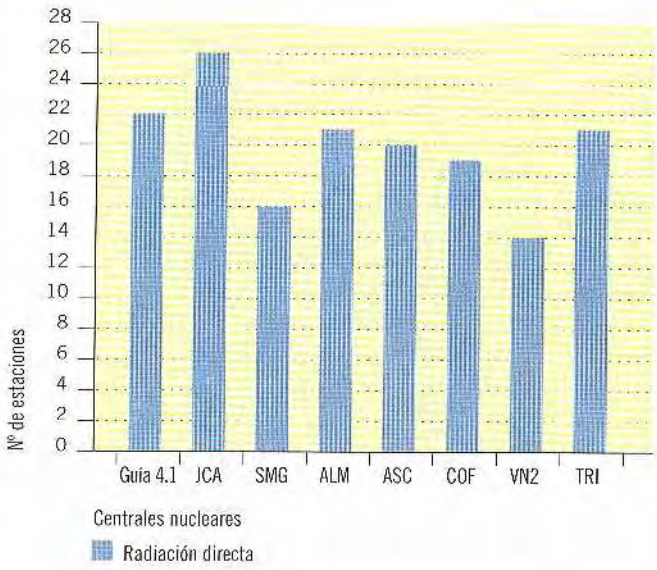
- Una muestra de cada punto donde se recogen partículas con la máxima concentración prevista a nivel de suelo.
- Una muestra en el punto de control donde se recogen partículas.

Suelo (deposición total)

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

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

Radiación directa



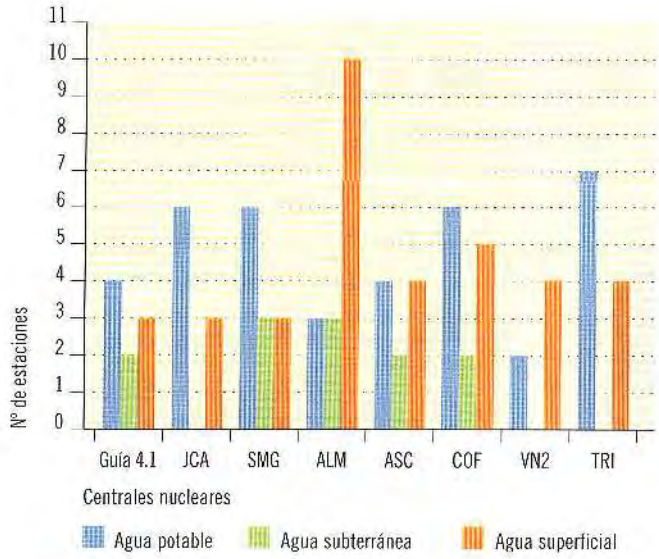
Criterios Guía 4.1

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.

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

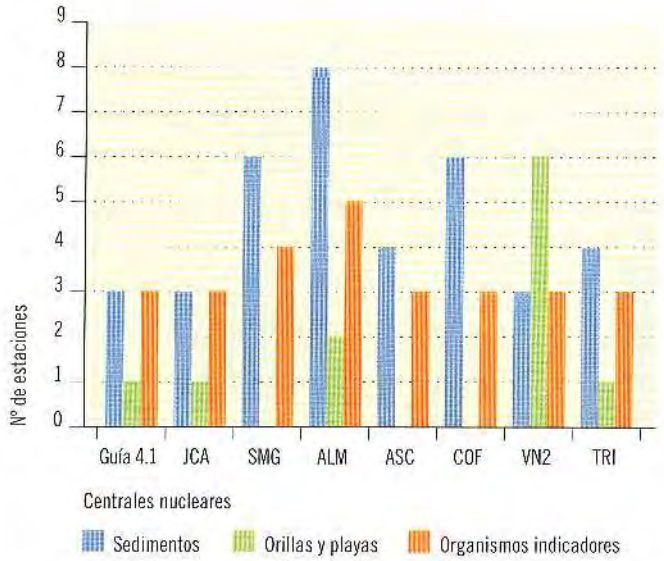
- Una muestra de cada fuente con mayor probabilidad de ser afectada por las descargas.
- Una muestra de control de una fuente no influida por las descargas.

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 consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Sedimetos 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

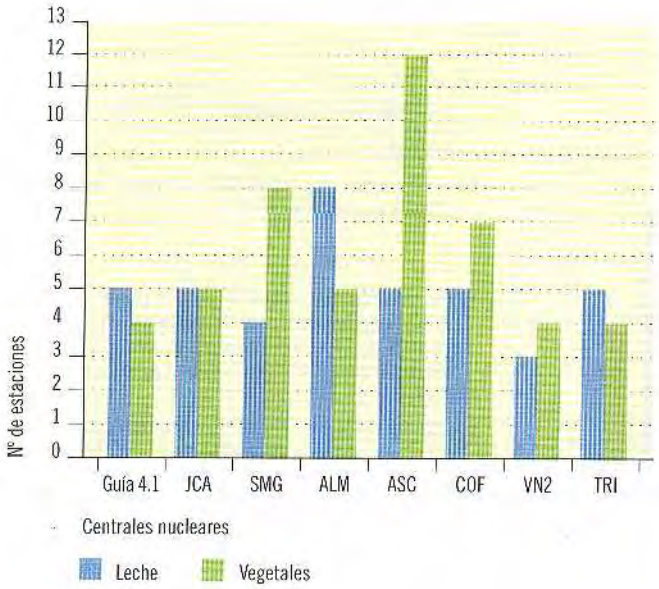
- Una muestra de un punto donde se prevea máxima sedimentación situado aguas abajo o, en el caso de emplazamientos costeros, en el entorno de la descarga, donde existan actividades recreativas.

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 consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Leche

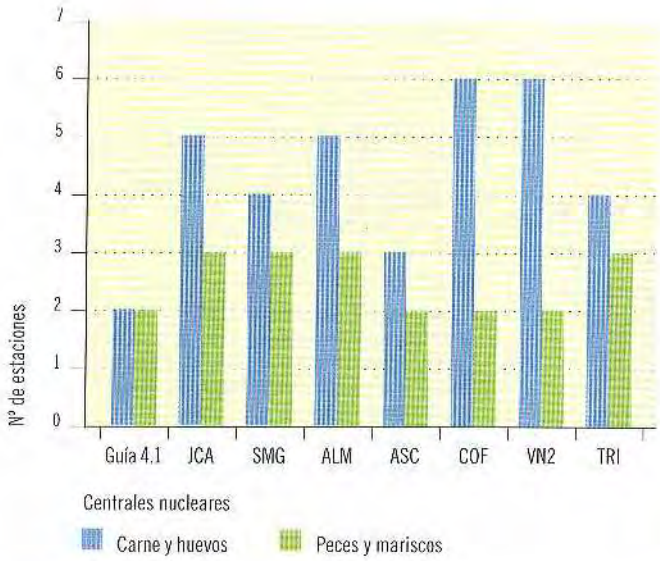
- Una muestra de granjas lecheras o animales individuales situados en cada una de las tres localizaciones seleccionadas entre aquellas donde se prevea la máxima deposición.
- Una muestra de cada central lechera que recoja la producción de la zona.
- Una muestra de control de granjas lecheras o animales 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 consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. 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.

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

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. 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 β total y β 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 algunos valores medios pueden estar sobrestimados.

- 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 1998, 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 1998. Puede ocurrir, en algunos casos, que se presente solamente la gráfica con la evolución temporal de los resultados, es decir, las del grupo (a), esto se debe a que en la campaña del año 1998, 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. Los valores de concentración para la campaña de 1998 (figura 2.9b) han sido todos inferiores a los LID excepto uno, correspondiente al programa de la central Vandellós II, que se encuentra dentro del rango de variación observado en la vigilancia de ámbito nacional, entre 7,1E-07 Bq/m^3 y 4,6E-05 Bq/m^3 (ver figura 3.4b para el mismo periodo).

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 contempla 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 siempre con valores próximos al LID. En la figura (figura 2.10a) se presenta la evolución temporal de los valores obtenidos para el cesio-137. En la campaña del año 1998 se ha obtenido para este isótopo un único valor en la estación testigo del PVRA de la central nuclear José Cabrera. El resultado de dicha muestra, 3,49E-05 Bq/m^3 (ver figura 2.10b), es similar a los valores de los LID de las restantes muestras de este mismo programa.

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, no habiéndose obtenido ninguno en la campaña del año 1998. En la figura 2.11a 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

El tritio en estas muestras puede tener un triple origen: cosmogénico, las explosiones nucleares realizadas a la atmósfera en el pasado y la emisión de las centrales nucleares. Estos posibles orígenes, además de las condiciones meteorológicas existentes durante el muestreo, pueden influir en las oscilaciones observadas en las concentraciones de actividad de dicho isótopo.

Estas muestras se recogen en la central nuclear José Cabrera y los valores de la campaña de 1998, como se ve en la figura 2.12a, son similares a los de campañas anteriores.

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

Valores medios en la zona vigilada

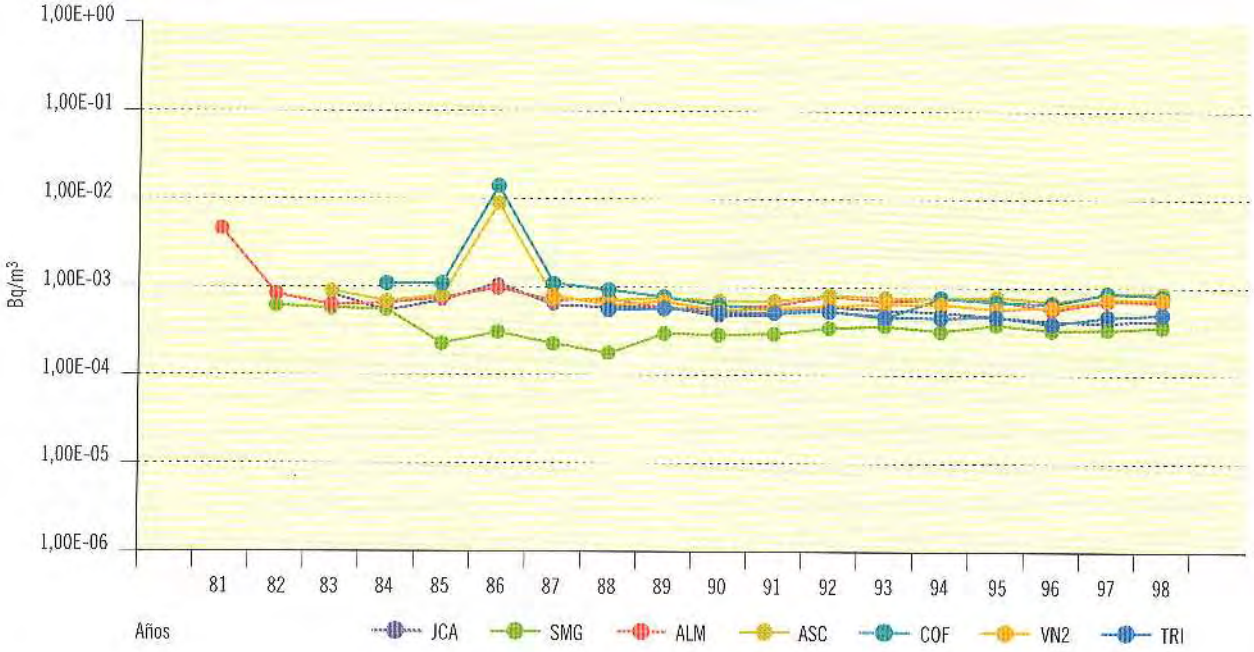
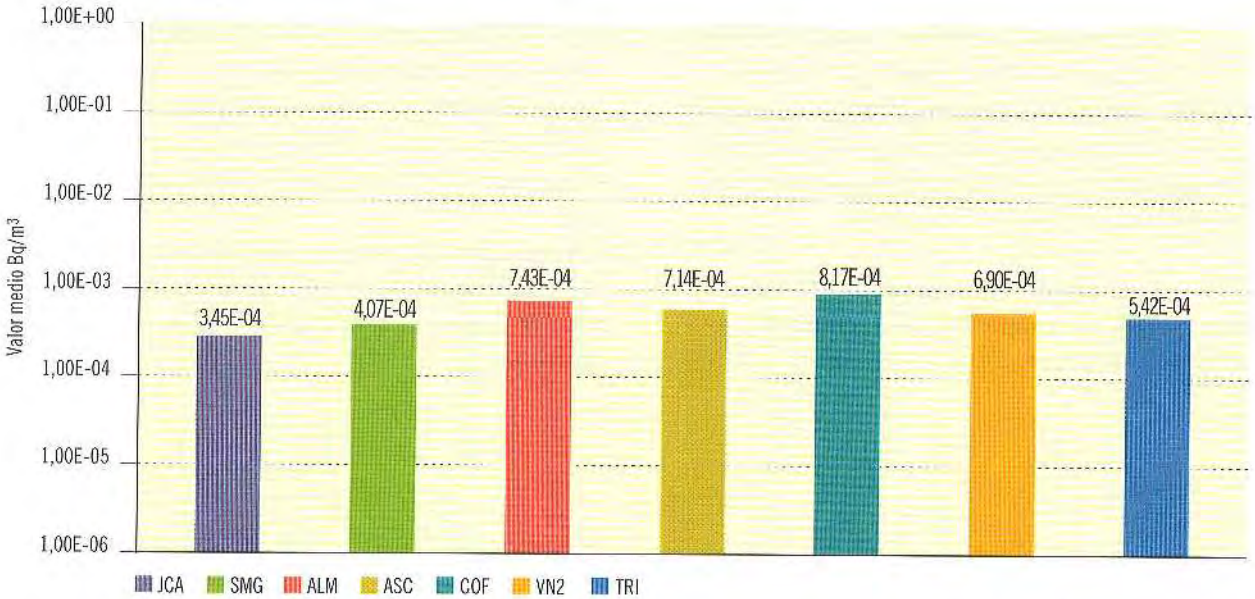


Figura 2.8b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,61E-03	1,08E-03	2,23E-03	2,31E-03	2,44E-03	2,66E-03	1,18E-03
Valor mínimo	3,26E-05	6,87E-05	9,68E-05	1,62E-04	1,35E-04	1,01E-04	1,21E-04
Nº total de análisis	402	312	318	412	364	371	312
Nº de análisis > LID	373	312	318	412	364	368	312
Nº de análisis < LID	29	0	0	0	0	3	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

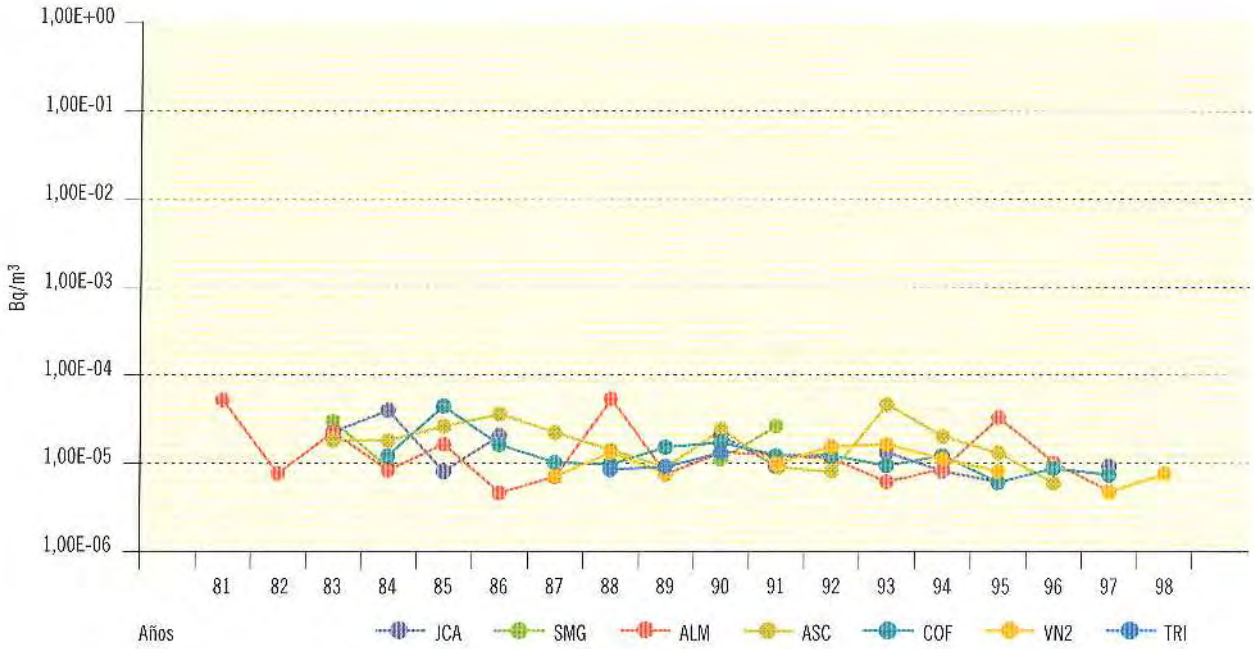
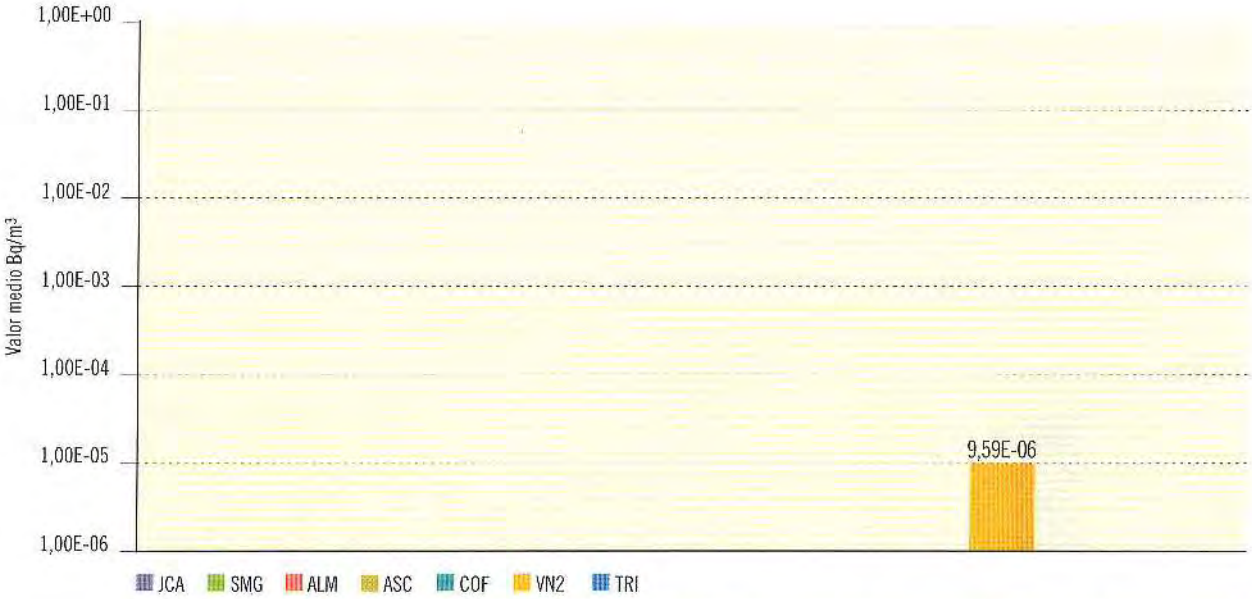


Figura 2.9b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo						9,59E-06	
Valor mínimo						9,59E-06	
Nº total de análisis	32	24	24	32	27	28	18
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	0	1	0
Nº de análisis < LID	32	24	24	32	27	27	18

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

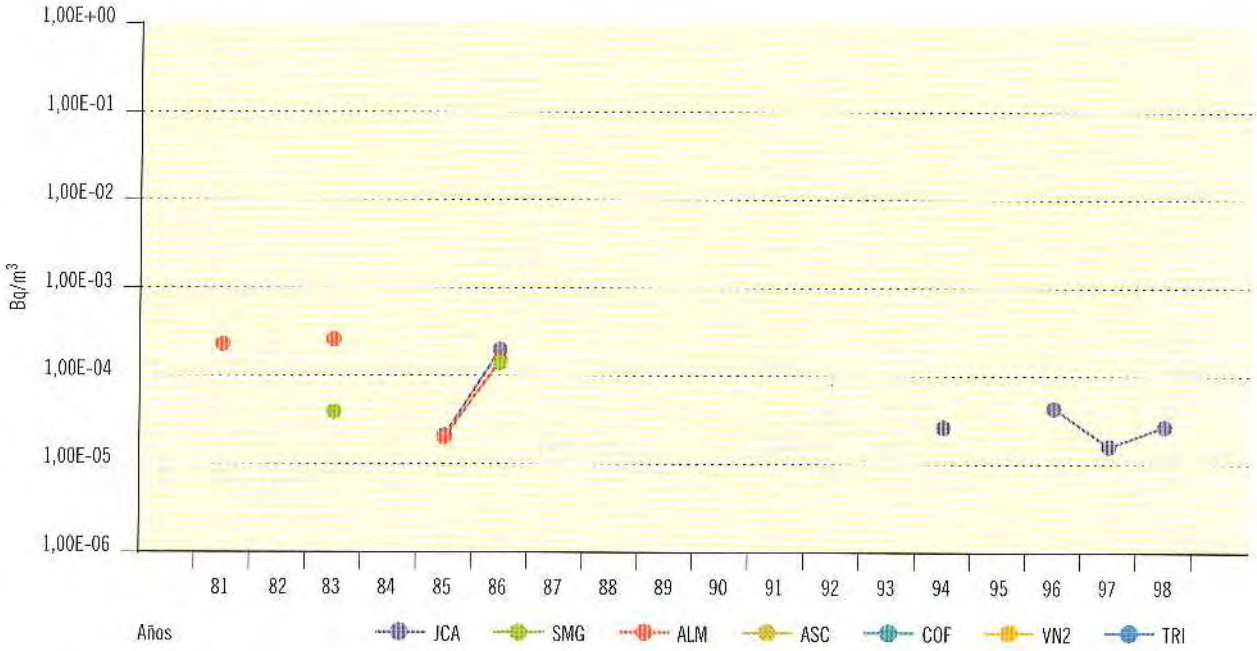
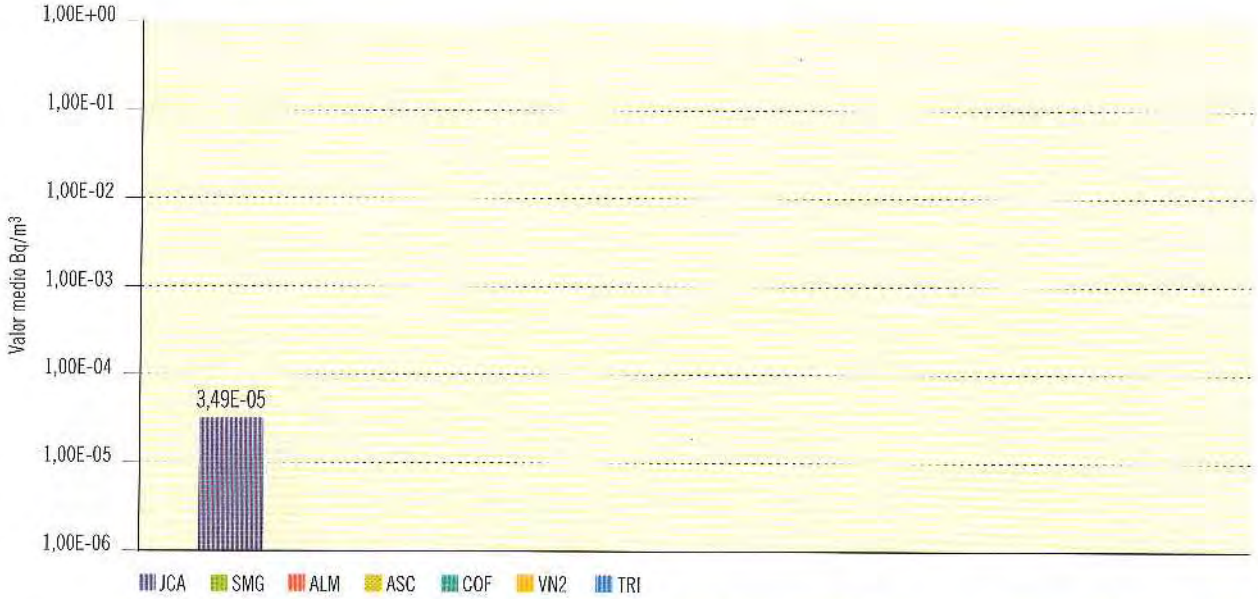


Figura 2.10b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,49E-05						
Valor mínimo	3,49E-05						
Nº total de análisis	32	24	24	32	28	28	24
Nº de análisis > LID	1	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	31	24	24	32	28	28	24

Figura 2.11a. Aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

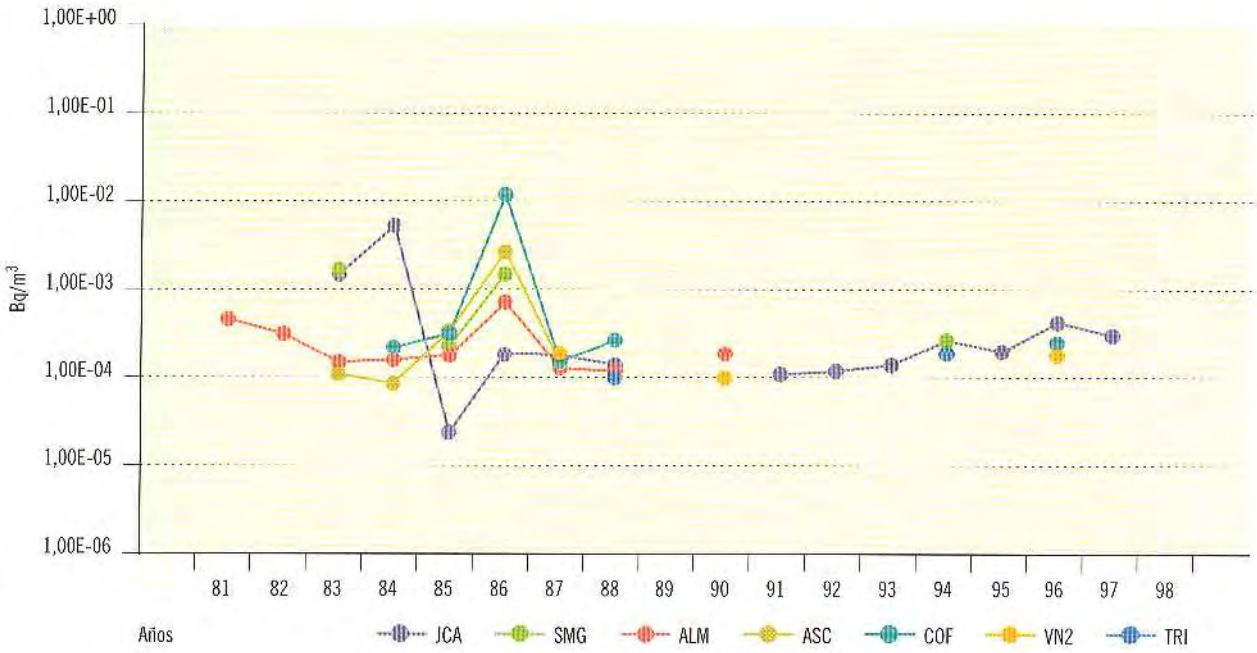


Figura 2.12a. Vapor de agua en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

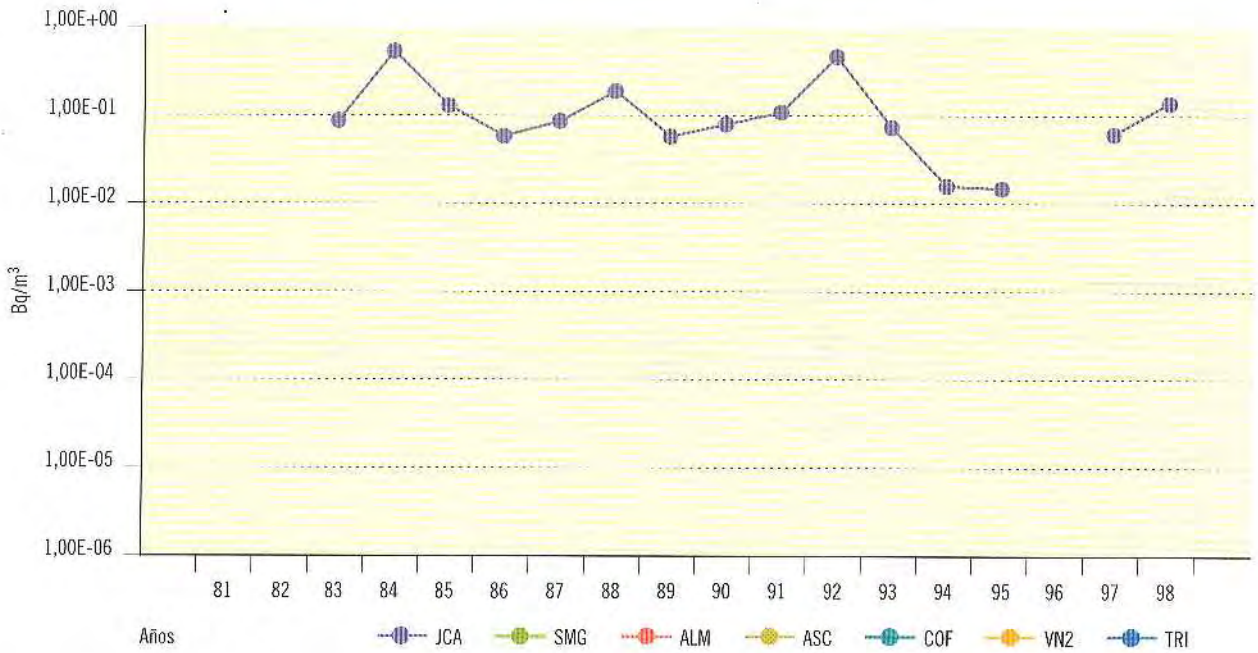
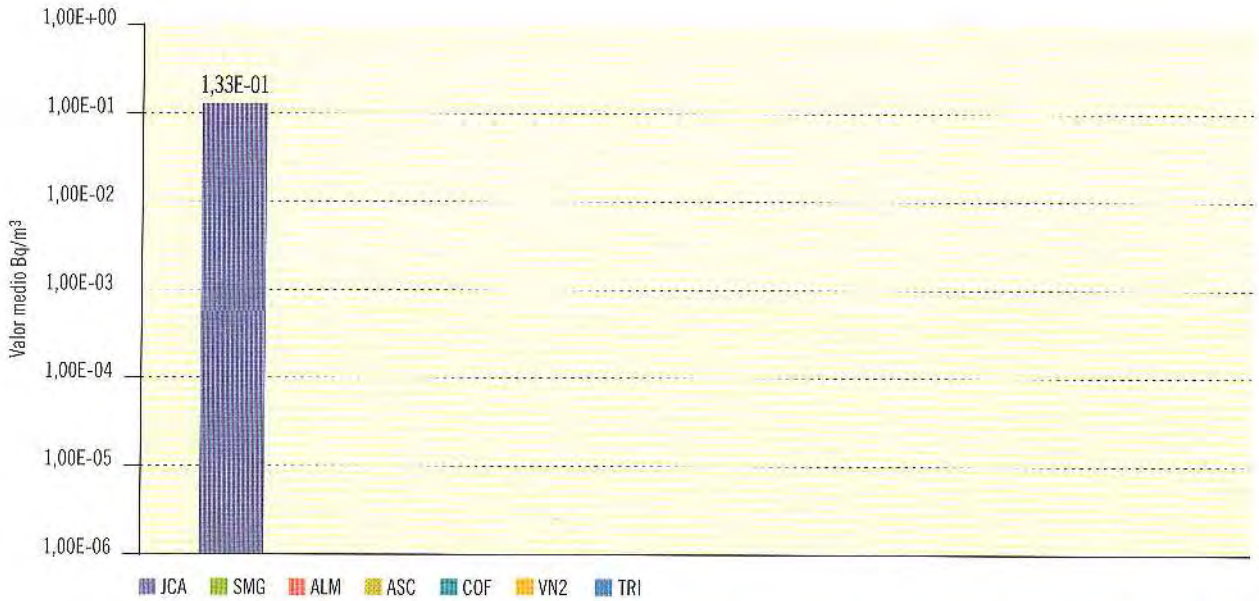


Figura 2.12b. Vapor de agua en el aire. Concentración de actividad de H-3

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,94E+00						
Valor mínimo	2,90E-03						
Nº total de análisis	32	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis > LID	17	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	15	0	0	0	0	0	0

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 presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo, estando en general próximos a 1 mSv/a. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se presentan valores ligeramente superiores que son propios de las características edafológicas 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 Santa María 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 o bimestral, como en el caso de la central nuclear Vandellós II.

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 integradora) 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 (figuras 3.6a y 3.6b), los resultados de esta vigilancia para el año 1998 han estado comprendidos entre 0,154 Bq/kg seco y 14,7 Bq/kg seco, rango en el que se encuentran los valores medios representados en la figura 2.14b.

Los valores medios de 1998 en el entorno de las centrales nucleares son ligeramente más altos que los de la campaña anterior. Los valores máximos obtenidos en dicha campaña en las centrales de Cofrentes y Trillo son los más elevados obtenidos hasta ese momento en el PVRA, aunque en ambas instalaciones dichos valores se obtienen en las respectivas estaciones testigo.

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 y en los de cobalto-60 por ser los únicos isótopos para los que se obtienen valores superiores al LID en esta campaña.

Los resultados de cesio-137 obtenidos en 1998 son similares a los de campañas anteriores. Se han obtenido dos valores de cobalto-60 en las centrales de Cofrentes y José Cabrera que son similares a los LID.

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

Valores medios en la zona vigilada

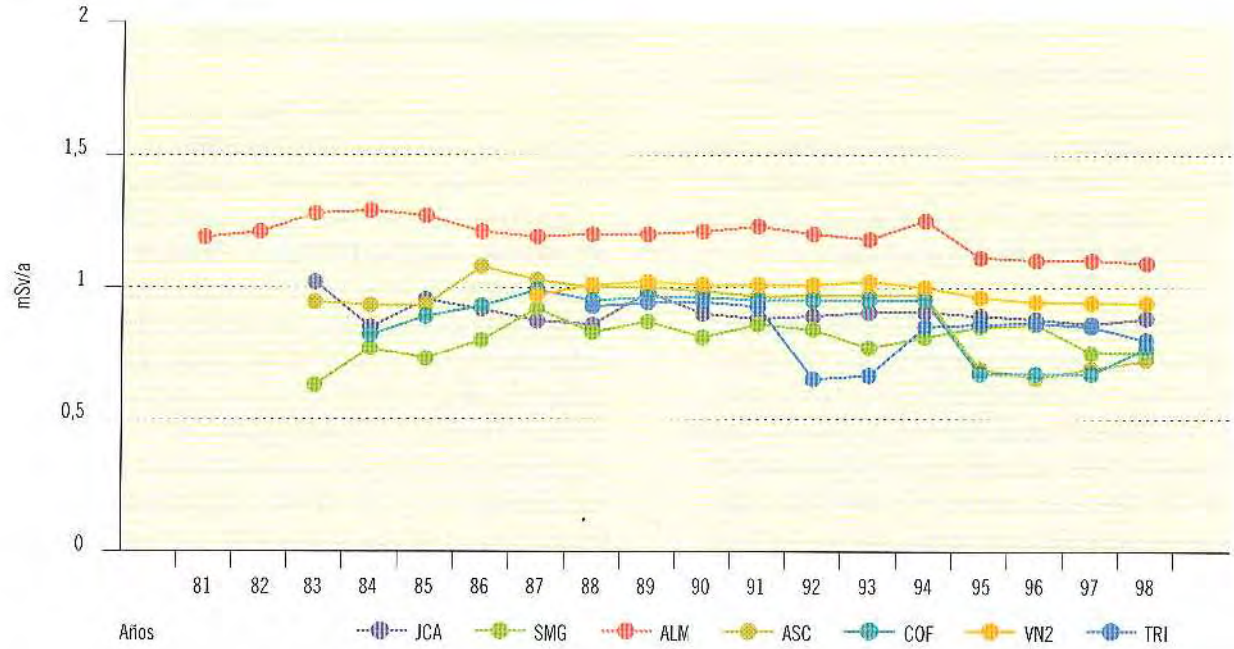
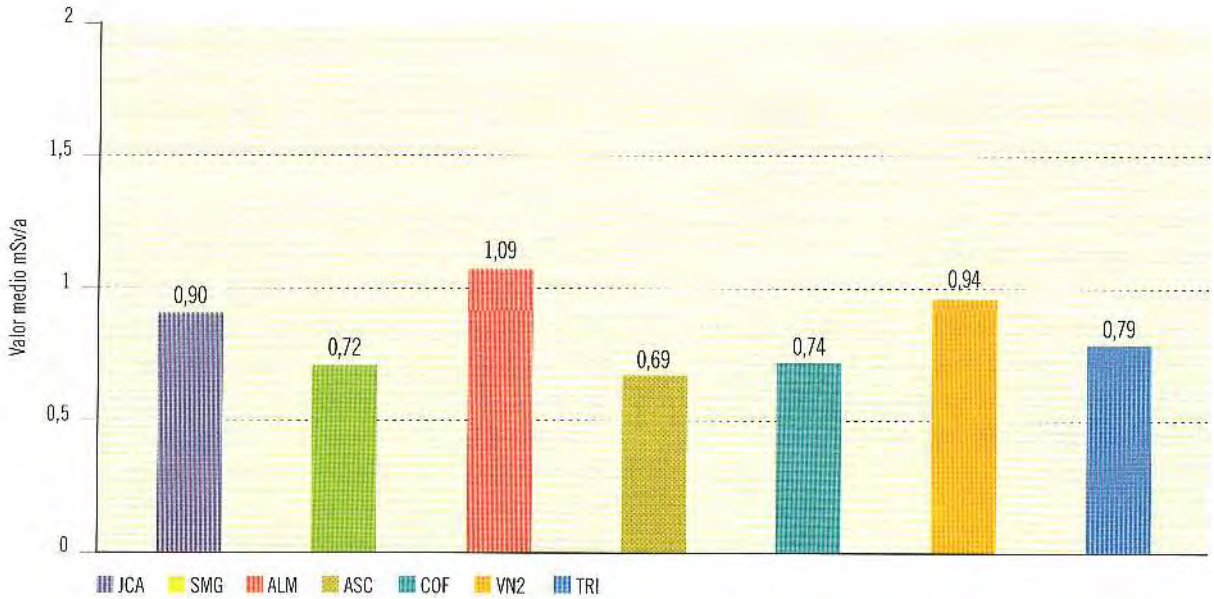


Figura 2.13b. Radiación directa. Dosis integada (DTL)

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,24	1,07	1,58	1,26	1,04	1,17	1,00
Valor mínimo	0,75	0,61	0,60	0,45	0,53	0,79	0,49
Nº total de análisis	117	255	82	80	75	84	82
Nº de análisis > LID	117	255	82	80	75	84	82
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0

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

Valores medios en la zona vigilada

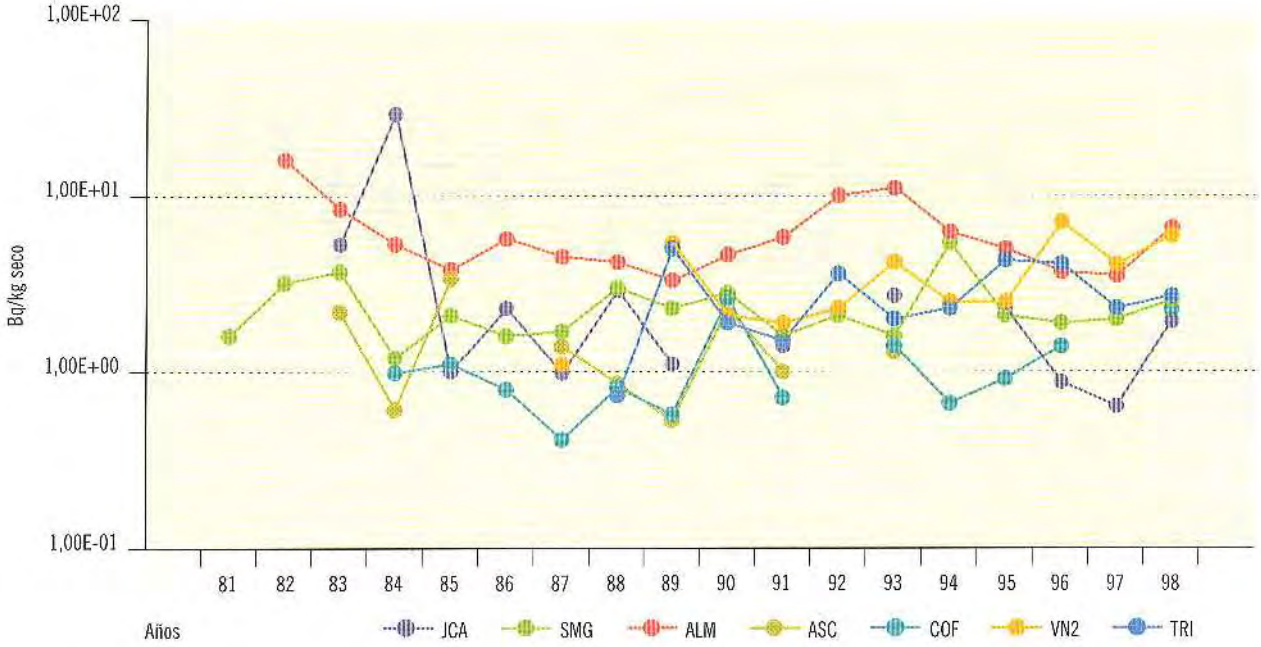
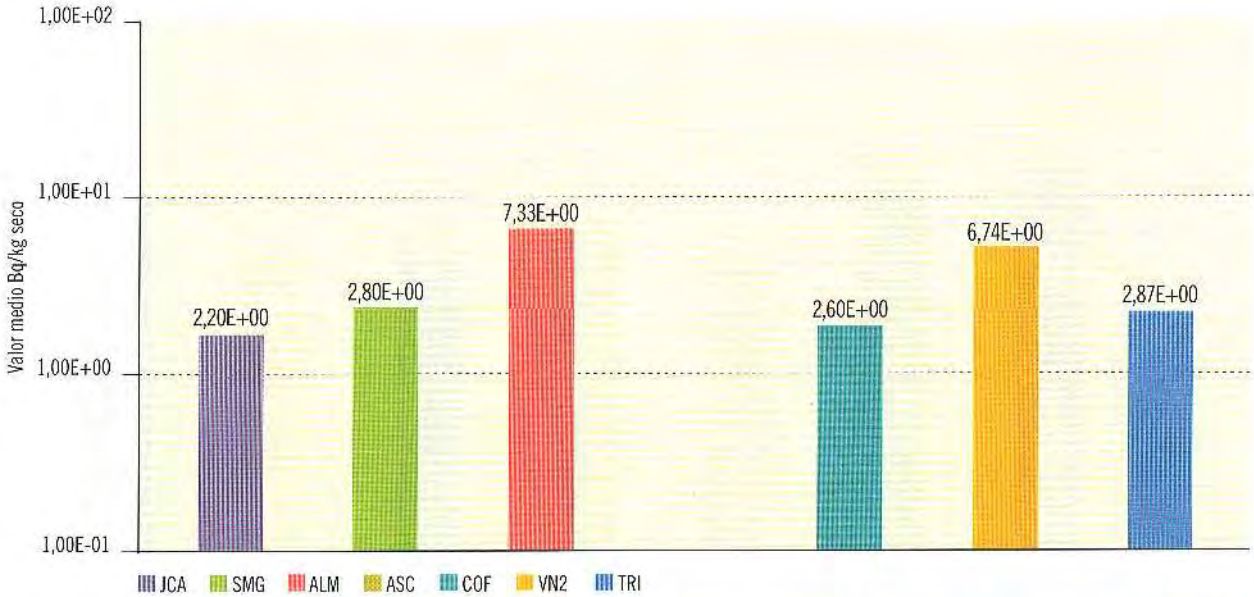


Figura 2.14b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,27E+00	4,90E+00	2,13E+01		5,88E+00	6,74E+00	1,15E+01
Valor mínimo	6,58E-01	1,39E+00	6,91E-01		8,51E-01	6,74E+00	8,50E-01
Nº total de análisis	10	6	7	11	7	9	8
Nº de análisis > LID	9	6	7	0	6	1	8
Nº de análisis < LID	1	0	0	11	1	8	0

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

Valores medios en la zona vigilada

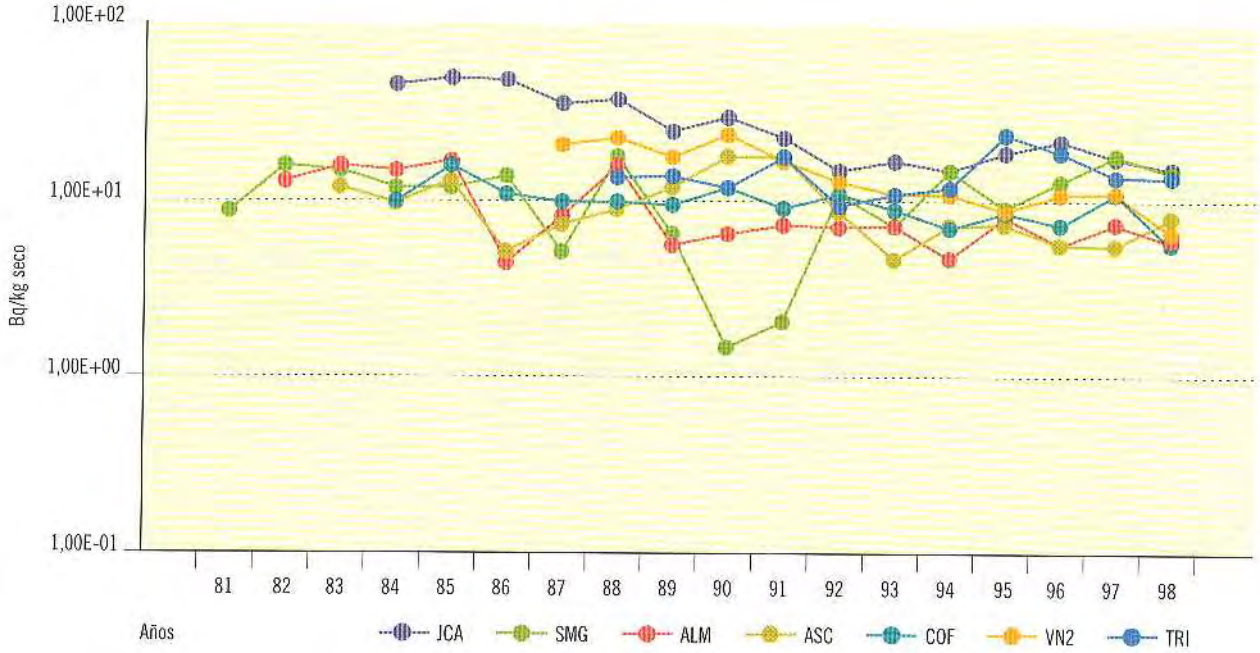
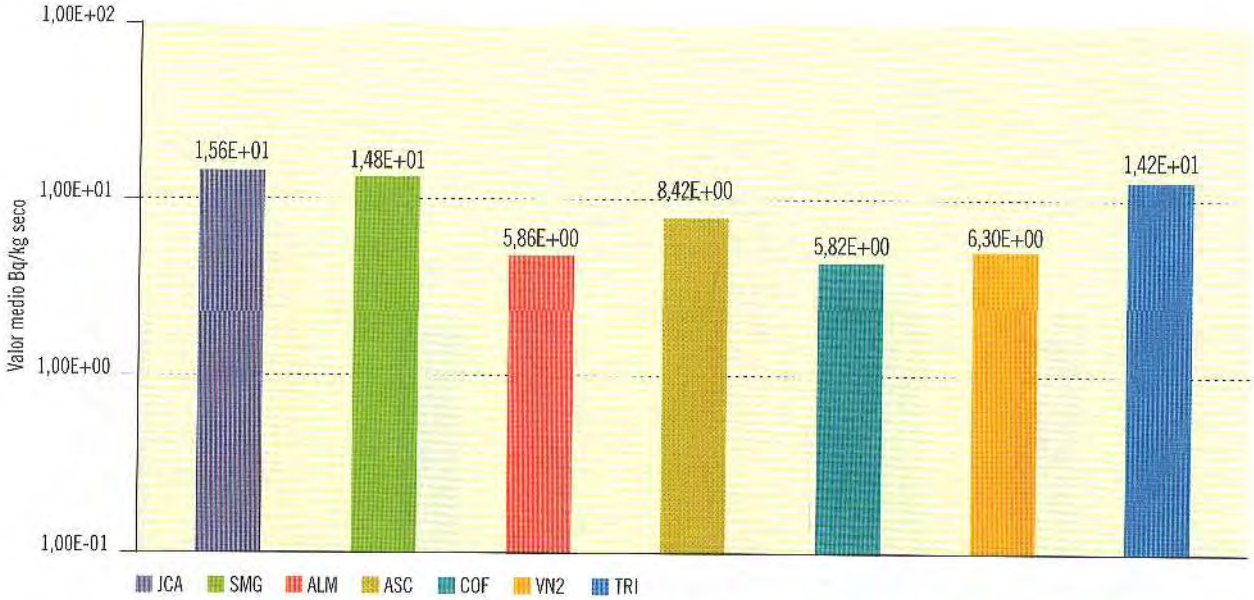


Figura 2.15b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,48E+01	2,29E+01	1,58E+01	2,45E+01	9,75E+00	1,67E+01	5,66E+01
Valor mínimo	3,67E+00	3,54E+00	2,05E+00	1,06E+00	2,49E+00	1,35E+00	9,36E-01
Nº total de análisis	10	6	7	11	7	9	8
Nº de análisis > LID	9	6	7	7	5	9	8
Nº de análisis < LID	1	0	0	4	2	0	0

Figura 2.16a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

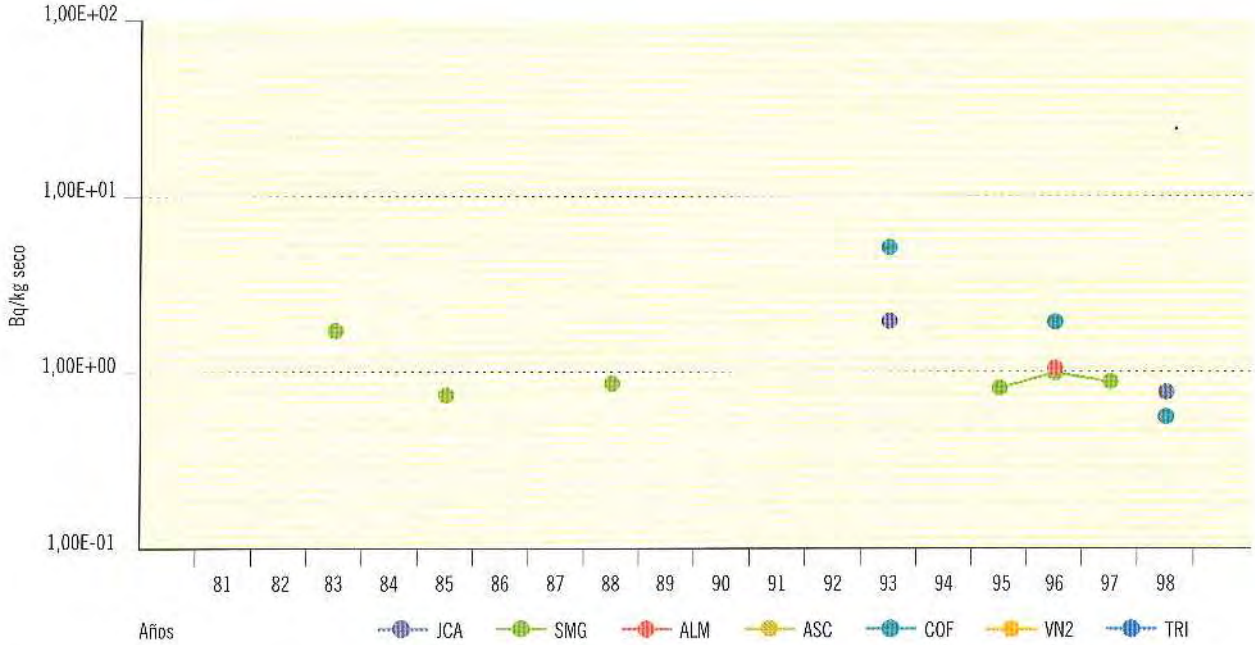
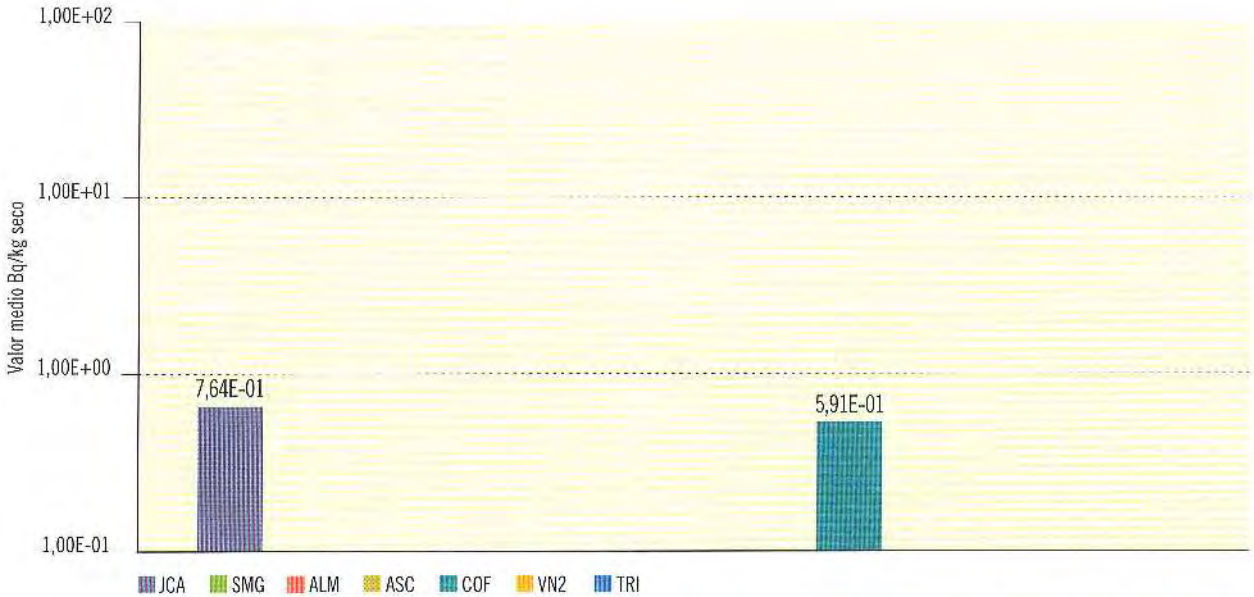


Figura 2.16b. Suelo. Concentración de actividad de Co-60

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	7,64E-01				5,91E-01		
Valor mínimo	7,64E-01				5,91E-01		
Nº total de análisis	10	6	7	11	7	9	8
Nº de análisis > LID	1	0	0	0	1	0	0
Nº de análisis < LID	9	6	7	11	6	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.

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. Siguiendo la práctica de otros países de la UE, el análisis de los índices de actividad beta total y beta resto en estas muestras se inició a partir de la campaña de 1988 en los PVRA de las distintas centrales, con excepción de la central nuclear de Ascó que ya los venía realizando.

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 2.17a 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; 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.

Indice 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 a 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 obtenidos para este índice de actividad se mantienen asimismo bastante estables a lo largo de los años.

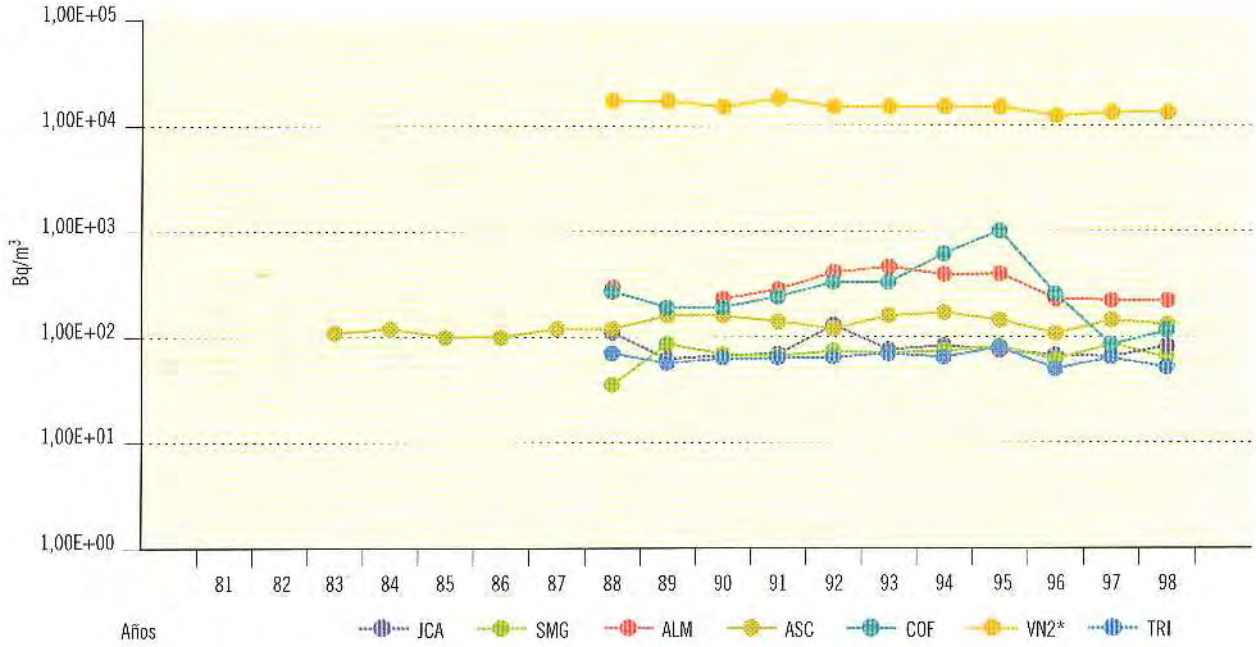
Sr-90. Este tipo de análisis se realiza únicamente en la central nuclear de Ascó y hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz, por lo que no se incluye la representación gráfica de tipo (b). El número de medidas realizadas en la campaña del año 1998 ha sido de 16 y la proporción de medidas con valores superiores al LID está en torno a un 50%. Los valores se mantienen similares a 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 se deben a las características de cada instalación, del medio receptor (río, embalse o mar) de los efluentes y de las condiciones meteorológicas (sequía o pluviosidad abundante). Los valores obtenidos en la campaña de 1998 son similares a los del año anterior. En las muestras de las centrales de Cofrentes y Santa María de Garoña no se ha obtenido ningún valor 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 tampoco se ha obtenido ningún valor superior al LID. En la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se obtiene un único resultado superior al LID y es el más elevado obtenido hasta esa fecha en su PVRA.

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

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

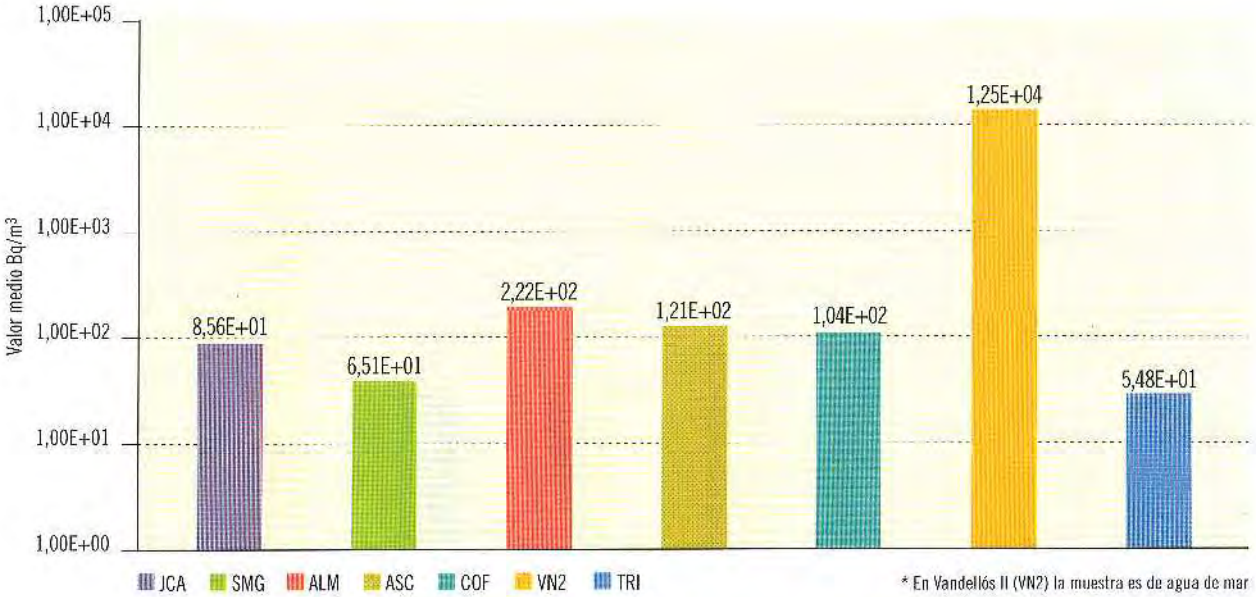
Valores medios en la zona vigilada



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

Figura 2.17b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta total

Valores de la campaña de 1998

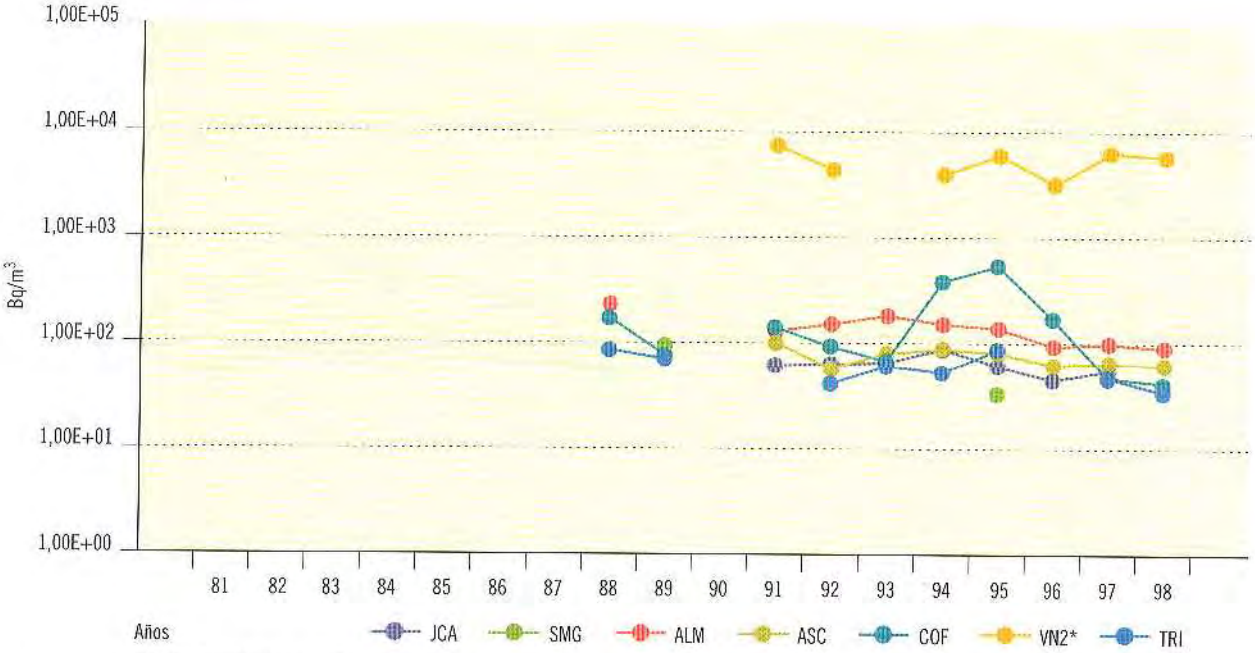


* En Vandellós II (VN2) la muestra es de agua de mar

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,31E+02	8,60E+01	4,52E+02	1,79E+02	1,61E+02	1,64E+04	8,00E+01
Valor mínimo	4,97E+01	3,24E+01	7,83E+01	8,14E+01	4,84E+01	1,09E+04	3,07E+01
Nº total de análisis	36	12	127	16	60	16	48
Nº de análisis > LID	36	12	127	16	60	16	46
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	2

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

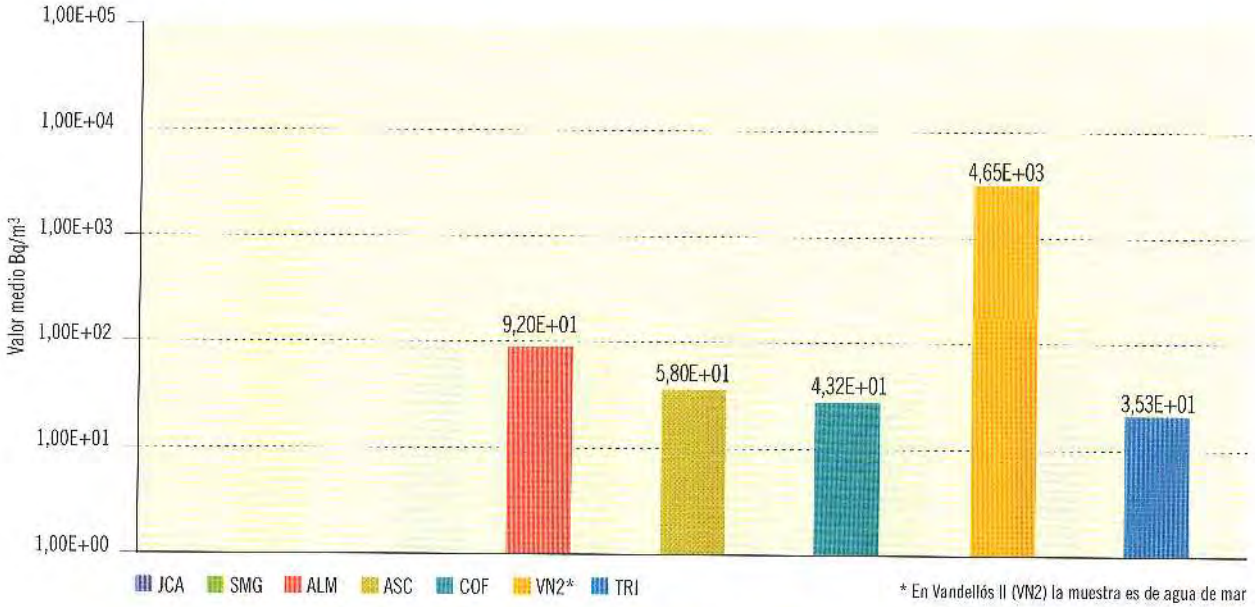
Valores medios en la zona vigilada



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

Figura 2.18b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto

Valores de la campaña de 1998



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,42E+02	8,88E+01	4,83E+01	4,65E+03	3,53E+01
Valor mínimo			3,78E+01	3,36E+01	3,89E+01	4,65E+03	3,53E+01
Nº total de análisis	36	12	127	16	60	16	48
Nº de análisis > LID	0	0	106	9	3	1	1
Nº de análisis < LID	36	12	21	7	57	15	47

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

Valores medios en la zona vigilada

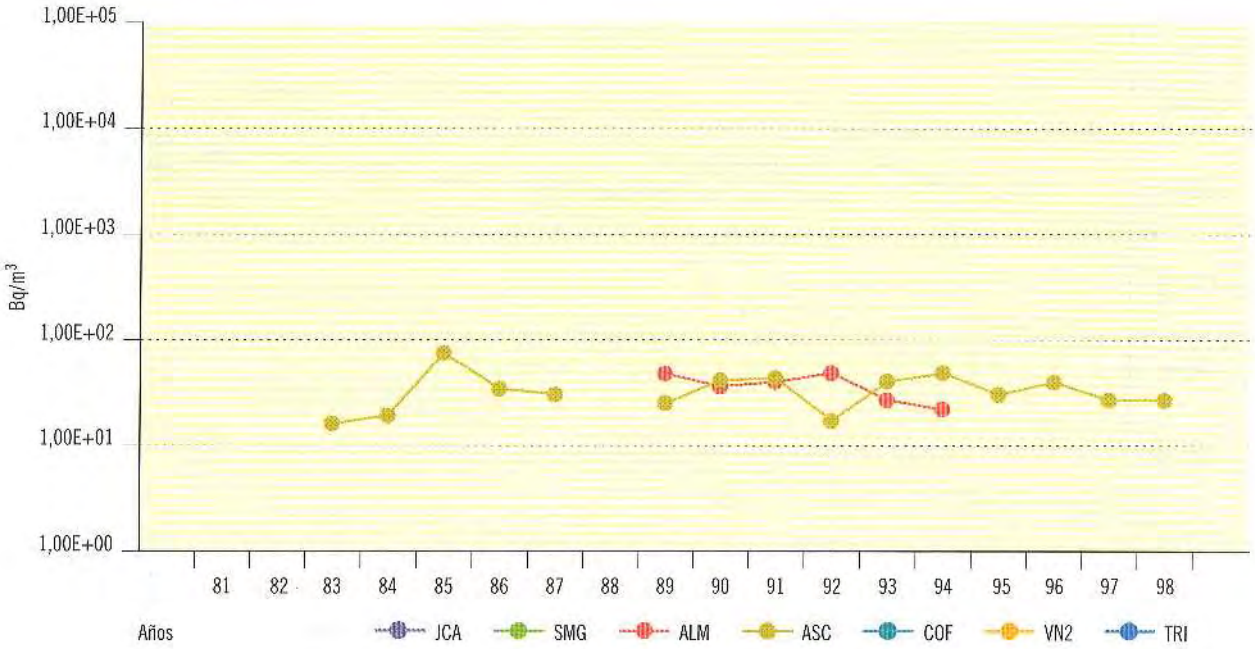
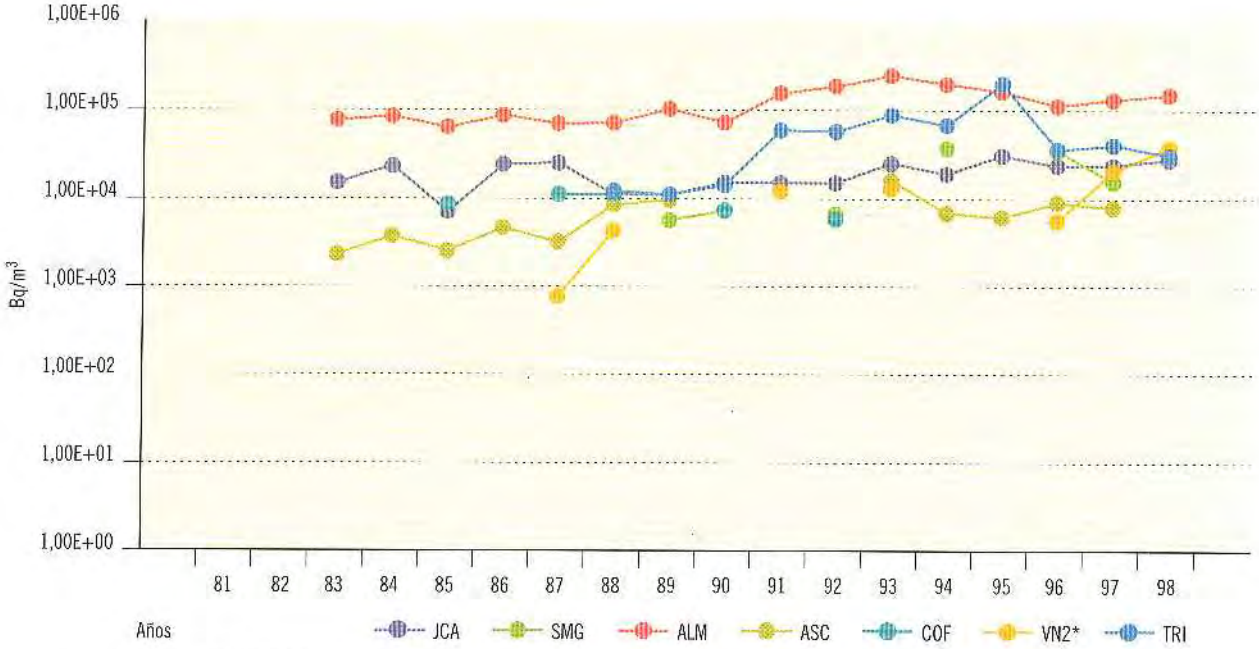


Figura 2.20a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

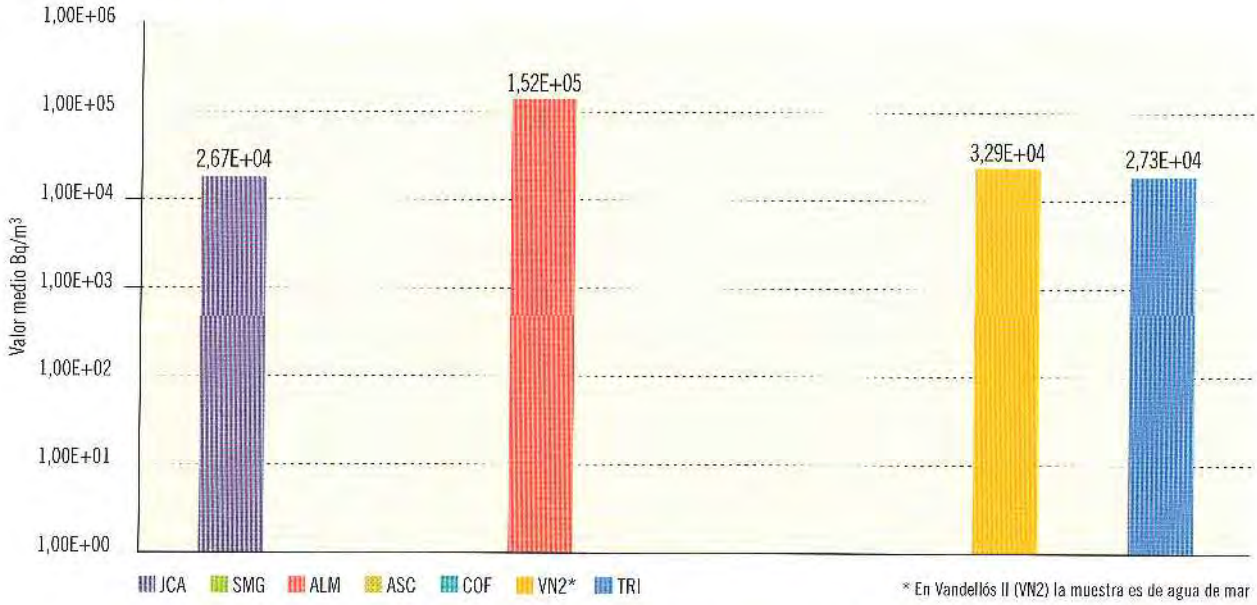
Valores medios en la zona vigilada



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

Figura 2.20b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3

Valores de la campaña de 1998



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

Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6,43E+04		3,32E+05			3,29E+04	4,28E+04
Valor mínimo	1,34E+04		5,49E+03			3,29E+04	7,56E+03
Nº total de análisis	12	36	55	16	20	16	16
Nº de análisis > LID	9	0	40	0	0	1	10
Nº de análisis < LID	3	36	15	16	20	15	6

Agua potable

La recogida de estas muestras tiene como finalidad evaluar la dosis potencial que puede recibir la población como consecuencia de su ingestión. Ninguno de los valores obtenidos en los diferentes análisis realizados en la campaña de 1998 supera los indicados en la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, ni los niveles de notificación establecidos por el CSN. Estos últimos 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.

Como ya se ha comentado en las muestras de agua superficial, el análisis de los índices de actividad beta total y beta resto se inició a partir de la campaña de 1988 debido a que los países miembros de la UE incorporaron estas medidas a las muestras de agua potable.

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. Aunque la central nuclear Vandellós II las incluye en su PVRA hay que tener en cuenta que en ningún caso los valores de concentración de actividad en agua potable 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.

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 durante la campaña de 1998 así como el número de resultados que superan el LID son algo más bajos que los del año 1997 aunque se mantienen dentro del rango de los valores obtenidos en las campañas anteriores.

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 la campaña de 1998 son similares a los de campañas anteriores. La mayoría de los resultados obtenidos son inferiores a los LID. 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.

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

Figura 2.21a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

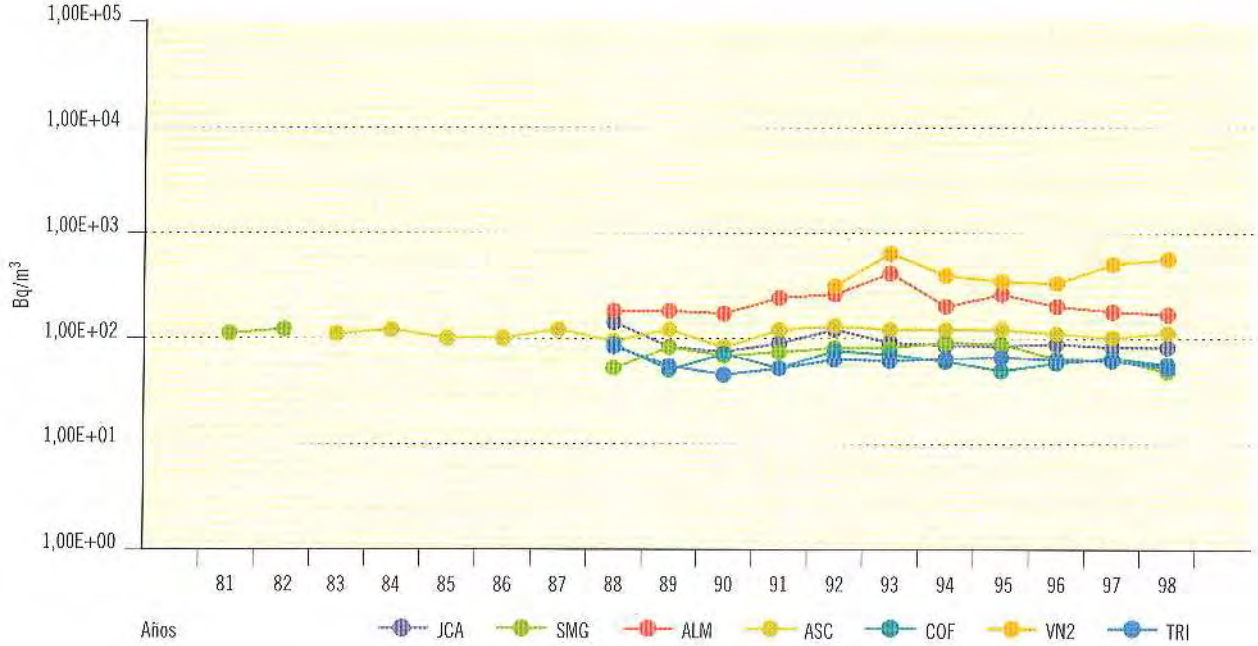
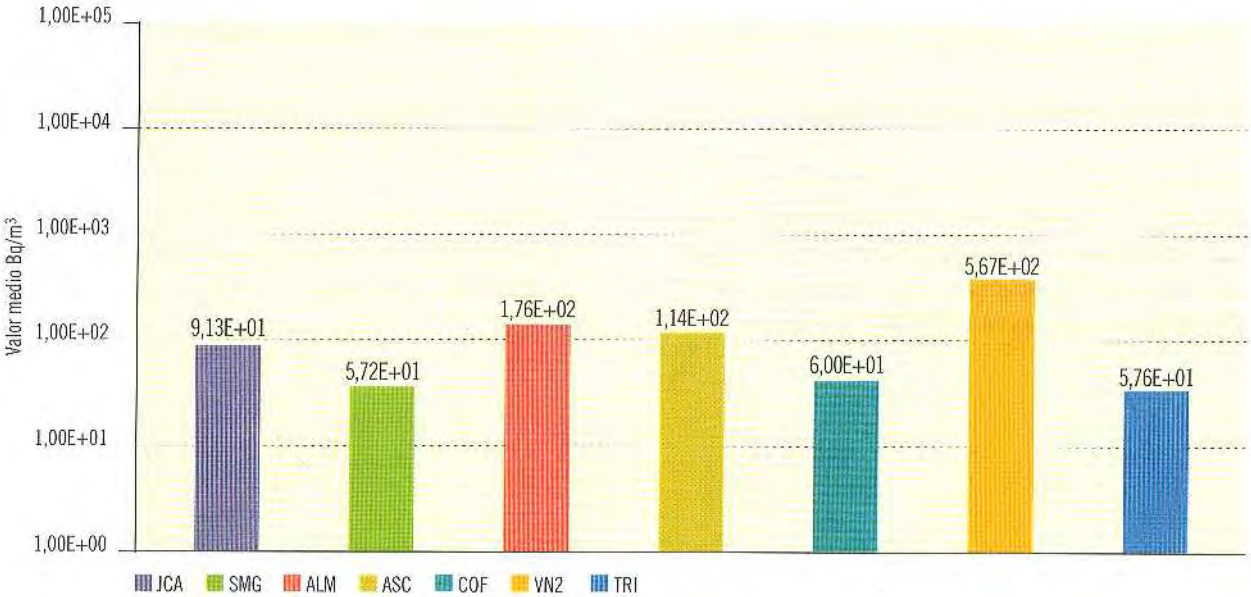


Figura 2.21b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,83E+02	1,04E+02	3,15E+02	1,82E+02	9,68E+01	1,36E+03	9,45E+01
Valor mínimo	4,75E+01	3,46E+01	2,92E+01	5,34E+01	3,48E+01	6,11E+01	3,11E+01
Nº total de análisis	24	24	36	48	24	4	28
Nº de análisis > LID	20	14	28	48	12	4	20
Nº de análisis < LID	4	10	8	0	12	0	8

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

Valores medios en la zona vigilada

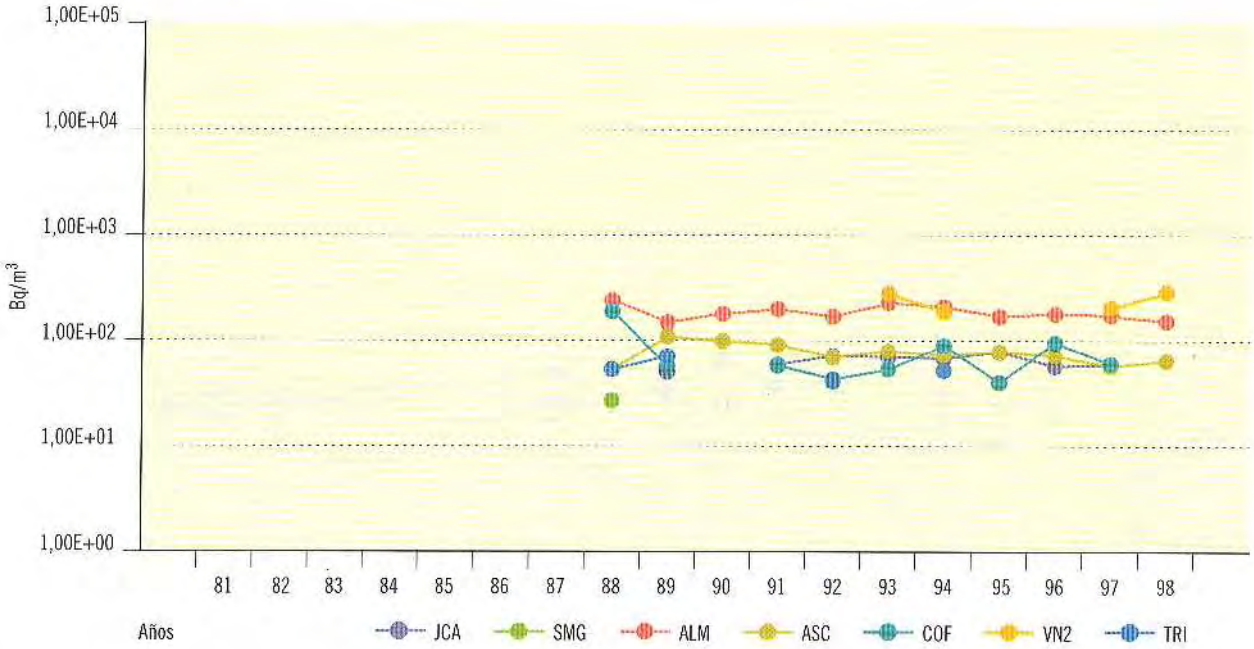
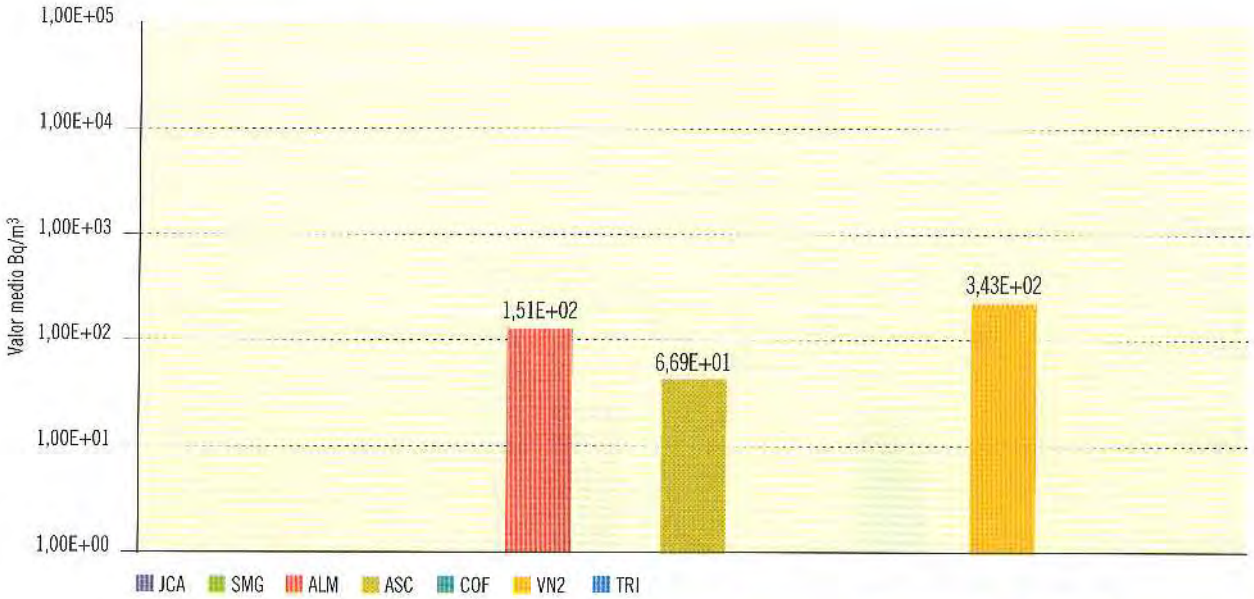


Figura 2.22b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,92E+02	1,21E+02		5,76E+02	
Valor mínimo			3,96E+01	3,59E+01		1,11E+02	
Nº total de análisis	24	24	36	48	24	4	28
Nº de análisis > LID	0	0	22	25	0	2	0
Nº de análisis < LID	24	24	14	23	24	2	28

Figura 2.23a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

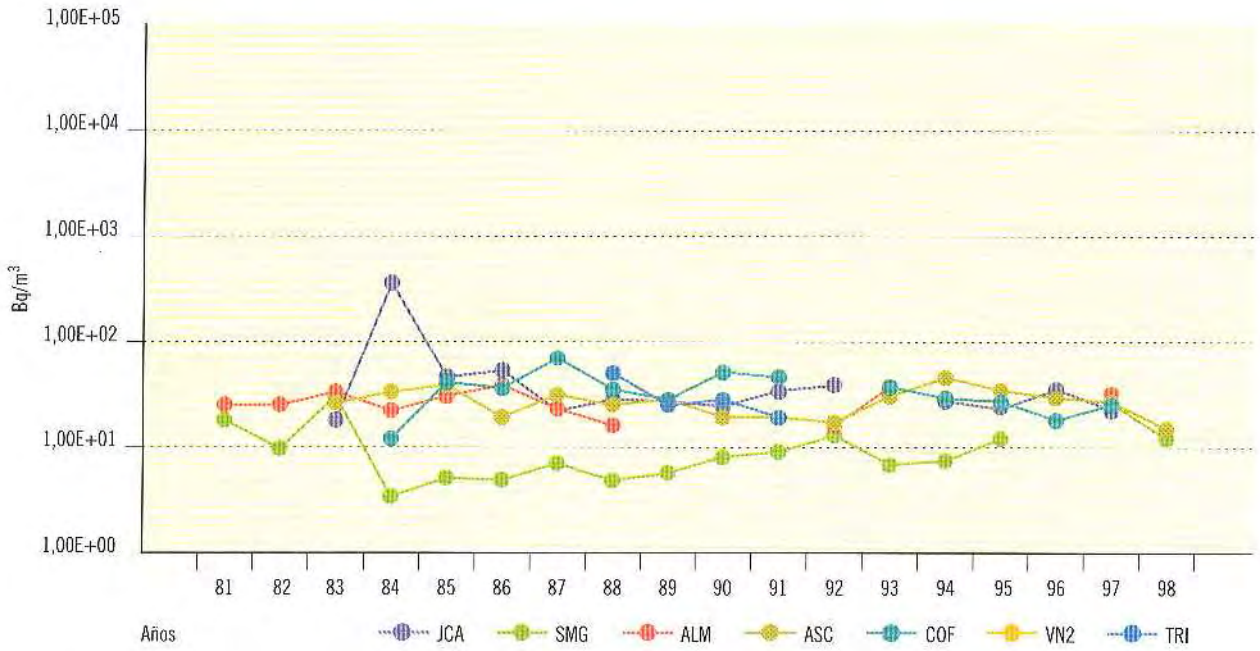
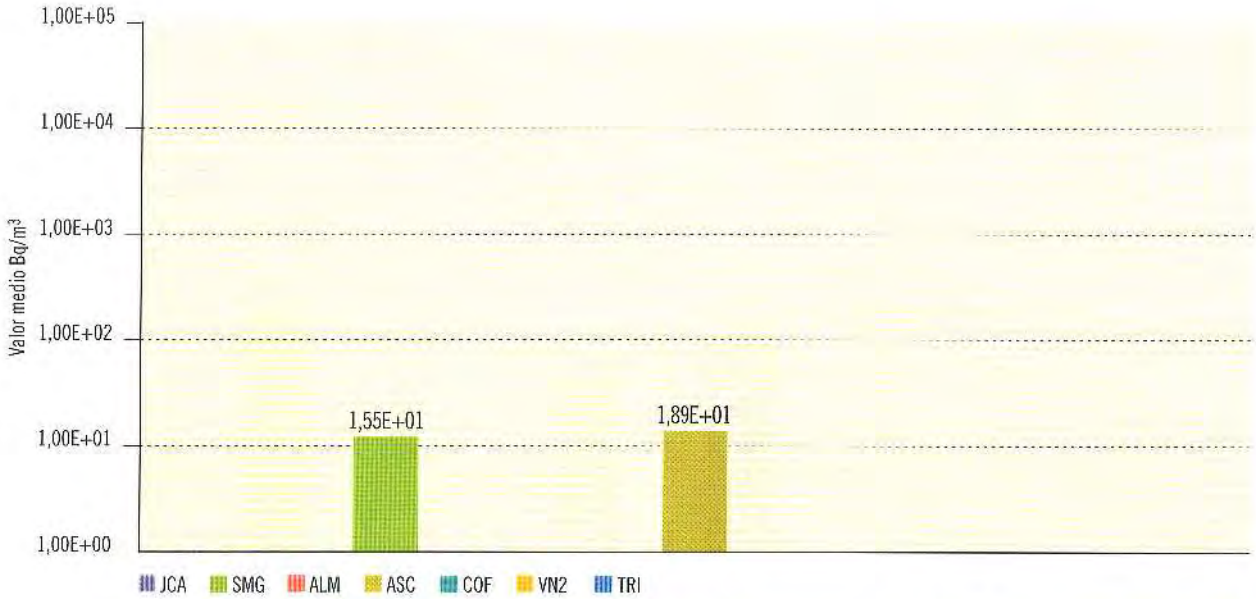


Figura 2.23b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		1,55E+01		2,48E+01			
Valor mínimo		1,55E+01		1,33E+01			
Nº total de análisis	24	24	12	16	24		28
Nº de análisis > LID	0	1	0	5	0		0
Nº de análisis < LID	24	23	12	11	24		28

Figura 2.24a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3

Valores medios en la zona vigilada

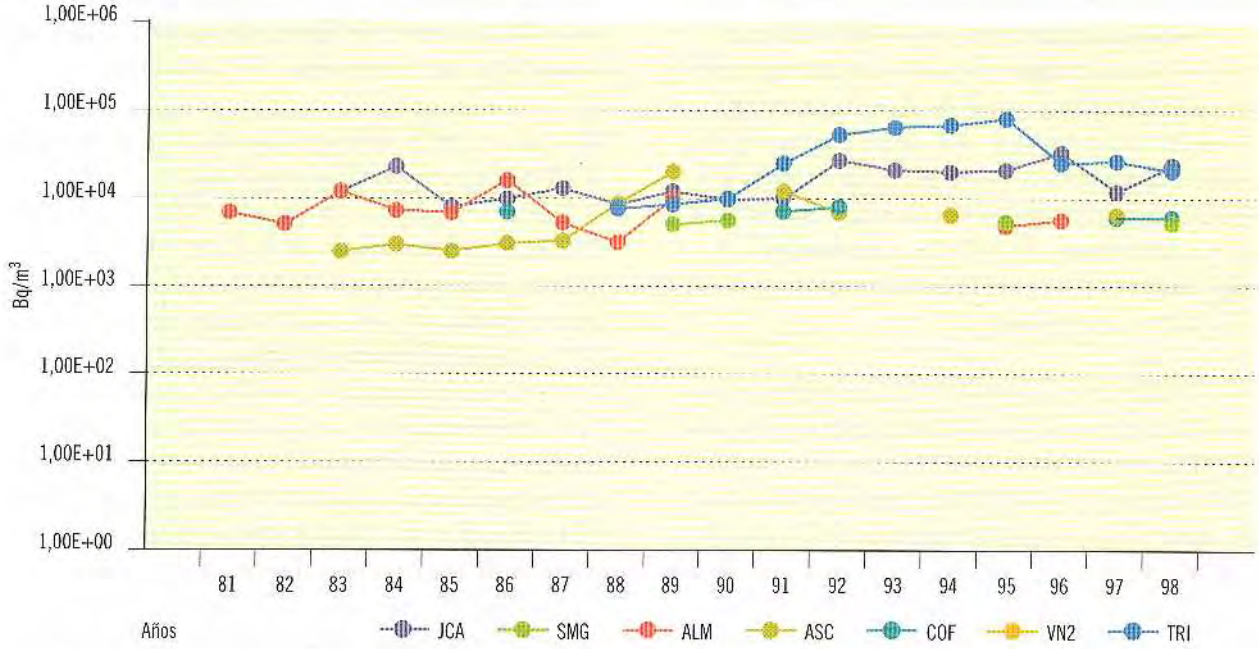
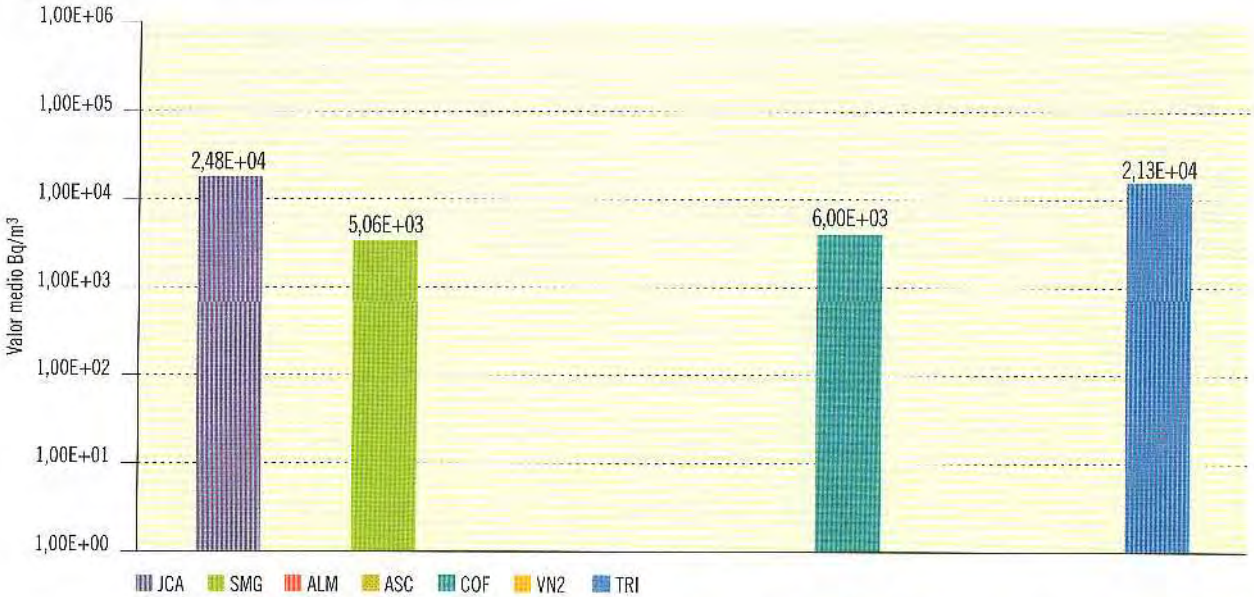


Figura 2.24b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,98E+04	5,65E+03			7,39E+03		3,98E+04
Valor mínimo	7,24E+03	4,28E+03			4,60E+03		6,82E+03
Nº total de análisis	24	24	12	16	24	4	28
Nº de análisis > LID	8	3	0	0	2	0	13
Nº de análisis < LID	16	21	12	16	22	4	15

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, por reincorporación en las muestras de agua con posterior uso como agua de bebida, así como 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 1998 son similares a los de campañas anteriores. 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 radionucleídos 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.

Al tratarse de una vía integradora, en los resultados históricos se observa una correlación entre los valores de concentración más elevados y la mayor antigüedad de la instalación correspondiente, principalmente para radionucleidos tales como cesio-137 y cobalto-60.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, en al campaña de 1998 se han obtenido resultados superiores al LID de los cuatro isótopos mencionados. El cesio-137 se detecta en todas las centrales en la mayoría de las muestras recogidas, y en casi todas ellas tanto en las estaciones testigo como en las situadas aguas abajo del punto de vertido de los efluentes al medio, no obstante los valores de las estaciones testigo suelen ser los más bajos. Los valores medios son similares a los de campañas anteriores. Los valores medio y máximo obtenidos en esta campaña en la central de Trillo son los más elevados del PVRA de esa central hasta esa fecha. El cesio-134 y el manganeso-54 se han obtenido únicamente en la central de Almaraz; el primero en los puntos de muestreo del embalse de Arrocampo, donde la central vierte sus efluentes líquidos, y en el situado en el río Tajo inmediatamente aguas abajo del vertido de este embalse al mismo, mientras que el manganeso-54 se obtiene también en las estaciones testigo aunque con valores próximos a los LID. Se detectan valores superiores al LID de cobalto-60 en las tres centrales de mayor antigüedad y en una única muestra y con un valor menor en las centrales de Trillo y Cofrentes; todos estos valores se obtienen aguas abajo del vertido de las centrales correspondientes y son similares o inferiores a los de otras campañas.

Figura 2.25a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

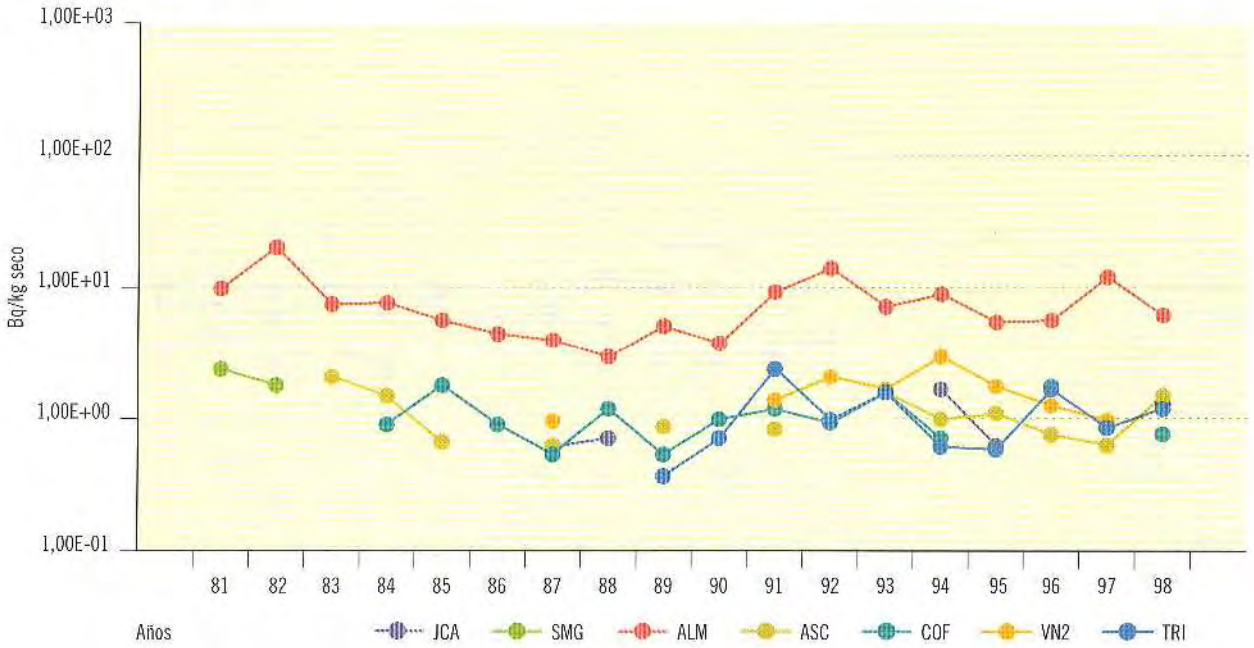
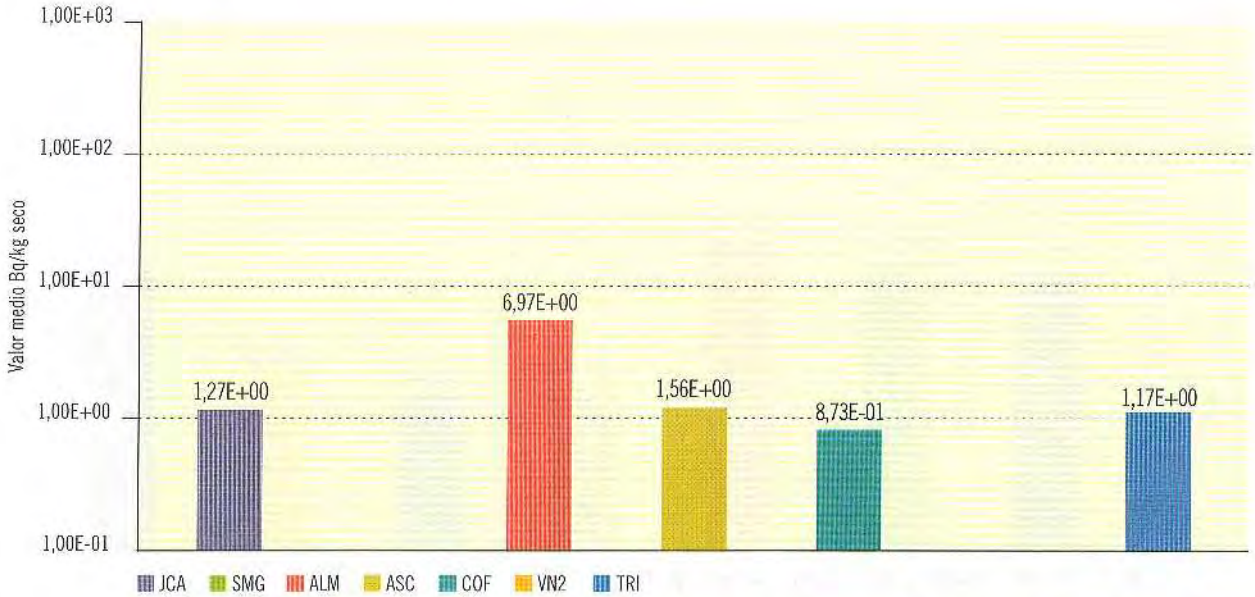


Figura 2.25b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,43E+00		3,98E+01	1,56E+00	1,96E+00		1,73E+00
Valor mínimo	4,33E-01		3,82E-01	1,56E+00	4,80E-01		5,21E-01
Nº total de análisis	6		16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	4		16	1	7	0	7
Nº de análisis < LID	2		0	7	5	6	1

Figura 2.26a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

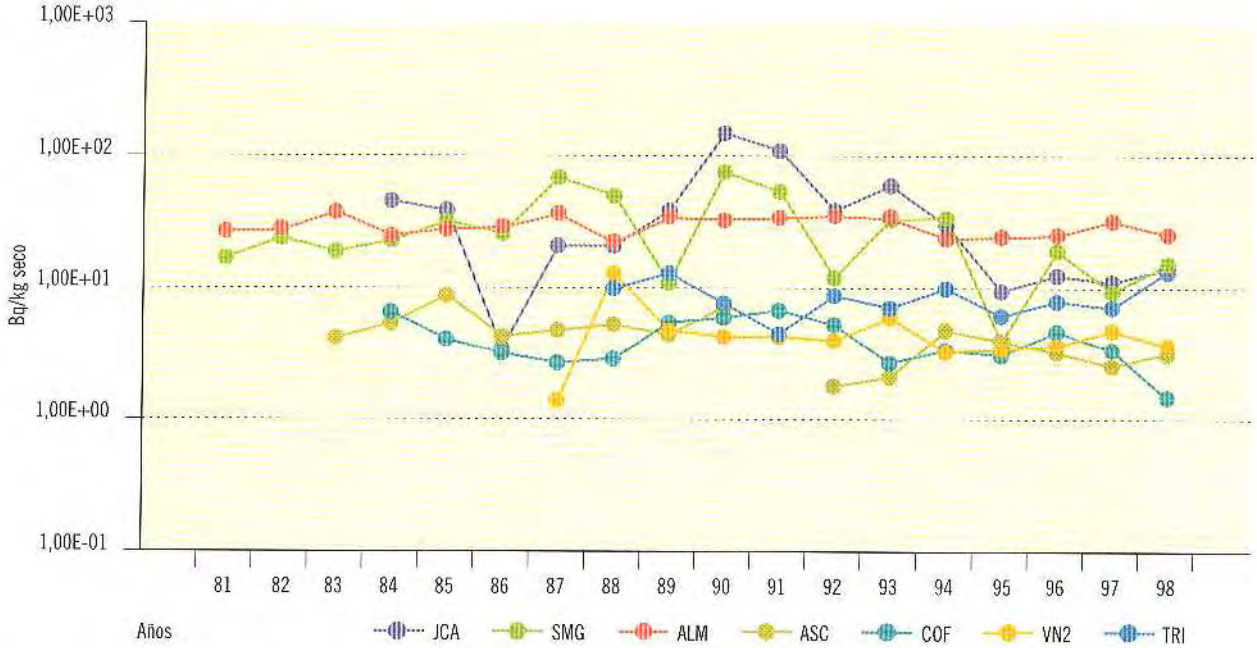
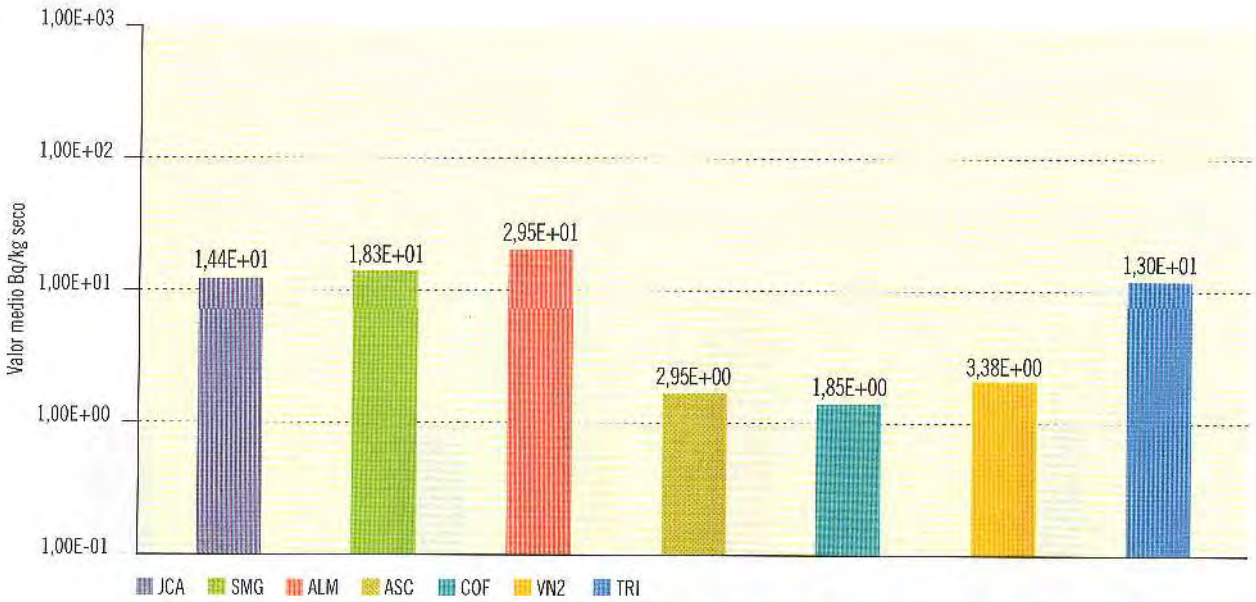


Figura 2.26b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	4,16E+01	7,46E+01	1,18E+02	4,36E+00	4,27E+00	4,32E+00	2,40E+01
Valor mínimo	1,14E+00	7,84E-01	1,23E+00	1,74E+00	5,64E-01	2,29E+00	3,44E+00
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	6	7	16	6	10	3	5
Nº de análisis < LID	0	5	0	2	2	3	3

Figura 2.27a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

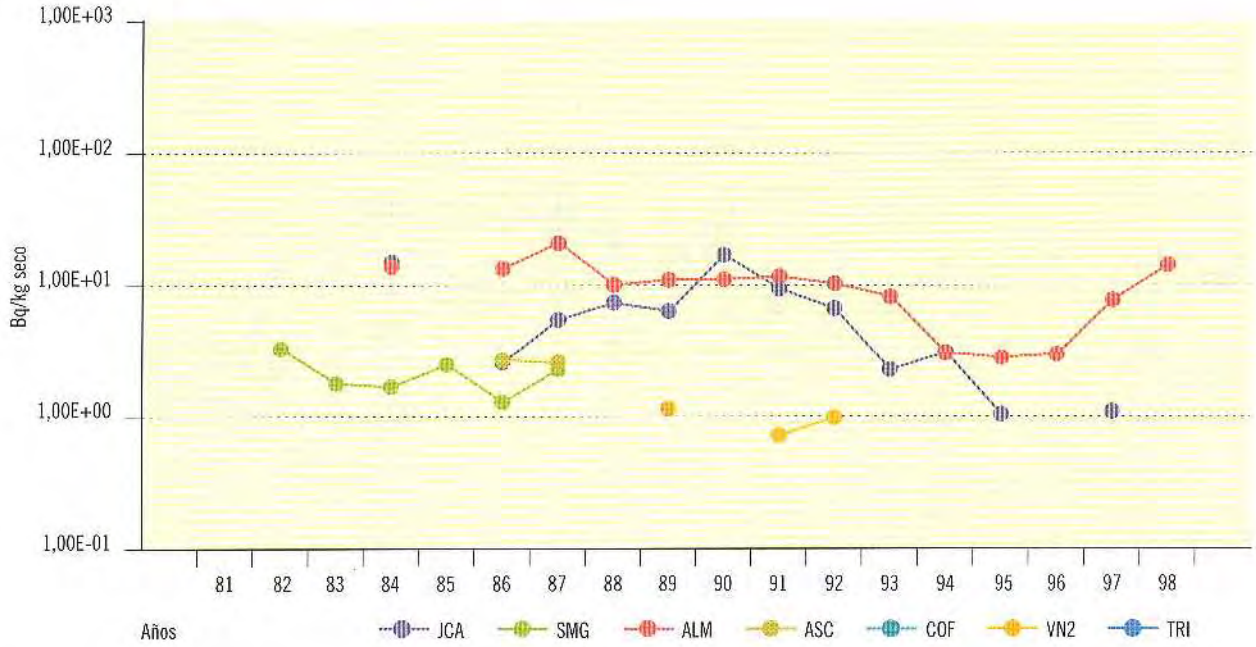
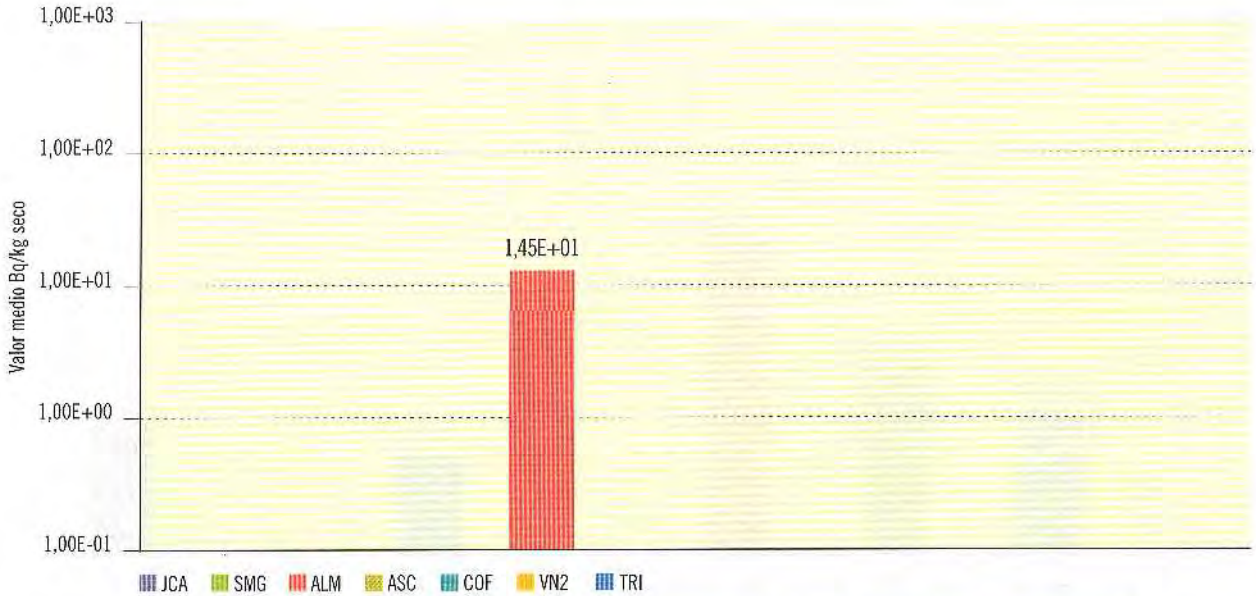


Figura 2.27b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-134

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			3,17E+01				
Valor mínimo			1,41E+00				
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	6	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	10	8	12	6	8

Figura 2.28a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

Valores medios en la zona vigilada

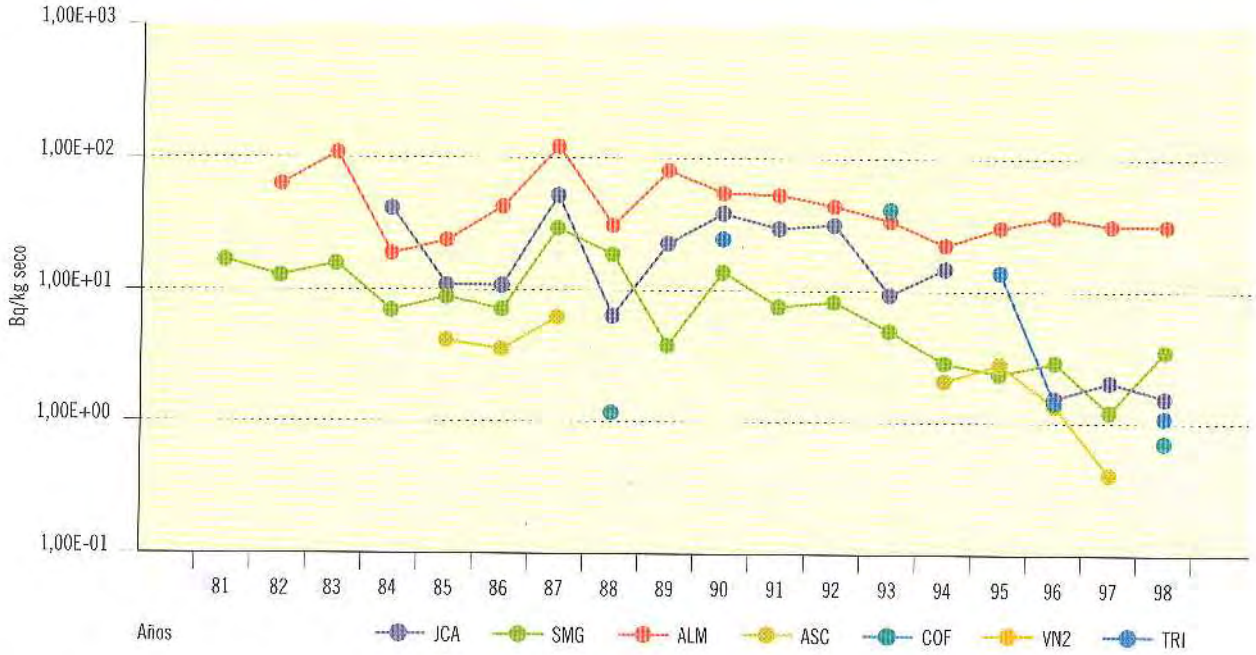
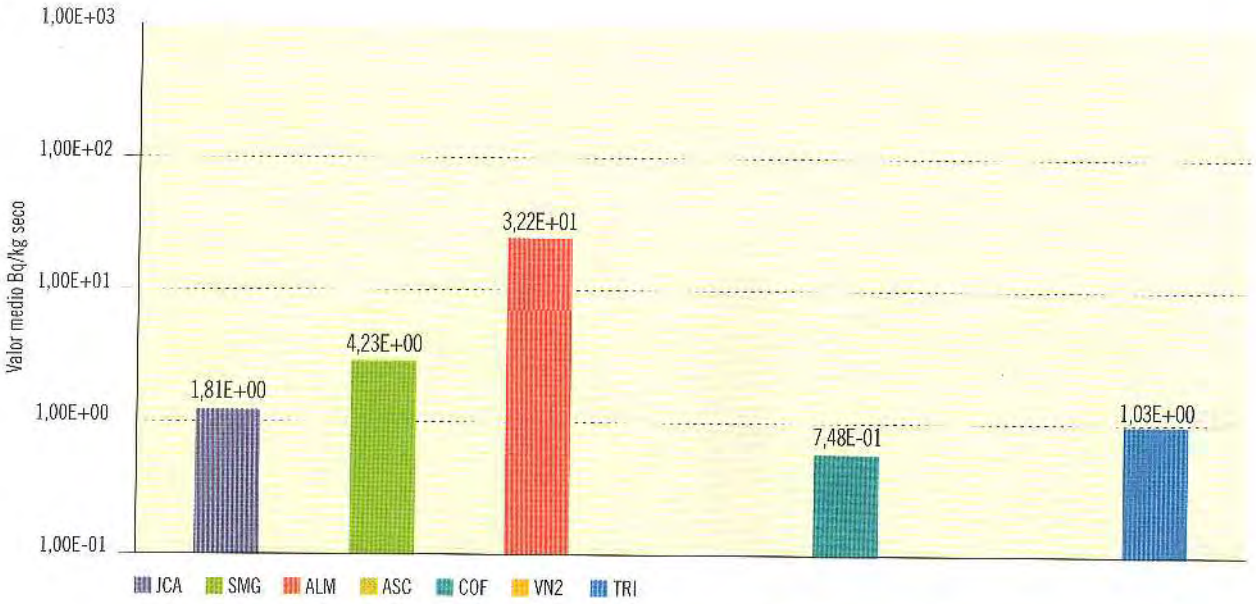


Figura 2.28b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,92E+00	4,33E+00	6,75E+01		7,48E-01		1,03E+00
Valor mínimo	8,57E-01	4,13E+00	1,31E+00		7,48E-01		1,03E+00
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	3	2	7	0	1	0	1
Nº de análisis < LID	3	10	9	8	11	6	7

Figura 2.29a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

Valores medios en la zona vigilada

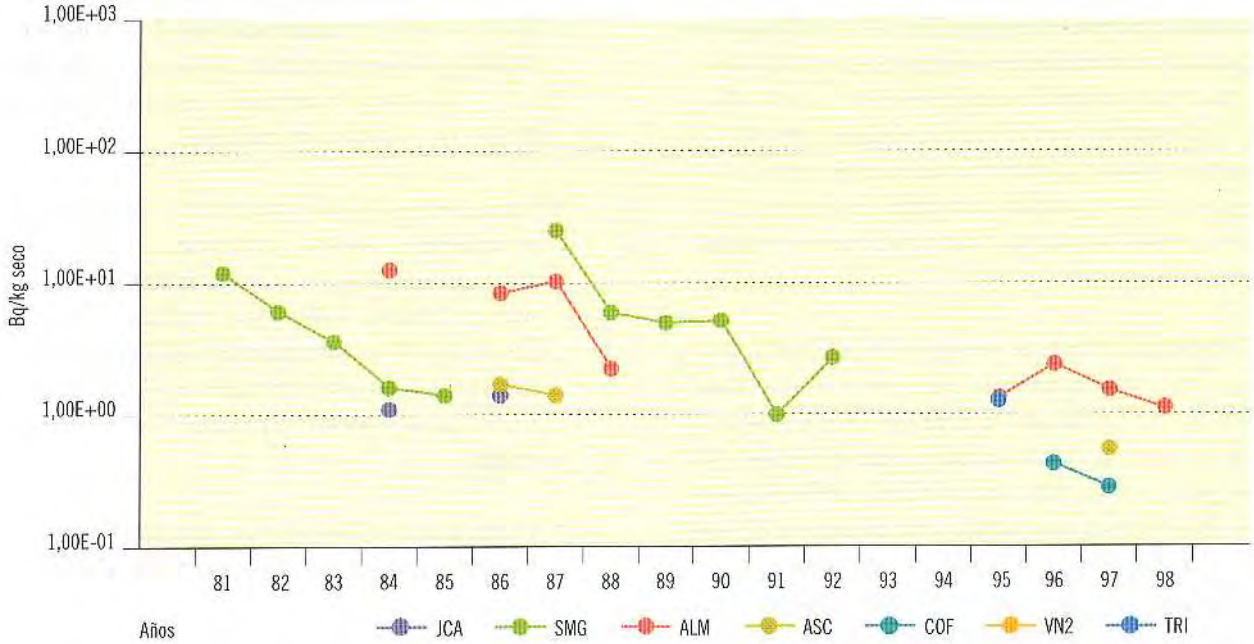
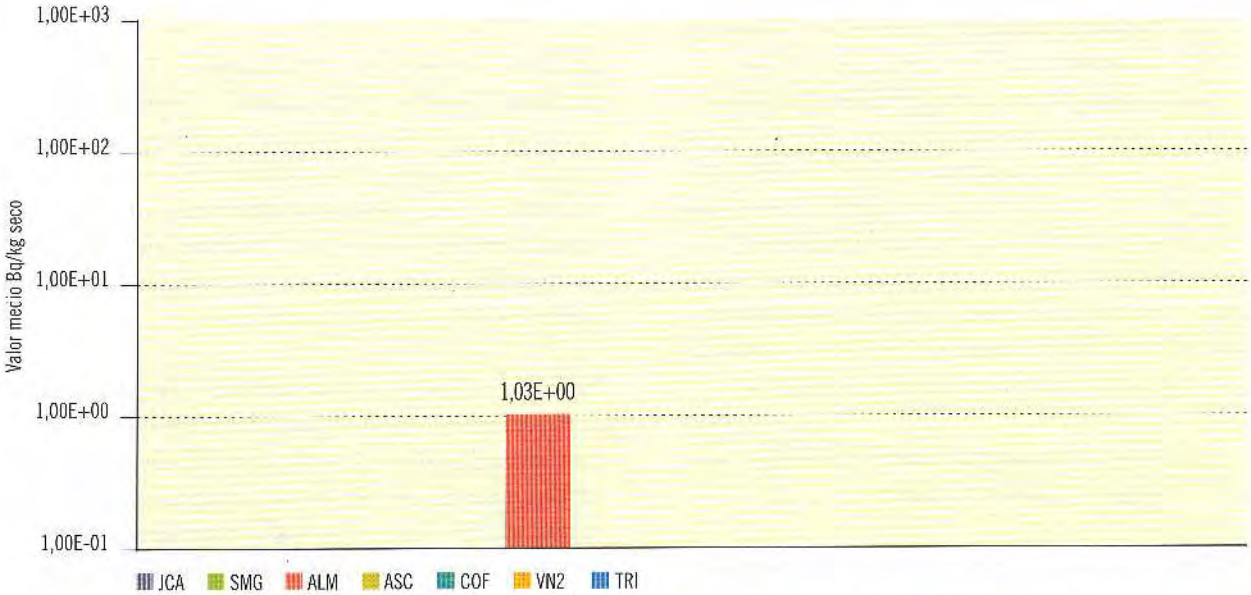


Figura 2.29b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Mn-54

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,04E+00				
Valor mínimo			5,87E-01				
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	6	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	10	8	12	6	8

Organismos indicadores

Constituyen una vía integradora y acumuladora. En condiciones normales se puede detectar en ellos, por su capacidad de acumulación, isótopos que estén presentes en las vías integradoras 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.

La información sobre los resultados obtenidos en la vigilancia de estos organismos se proporciona por primera vez en este informe de 1998 ya que en el anterior documento sobre la vigilancia radiológica ambiental y sus resultados, Informe Técnico del CSN 4.1999, donde se describía de modo más amplio todo el proceso de realización de la vigilancia, no se incluyó. 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 y musgo acuático. Para cada uno de estos cuatro grupos se representan los valores de 1998, 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, y en el resto de los puntos. Hay que hacer notar que en el caso de la central nuclear Vandellós II no se realiza esta separación ya que, debido a la existencia de corrientes marítimas, no es fácil establecer claramente 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 1998 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, *Myriophyllum sp.* en la de Ascó, *Potamogetum sp.* en la de Trillo 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; *Scirpus sp.* en José Cabrera y Almaraz; *Phragmites sp.* en José Cabrera, y *Mentha sp.* y *Lycopus sp.* en Trillo.

- Plantas terrestres. En este grupo se recogieron las siguientes muestras: criptógamas terrestres en la central nuclear Santa María de Garoña, retama en Almaraz y *Rumex sp.* en Trillo. En esta última central la muestra se recoge únicamente en las estaciones situadas aguas abajo del vertido, no habiendo valores por tanto de la estación testigo.

- Musgo acuático. Este tipo de muestra se recoge únicamente en la central nuclear Santa María de Garoña.

Resultados

Los valores obtenidos en la campaña de 1998 para las diferentes determinaciones realizadas son similares a los de años anteriores.

En el caso del 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 de los efluentes, sobre todo para el estroncio-90, aunque en algunos casos con valores más elevados en estas últimas.

Entre los radionucleidos de activación determinados en la espectrometría gamma, en la campaña de 1998 se han obtenido valores superiores al LID de cobalto-60 en los cuatro grupos de plantas, manganeso-54 en plantas de orilla y acuáticas y cobalto-58 en estas últimas. Como puede verse en las figuras 2.30b a 2.33b, estos valores se obtienen siempre en las muestras recogidas aguas abajo de los puntos de vertido, excepto en el caso del cobalto-60 en las plantas de orilla de la central José Cabrera que se detecta también en la estación testigo. En este caso hay que tener en cuenta la posible influencia de la central nuclear de Trillo.

Figura 2.30b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad

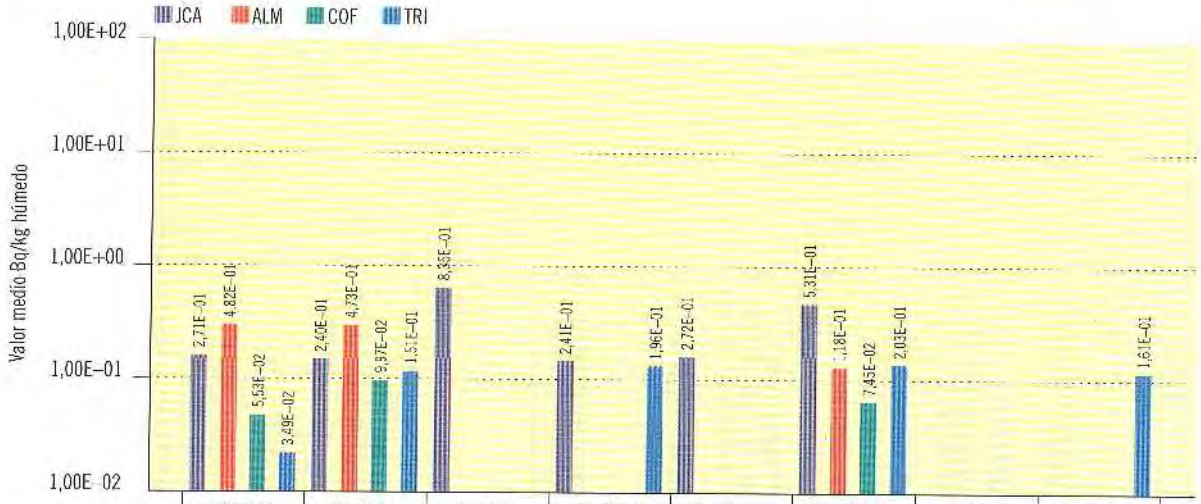
Valores de la campaña de 1998

	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB	Co-58 AR	Co-58 AB
SMG										
Valor máximo	5,12E-01	1,23E+00		4,56E-01	2,63E-01	9,70E-01				
Valor mínimo	3,12E-01	2,26E-01		1,64E-01	2,63E-01	2,68E-01				
ASC										
Valor máximo	2,10E-02	2,00E-01		5,05E-01	9,10E-02	7,00E-02		4,20E-01		6,10E+00
Valor mínimo	2,10E-02	2,72E-02		2,90E-01	9,10E-02	7,00E-02		2,30E-01		2,67E+00
TRI										
Valor máximo	1,37E-01									
Valor mínimo	1,37E-01									
VN2										
Valor máximo				4,73E-01		7,83E-02				
Valor mínimo				2,35E-01		7,83E-02				
Nº total análisis	6	16	6	16	6	16	6	16	6	16
Nº análisis>LID	4	9	0	8	2	7	0	2	0	2
Nº análisis<LID	2	7	6	8	4	9	6	14	6	14

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.31b. Plantas de orilla. Concentración de actividad

Valores de la campaña de 1998

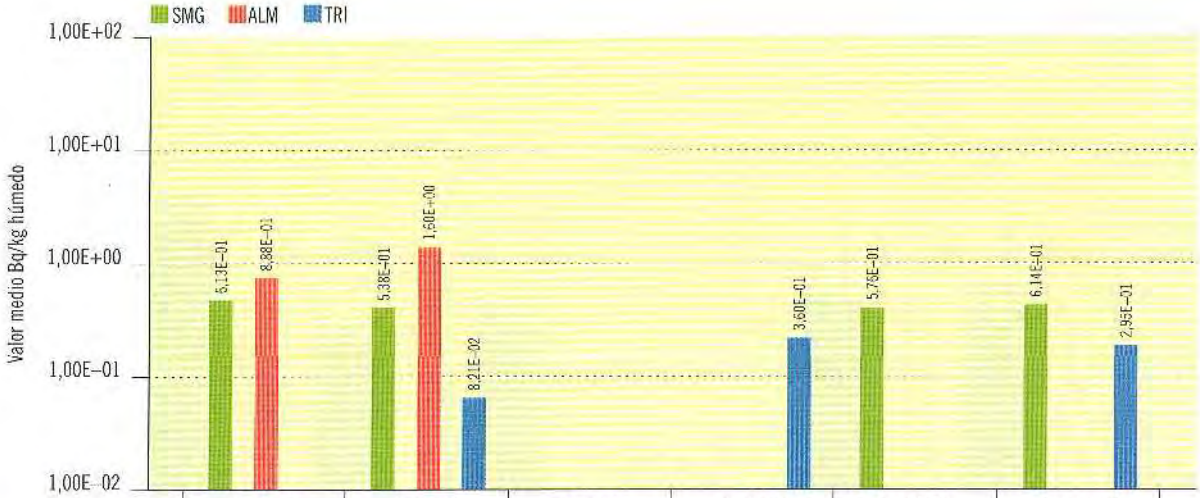


	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB	Mn-54 AR	Mn-54 AB
JCA								
Valor máximo	8,40E-01	9,07E-01	1,34E+00	3,65E-01	2,87E-01	9,30E-01		
Valor mínimo	6,25E-02	3,64E-02	3,29E-01	5,99E-02	2,45E-01	1,55E-01		
ALM								
Valor máximo	7,01E-01	8,46E-01				1,69E-01		
Valor mínimo	3,66E-01	1,31E-01				6,70E-02		
COF								
Valor máximo	5,53E-02	1,10E-01				7,45E-02		
Valor mínimo	5,53E-02	8,66E-02				7,45E-02		
TRI								
Valor máximo	4,33E-02	3,32E-01		2,69E-01		2,35E-01		1,61E-01
Valor mínimo	2,64E-02	3,67E-02		1,22E-01		1,71E-01		1,61E-01
Nº total análisis	12	22	12	22	12	22	12	22
Nº análisis>LID	11	22	2	5	3	13	0	1
Nº análisis<LID	1	0	10	17	9	9	12	21

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.32b. Plantas terrestres. Concentración de actividad

Valores de la campaña de 1998



	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
SMG						
Valor máximo	6,48E-01	8,42E-01			7,70E-01	1,00E+00
Valor mínimo	5,77E-01	2,99E-01			3,81E-01	4,01E-01
ALM						
Valor máximo	1,10E+00	1,60E+00				
Valor mínimo	6,79E-01	1,60E+00				
TRI						
Valor máximo		1,17E-01		3,60E-01		2,95E-01
Valor mínimo		4,71E-02		3,60E-01		2,95E-01
Nº total análisis	4	9	4	9	4	9
Nº análisis>LID	4	9	0	1	2	7
Nº análisis<LID	0	0	4	8	2	2

AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.33b. Musgo acuático. Concentración de actividad

Valores de la campaña de 1998

	Sr-90 AR	Sr-90 AB	Co-60 AR	Co-60 AB	Cs-137 AR	Cs-137 AB
SMG						
Valor máximo	6,89E-01	1,33E+00		7,10E-01	4,28E-01	1,05E+01
Valor mínimo	5,57E-01	3,41E-01		2,58E-01	2,87E-01	2,61E-01
Nº total análisis	2	4	2	4	2	4
Nº análisis>LID	2	4	0	4	2	4
Nº análisis<LID	0	0	2	0	0	0

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 vegetales 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.

Leche

El tipo de muestra recogida puede ser leche de vaca, cabra y oveja, o mezcla de ambas. 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 (figura 2.34a).

Los resultados de la campaña del año 1998 han sido todos inferiores al LID.

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; una de las posibles contribuciones para su presencia en estas muestras es el poso radiactivo.

Los valores obtenidos en 1998 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. Ninguno de los valores medios obtenidos en los puntos de muestreo de los diferentes PVRA ha 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 establecidos por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Espectrometría gamma. El cesio-137 es el radionucleido de origen artificial que se observa ocasionalmente con valores superiores al LID. Al igual que para el estroncio-90, en la presencia de este isótopo se debe considerar el aporte debido al poso radiactivo.

Los valores medios obtenidos en 1998 son similares a los de las últimas campañas en que se observa una ligera disminución con respecto a algunos de los valores obtenidos en los años posteriores al accidente de Chernóbil. Ninguno de los resultados obtenidos supera los niveles de notificación establecidos por el CSN. En esta campaña se ha obtenido así mismo un valor de cobalto-60 en la central nuclear José Cabrera que es similar a los de los LID.

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

En las gráficas adjuntas no figuran resultados para el PVRA de la central nuclear Vandellós II porque no se recogen este tipo de muestras al no existir huertas en un radio de 30 kilómetros de distancia de la instalación.

Sr-90. Los valores medios de concentración de actividad son variables entre las diferentes centrales y a lo largo del tiempo del mismo modo que ocurre, como ya se ha comentado en el apartado correspondiente, con los valores de este isótopo en el suelo. Una de las posibles contribuciones para su presencia en estas muestras es el poso radiactivo.

Los valores medios obtenidos en 1998 están contenidos dentro del rango de valores de las campañas anteriores (figura 2.37a.). Ninguno de ellos supera 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 establecidos por el CSN para regular la emisión de

efluentes durante el funcionamiento de las centrales. Los valores mas elevados se dan, como ocurre generalmente en otros años tanto en estas muestras como en las de suelos, en las centrales de Almaraz, Santa María de Garoña y Trillo. Los valores más altos se obtienen 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. Al igual que para el estroncio-90, en la presencia de este isótopo se debe considerar el aporte debido al poso radiactivo.

En 1998 se obtiene un único valor superior al LID para el cesio-137 en la central de Almaraz inferior a los obtenidos en campañas anteriores que no supera el nivel de notificación establecido por el CSN.

I-131. Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica. En 1998 no se ha obtenido ningún valor por encima del LID.

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. Ninguno de los valores obtenidos para los diferentes isótopos determinados supera 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 establecidos por el CSN para regular la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Sr-90. Los valores medios de concentración de actividad de este isótopo, que tiene como una de las posibles causas de su presencia en estas muestras el poso radiactivo, 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 obtenidos en la campaña de 1998 son similares a los obtenidos en campañas anteriores.

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 presenta valores superiores al LID. En la presencia de este isótopo se debe considerar el aporte debido al poso radiactivo.

En la campaña de 1998 se han obtenido únicamente cinco resultados superiores al LID, uno en la central nuclear José Cabrera y dos en las centrales de Almaraz y Cofrentes. Todos ellos están comprendidos dentro del rango de los valores obtenidos en campañas anteriores. En esta campaña se ha obtenido también un valor de manganeso-54 en la central de Cofrentes similar a los valores del LID.

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 espectrometría gamma. 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. Una de las posibles causas de la presencia de este isótopo, como ya se ha mencionado, es el poso radiactivo. En la campaña de 1998 se ha obtenido algún valor de dicho isótopo en las centrales de Almaraz, Cofrentes, José Cabrera y Trillo, que son similares a los de años anteriores. Los valores más elevados se obtienen tanto en las estaciones testigo como en las otras. Ninguno de los valores obtenidos ha 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 establecidos por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Miel

En los PVRA establecidos en las centrales de Trillo, José Cabrera, Almaraz y Vandellós II se recogen muestras

de miel en las que se realiza una espectrometría gamma. Los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID por lo que no se incluye representación gráfica de los mismos. En la campaña de 1998 se ha obtenido un valor de cesio-137 en una muestra de la central de Vandellós II, similar a los de los LID obtenidos en las otras muestras.

Peces y mariscos

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales, y, 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. Al tratarse ésta de una vía integradora y acumuladora, aunque los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID, esporádicamente se obtienen valores de cesio-137 (uno de sus posibles orígenes es el poso radiactivo) así como de cesio-134 y cobalto-60 fundamentalmente. En la campaña de 1998 se ha obtenido algún valor de los tres isótopos mencionados. El cesio-137 aparece en muestras recogidas en los programas de las centrales situadas sobre el río Tajo, una en Trillo, cuatro en José Cabrera y en todas las recogidas en Almaraz; y en una muestra de la central Vandellós II. Todos estos valores son próximos a los LID excepto los de las muestras de Arrocampo (el embalse donde vierte sus efluentes líquidos la central de Almaraz) y los de dos muestras de la estación testigo de la central José Cabrera (es decir, situada aguas arriba de la descarga de los efluentes de la central al río) que son algo más elevados. Los datos de Arrocampo son similares a los de otros años. El cesio-134 se obtiene únicamente en la central de Almaraz, en un 75% de las muestras recogidas en el embalse de Arrocampo, con valores similares a los de campañas anteriores. El cobalto-60 aparece en dos muestras de la estación testigo de la central José Cabrera con valores similares a los de los LID. Ninguno de los valores obtenidos para estos isótopos ha 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 establecidos por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Figura 2.34a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

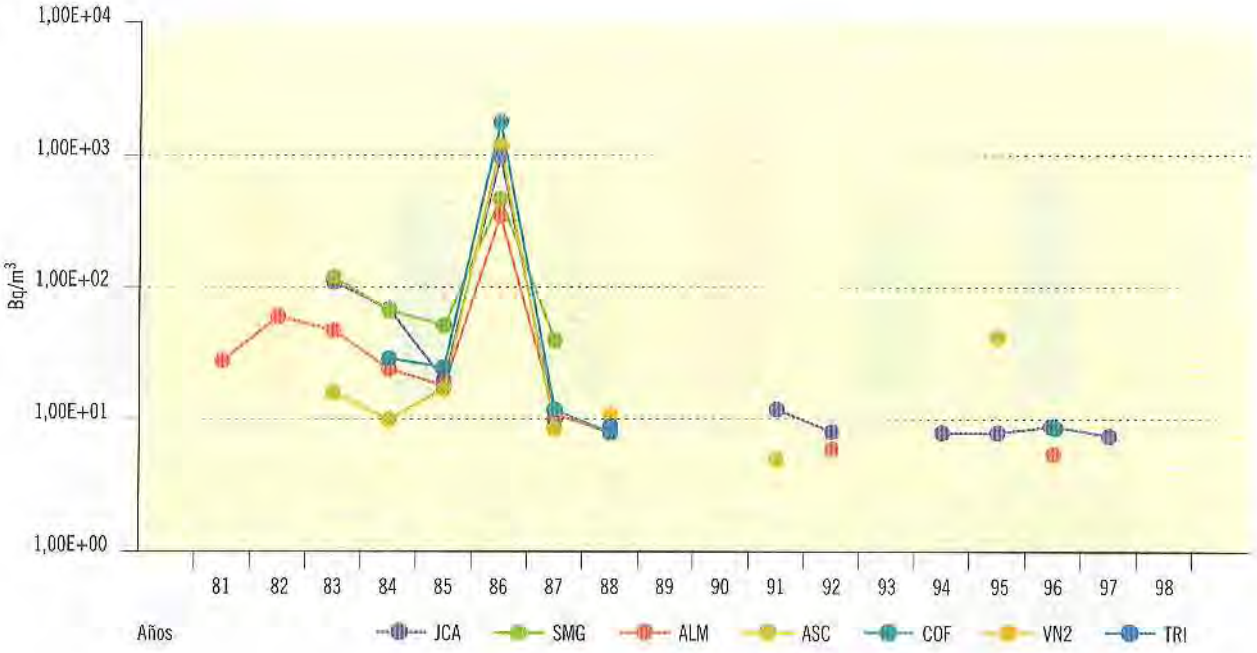


Figura 2.35a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

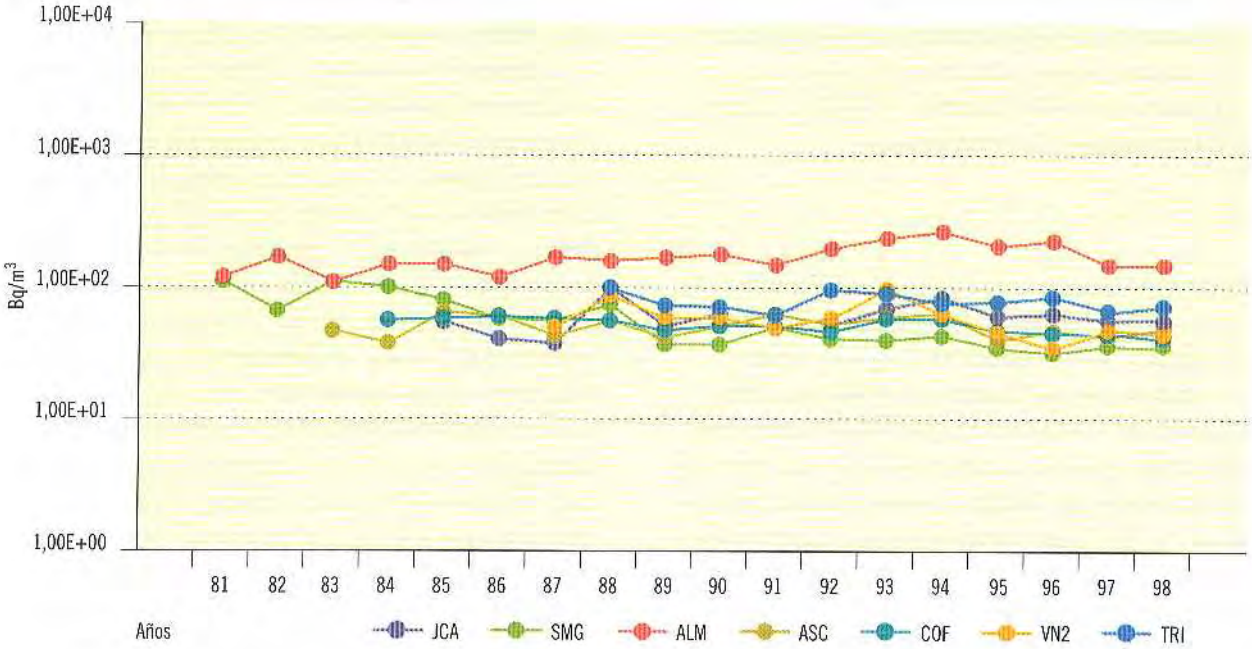
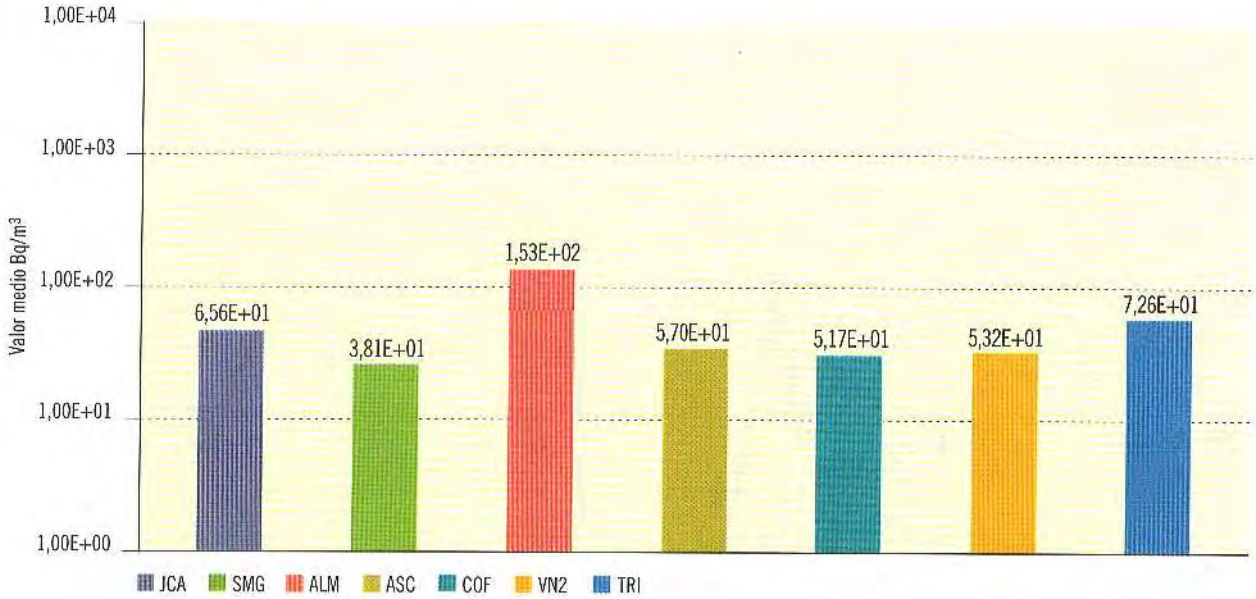


Figura 2.35b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



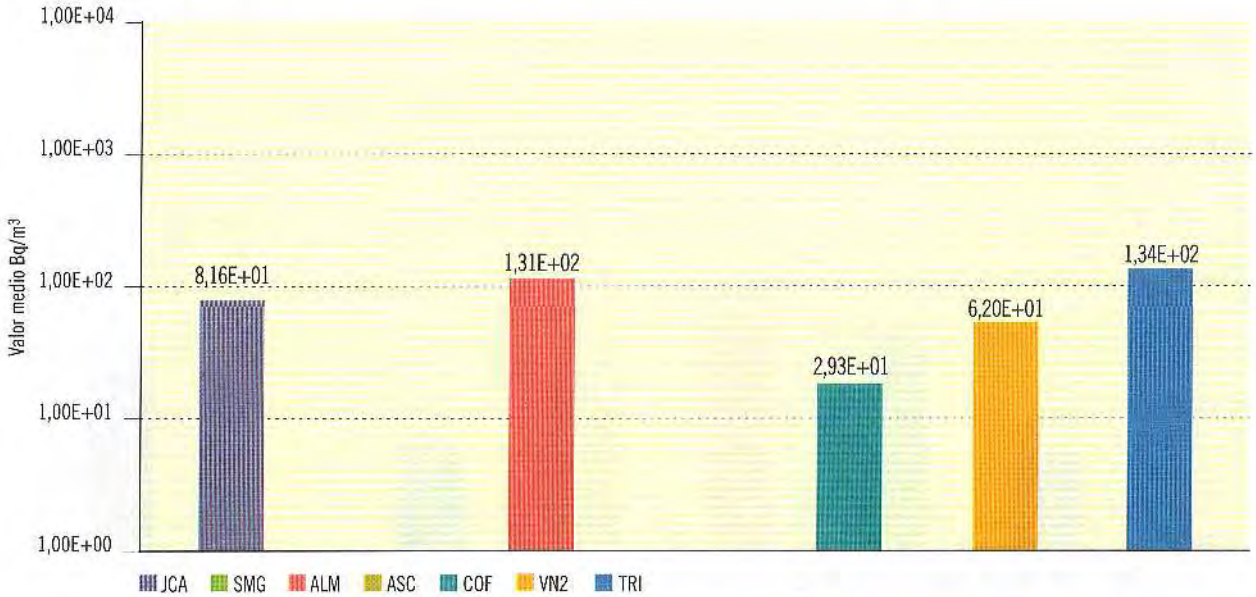
Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,49E+02	8,00E+01	6,70E+02	1,09E+02	1,14E+02	1,05E+02	1,56E+02
Valor mínimo	7,76E+00	1,58E+01	1,88E+01	1,91E+01	2,13E+01	1,55E+01	2,88E+01
Nº total de análisis	72	48	130	26	61	36	43
Nº de análisis > LID	72	38	126	21	33	28	43
Nº de análisis < LID	0	10	4	5	28	8	0

Figura 2.36a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

Figura 2.36b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,88E+01		4,79E+02		2,93E+01	6,20E+01	2,01E+02
Valor mínimo	6,44E+01		2,19E+01		2,93E+01	6,20E+01	8,01E+01
Nº total de análisis	72	48	130	26	61	36	43
Nº de análisis > LID	2	0	52	0	1	1	6
Nº de análisis < LID	70	48	78	26	60	35	37

Figura 2.37a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

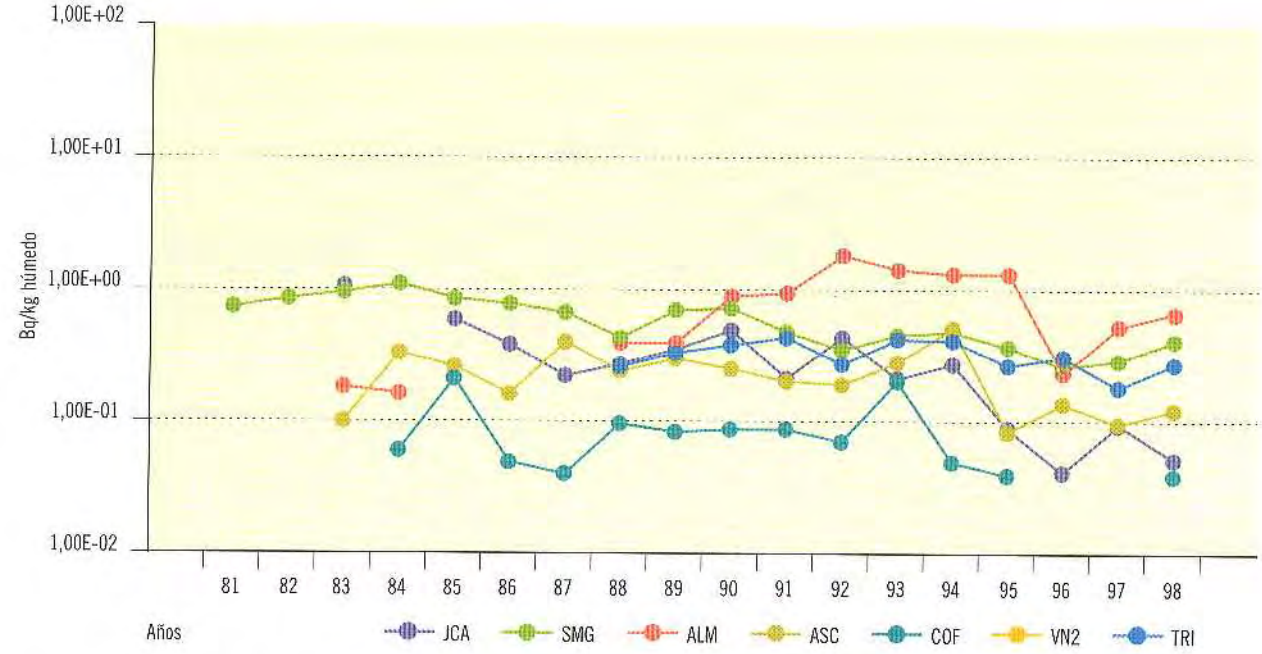
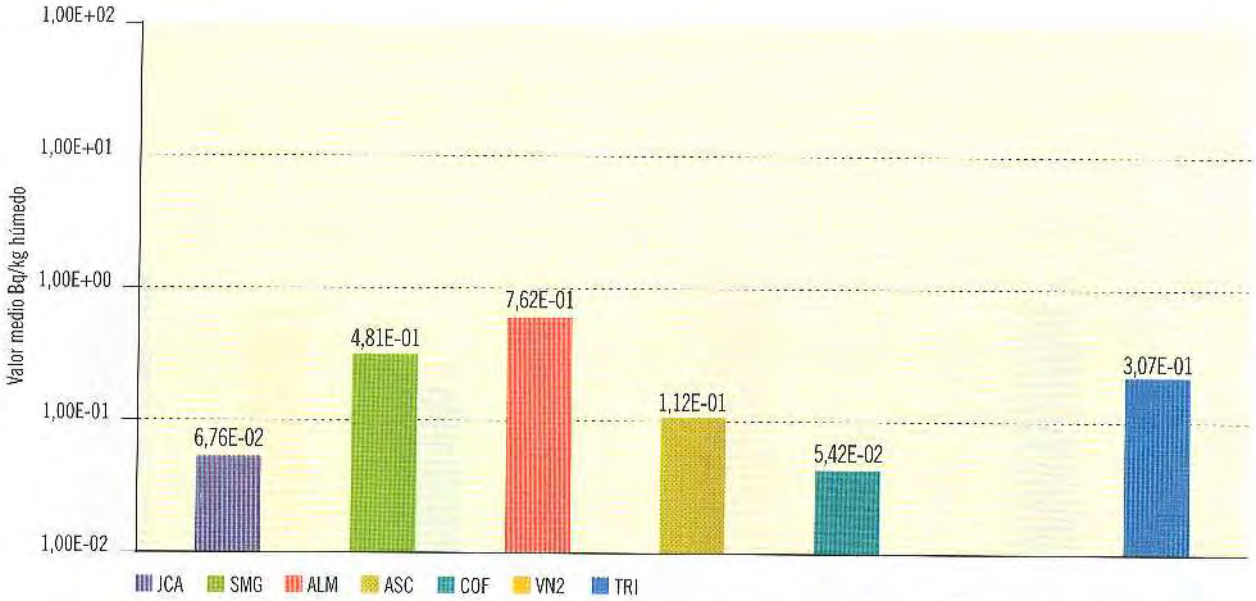


Figura 2.37b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	7,07E-02	2,25E+00	3,91E+00	2,29E-01	6,08E-02		7,76E-01
Valor mínimo	6,44E-02	1,83E-01	2,88E-02	2,08E-02	4,75E-02		6,76E-02
Nº total de análisis	4	16	11	10	9		8
Nº de análisis > LID	2	16	10	8	2		8
Nº de análisis < LID	2	0	1	2	7		0

Figura 2.38a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

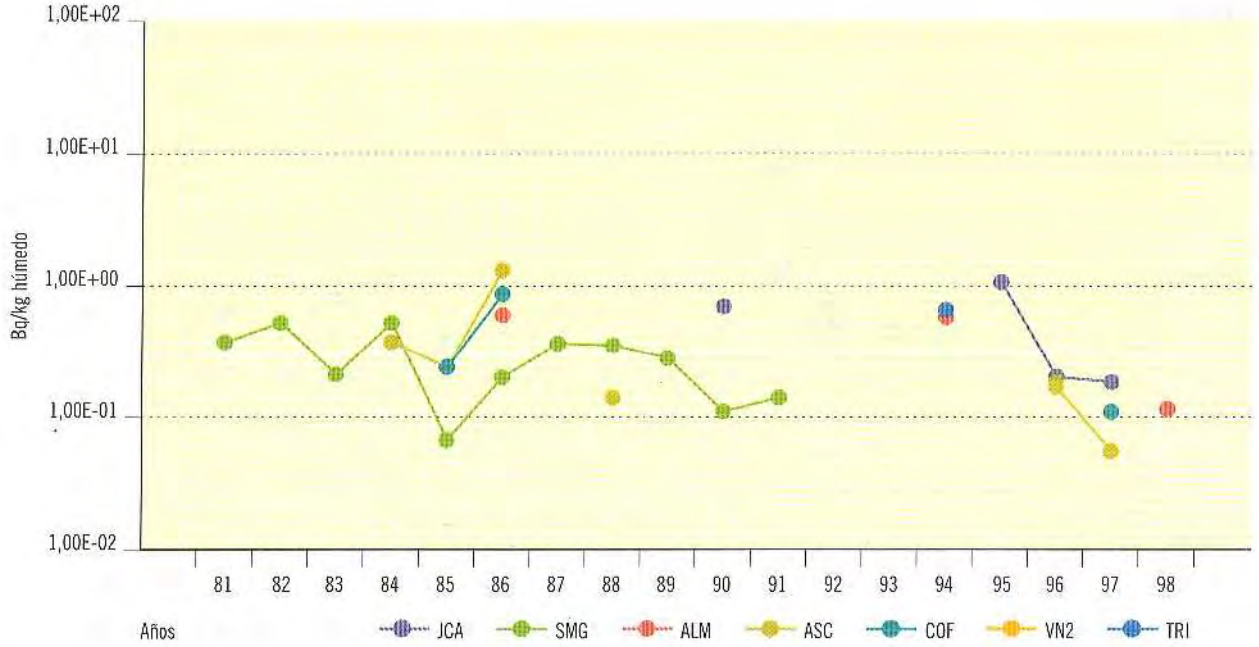
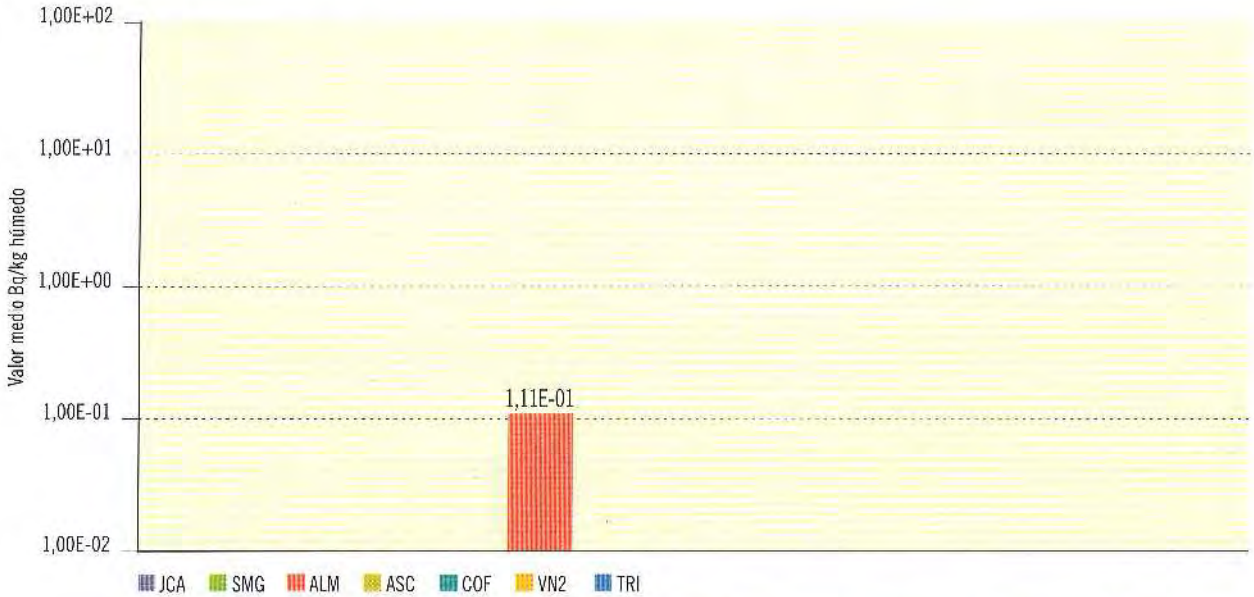


Figura 2.38b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			1,70E-01				
Valor mínimo			4,27E-03				
Nº total de análisis	4	16	11	10	9		8
Nº de análisis > LID	0	0	3	0	0		0
Nº de análisis < LID	4	16	8	10	9		8

Figura 2.39a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

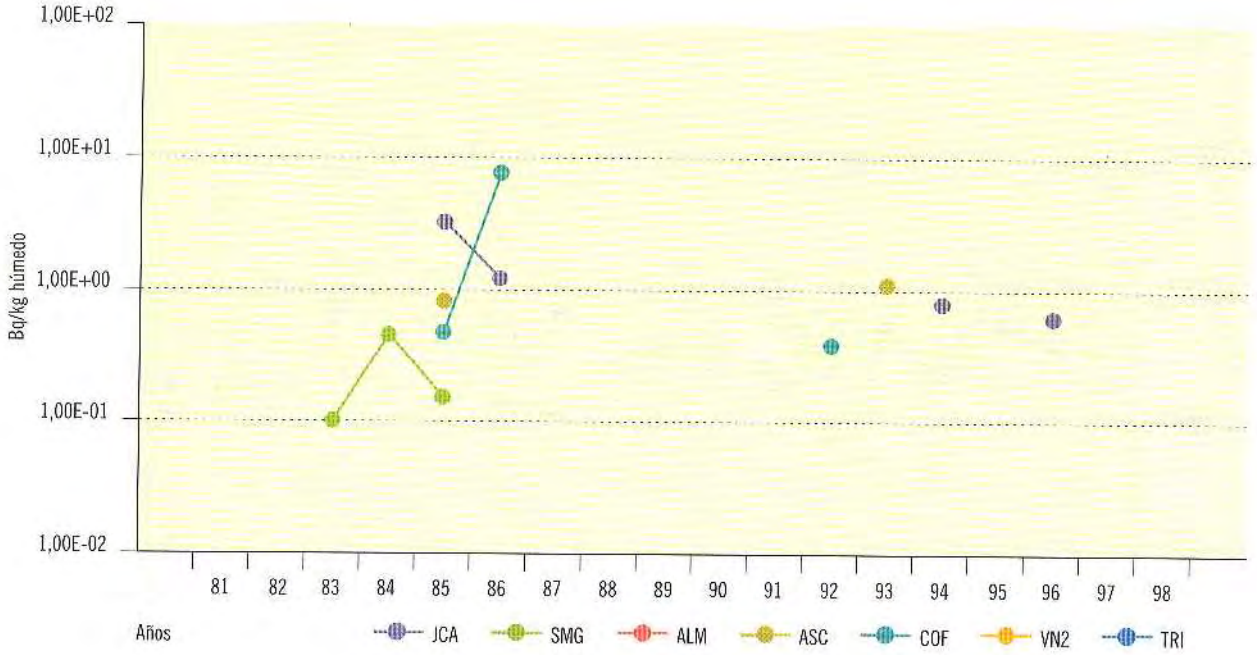


Figura 2.40a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

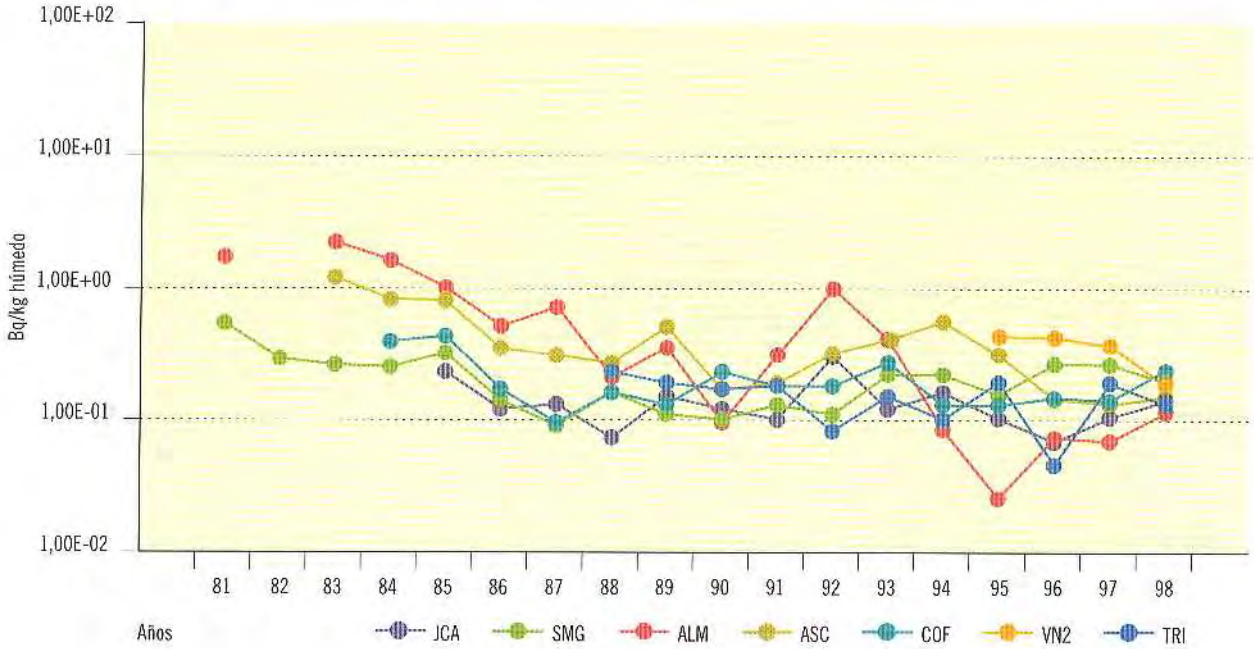
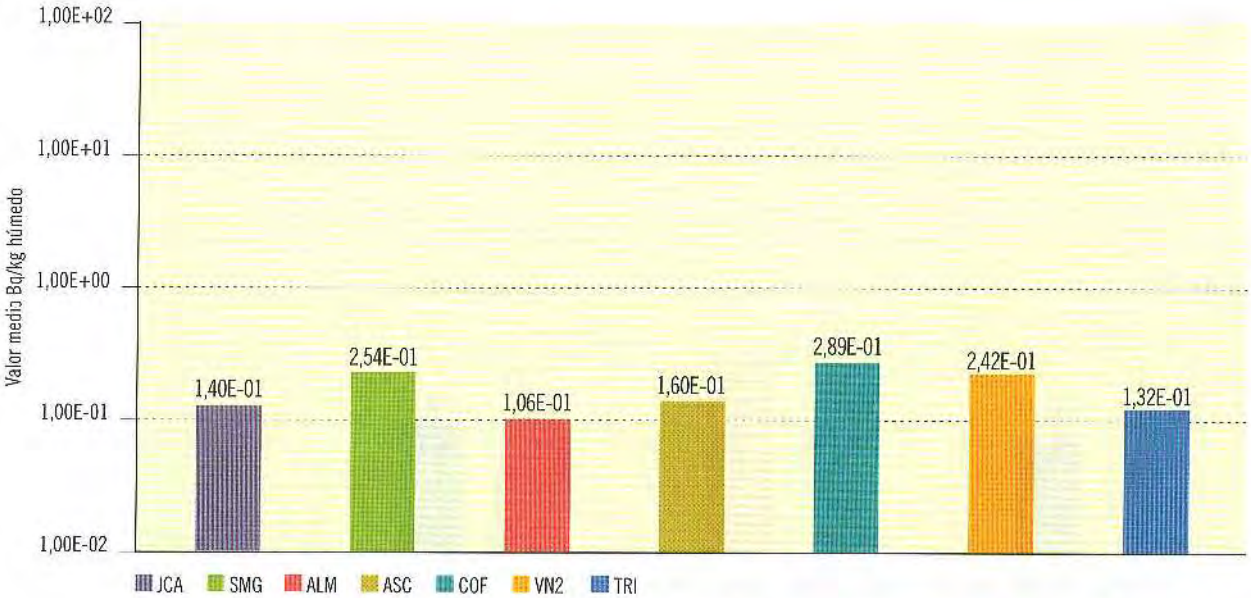


Figura 2.40b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,62E-01	3,75E-01	3,21E-01	5,06E-01	8,57E-01	5,57E-01	4,62E-01
Valor mínimo	2,59E-02	1,58E-01	1,69E-02	1,27E-02	3,08E-02	5,18E-02	2,79E-02
Nº total de análisis	21	16	28	19	48	8	12
Nº de análisis > LID	7	8	21	10	20	6	11
Nº de análisis < LID	14	8	7	9	28	2	1

Figura 2.41a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

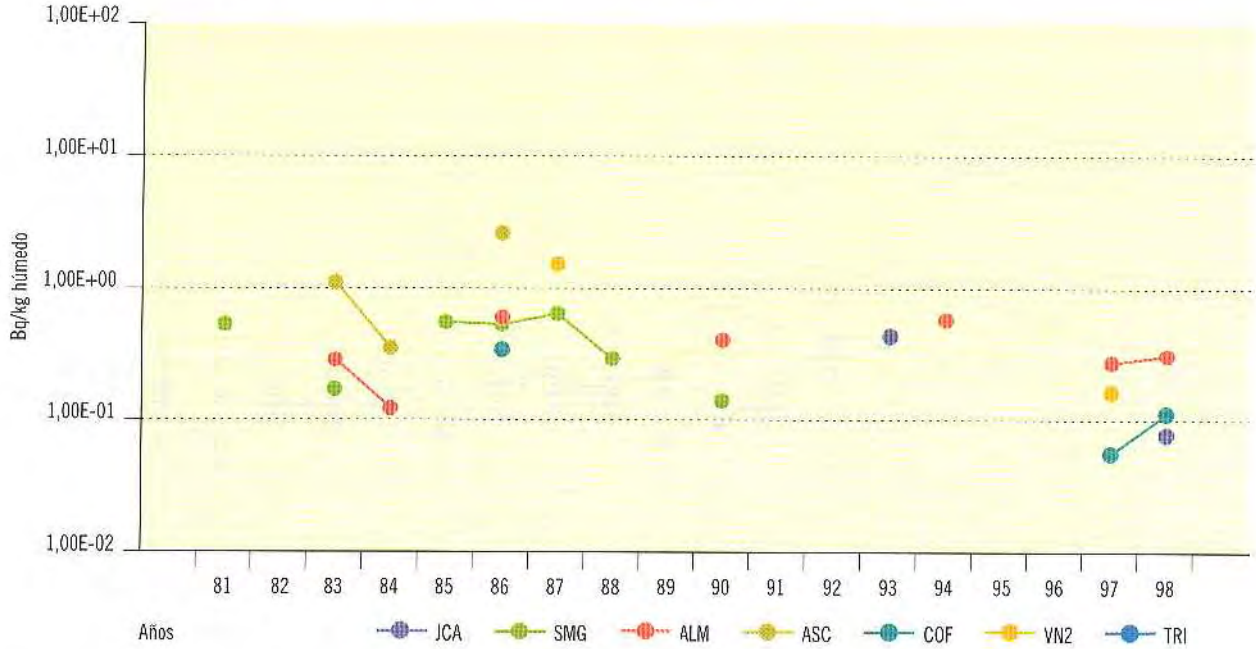
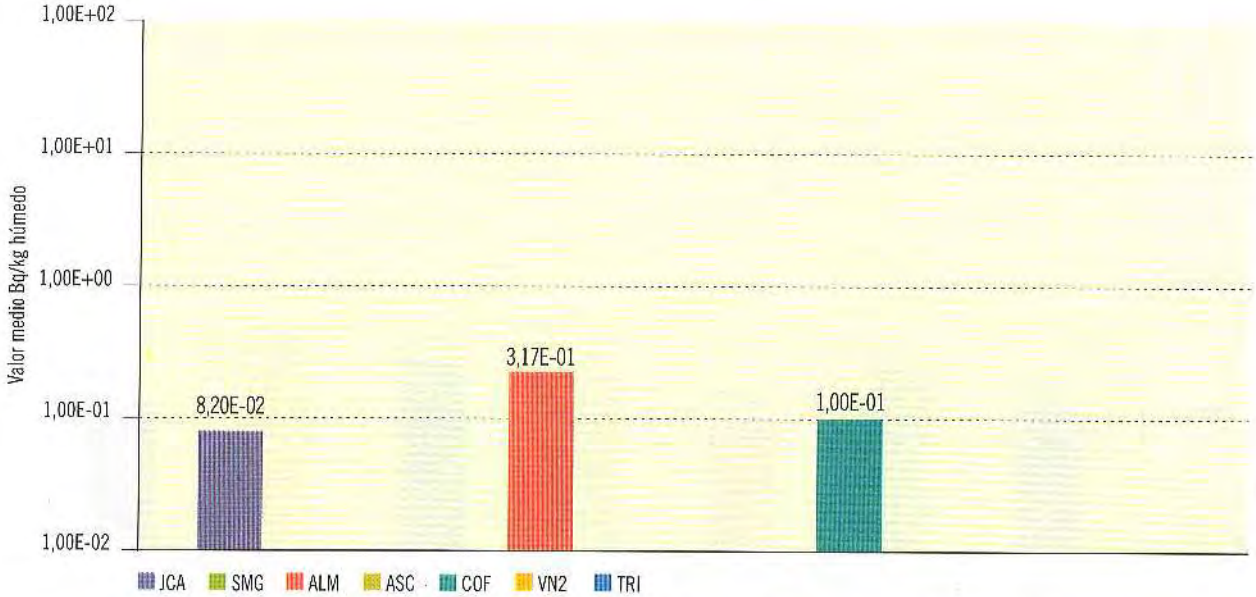


Figura 2.41b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	8,20E-02		4,84E-01		1,18E-01		
Valor mínimo	8,20E-02		1,49E-01		8,23E-02		
Nº total de análisis	21	16	28	19	48	8	12
Nº de análisis > LID	1	0	2	0	2	0	0
Nº de análisis < LID	20	16	26	19	46	8	12

Figura 2.42a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

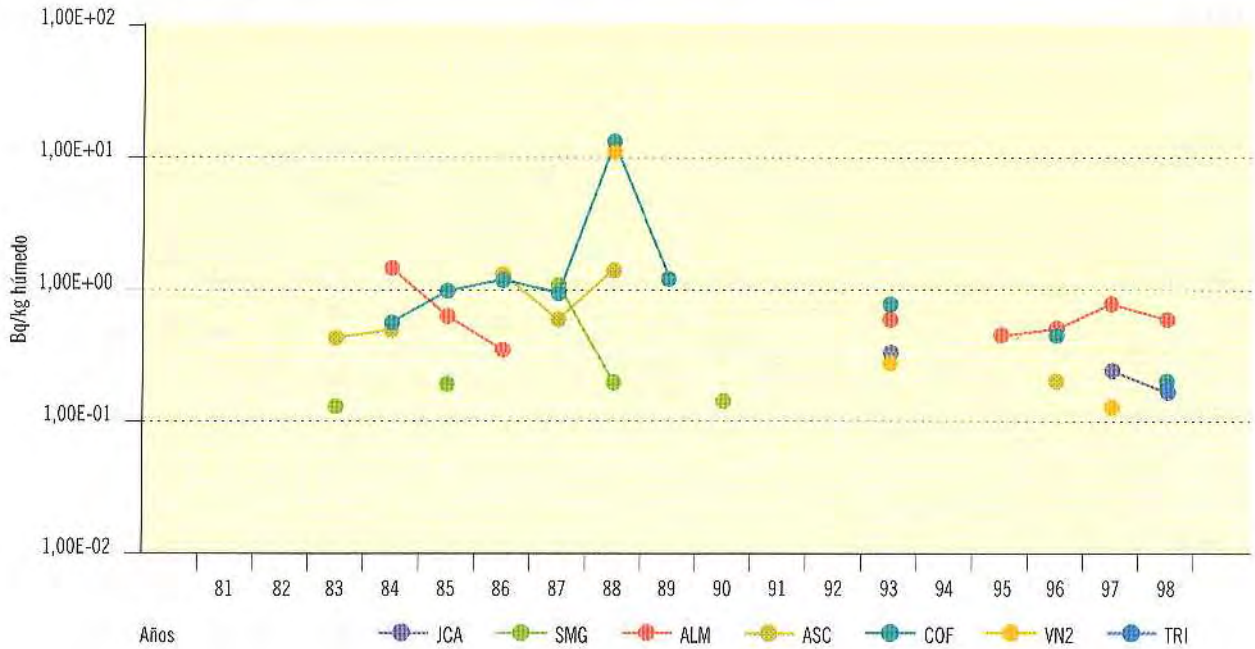
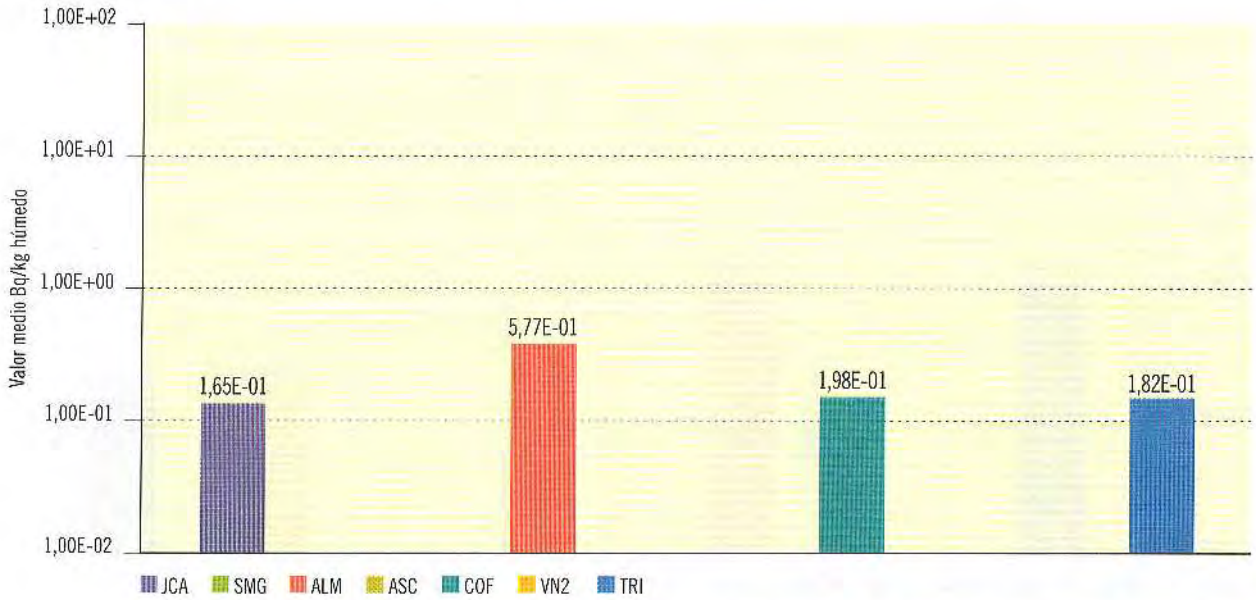


Figura 2.42b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,92E-01		1,00E+00		2,04E-01		1,82E-01
Valor mínimo	1,37E-01		1,54E-01		1,92E-01		1,82E-01
Nº total de análisis	11	8	25	8	16	6	16
Nº de análisis > LID	2	0	2	0	2	0	1
Nº de análisis < LID	9	8	23	8	14	6	15

Figura 2.43a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

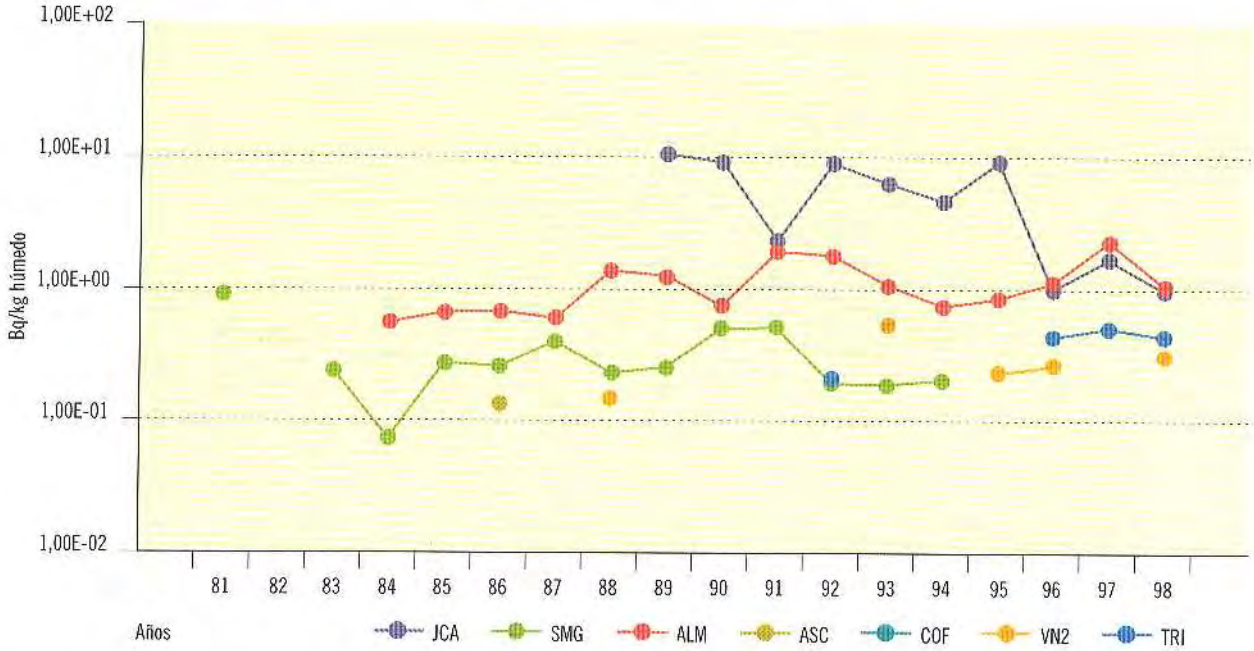
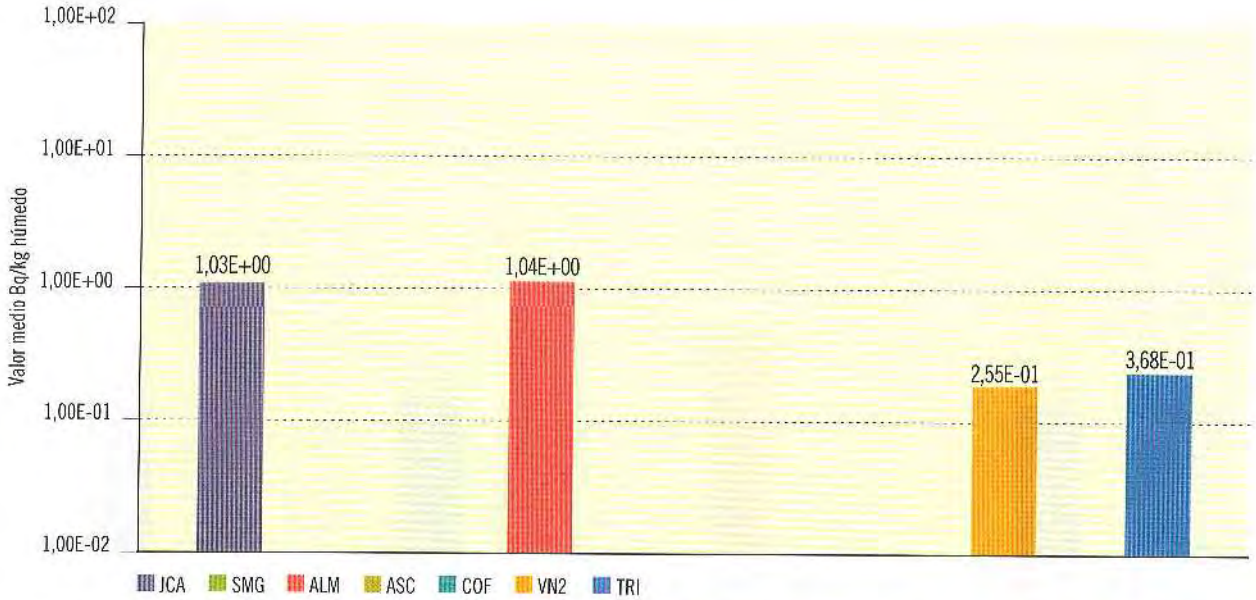


Figura 2.43b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137

Valores de la campaña de 1998



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,90E+00		1,82E+00			2,55E-01	3,68E-01
Valor mínimo	2,67E-01		8,06E-02			2,55E-01	3,68E-01
Nº total de análisis	6	6	16	2	4	4	6
Nº de análisis > LID	4	0	16	0	0	1	1
Nº de análisis < LID	2	6	0	2	4	3	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 2.44 a 2.46 se presenta el número de estaciones de muestreo seleccionadas para cada instalación y vía de exposición.

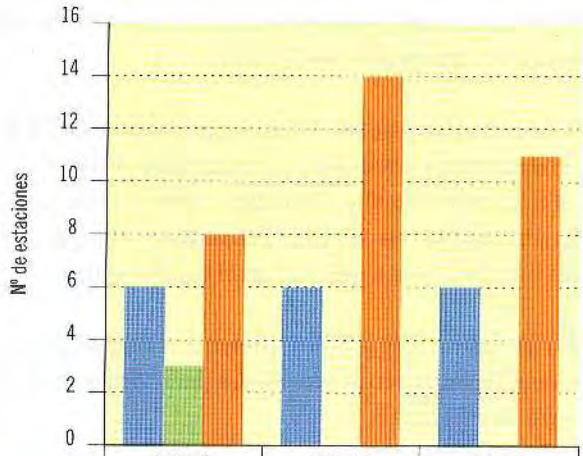
En la tabla 2.4 se incluyen los tipos de muestras y los análisis realizados en cada una de ellas.

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

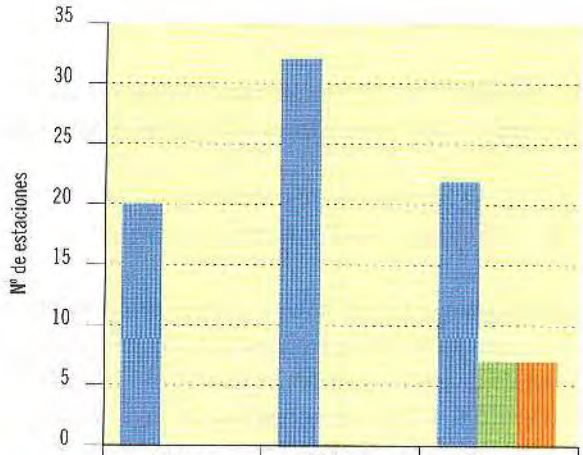
Instalación	Localidad (Provincia)	Tipo de instalación	Actividad	Puesta en marcha
Fábrica de elementos combustibles de Juzbado	Juzbado (Salamanca)	Nuclear	Fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio para reactores de agua ligera	PEP (OM de 14/1/85). Vigente 6ª prórroga del PEP por 10 años (OM 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 2º prorroga del PEP por cinco años por OM 8/10/96.

Figura 2.44. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Aire y deposición húmeda y seca



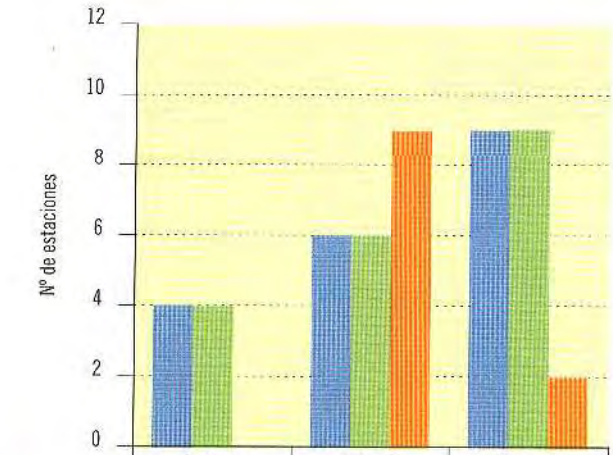
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Aire	6	6	6
Agua lluvia	3	-	-
Suelo	8	14	11



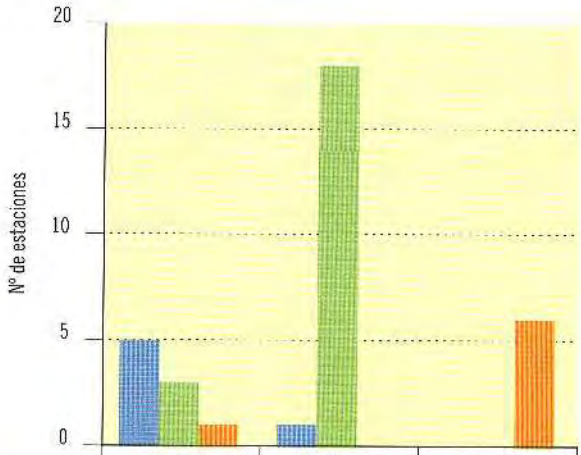
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Radiación directa	20	32	22
Radón	-	-	7
D. Radón	-	-	7

Figura 2.45. 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	9
Organismos indicadores	-	9	2

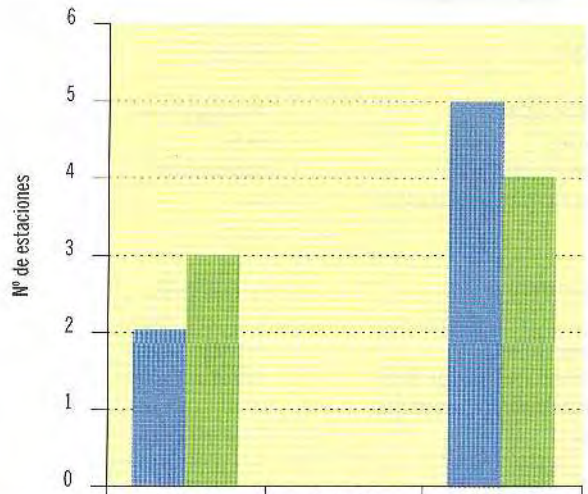


	Juzbado	El Cabril	Quercus
Agua subterránea	5	1(pozo)	-
Agua de sondeos	3	18	-
Agua potable	1*	-	6

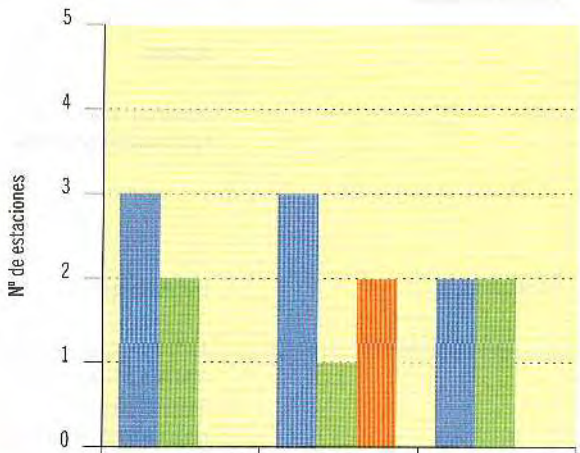
* Consideran como potable dos muestras, una de agua superficial y otra de agua subterránea.

Figura 2.46. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Alimentos



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Cultivos	2	-	5
Leche	3	-	4



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Carnes	3	3	2
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 una tabla con información más detallada correspondiente al año 1998. 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 fábrica 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 es próximo al 100% en todos los casos excepto en el uranio-235 para el que normalmente no se obtienen valores superiores al mismo. En la figura 2.47 se pone de manifiesto la similitud que presentan los valores medios de alfa total y del uranio-234 y uranio-238 de los últimos años.

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, unos con un periodo de exposición semestral y otros anual. Las determinaciones de descendientes del radón se realizan mensualmente en cada uno de los puntos mediante el método Kusnetz.

Los porcentajes de resultados superiores al LID en los diferentes tipos de análisis realizados son actualmente próximos al 100%. 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 de concentración más bajos, tal como se pone de manifiesto en los valores medios representados en la figura 2.48.

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 origen se encuentra en el aire debido al decaimiento del radón que emana del suelo. Los valores medios obtenidos en la campaña de 1998 para todas las determinaciones son similares a los del año anterior.

En el caso del radón los porcentajes de resultados superiores al LID son, 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 como se aprecia en la figura 2.49.

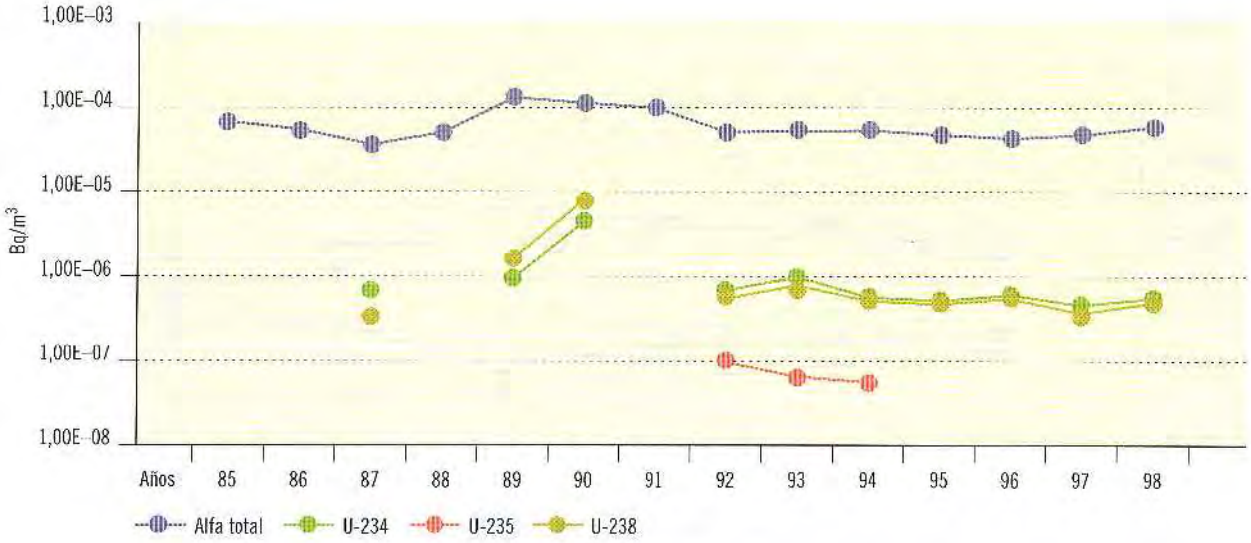
El Cabril

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 de volumen que contienen una disolución de $Ba(OH)_2$, cambiándose las botellas cada dos o tres semanas.

En la campaña de 1998 el porcentaje de valores de carbono 14 y beta total superiores al LID es prácticamente del 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. Únicamente se ha obtenido un resultado superior al LID de estroncio-90 que está dentro del rango de los valores detectados en campañas anteriores. Todos los valores obtenidos en la espectrometría gamma para los isótopos de origen artificial han sido inferiores a los LID. El valor medio obtenido para el tritio es un orden de magnitud más elevado que el de otros años, no obstante sigue siendo entre dos y tres órdenes de magnitud más bajos que los valores de fondo registrados en otros PVRA. Esta diferencia se debe al procedimiento de recogida de las muestras que está siendo modificado y que ha permitido que en 1998 aumente la proporción de medidas superiores al LID a un 63%, cuando en años anteriores no llegaba al 28%. No obstante la modificación definitiva del procedimiento no se ha aplicado hasta 1999.

Figura 2.47. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

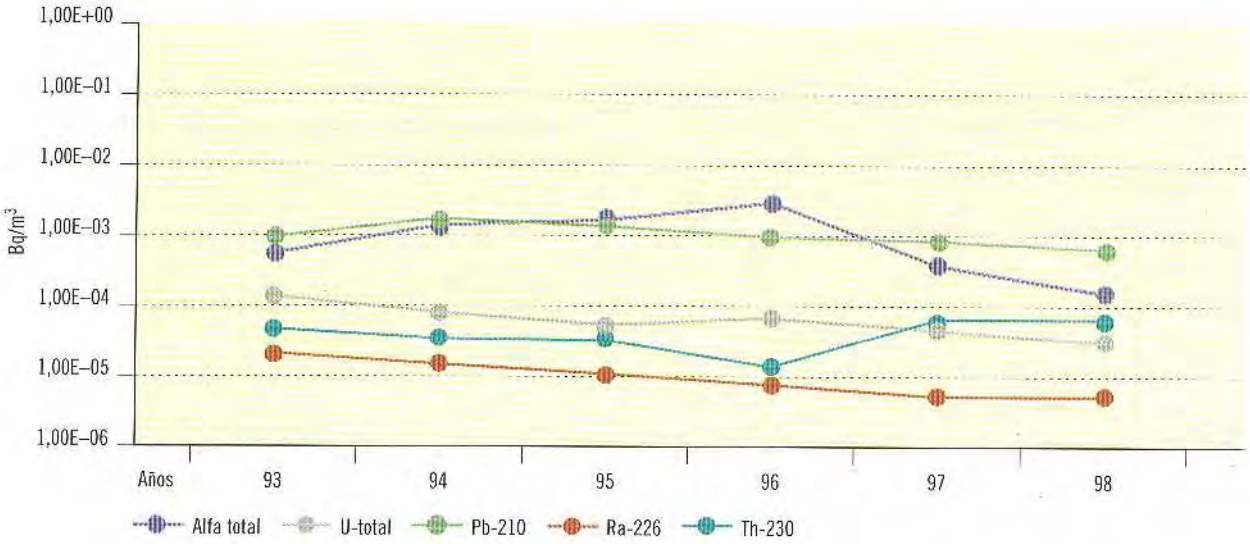
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	5,01E-05	6,00E-07		5,50E-07
Valor máximo	3,40E-04	1,10E-06		9,40E-07
Valor mínimo	6,70E-06	3,30E-07		3,00E-07
Nº total de análisis	313	6	6	6
Nº de análisis > LID	307	6	0	5
Nº de análisis < LID	6	0	6	1

Figura 2.48. Quercus. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

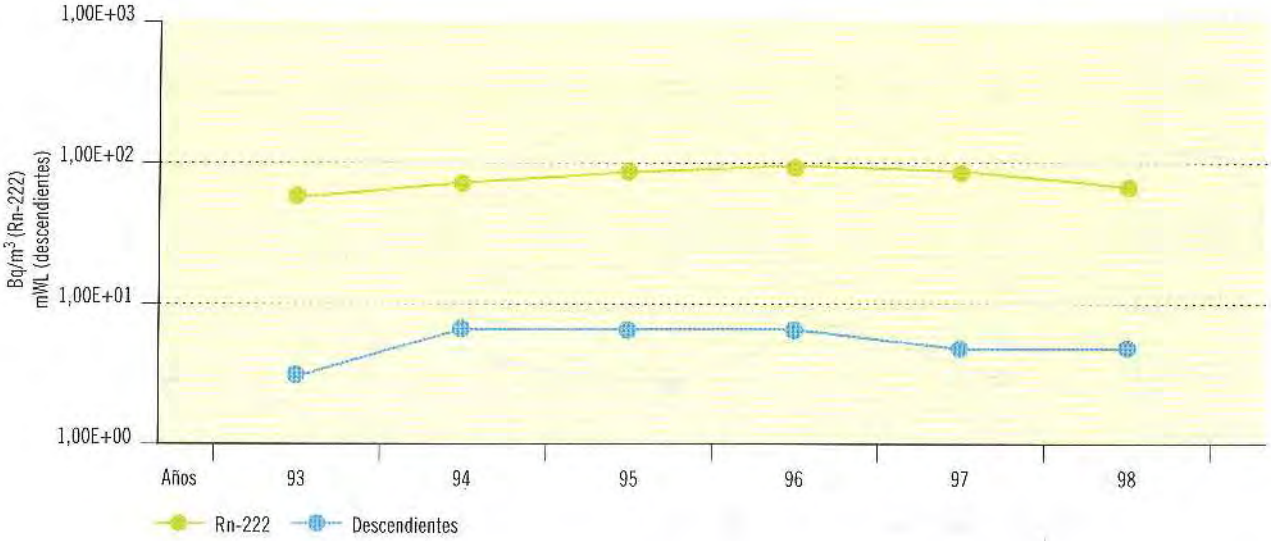
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	1,05E-04	2,47E-05	4,49E-04	4,94E-06	4,63E-05
Valor máximo	3,64E-04	5,08E-05	9,69E-04	1,53E-05	7,26E-05
Valor mínimo	5,89E-06	8,12E-06	1,85E-04	1,41E-06	2,40E-05
Nº total de análisis	311	24	24	24	24
Nº de análisis > LID	311	24	24	23	24
Nº de análisis < LID	0	0	0	1	0

Figura 2.49. Quercus. Radón en el aire. Valores de concentración de actividad Rn-222 (Bq/m³). Descendientes (mWL)

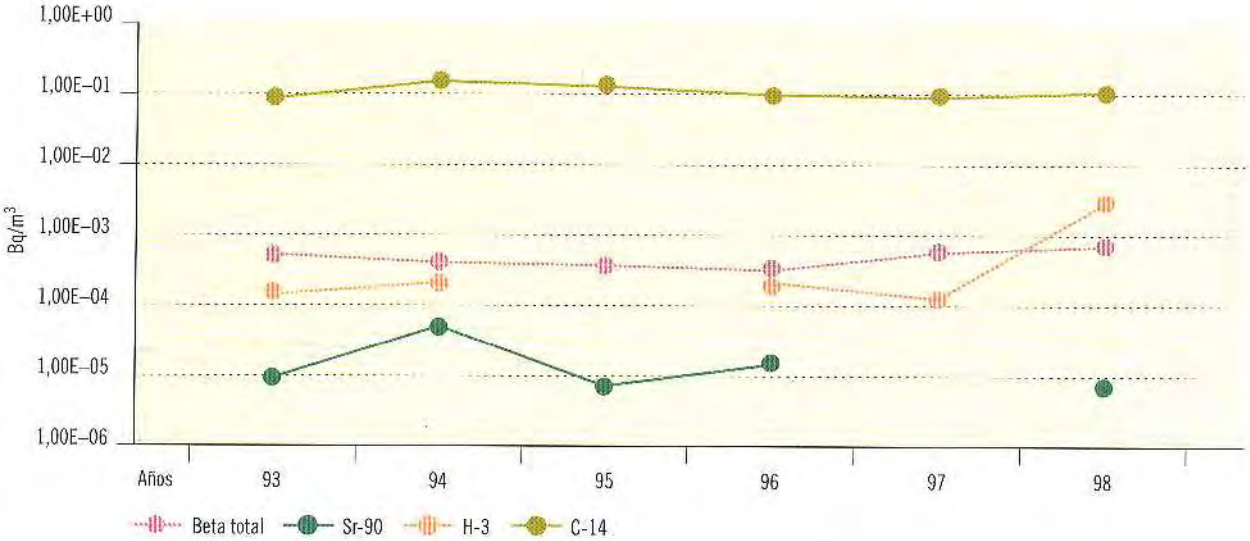
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Rn-222	Descendientes
Valor medio	5,81E+01	4,69E+00
Valor máximo	1,04E+02	2,81E+01
Valor mínimo	2,50E+01	7,20E-01
Nº total de análisis	12	72
Nº de análisis > LID	12	72
Nº de análisis < LID	0	0

Figura 2.50. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	5,52E-04	8,60E-06	1,72E-03	8,47E-02
Valor máximo	3,60E-03	8,60E-06	1,95E-02	1,71E-01
Valor mínimo	3,82E-05	8,60E-06	5,40E-05	9,44E-03
Nº total de análisis	312	24	24	24
Nº de análisis > LID	310	1	15	24
Nº de análisis < LID	2	23	9	0

2.3.2. 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 2.51 los valores obtenidos para el índice de actividad alfa total se mantienen muy similares a partir de 1995 en que se observa un aumento de los mismos, si bien estos últimos valores son similares también a los obtenidos en otras campañas anteriores y a los de otros programas de vigilancia en la zona de Salamanca como el de la planta Quercus. Los valores obtenidos para los isótopos del uranio se mantienen prácticamente constantes desde 1992.

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 en que se encuentran en torno al 5%. Los valores medios presentan, en general, poca variabilidad a lo largo de los años de operación de la planta aunque se observa en casi todos ellos una ligera disminución a partir de los años 1994 y 1995 que es más acusada en el torio-230 y en el uranio. Los resultados de alfa total y torio-230 son los más elevados, los de radio-226 y plomo-210 son similares entre sí y los más bajos, y en una zona intermedia se sitúan los del uranio natural.

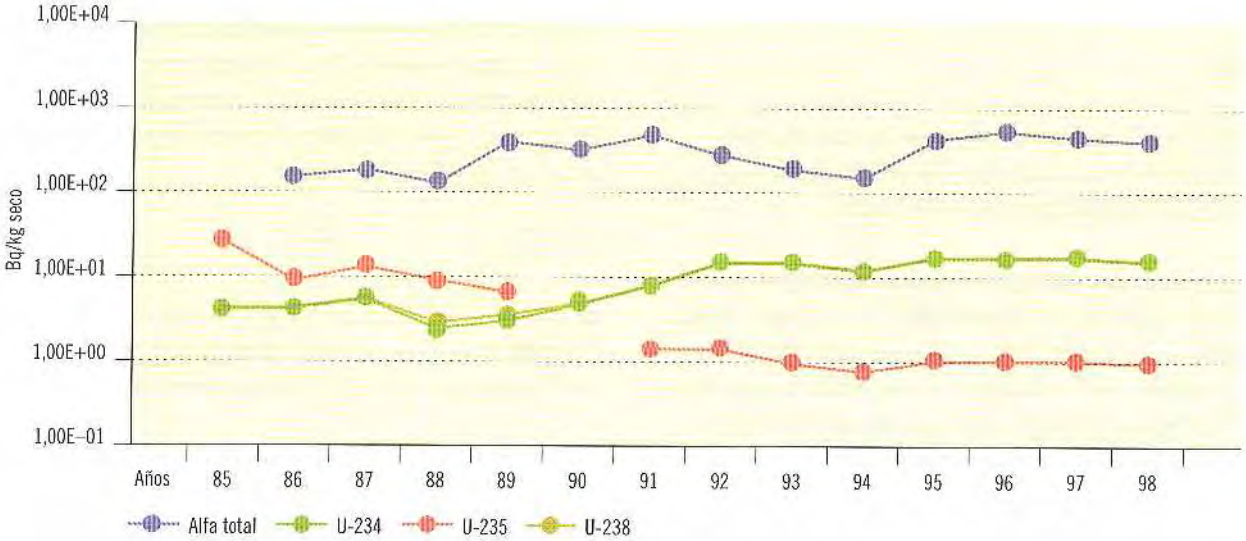
El Cabril

El muestreo se lleva a cabo con una frecuencia anual. En cada muestra se realiza una medida de 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, con un porcentaje próximo al 100% de las medidas. Los valores medios de este isótopo, uno de cuyos posibles orígenes es el poso radiactivo, 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 porcentaje de valores superiores al LID de estroncio 90 es próximo al 100%. Una de las principales causas de su presencia en el suelo es, como ya se ha dicho anteriormente, el poso radiactivo. El valor medio obtenido en 1998 está dentro del rango de los años anteriores y todos ellos, a su vez, dentro del rango de los obtenidos en la vigilancia de ámbito nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones (figuras 4.6a y 4.6b), los resultados de esta vigilancia para el año 1998 han estado comprendidos entre 0,154 Bq/kg seco y 14,7 Bq/kg seco.

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

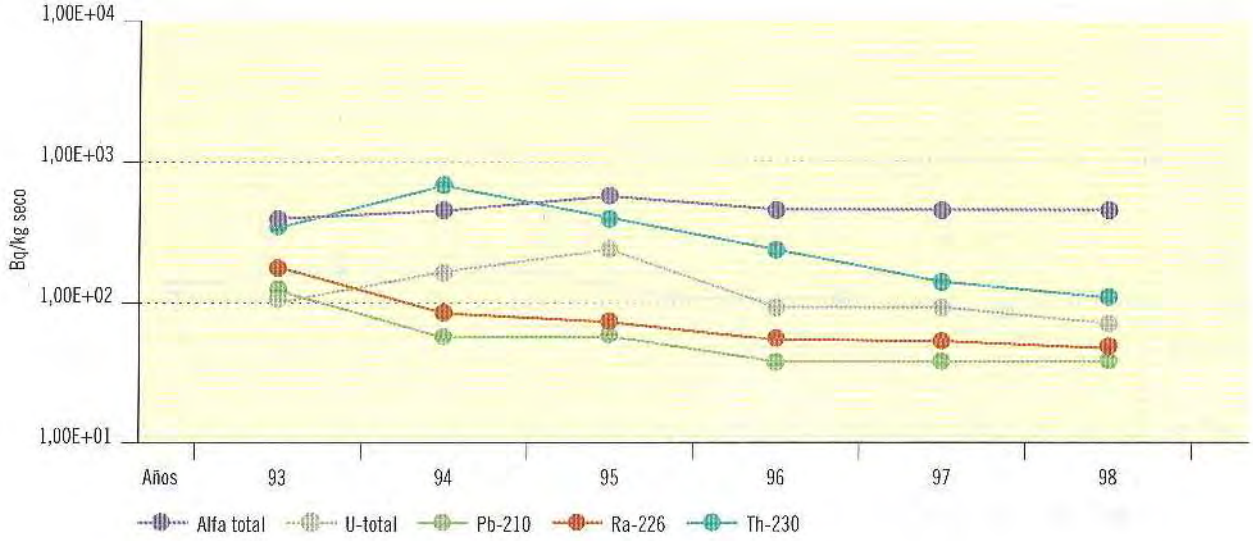
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,06E+02	1,97E+01	9,56E-01	1,82E+01
Valor máximo	4,94E+02	3,80E+01	1,70E+00	3,69E+01
Valor mínimo	2,78E+02	8,40E+00	4,58E-01	7,70E+00
Nº total de análisis	8	8	8	8
Nº de análisis > LID	8	8	8	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

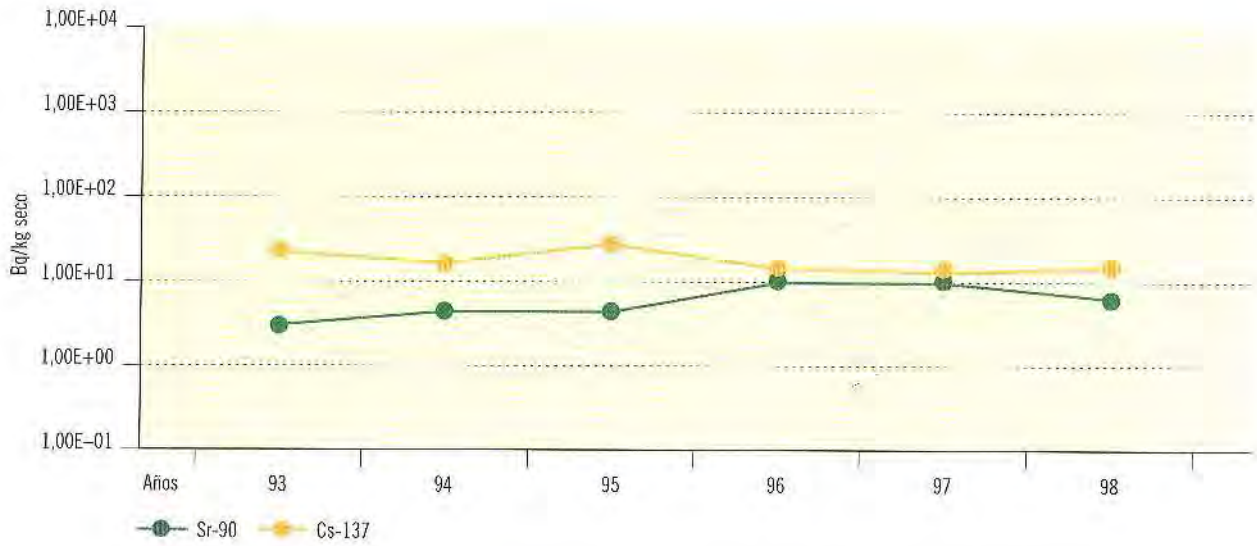
Figura 2.52. Quercus. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	3,87E+02	8,31E+01	4,94E+01	5,58E+01	1,46E+02
Valor máximo	1,06E+03	3,45E+02	1,11E+02	1,55E+02	1,60E+02
Valor mínimo	1,21E+02	1,19E+01	8,62E+00	1,16E+01	1,24E+02
Nº total de análisis	44	44	44	44	44
Nº de análisis > LID	43	44	44	43	4
Nº de análisis < LID	1	0	0	1	40

Figura 2.53. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Sr-90	Cs-137
Valor medio	4,87E+00	1,18E+01
Valor máximo	1,33E+01	3,49E+01
Valor mínimo	5,98E-01	1,06E+00
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	12	13
Nº de análisis < LID	2	1

2.3.3. Agua

Agua superficial

Juzbado

En tres puntos disponen de muestreadores de recogida de agua en continuo 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 un análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID para el índice de actividad alfa total está, en los últimos años, en torno al 50%. Como se ve en la figura 2.54 los valores medios se mantienen muy constantes a lo largo de las campañas, siendo el de 1998 también similar a los anteriores aunque sea el más elevado de todos ellos. Para el índice de actividad beta total el porcentaje de valores detectados esta próximo al 100%, y para el beta resto se sitúa en torno al 20%. Los valores medios de ambas determinaciones son similares a lo largo del tiempo y comparables a los obtenidos en los PVRA de las centrales nucleares. Los porcentajes de valores superiores al LID para los isótopos del uranio están próximos al 100% en el uranio-234 y en el uranio-238 y son bajos o del 0% para el uranio-235. En 1998 las frecuencias de detección han sido del 75% para los tres isótopos. Los valores de estas determinaciones se mantienen muy similares a partir de 1992 en que se observa

un aumento de los mismos, coincidiendo con un cambio en el procedimiento de análisis, si bien estos últimos valores son similares al de 1987. El valor máximo de uranio-235 se detecta en la campaña de 1998 en la estación testigo.

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 son, en los últimos años, elevados para todas las determinaciones, estando en 1998 todos por encima del 65%. Como se ve en la figura 2.55 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 beta total y beta resto, alfa total y del uranio total, y en la franja baja los de los radionucleidos radio-226, torio-230 y plomo-210. Los valores medios de 1998 son similares a los de campañas anteriores, aunque el del uranio total es ligeramente más elevado que los de todas ellas. En el caso del índice de actividad alfa total y uranio total parece observarse una cierta correlación entre los valores obtenidos y la emisión de efluentes y los valores son muy similares a lo largo de los años. En los radionucleidos vigilados no se observa de una manera clara esta relación.

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.

El porcentaje de valores superiores al LID obtenidos en 1998 para las determinaciones del índice de actividad beta total y beta resto es del 75% y 50% respectivamente. Como puede verse en la figura 2.56 los valores medios son similares a otros obtenidos en anteriores campañas. En la espectrometría gamma todos los valores de los isótopos de origen artificial han sido inferiores al LID, de la misma manera que los de tritio, carbono-14 y tecnecio-99. El estroncio-90 se ha detectado con valores superiores al LID en un 50% de las medidas realizadas. La presencia de este isótopo puede tener su origen, como ya se ha dicho, en el poso radiactivo. El valor medio obtenido en 1998 es similar al de anteriores campañas aunque ligeramente más elevado que el de todas ellas, siendo estos valores comparables a los obtenidos en los programas de las centrales nucleares en agua potable y superficial. El yodo-129 únicamente se ha detectado en las campañas de 1997 y 1998 y con unos porcentajes bajos de valores superiores al LID (25 y 38 respectivamente). Los valores de 1998 son ligeramente más elevados que los de la campaña anterior.

Agua potable

Esta vía no se incluye en el PVRA del 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 ve en la figura 2.57, en la que no se representan los resultados de las muestras de la fuente, los valores medios obtenidos en 1998 para todas las determinaciones analíticas realizadas son similares a los de campañas anteriores. Ninguno de los valores obtenidos en la campaña de 1998 supera los de la Directiva 98/83/CE relativa 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 como aguas de bebida medicinales, si bien presenta en 1998 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 situa en 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. 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.

Los porcentajes de valores superiores al LID son, en los últimos años, elevados para todas las determinaciones, estando en 1998 todos por encima del 65%. De la misma manera que en el agua superficial aunque no de manera tan clara, los valores medios se distribuyen en dos franjas. En la franja alta se sitúan los valores del índice de actividad alfa total y del uranio total, y en la franja baja los de los radionucleidos radio-226, torio-230 y plomo-210. Como se ve en la figura 2.58 los valores medios de 1998 son similares a los de campañas anteriores, aunque los de plomo-210 y radio-226 son ligeramente más bajos que los de todas ellas. Como ocurrió en campañas anteriores algunos de los valores medidos para el índice de actividad alfa total superan el nivel de investigación establecido en la Guía 7.7 del CSN, así como algunos de los valores de torio-230 y plomo-210 aunque ninguno de ellos alcanzó el nivel de notificación de la mencionada guía.

Sedimentos de fondo

Juzbado

Las muestras se recogen con frecuencia anual, en los mismos cuatro puntos donde se toma agua superficial. 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 para todas las determinaciones es habitualmente del 100%. Como se ve en la figura 2.59 los valores medios de 1998 están dentro del rango de valores obtenidos en anteriores campañas. No se observan diferencias notables entre los resultados del índice de actividad alfa total de la estación testigo y los de las estaciones situadas aguas abajo del vertido de los efluentes de la instalación. Sin embargo, en los resultados de los uranios sí se observan diferencias, siendo más altos los valores obtenidos aguas abajo, aunque en el último punto de muestreo a lo largo del río los valores vuelven a ser similares a los de la estación testigo.

Planta Quercus

Las muestras se recogen en diez 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 determinan los índices de actividad alfa total y beta total, uranio natural, torio-230, radio-226 y plomo-210.

Los porcentajes de valores superiores al LID son, en los últimos años, próximos al 100% en todas las determinaciones excepto para el torio-230 que son inferiores al 30%. Como se ve en la figura 2.60 los valores medios obtenidos en 1998 en todas las determinaciones realizadas son similares a los de otras campañas, aunque el del índice de actividad alfa total es ligeramente más elevado

que el de todas ellas. En los valores obtenidos en cada estación de muestreo se observan diferencias notables 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.

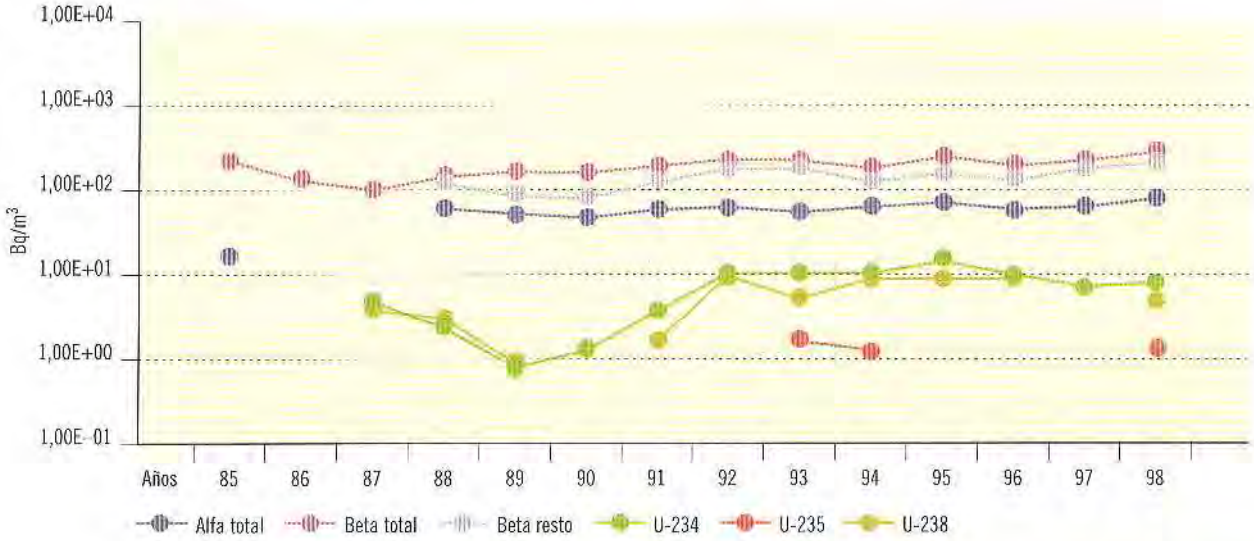
El Cabril

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%. Como puede verse en la figura 2.61 los valores medios se mantienen muy estables a lo largo de las diferentes campañas, siendo el de 1998 el más bajo obtenido hasta ahora. 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 detecta habitualmente en más de un 50% de las medidas. El valor medio obtenido en 1998 para este isótopo, cuya presencia puede tener su origen como ya se ha dicho en el poso radiactivo, es similar al de la campaña anterior y ligeramente más bajo que los de otros años. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en los mismos.

Figura 2.54. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

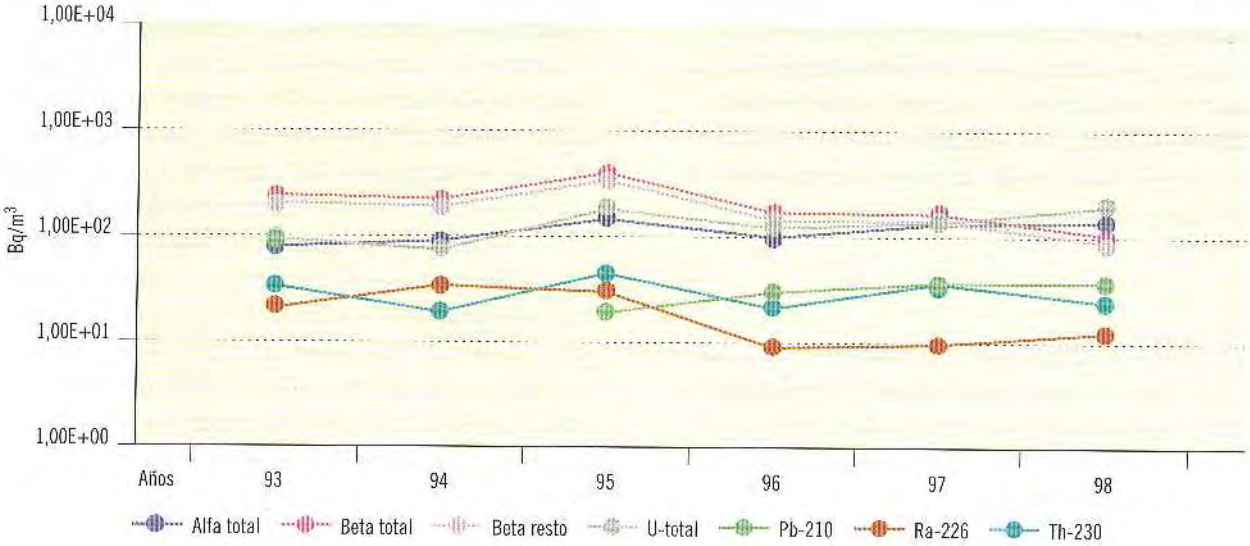
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,38E+01	1,35E+02	9,50E+01	7,27E+00	1,50E+00	4,80E+00
Valor máximo	8,18E+01	2,87E+02	1,54E+02	9,70E+00	1,70E+00	6,00E+00
Valor mínimo	2,39E+01	6,22E+01	5,30E+01	5,40E+00	1,30E+00	3,70E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	22	47	8	3	3	3
Nº de análisis < LID	26	1	40	1	1	1

Figura 2.55. Quercus. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

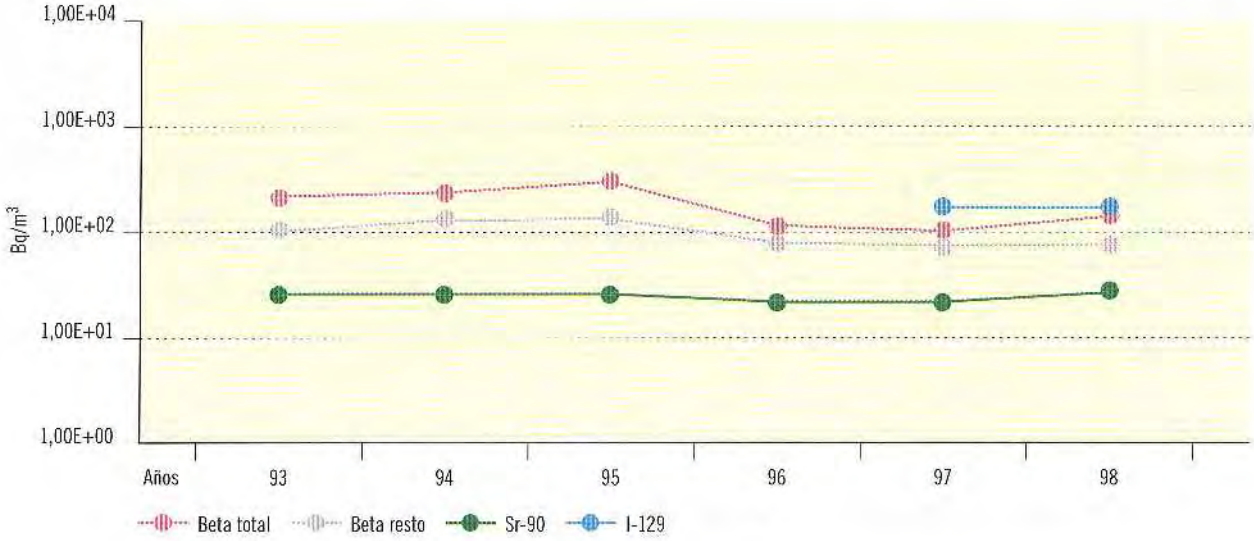
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	1,64E+02	1,17E+02	1,01E+02	2,17E+02	2,73E+01	1,05E+01	2,00E+01
Valor máximo	8,10E+02	3,11E+02	2,36E+02	1,91E+03	3,99E+01	3,05E+01	9,33E+01
Valor mínimo	1,55E+01	3,04E+01	3,06E+01	2,60E+01	1,66E+01	3,23E+00	6,39E+00
Nº total de análisis	99	34	34	99	16	99	34
Nº de análisis > LID	84	33	22	69	13	65	32
Nº de análisis < LID	15	1	12	30	3	34	2

Figura 2.56. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

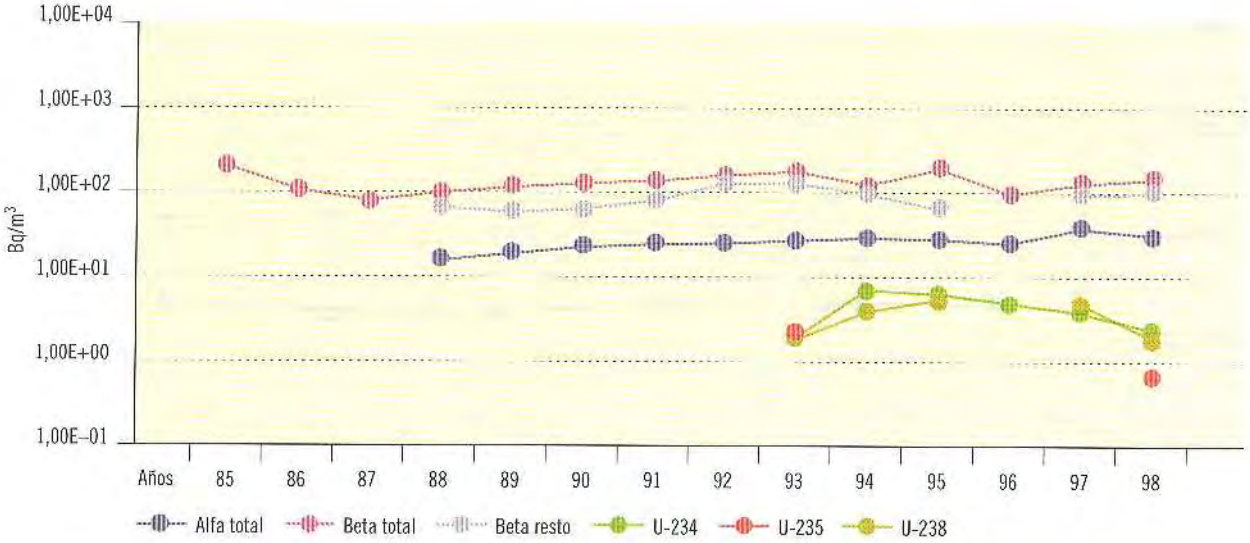
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Beta total	Beta resto	Sr-90	I-129
Valor medio	1,30E+02	7,14E+01	2,68E+01	1,63E+02
Valor máximo	2,83E+02	1,67E+02	6,61E+01	2,96E+02
Valor mínimo	3,52E+01	2,99E+01	1,51E+01	9,45E+01
Nº total de análisis	24	24	24	8
Nº de análisis > LID	18	12	12	3
Nº de análisis < LID	6	12	12	5

Figura 2.57. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

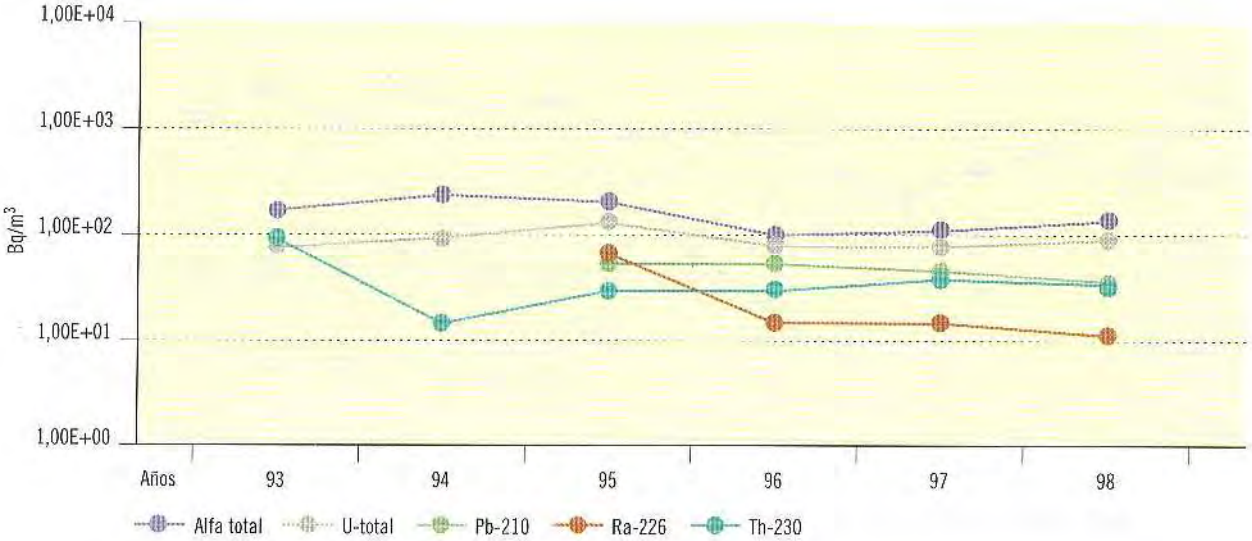
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	3,37E+01	1,38E+02	1,11E+02	3,55E+00	8,20E-01	2,50E+00
Valor máximo	4,55E+01	2,38E+02	1,46E+02	3,70E+00	1,00E+00	2,90E+00
Valor mínimo	2,75E+01	7,31E+01	7,61E+01	3,40E+00	6,40E-01	2,10E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	4	11	2	2	2	2
Nº de análisis < LID	8	1	10	0	0	0

Figura 2.58. Quercus. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)

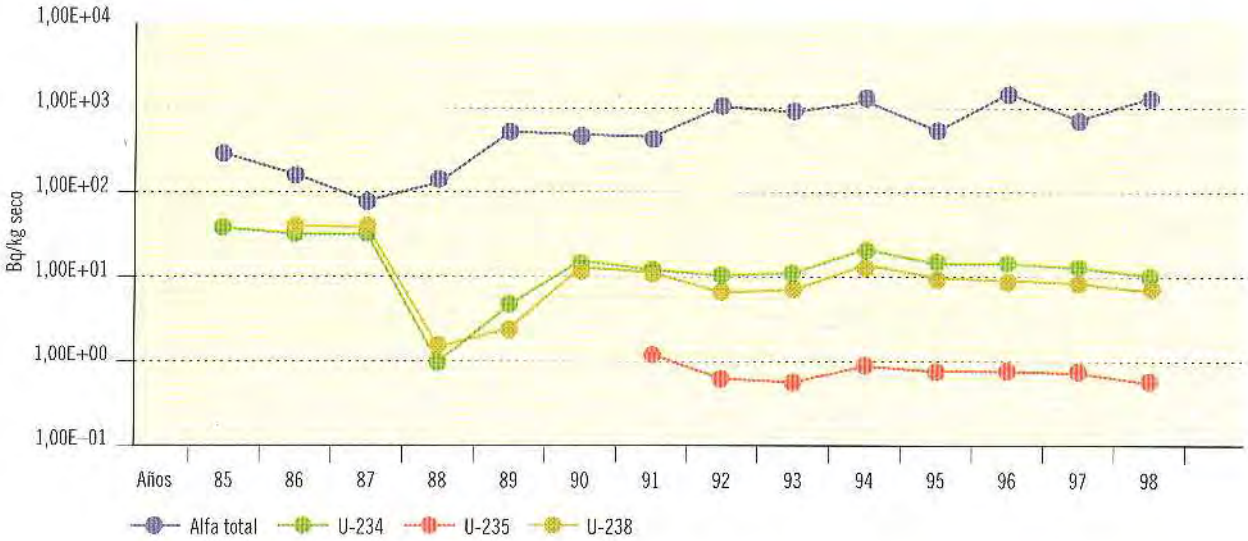
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	1,74E+02	1,25E+02	4,35E+01	1,25E+01	4,15E+01
Valor máximo	2,88E+02	2,02E+02	1,18E+02	2,20E+01	1,65E+02
Valor mínimo	4,96E+01	5,66E+01	1,29E+01	3,80E+00	1,12E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	9	8	12	10	12
Nº de análisis < LID	3	4	0	2	0

Figura 2.59. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

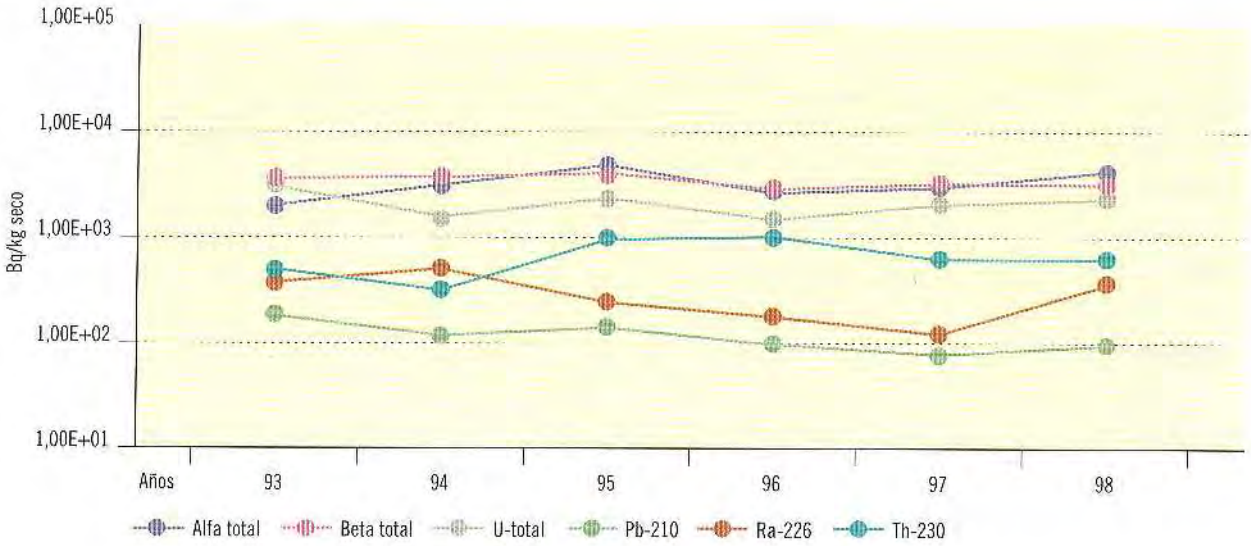
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,03E+03	1,87E+01	7,20E-01	1,46E+01
Valor máximo	1,40E+03	5,00E+01	1,70E+00	3,80E+01
Valor mínimo	7,97E+02	3,00E+00	8,90E-02	2,40E+00
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	C	0	0

Figura 2.60. Quercus. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

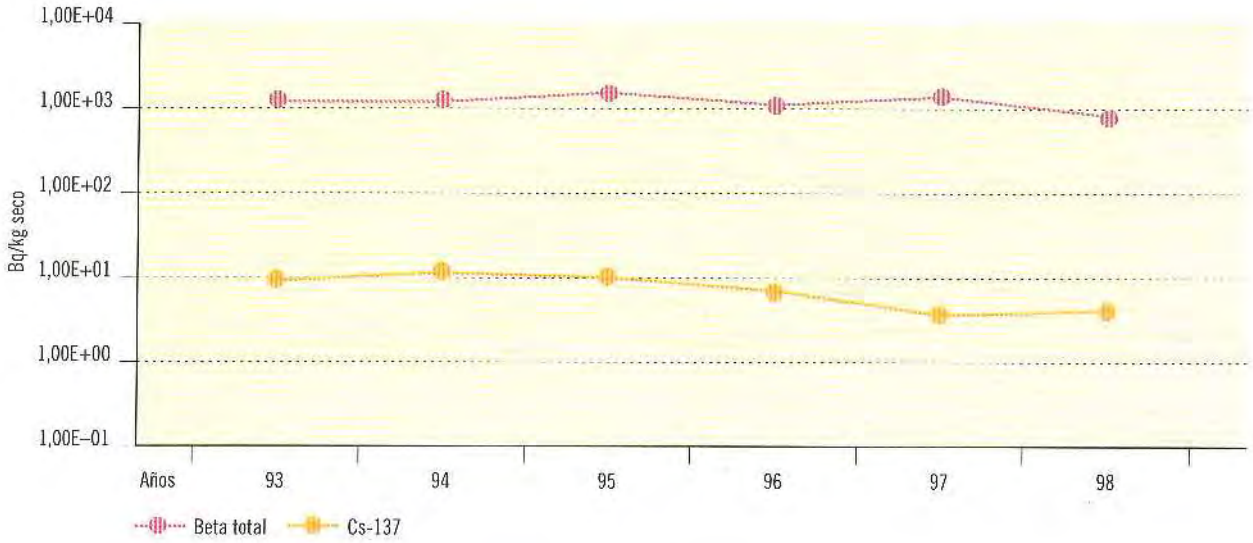
Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Alfa total	Beta total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	4,46E+03	3,78E+03	2,75E+03	1,13E+02	3,11E+02	5,48E+02
Valor máximo	2,88E+04	2,30E+04	1,86E+04	4,64E+02	1,81E+03	5,48E+02
Valor mínimo	2,60E+02	5,98E+02	3,00E+01	1,33E+01	3,21E+01	5,48E+02
Nº total de análisis	19	19	19	19	19	19
Nº de análisis > LID	19	19	19	19	18	1
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	1	18

Figura 2.61. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)

Evolución temporal valores medios



Valores 1998	Beta total	Cs-137
Valor medio	9,11E+02	3,73E+00
Valor máximo	1,40E+03	7,68E+00
Valor mínimo	5,94E+02	1,28E+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 de 1998.

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 diecinueve instalaciones radiactivas operativas y un grupo de seis instalaciones nucleares y 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 en sus instalaciones, se ha reducido a una única estación de muestreo la vigilancia del aire y el suelo. 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 1998.

Figura 2.62. Ciemat. Campaña 1998

Muestras de aire y suelo

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-89, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral compuesta) y H-3 (mensual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	7,12E-04	42	2
α total	6,96E-05	35	9
I-131	<LID	0	44
Tritio	5,89E-02	2	7
Sr-89	<LID	0	3
Sr-90	4,63E-05	1	2
Espectrometría γ	<LID	0	3

Suelo

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-89	<LID	0	1
Sr-90	2,41E+00	1	0
Espectrometría γ			
Ce-141	4,99E-01	1	0
Cs-137	1,38E+01	1	0

Figura 2.63. Ciemat. Campaña 1998

Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-89, Sr-90, espectrometría γ y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-89	<LID	0	5
Sr-90	1,61E+00	1	4
U-total	8,11E+01	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,16E+00	4	1

Organismos indicadores

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
U-total	2,06E+00	18	7
Espectrometría γ			
Cs-137	2,70E-01	3	22

Figura 2.64. Ciemat. Campaña 1998

Muestras de agua superficial y leche

Agua superficial

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia muestreo: mensual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  β total, β resto y α total (mensual), Sr-89, Sr-90, espectrometría γ y H3 (trimestral compuesta), I-131 (trimestral individual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	4,39E+02	50	0
β resto	1,98E+02	47	3
α total	9,16E+01	50	0
Tritio	5,07E+03	2	18
I-131	1,11E+02	19	1
Sr-90	8,51E+01	7	8
Espectrometría γ	<LID	0	15

Leche

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  I-131, Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
I-131	1,56E+01	2	9
Sr-89	<LID	0	11
Sr-90	5,67E+01	4	7
Espectrometría γ	<LID	0	11

Figura 2.65. Ciemat. Campaña 1998

Muestras de vegetales

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-89, Sr-90, I-131 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
I-131	<LID	0	2
Sr-89	1,45E-01	1	9
Sr-90	1,78E-01	9	1
Espectrometría γ			
Cs-137	2,87E-02	1	9

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-89, Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,43E-01	8	7
Espectrometría γ	<LID	0	15

Figura 2.66. Ciemat. Campaña 1998

Muestras de carnes, aves y huevos

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 1998.

Figura 2.67. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Campaña 1998

Muestras de agua de pozo y sondeos

Agua de pozo

- Número de estaciones: 7
  (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	1,47E+03	28	0
β resto	6,05E+02	17	11
α total	1,72E+03	28	0
Pb-210	5,57E+00	1	27
Ra-226	5,62E+00	21	7
Th-230	1,16E+02	28	0
U-total	2,16E+03	28	0
Espectrometría α			
U-234	1,03E+03	28	0
U-235	5,87E+01	24	4
U-238	1,05E+03	28	0

Agua de sondeo

- Número de estaciones: 14
- 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	4,29E+03	55	0
β resto	4,44E+03	51	4
α total	2,63E+04	55	0
Pb-210	7,07E+00	5	50
Ra-226	8,47E+00	53	2
Th-230	2,91E+02	55	0
U-total	2,72E+04	55	0
Espectrometría α			
U-234	1,54E+04	55	0
U-235	7,99E+02	55	0
U-238	1,59E+04	55	0

Figura 2.68. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Campaña 1998
Muestras de agua superficial y radón

Agua superficial

- Número de estaciones: 2 (una de ellas recoge agua de drenaje de la parcela)
- 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	2,70E+02	8	0
β resto	1,70E+02	3	5
α total	2,88E+02	8	0
Pb-210	<LID	0	8
Ra-226	4,00E+00	8	0
Th-230	4,38E+01	8	0
U-total	2,78E+02	8	0
Espectrometría α			
U-234	1,11E+02	8	0
U-235	5,66E+00	8	0
U-238	9,05E+01	8	0

Exhalación de radón

- Número de estaciones: 5 (las medidas se realizan trimestralmente en cinco puntos representativos de la superficie del dique)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m²·s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	4,20E+01	20	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 han incorporado progresivamente a lo largo del año 1998. Por ello, el programa de este año debe considerarse un programa en transición, y tenerse en cuenta a la hora de interpretar los datos que constan sobre descripción del programa realizado y resultados obtenidos durante la campaña del año 1998. Ésta es la razón por la que el número total de análisis efectuados en dicho periodo puede no coincidir con el que cabría esperar teniendo en cuenta el número de estaciones de muestreo y la frecuencia de análisis.

Figura 2.69. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998

Muestras de aire y radiación directa

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)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	7,24E-04	288	3
C-14	6,34E-02	16	1
Tritio	5,57E-02	3	11
Sr-90	<LID	0	10
Espectrometría γ	<LID	0	22

Radiación directa

- Número de estaciones: 6, no se incluyen las estaciones compartidas con la central nuclear Vandellós II (4 cristales por punto)
- Frecuencia muestreo: bimestral
- Tipo de análisis (frecuencia):
  radiación γ ambiental (bimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	9,30E-01	120	0

Figura 2.70. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998

Muestras de suelo y agua de lluvia

Suelo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	<LID	0	1
Espectrometría γ			
Cs-137	7,93E+00	5	0

Agua de lluvia

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia de muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, H-3, sólo en 2 estaciones y Sr-90 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
H-3	<LID	0	6
Sr-90	<LID	0	4
Espectrometría γ	<LID	0	18

Figura 2.71. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998

Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Agua de mar

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia de muestreo: trimestral (1er semestre) y mensual (a partir de entonces)
- Tipo de análisis (frecuencia): β total, β resto, H-3 y espectrometría γ (trimestral el 1er semestre y mensual a partir de entonces)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,37E+04	31	0
β resto	4,65E+03	1	30
Tritio	<LID	0	31
Espectrometría γ	<LID	0	49

Sedimentos de orilla (arena de playa)

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	1,16E+00	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,10E-01	1	4

Figura 2.72. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998

Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Sedimentos de fondo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	9,93E-01	3	4
Espectrometría γ			
Cs-137	1,80E+00	4	3

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 6
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia):
  Sr-90 y espectrometría γ (anual)

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

Figura 2.73. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998

Muestras de mariscos y peces

Mariscos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	2,49E-02	1	5
Espectrometría γ	<LID	0	6

Peces

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	6,90E-02	2	4
Espectrometría γ			
Cs-137	1,47E-01	3	3

Figura 2.74. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1998
Muestras de vegetales

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	1,76E-01	3	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. En julio de 1997 se inició el periodo de cumplimiento.

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 la campaña del año 1998.

Figura 2.75. Planta Lobo-G. Campaña 1998

Muestras de aire y radiación directa

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	1,46E-04	9	2
U-natural	1,02E-05	3	0
Th-230	1,51E-04	3	0
Ra-226	3,19E-05	2	1
Pb-210	3,55E-04	3	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	1,78E+00	32	0

Figura 2.76. Planta Lobo-G. Campaña 1998

Muestras de radón

Radón (muestreo pasivo)

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Radón	1,65E+01	13	0

Figura 2.77. Planta Lobo-G. Campaña 1998

Muestras de agua superficial y subterránea

Agua superficial

- Número de estaciones: 6 (4 ríos y 2 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	2,03E+02	13	7
β total	2,92E+02	19	1
U-natural	2,34E+02	17	3
Th-230	1,67E+01	17	3
Ra-226	2,07E+01	5	15
Pb-210	2,08E+01	17	3

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	7,19E+02	9	1
β total	2,37E+02	9	1
U-natural	5,51E+02	8	2
Th-230	1,64E+01	10	0
Ra-226	1,70E+01	6	4
Pb-210	1,10E+01	9	1

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 establecido un sistema de vigilancia radiológica que permite conocer la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional, 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.

Durante el año 1998 se han recogido y analizado muestras de aire, agua de lluvia, y del suelo, así como del agua de las principales cuencas hidrográficas y del litoral español, y se han medido de forma contínua los niveles de radiación ambiental, mediante los programas establecidos en 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 específicos con diferentes universidades e instituciones.

1.1. Vigilancia de la atmósfera y el suelo

Se inició en el año 1992 con la participación de catorce laboratorios pertenecientes a nueve comunidades autónomas. En diciembre de 1996 se firmaron nuevos acuerdos con cuatro laboratorios adicionales que han comenzado a suministrar datos a partir del año 1998.

En la tabla 3.1 se incluye una relación de los laboratorios que colaboran con el CSN, el código de identificación 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 atmósfera y suelo que, como puede observarse, dan una cobertura relativamente uniforme a todo el territorio nacional.

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 las muestras se toman ocasionalmente en zonas más alejadas.

La frecuencia de muestreo y análisis de las muestras depende del medio a que pertenecen (tabla 3.2), 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 acabo 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

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
País Vasco	Universidad del País Vasco. 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

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:

- 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, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{140}Ba, ^{140}La.

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

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. Los laboratorios elaboran 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.

Figura 3.1. Red de estaciones de muestreo de atmósfera y suelo del CSN

Tabla 3.2. Programa de muestreo y análisis de atmósfera y suelo

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Tipo de análisis	Frecuencia de análisis
Aerosoles	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Semanal Semanal Trimestral Trimestral
Radioyodos	Muestreo continuo Cambio semanal del cartucho de carbón activo	I-131	Semanal
Agua de lluvia Depósito húmedo o depósito seco	Muestreo continuo Toma de muestra mensual	Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Trimestral-compuesta Trimestral-compuesta
Suelo (depósito total)	Toma de muestra anual	Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Anual Anual Anual

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 1998, la numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).
- Valores detallados para la campaña del año 1998, se representan en figuras 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 y en los radionucleidos de origen artificial. La ausencia de datos en las gráficas indica que los valores obtenidos no han superado el LID para el periodo y laboratorio correspondiente. En el caso de la Universidad de Granada el no disponer de resultados para los índices de actividad alfa y beta total y estroncio-90 se debe a la falta de equipos por parte de este laboratorio para realizar las medidas indicadas.

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 pude ver en las figuras que se incluyen a continuación, las ligeras variaciones que se presentan son atribuibles a las características radiológicas de las distintas zonas y se pueden observar más fácilmente en la figuras que recogen los datos detallados para el año 1998 (figuras tipo b).

Aire

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 de 1998 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 son en general homogéneos en todos los puntos y a lo largo de los años.

Sr-90. La presencia de estroncio-90 en el aire es esporádica. La proporción media de detección en las muestras se sitúa alrededor del 18%. Su aparición puede explicarse por la resuspensión del depositado en el suelo procedente del poso radiactivo.

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 1998 se detecta siempre que se mide, obteniéndose para este año un valor medio en el conjunto de la REM de 709 Bq/kg seco.

Sr-90. El inventario de isótopos radiactivos artificiales de vida larga procedentes del poso radiactivo como son estroncio-90 o cesio-137 presente en el suelo aún es considerable. Granada y La Laguna presentan los niveles más altos de estroncio-90 en el conjunto de los años anteriores y también en 1998.

Espectrometría gamma (Cs-137). La concentración de cesio-137 en suelo, como ocurría con la de estroncio-90, resulta más elevada en Granada y La Laguna a las que hay que añadir la detectada en Oviedo, cuyos resultados se incorporan este año al programa.

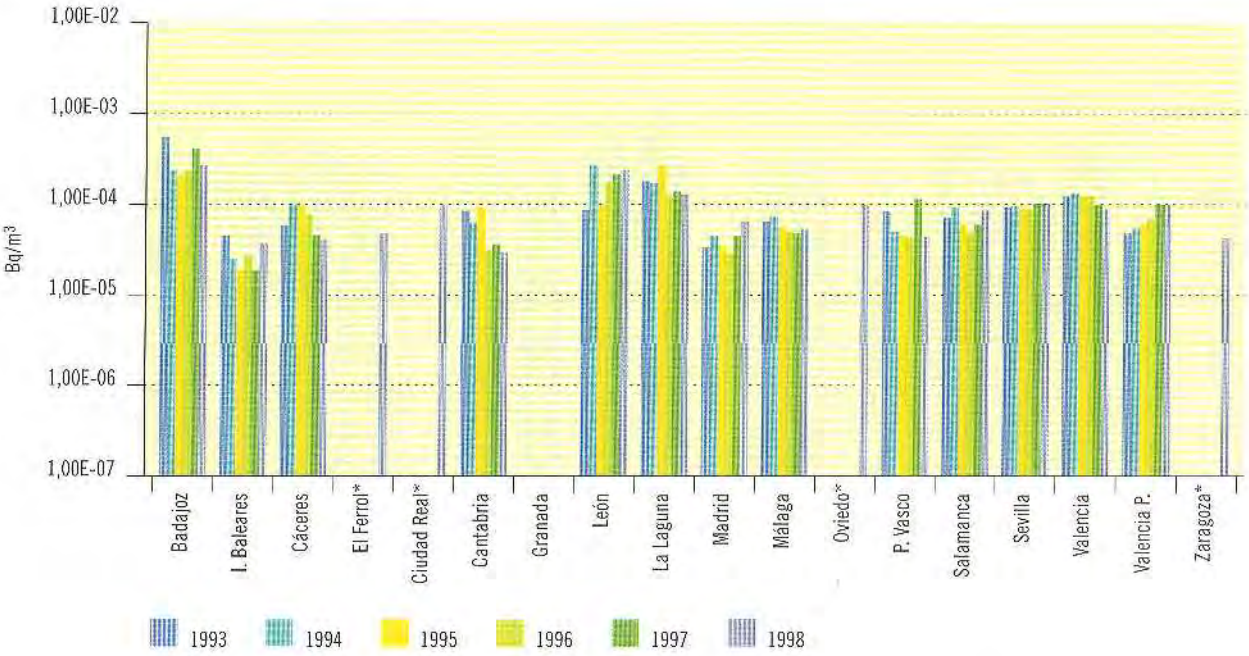
Agua de lluvia (deposición húmeda)

Índice de actividad beta total. La detección de actividad beta total en agua de lluvia se sitúa para el conjunto de la REM en torno al 98%, obteniéndose una concentración media de actividad de 327 Bq/m^3 en el año 1998.

Sr-90. En el caso del estroncio-90 la variabilidad tanto en las proporciones de detección como en los niveles de actividad es elevada, siendo Granada y La Laguna las localidades que presentan de forma habitual las mayores proporciones de detección a lo largo de los años.

Figura 3.2a. Partículas de polvo en el aire

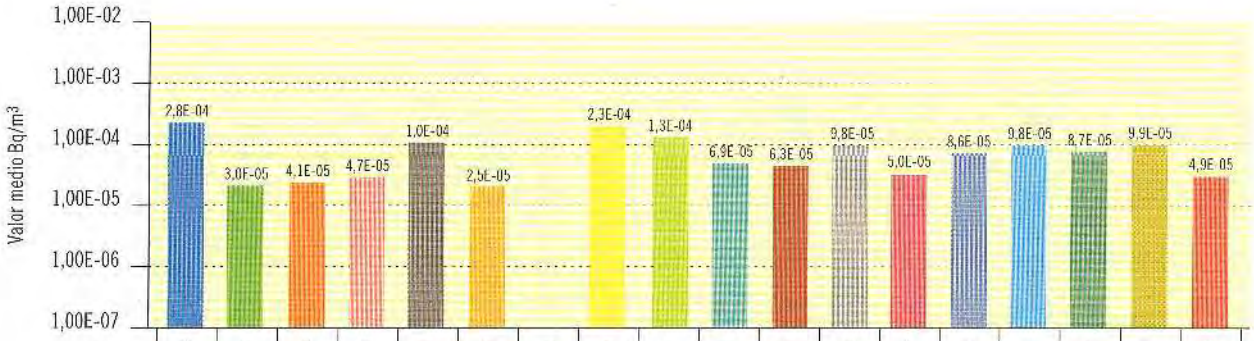
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total

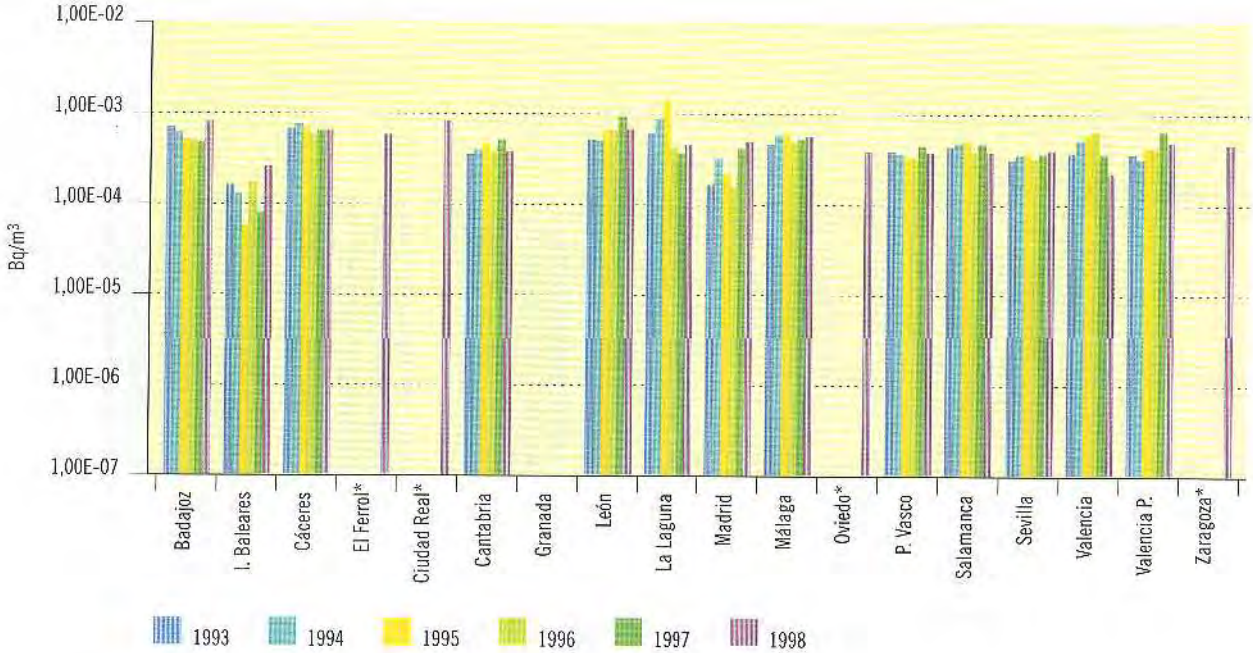
Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	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	8,8E-04	8,8E-05	1,1E-04	1,2E-04	2,6E-04	6,1E-05		8,1E-04	5,7E-04	2,0E-04	1,4E-04	2,0E-04	9,0E-05	3,0E-04	4,2E-04	1,7E-04	2,0E-04	2,0E-01
Valor mínimo	6,8E-05	1,0E-05	5,0E-06	2,1E-05	1,8E-05	1,0E-05		1,7E-05	1,9E-05	1,6E-05	2,2E-05	3,8E-05	1,4E-05	9,7E-06	1,7E-05	2,3E-05	2,2E-05	1,6E-05
Nº total de análisis	51	52	52	46	50	52		47	49	52	52	48	52	53	49	51	51	51
Nº de análisis > LID	47	50	51	36	50	47		47	48	43	52	48	52	53	49	28	51	51
Nº de análisis < LID	4	2	1	10	0	5		0	1	9	0	0	0	0	0	23	0	0

Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

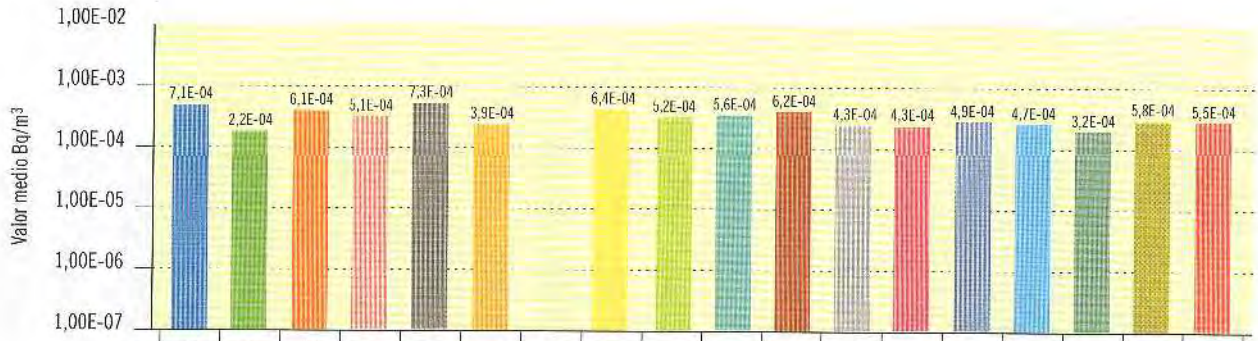
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total

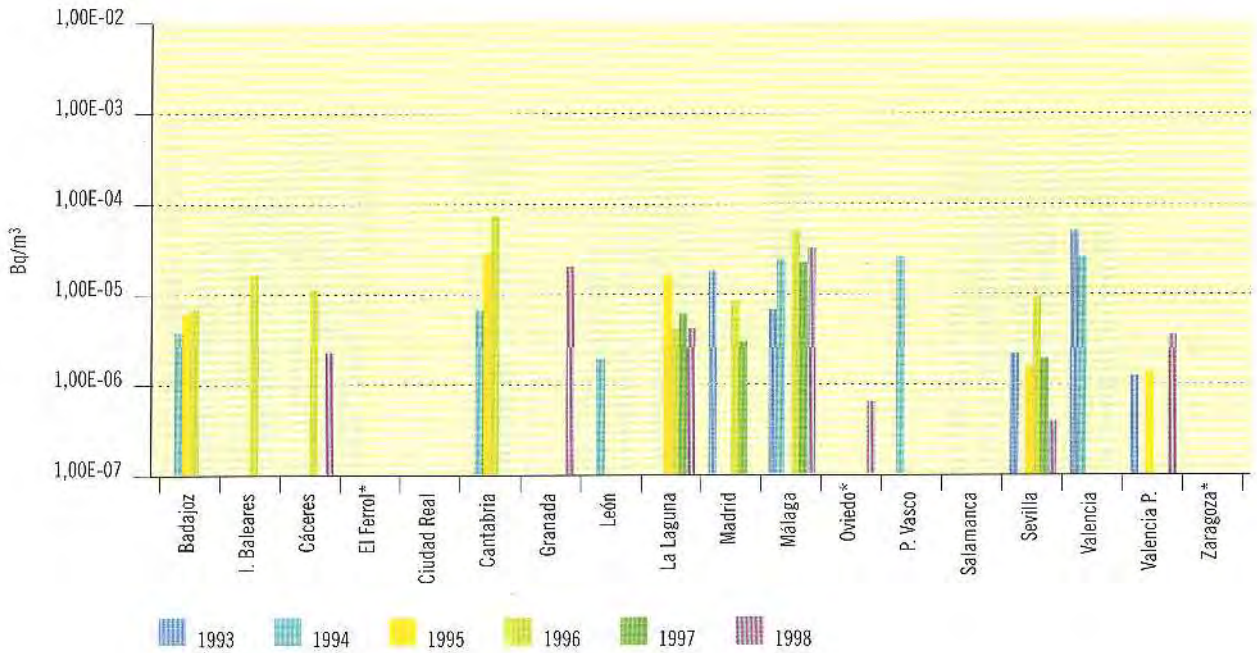
Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	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	1,7E-03	7,7E-04	1,4E-03	1,2E-03	1,3E-03	6,6E-04		1,6E-03	1,4E-03	1,4E-03	1,5E-03	8,4E-04	8,4E-04	1,2E-03	1,4E-03	7,7E-04	1,2E-03	9,7E-04
Valor mínimo	1,5E-04	4,0E-05	6,8E-05	1,3E-04	2,2E-04	1,8E-04		4,9E-05	6,9E-05	5,4E-05	2,1E-04	1,2E-04	1,2E-04	1,3E-04	8,9E-05	1,8E-05	2,0E-04	2,5E-04
Nº total de análisis	51	52	52	46	50	52		47	49	52	52	48	52	53	49	51	51	51
Nº de análisis > LID	51	52	52	46	50	52		47	48	52	52	48	52	53	49	39	51	51
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0	0	0	0	12	0	0

Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

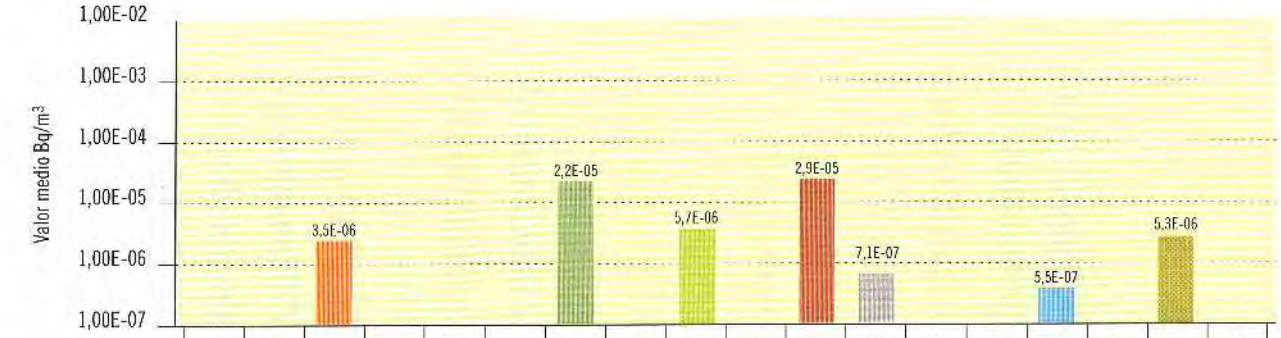
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90

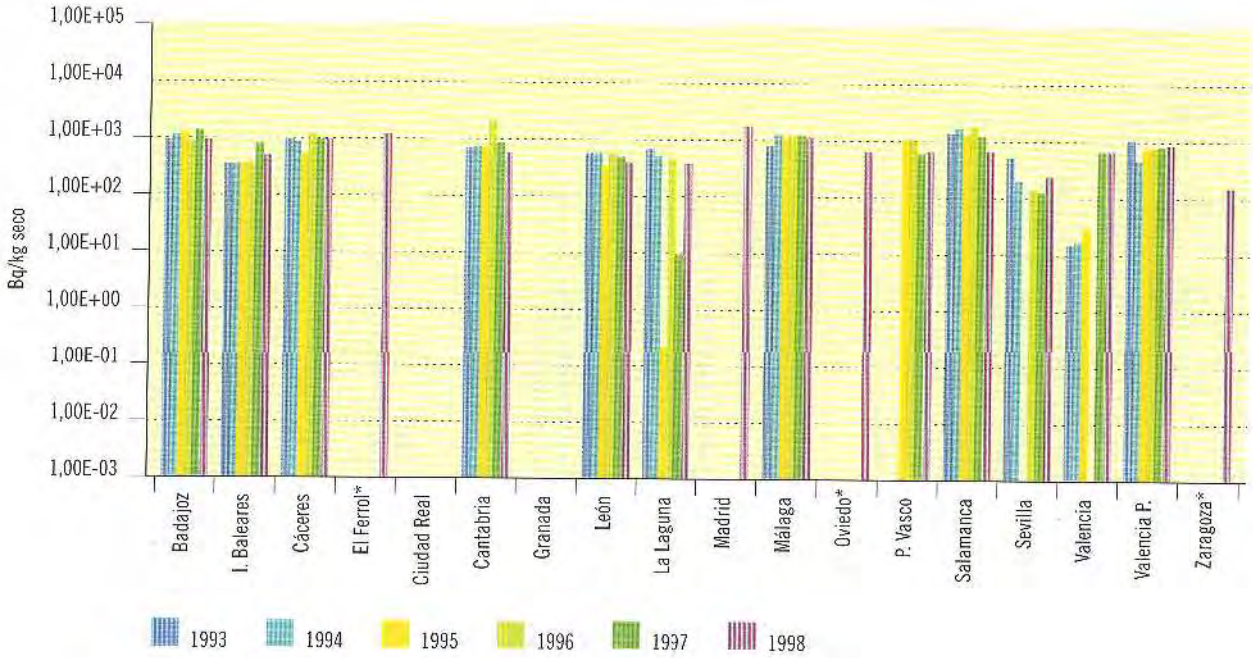
Valores de la campaña de 1998



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

Figura 3.5a. Suelo

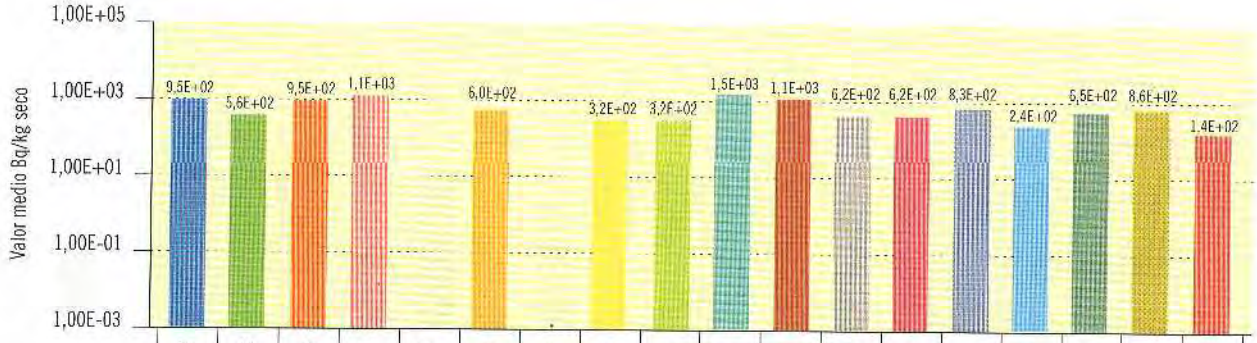
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.5b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total

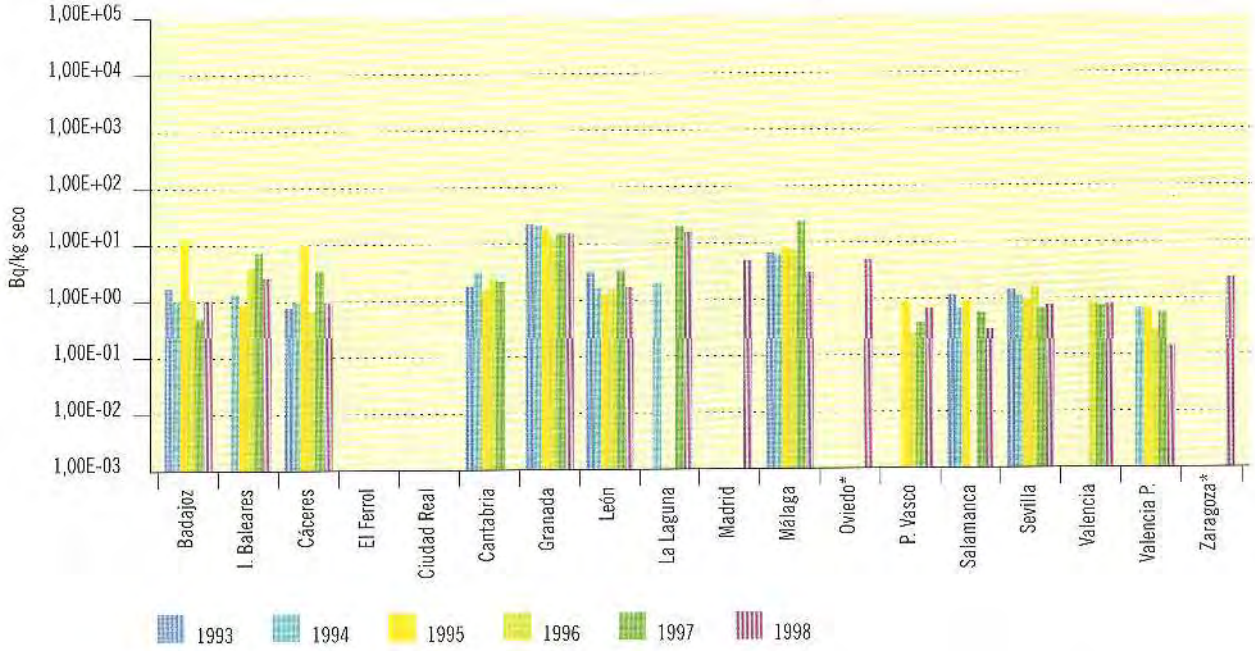
Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	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	9,5E+02	5,6E+02	9,5E+02	1,1E+03		6,0E+02		3,2E+02	3,2E+02	1,5E+03	1,1E+03	6,2E+02	6,2E+02	8,3E+02	2,4E+02	7,4E+02	8,6E+02	1,4E+02
Valor mínimo	9,5E+02	5,6E+02	9,5E+02	1,1E+03		6,0E+02		3,2E+02	3,2E+02	1,5E+03	1,1E+03	6,2E+02	6,2E+02	8,3E+02	2,4E+02	5,6E+02	8,6E+02	1,4E+02
Nº total de análisis	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	2	1	1
Nº de análisis < LID	0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.6a. Suelo

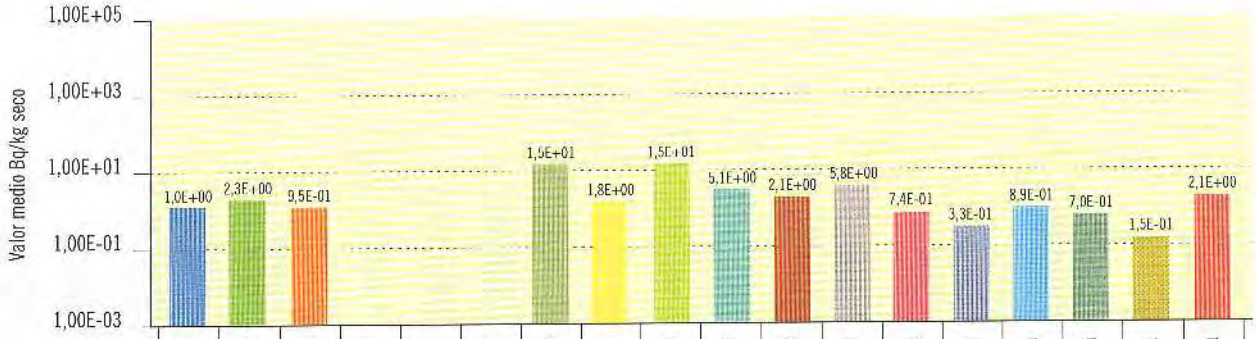
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.6b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90

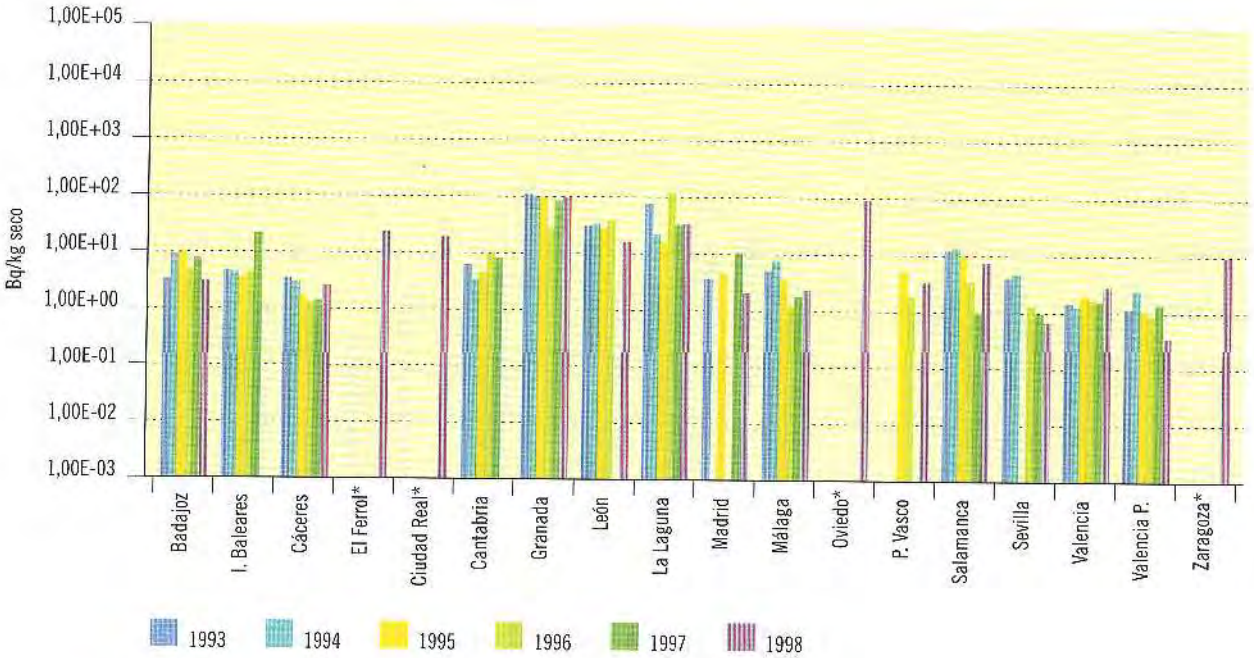
Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	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	1,0E+00	2,3E+00	9,5E-01				1,5E+01	1,8E+00	1,5E+01	5,1E+00	2,1E+00	5,8E+00	7,4E-01	3,3E-01	8,9E-01	1,1E+00	1,5E-01	2,1E+00
Valor mínimo	1,0E+00	2,3E+00	9,5E-01				1,5E+01	1,8E+00	1,5E+01	5,1E+00	2,1E+00	5,8E+00	7,4E-01	3,3E-01	8,9E-01	3,0E-01	1,5E-01	2,1E+00
Nº total de análisis	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Nº de análisis > LID	1	1	1			0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Nº de análisis < LID	0	0	0			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Suelo

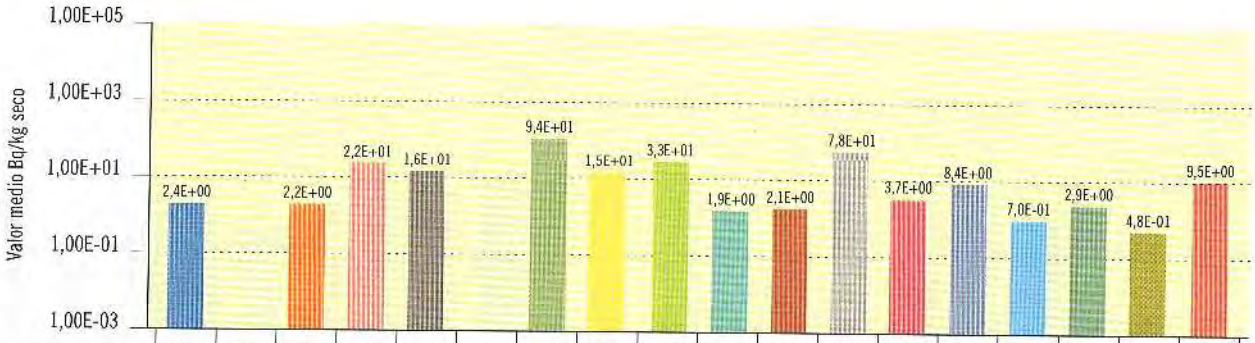
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.7b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137

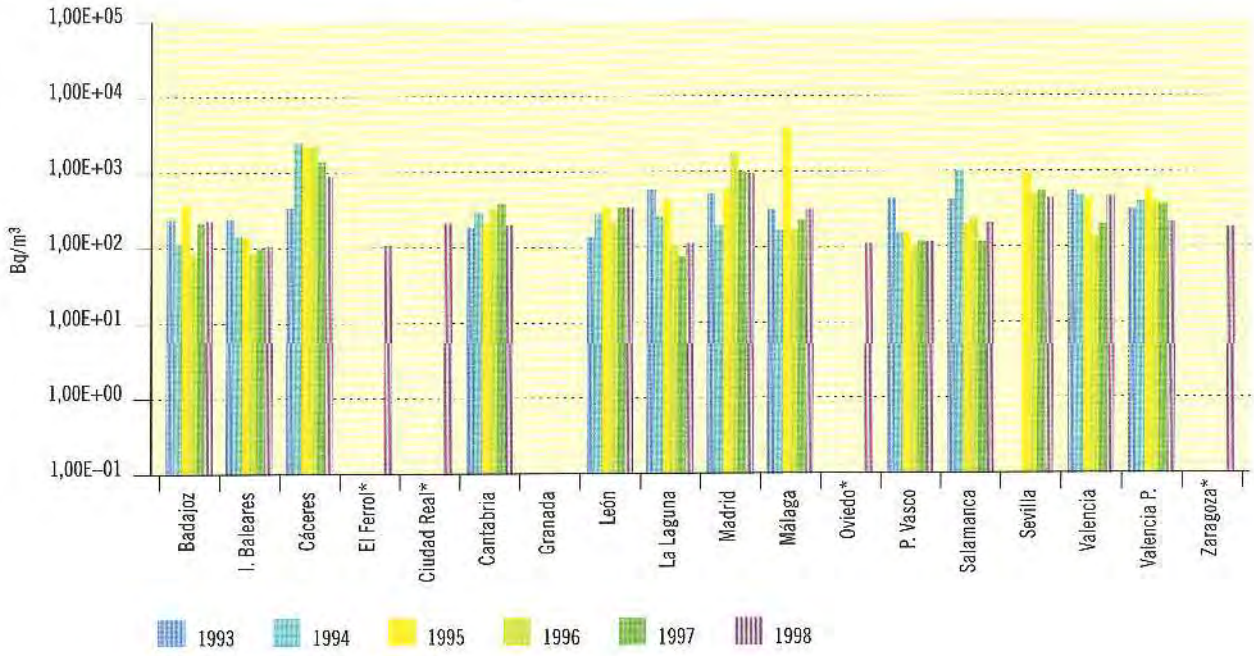
Valores de la campaña de 1998



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

Figura 3.8a. Agua de lluvia

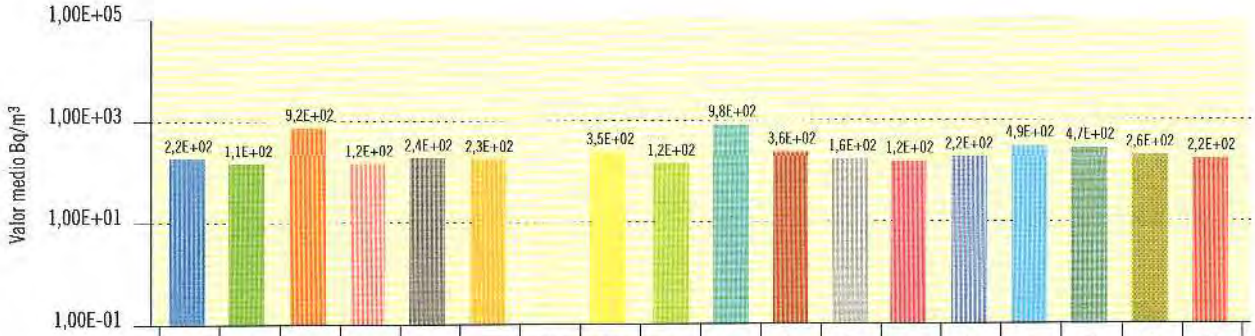
Evolución temporal del índice de actividad beta total



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.8b. Agua de lluvia. Concentración del índice de actividad beta total

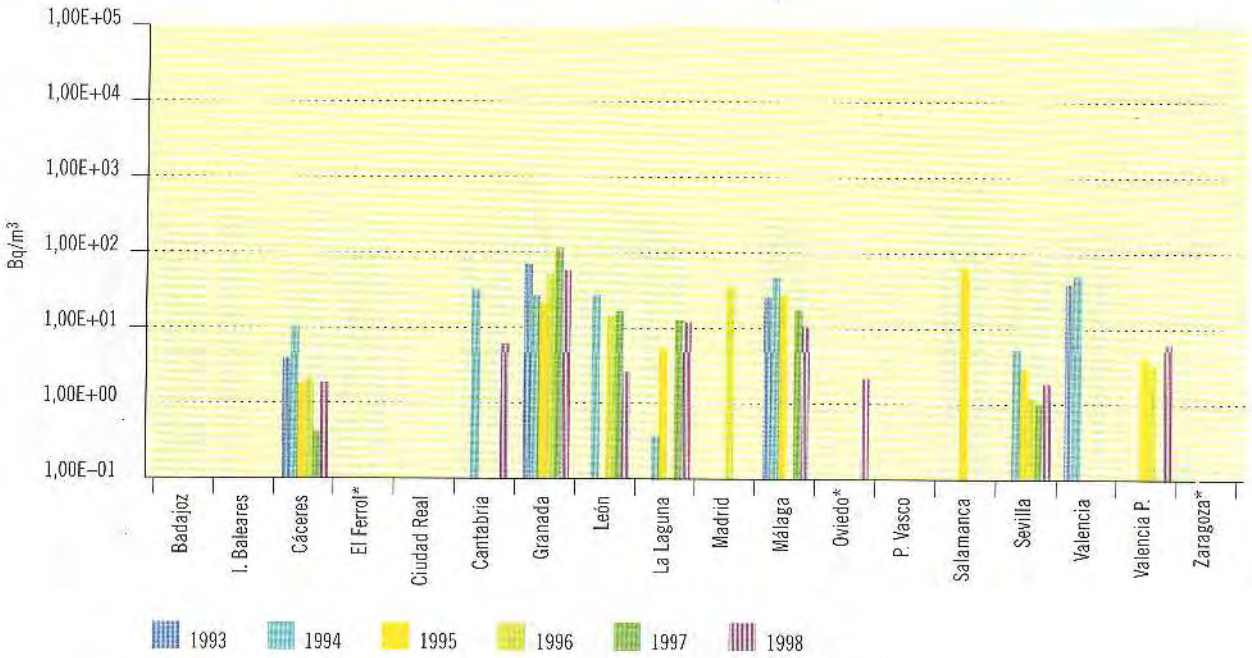
Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.	Zaragoza
Laboratorios	UBD	UBL	UCC	UCF	UCM	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UOV	UPV	USA	USE	UVC	UVP	UZA
Valor máximo	5,3E+02	4,6E+02	5,4E+03	3,3E+02	5,4E+02	3,6E+02		1,2E+03	4,3E+02	5,8E+03	9,9E+02	2,5E+02	2,2E+02	6,3E+02	1,3E+03	3,6E+03	1,3E+03	4,3E+02
Valor mínimo	6,3E+01	3,1E+01	6,3E+01	4,9E+01	4,2E+01	9,6E+01		1,3E+02	3,1E+01	2,7E+02	7,1E+01	8,4E+01	5,7E+01	2,7E+01	5,0E+01	5,0E+01	2,6E+01	8,8E+01
Nº total de análisis	9	11	11	12	11	12		12	9	12	8	12	12	10	11	11	9	9
Nº de análisis > LID	9	11	11	11	11	12		12	9	12	8	12	12	10	11	11	9	9
Nº de análisis < LID	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.9a. Agua de lluvia

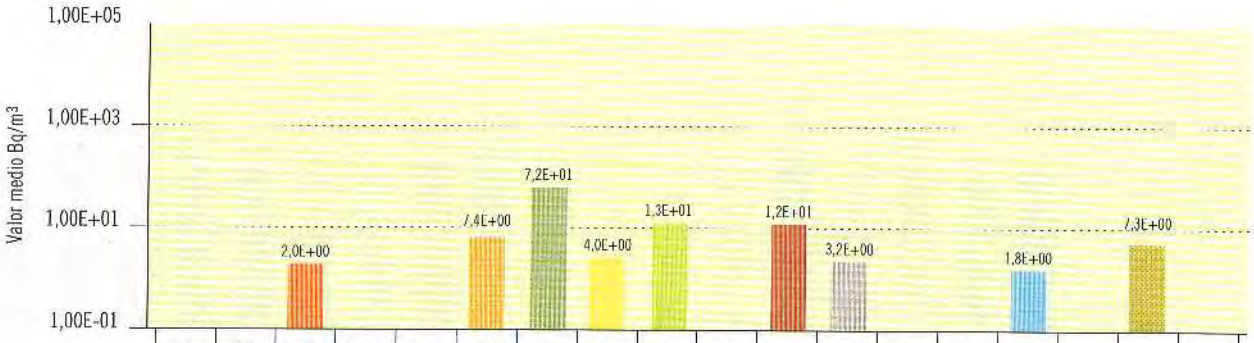
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



* Estaciones incorporadas a la red en 1998

Figura 3.9b. Agua de lluvia. Concentración de actividad de Sr-90

Valores de la campaña de 1998



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	El Ferrol	Ciudad Real	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	Oviedo	P. Vasco	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			4,5E+00			7,4E+00	1,7E+02	5,0E+00	2,6E+01		1,2E+01	3,2E+00			3,1E+00		1,3E+01	
Valor mínimo			2,3E-01			7,4E+00	1,9E+01	3,0E+00	3,9E+00		1,1E+01	3,2E+00			8,1E-01		4,5E+00	
Nº total de análisis	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	9	3
Nº de análisis > LID	0	0	4	0		1	3	2	4	0	2	1	0	0	3	0	3	0
Nº de análisis < LID	4	4	0	4		3	1	2	0	4	2	3	4	5	1	4	6	3

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 ochenta puntos (ver figura 3.10).

Figura 3.10. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

Las muestras se recogen con frecuencia mensual, trimestral o con dispositivos de recogida proporcional continuo 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 1998.

Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña 1998

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo	Número de muestras analizadas
Miño y norte de España	10	93
Duero	12	112
Tajo	21	161
Guadiana	5	10
Guadalquivir	12	77
Ebro	11	155
Júcar	6	40
Cuencas hidrográficas catalanas	7	28
Segura	5	36

Las determinaciones efectuadas en las muestras recogidas son las siguientes:

- Indice de actividad alfa total.
- Indice de actividad beta total.
- Indice 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 desarrolla y participa en las campañas anuales de intercomparación organizadas por el CSN.

Anualmente el Cedex presenta un informe de resultados al CSN y de forma complementaria facilita otro informe detallando las características de situación de las estaciones de muestreo e información sobre otros parámetros físico-químicos que completan los datos radiológicos de las muestras analizadas.

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 el suelo.

Resultados

En este documento se presentan gráficamente, por cuencas hidrográficas, los valores medios anuales obtenidos en las estaciones de muestreo consideradas durante el periodo 1984 a 1998 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes. 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, en casos excepcionales esta falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

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

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

- 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. Los incrementos observados no son radiológicamente significativos y quedan limitados a tramos cortos del río adyacentes al punto de vertido.

Río Miño

Figura 3.11. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

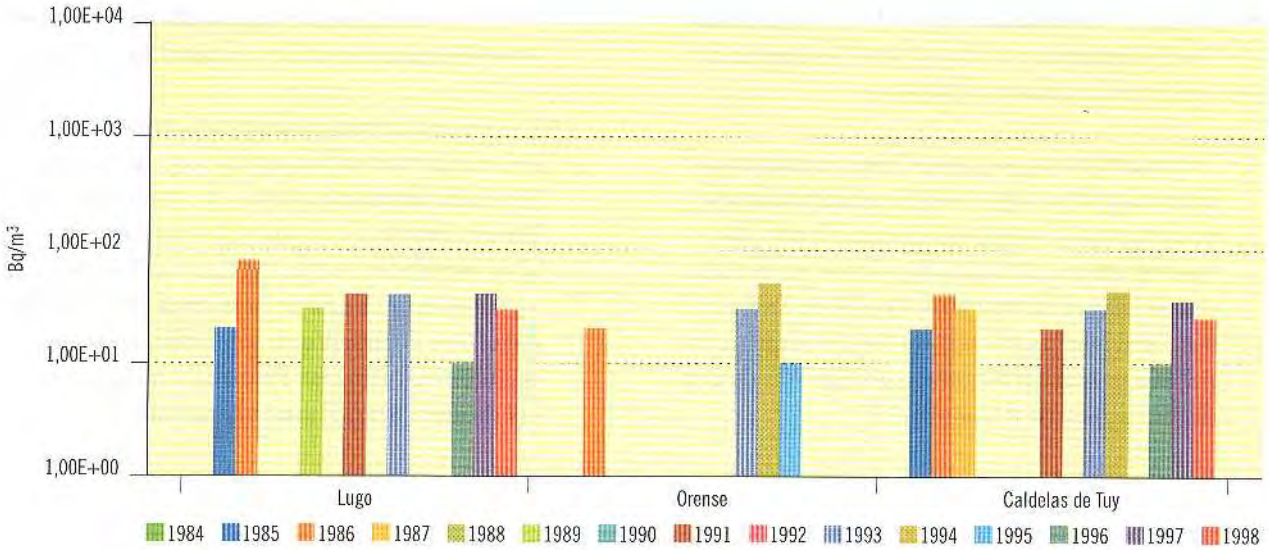


Figura 3.12. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

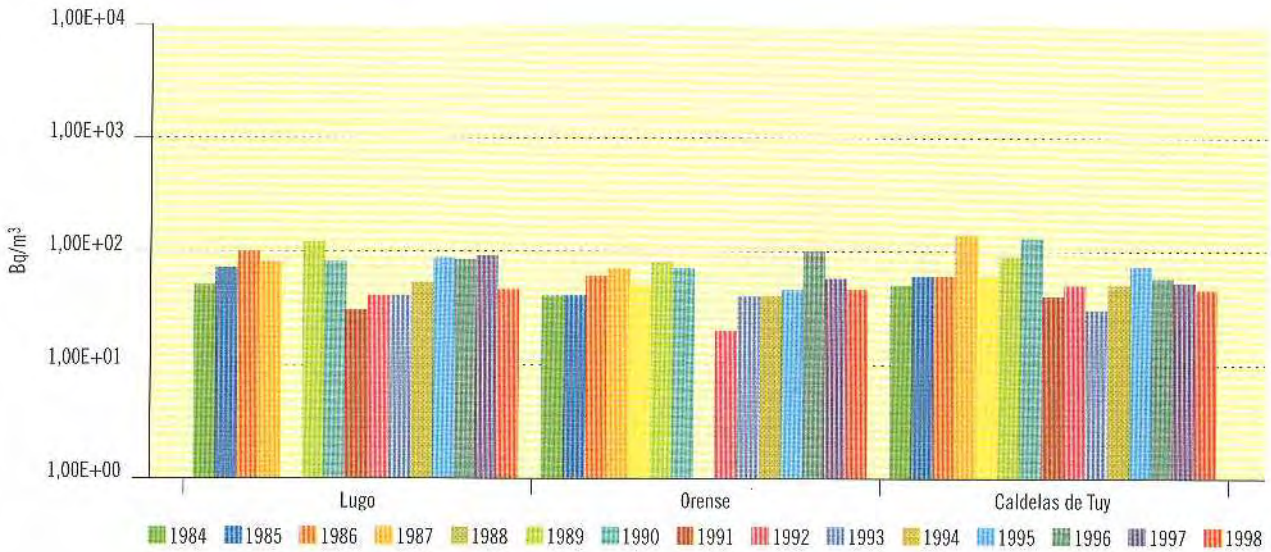


Figura 3.13. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

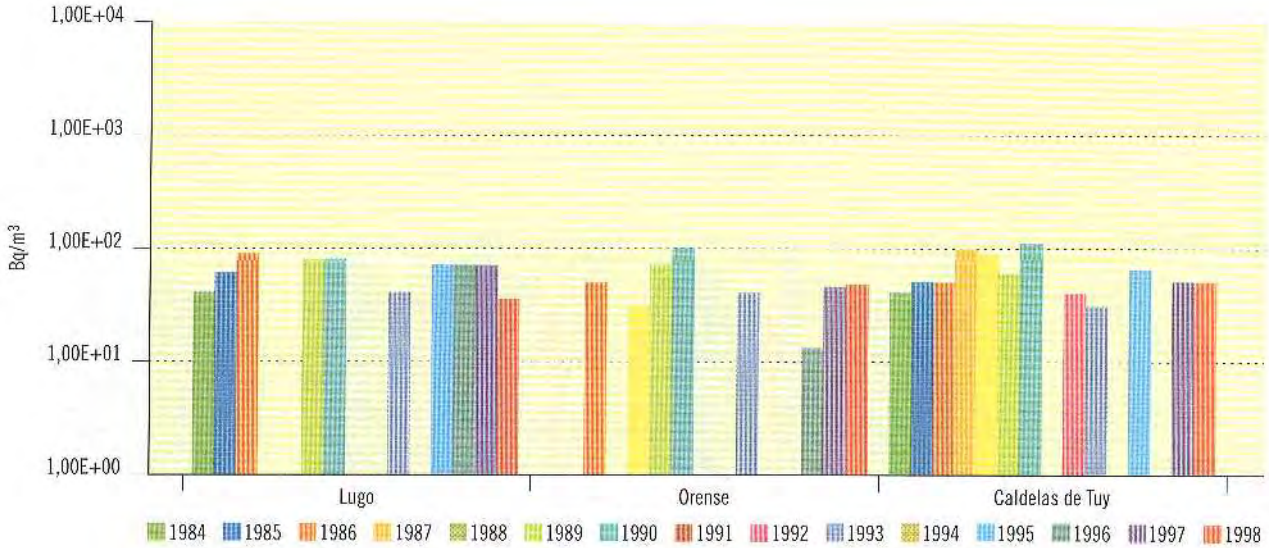
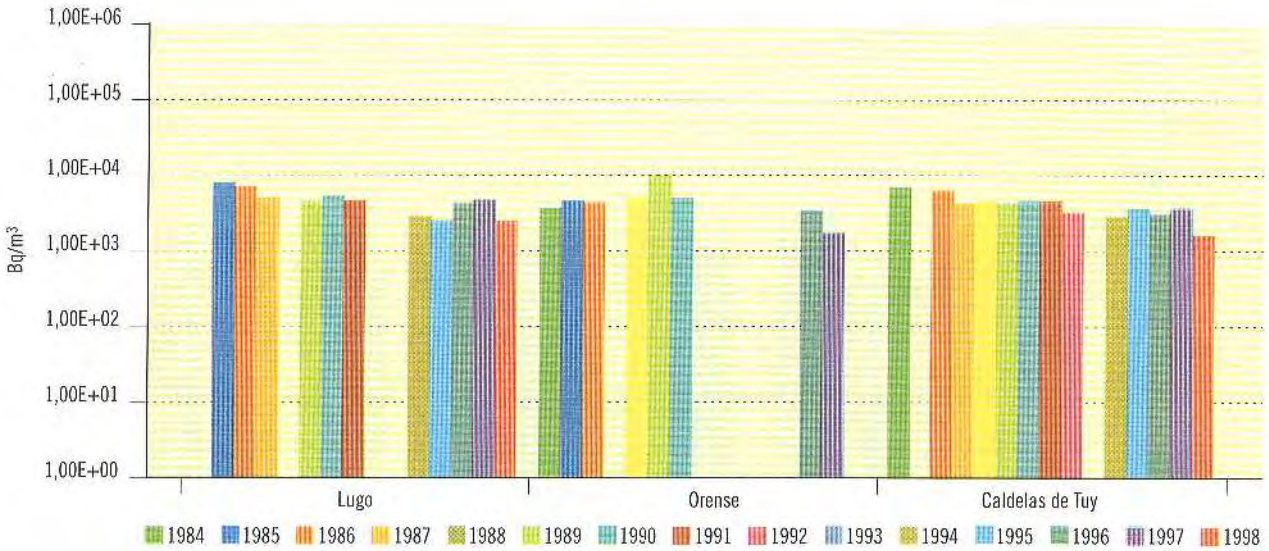


Figura 3.14. Río Miño

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.15. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

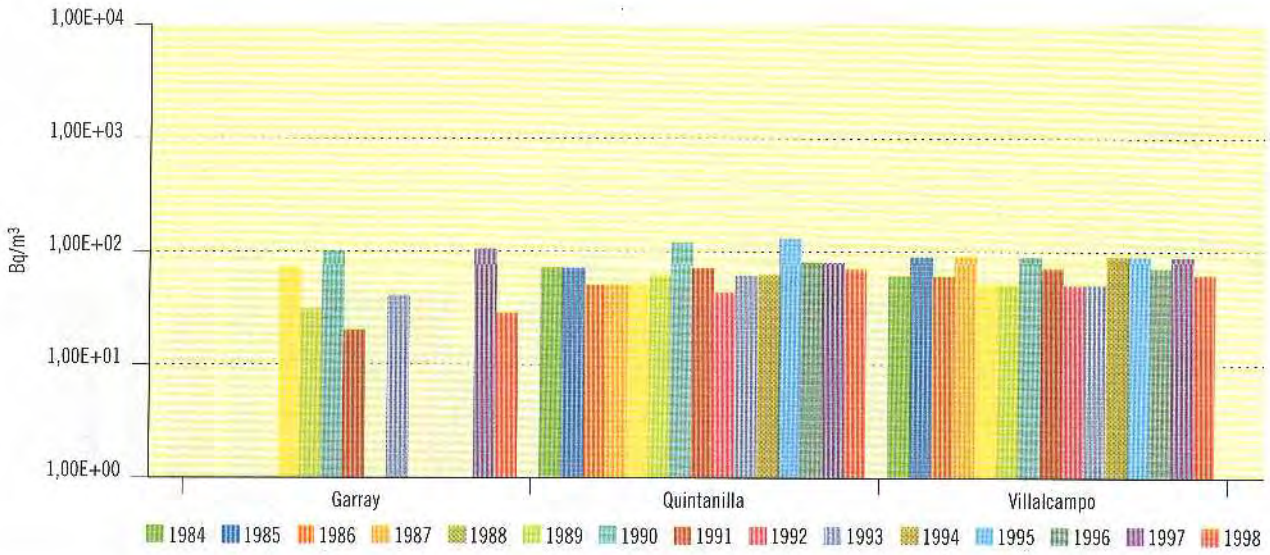


Figura 3.16. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

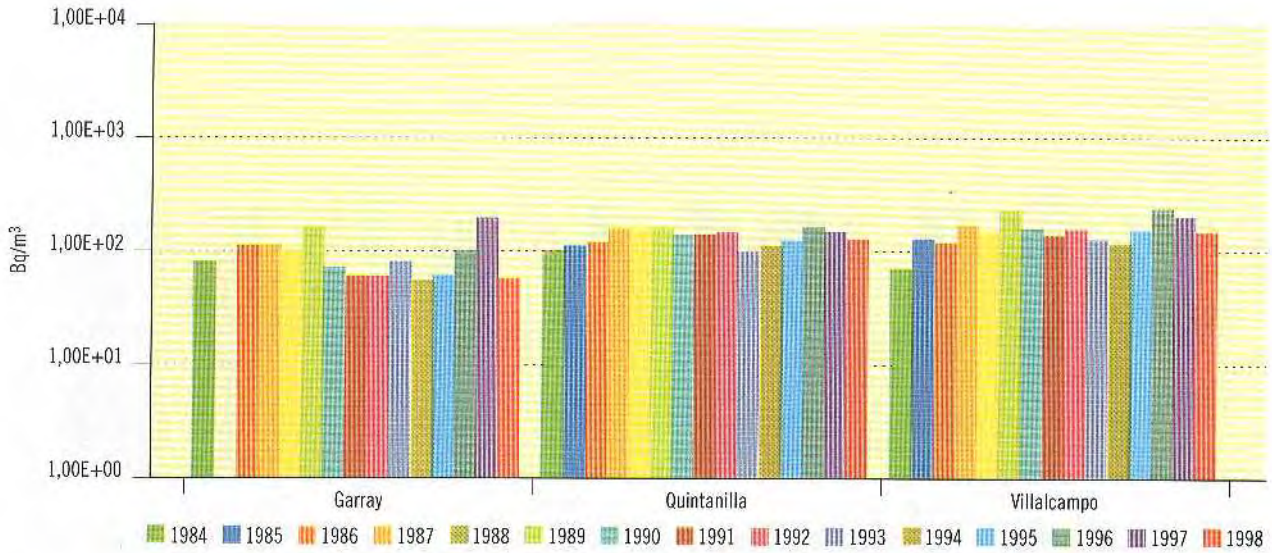


Figura 3.17. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

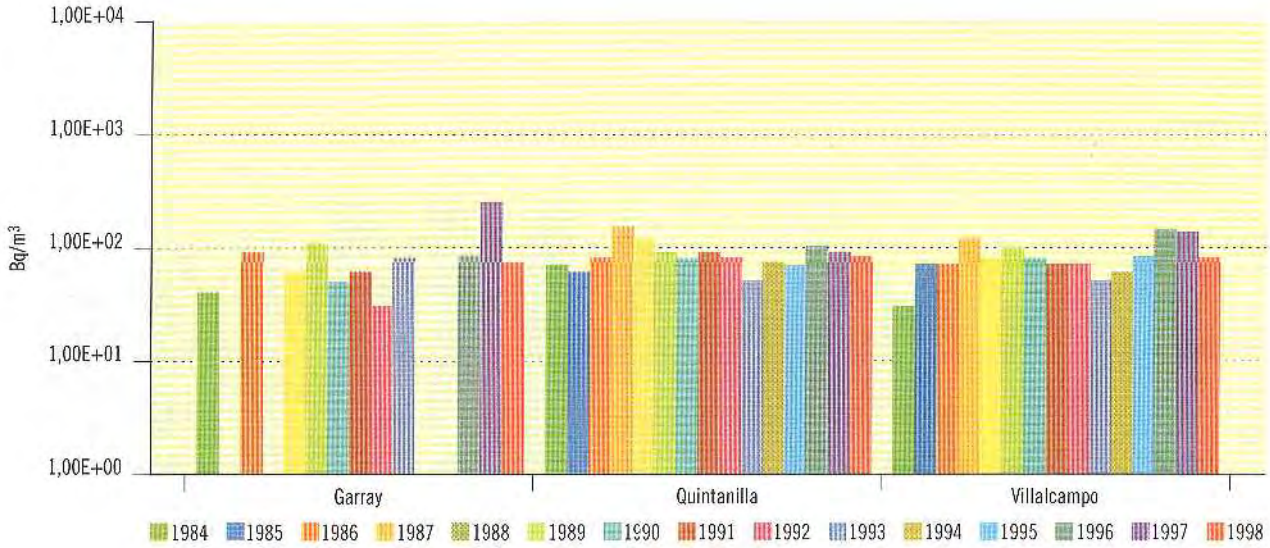
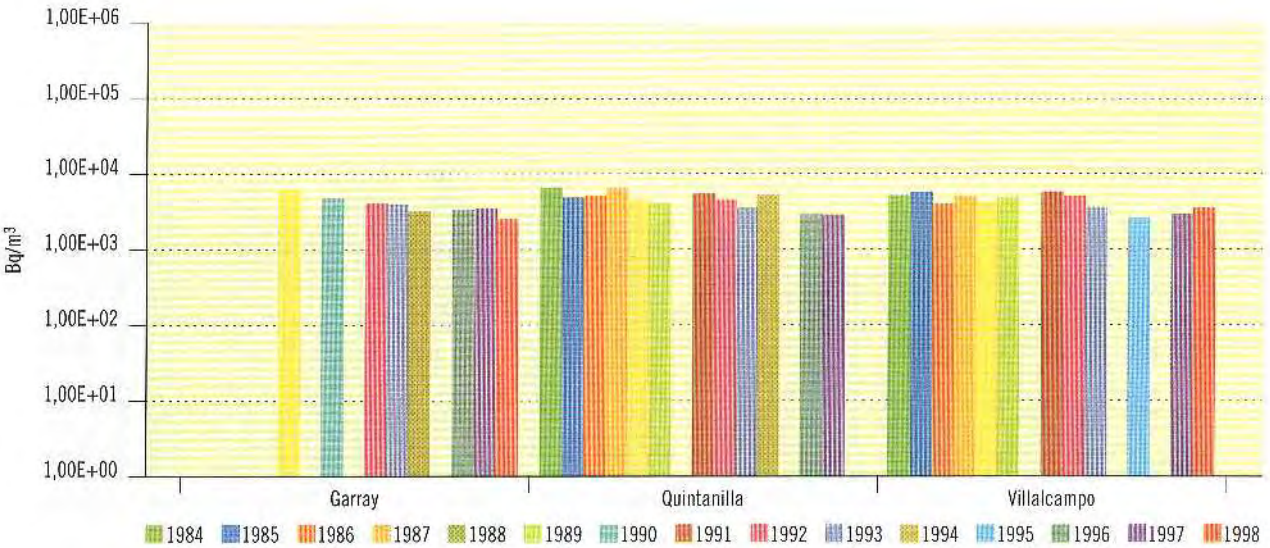


Figura 3.18. Río Duero

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.19. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

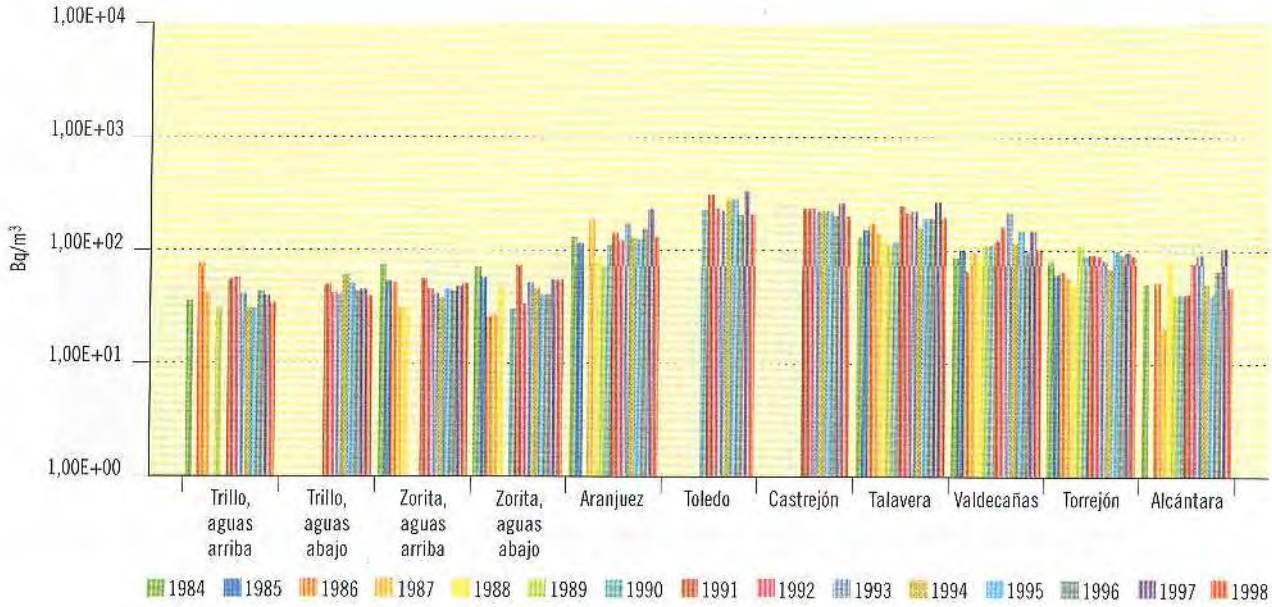


Figura 3.20. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

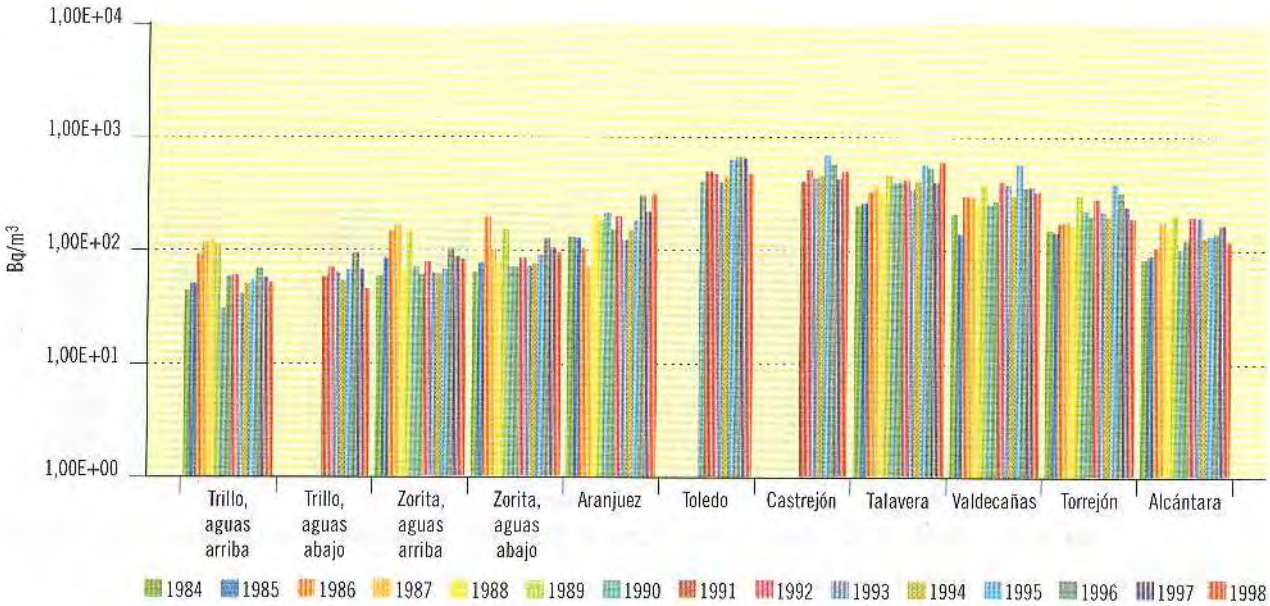


Figura 3.21. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

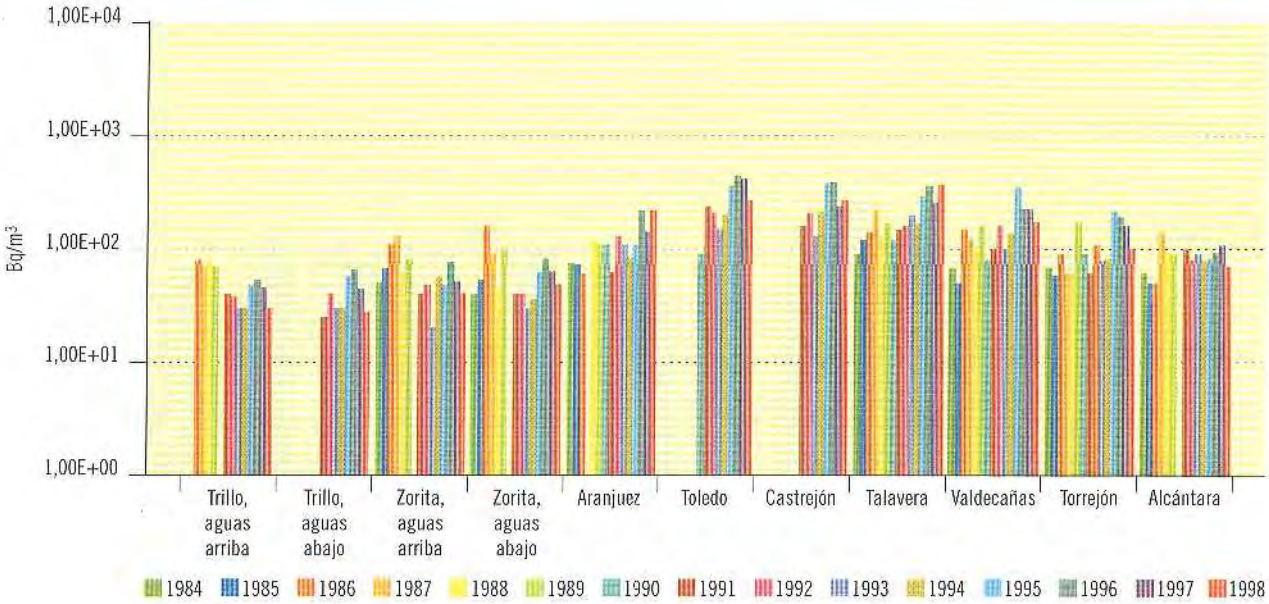
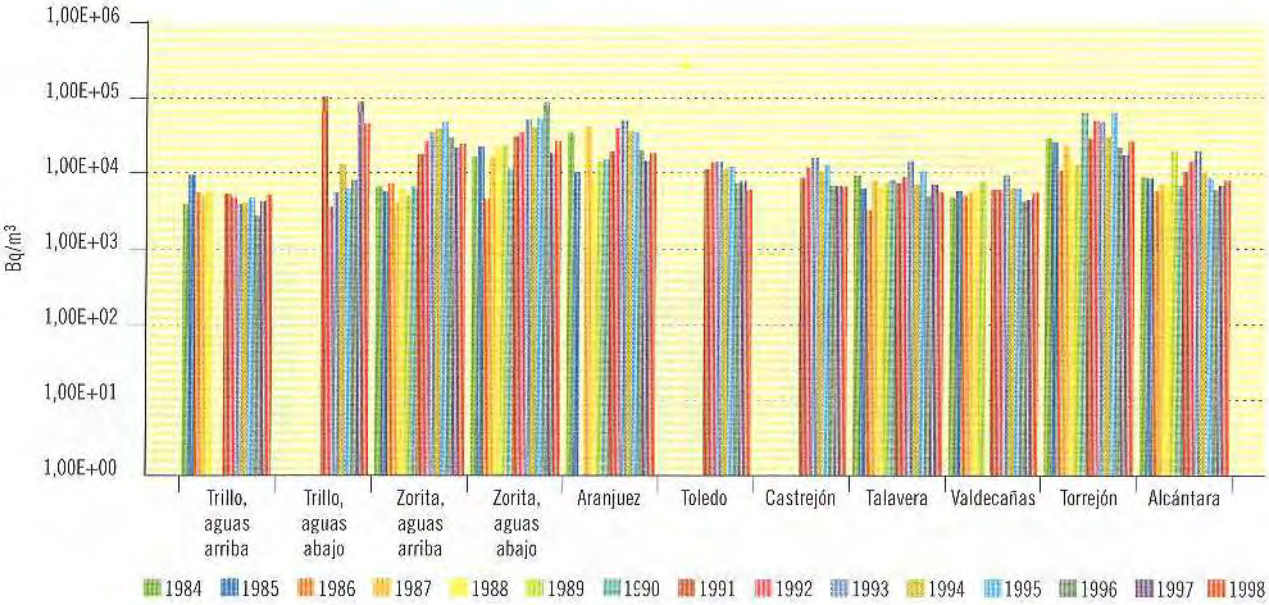


Figura 3.22. Río Tajo

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.23. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

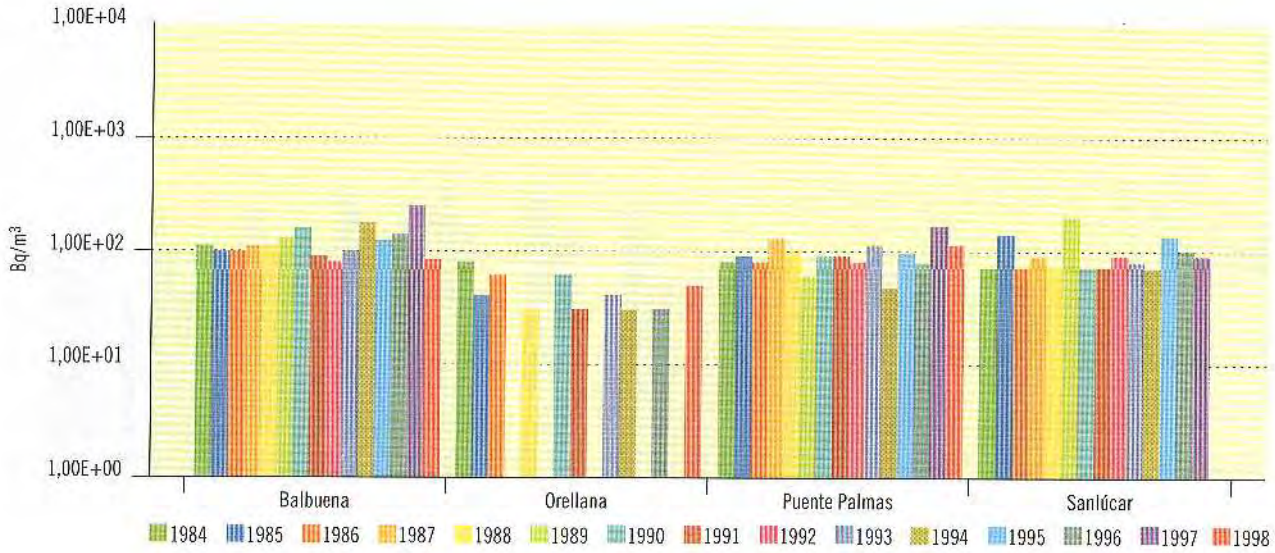


Figura 3.24. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

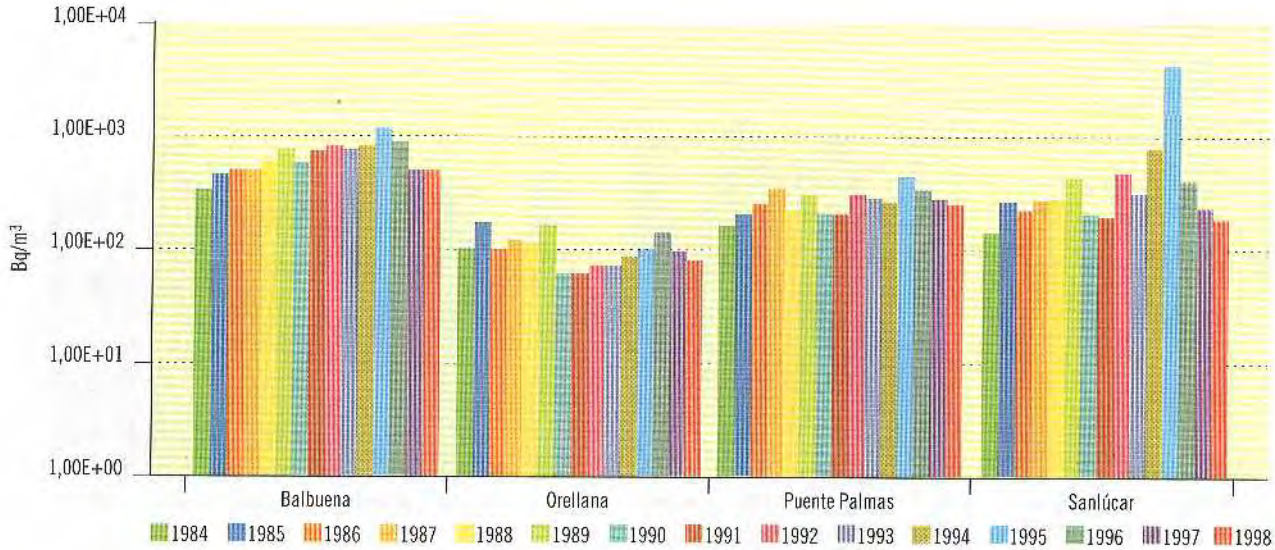


Figura 3.25. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

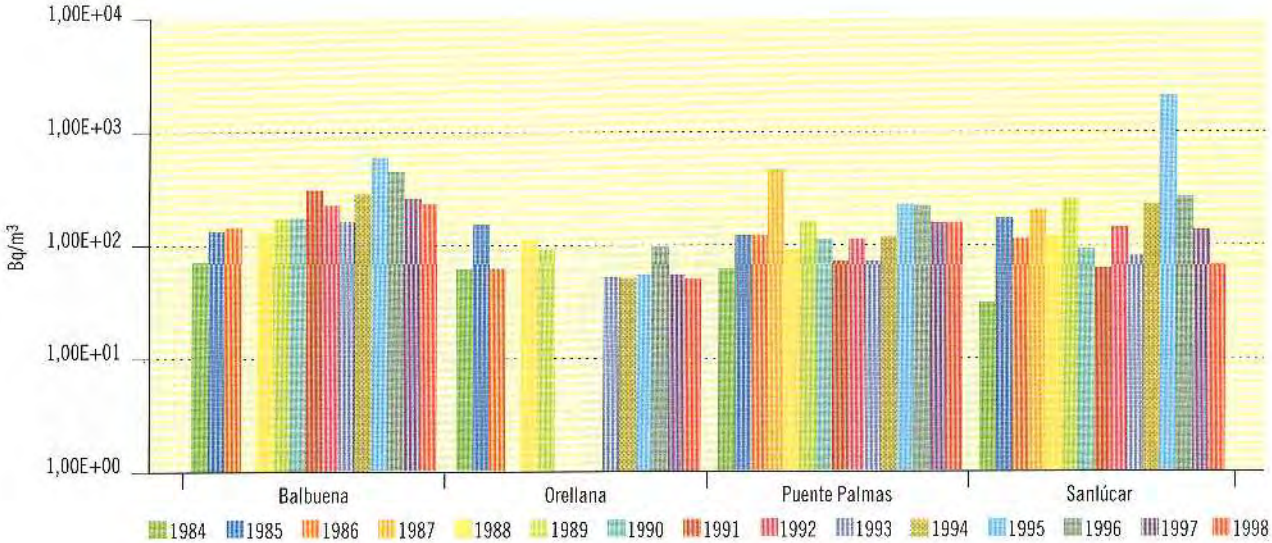
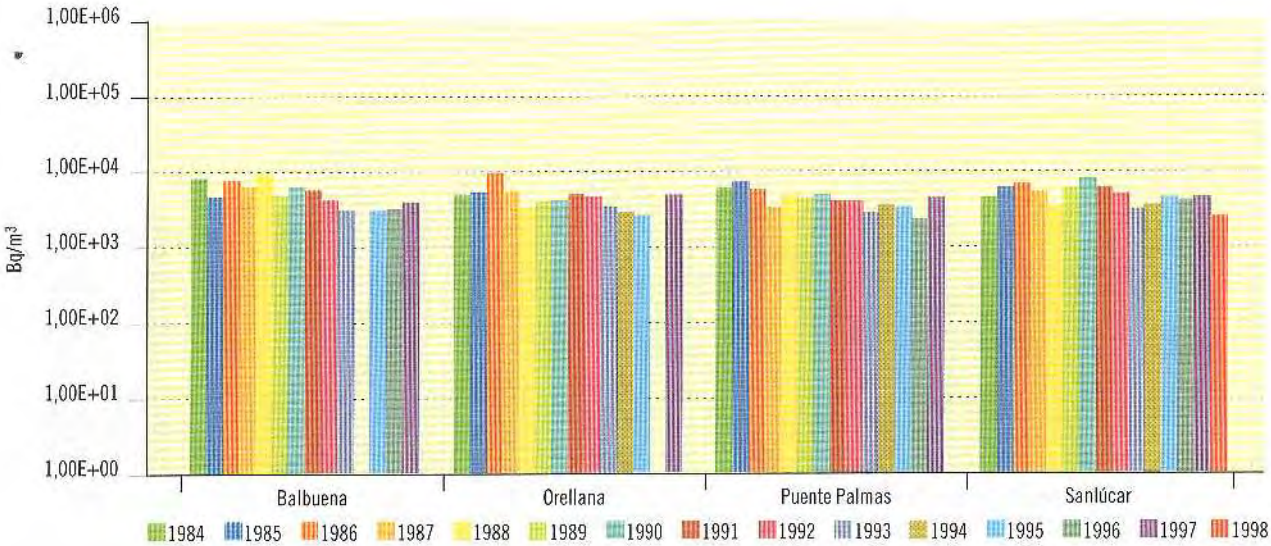


Figura 3.26. Río Guadiana

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadalquivir

Figura 3.27. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

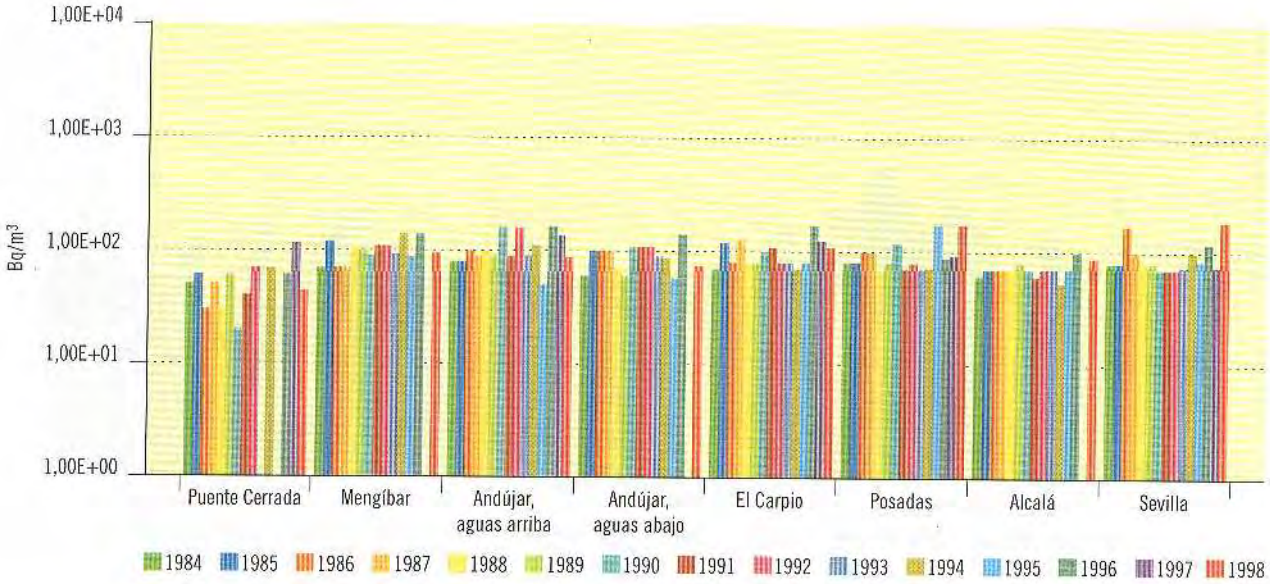


Figura 3.28. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

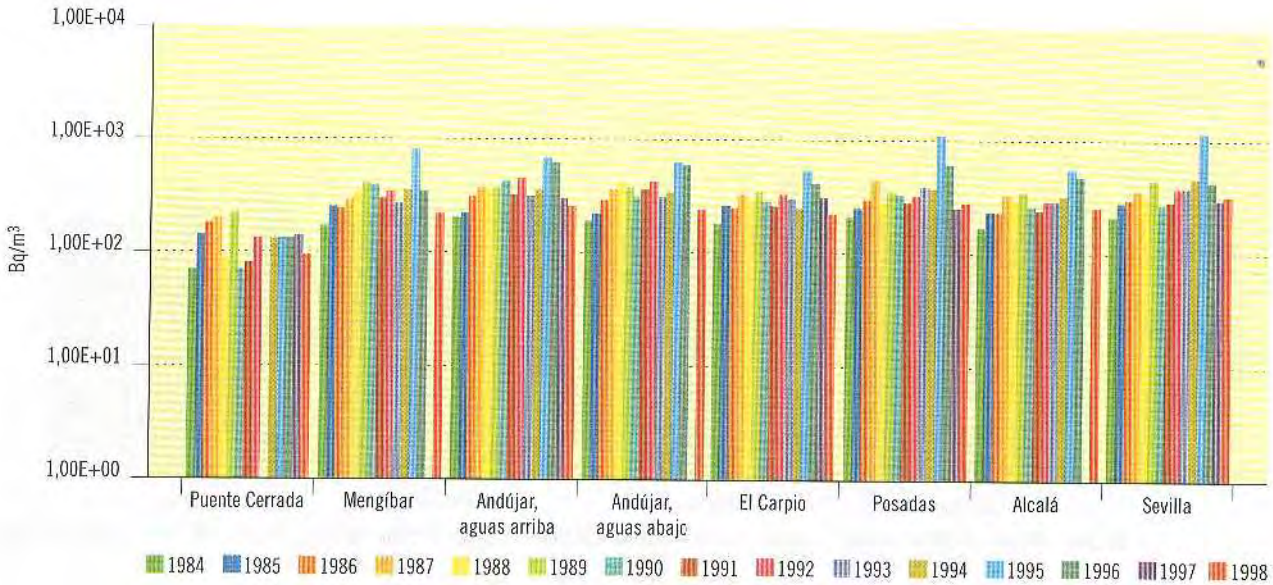


Figura 3.29. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

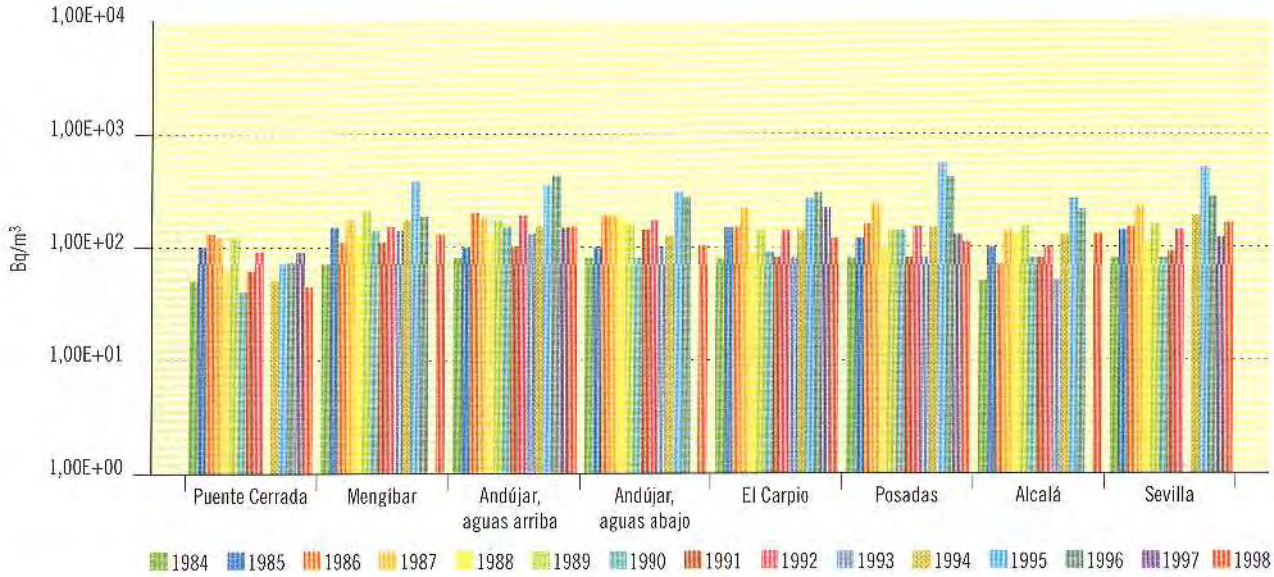
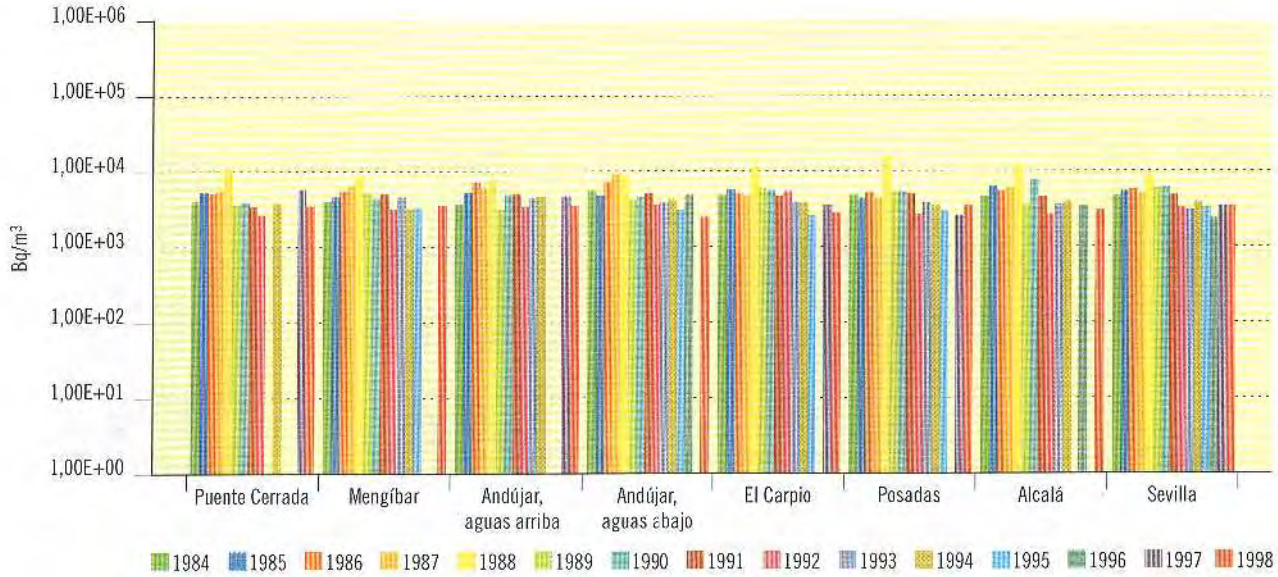


Figura 3.30. Río Guadalquivir

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Segura

Figura 3.31. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

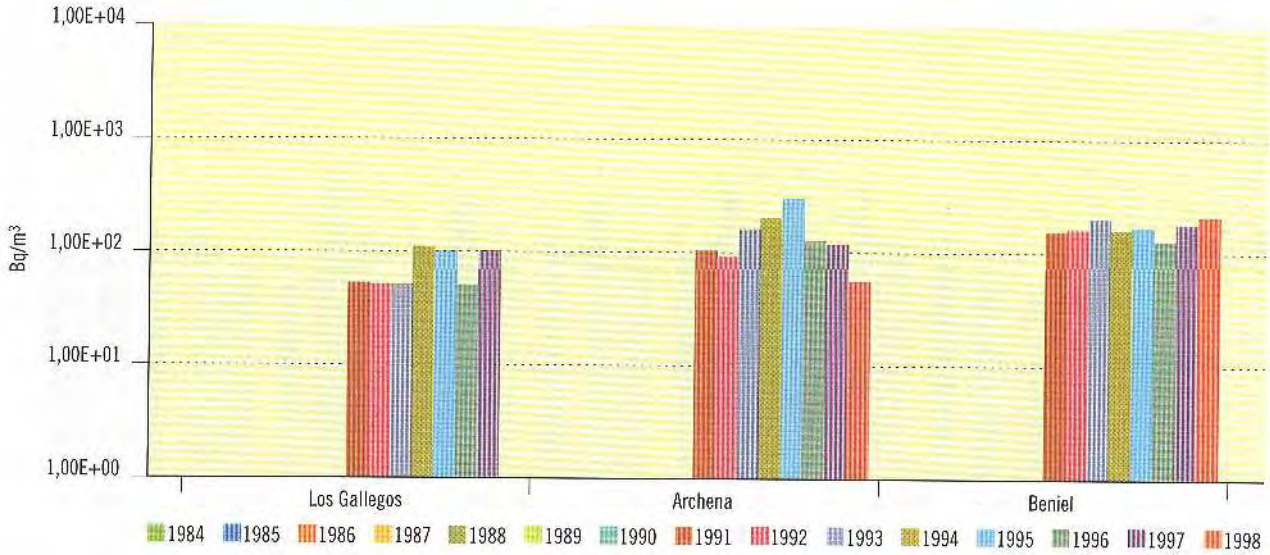


Figura 3.32. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

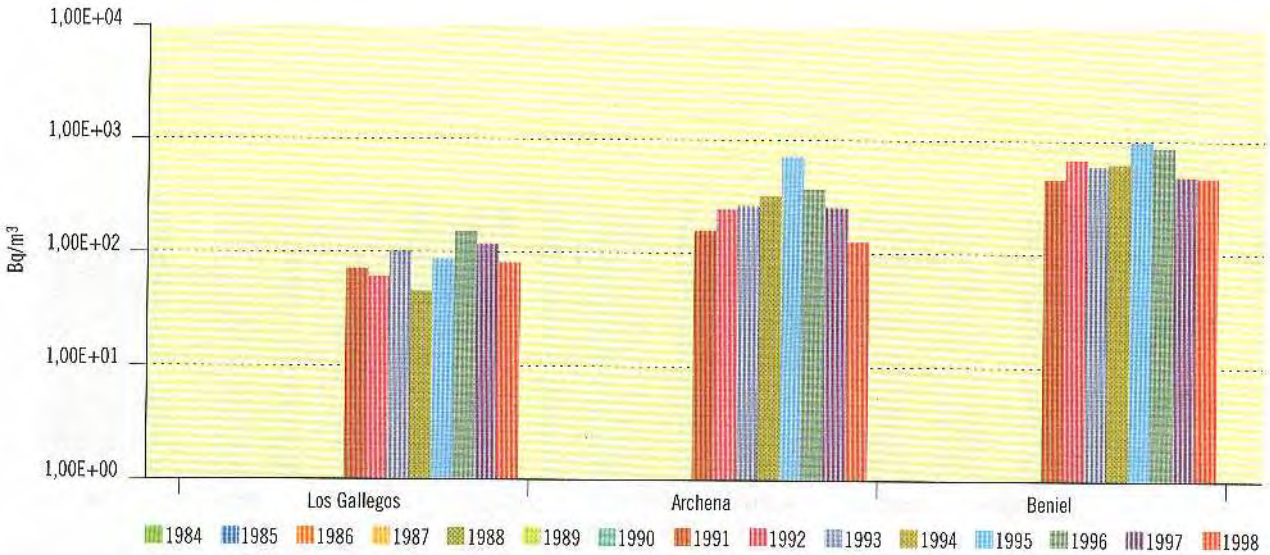


Figura 3.33. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

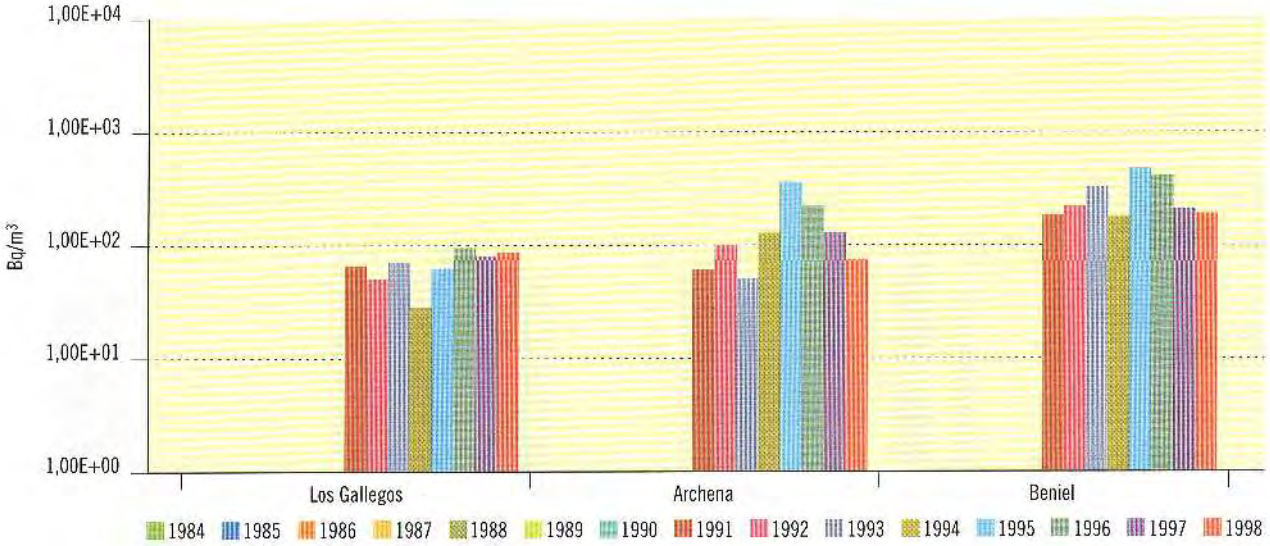
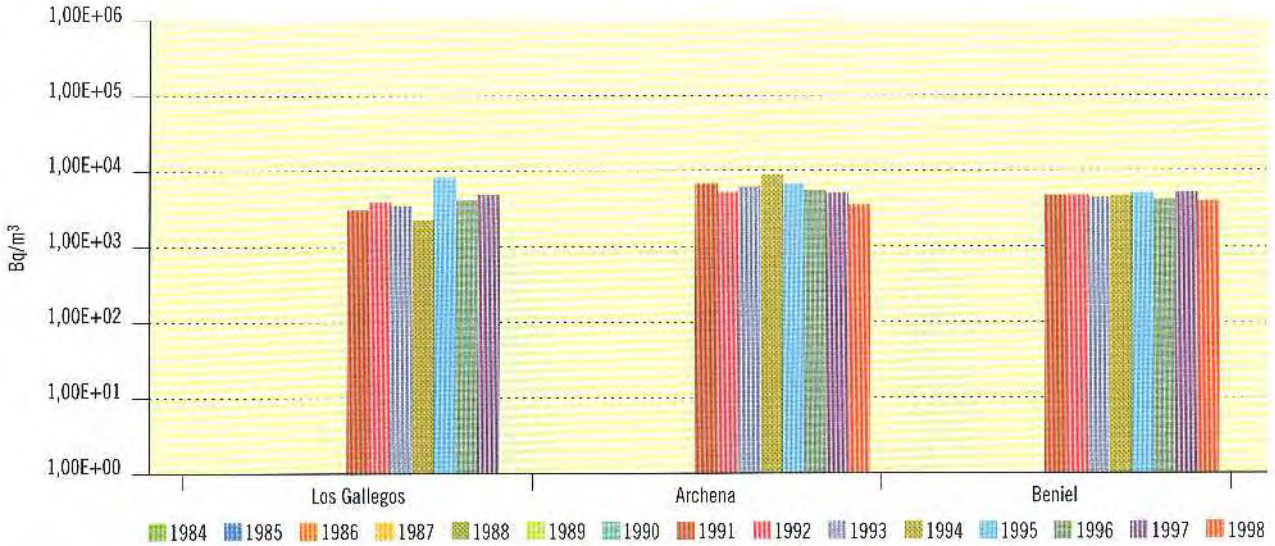


Figura 3.34. Río Segura

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Júcar

Figura 3.35. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

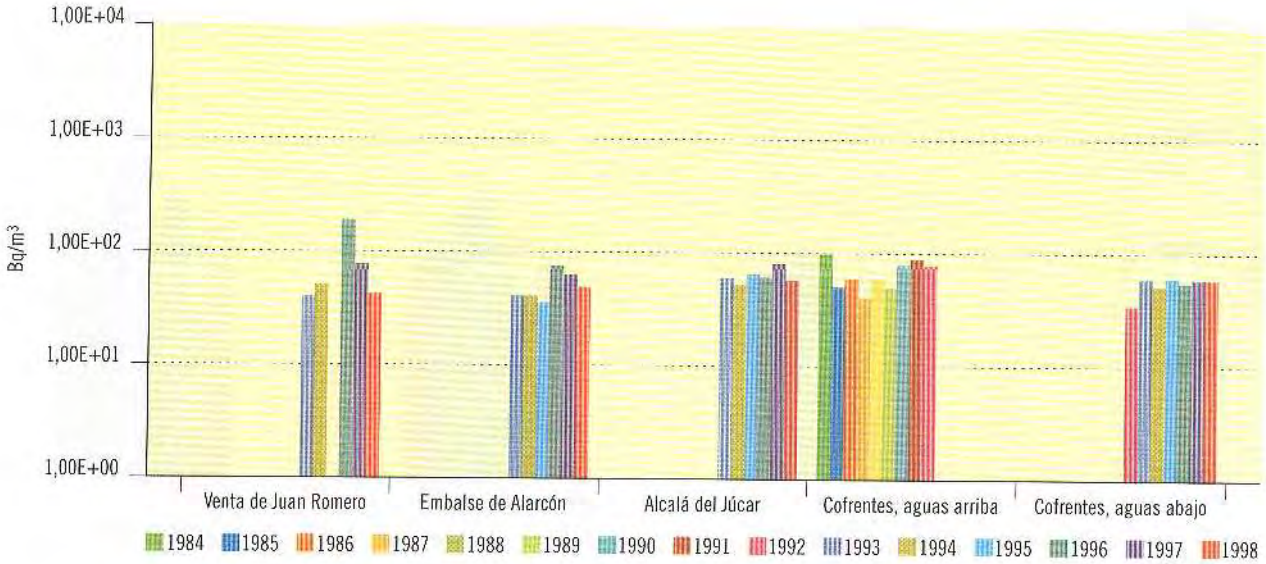


Figura 3.36. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

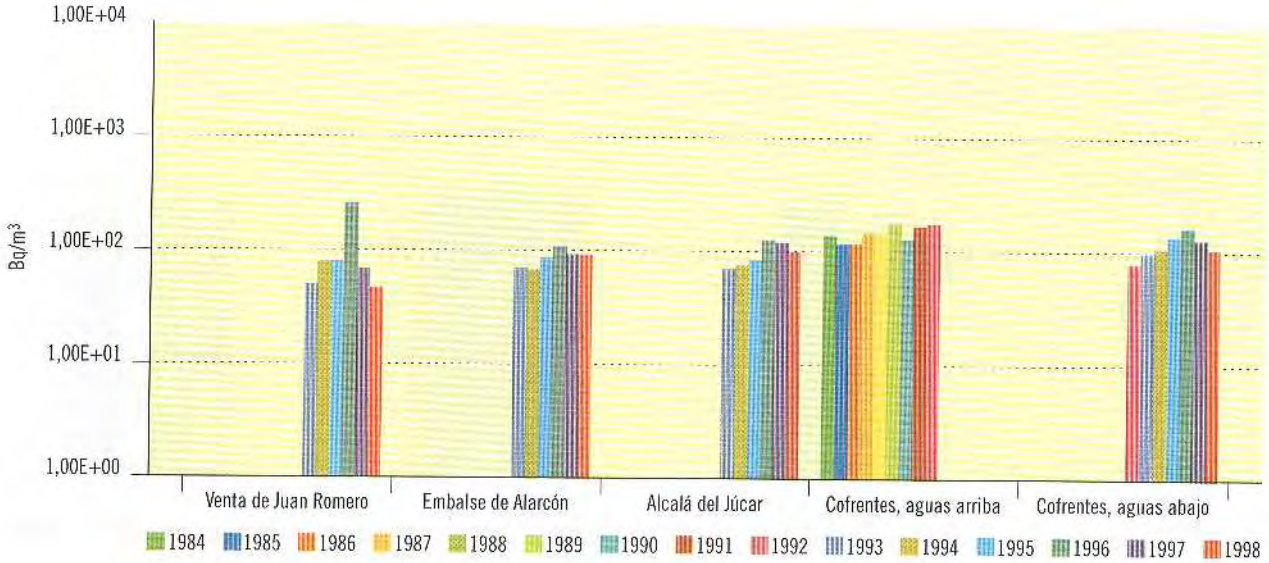


Figura 3.37. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

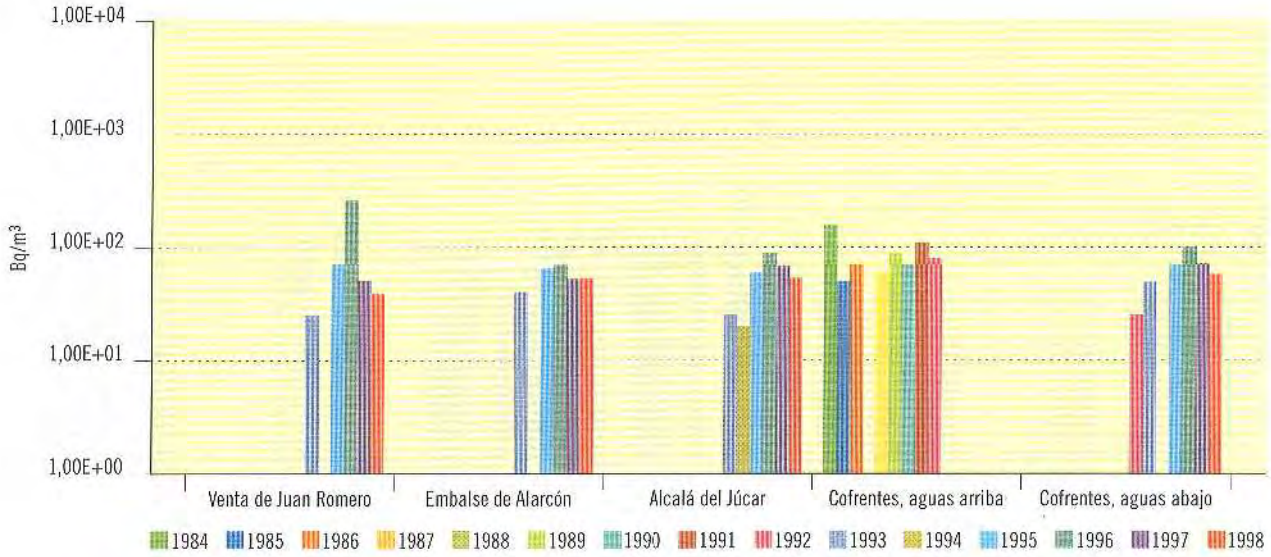
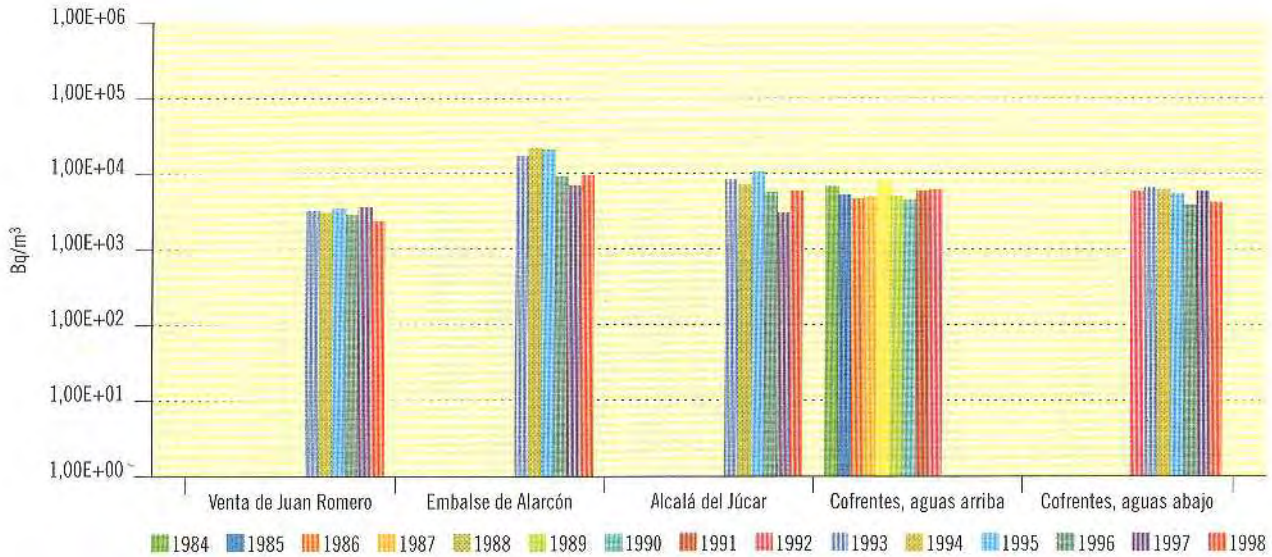


Figura 3.38. Río Júcar

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Ebro

Figura 3.39. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

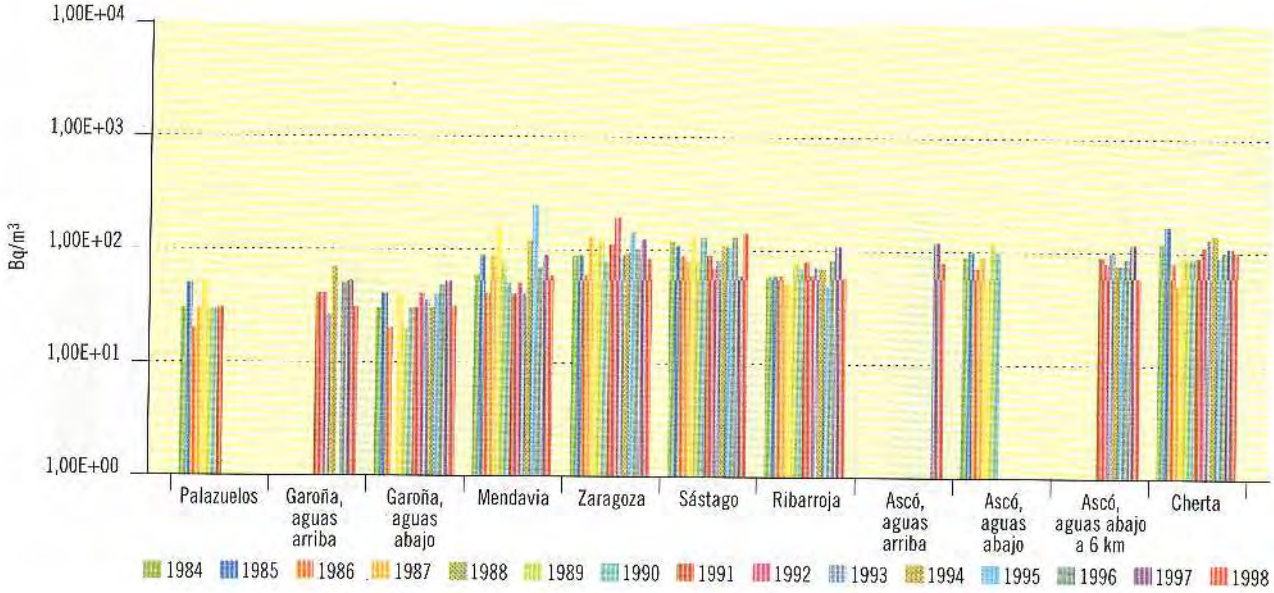


Figura 3.40. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

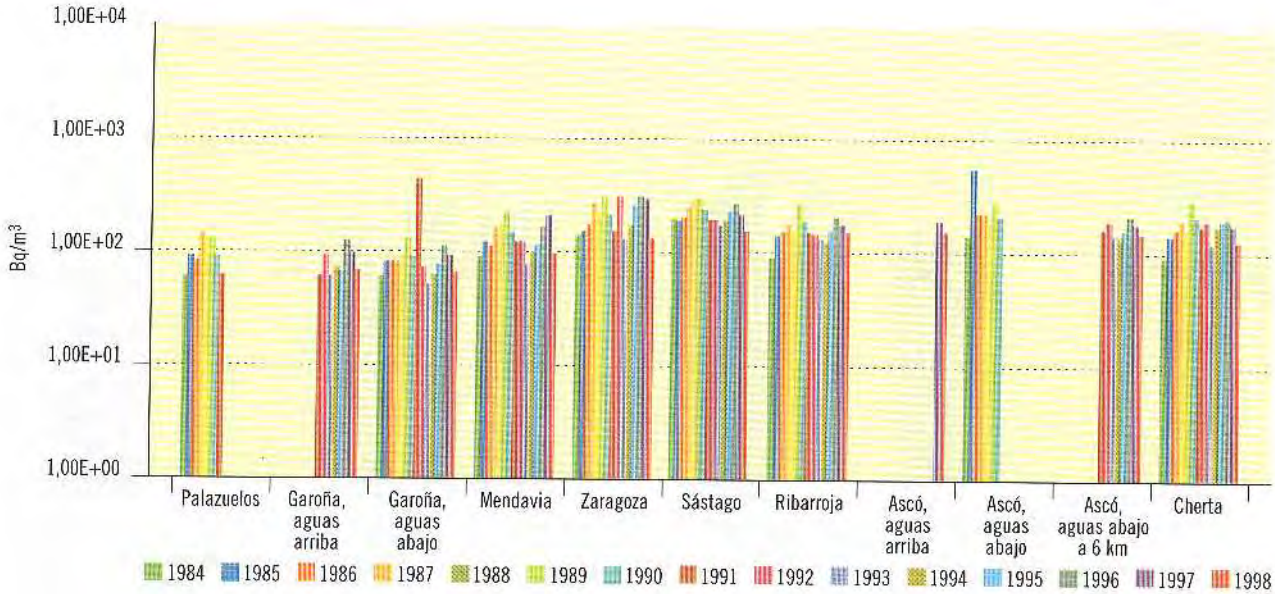


Figura 3.41. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

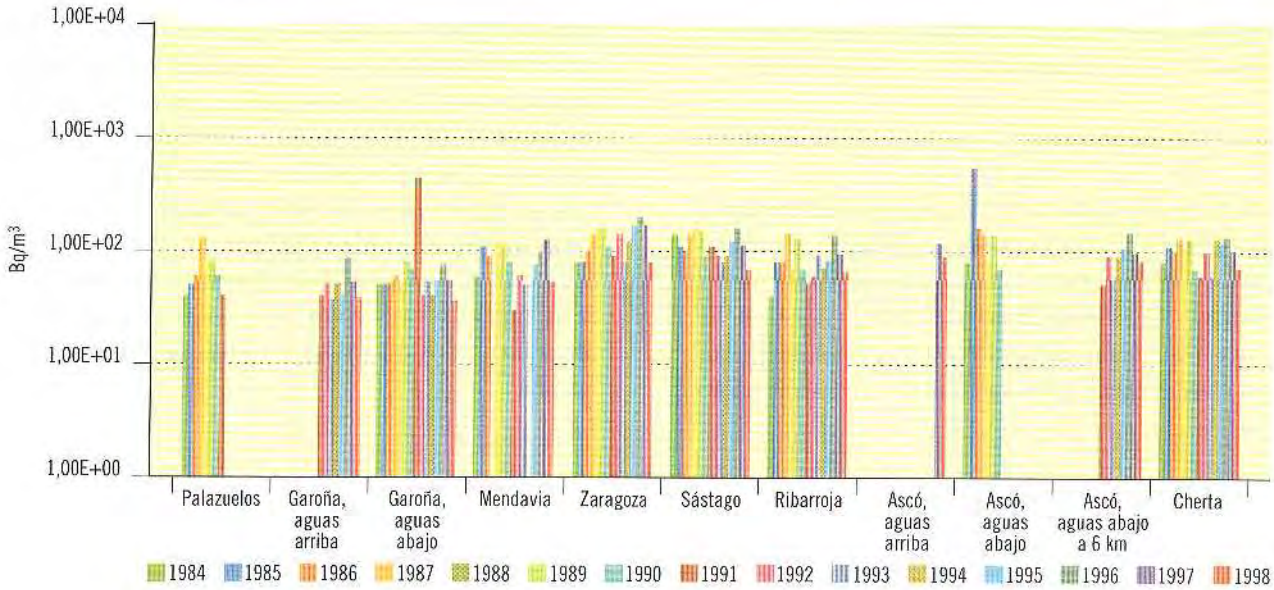
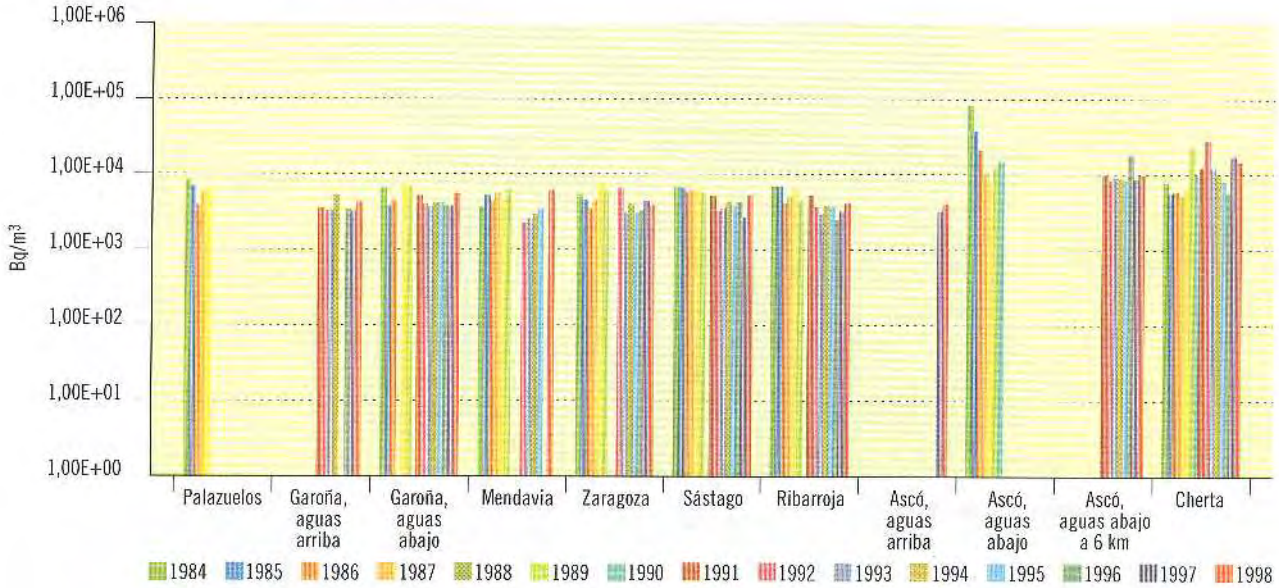


Figura 3.42. Río Ebro

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 trece y se sitúan a lo largo de las costas españolas como se puede observar en la figura 3.43.

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 cuya composición durante la campaña de 1998 fue la que figura 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 superficiales, 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 Seguridad Marítima, etc., Las muestras de agua en superficie se toman a una distancia de 10 millas de la costa excepto en los puertos marítimos indicados donde las muestras se toman en la bocana.

Figura 3.43. Red de estaciones de muestreo de aguas marinas del CSN

Resultados

Como consecuencia de las actividades desarrolladas para la mejora continua de la calidad de la red de vigilancia radiológica que está llevando a cabo el Cedex, se están modificando los métodos analíticos aplicados a las determinaciones radiológicas en muestras de agua de mar, a las que se venían aplicando los métodos normalizados que se emplean en las determinaciones de aguas superficiales. Las principales actividades llevadas a cabo hasta el momento, 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.

- Revisiones de los cálculos del índice de actividad beta resto, en los que como resultado de la campaña de intercomparación analítica del CSN del año 1996 se detectó la existencia de un error sistemático.

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

Si bien los cambios y revisiones de los procedimientos han permitido que los datos correspondientes a los análisis radiológicos de muestras de agua de mar del año 1998 hayan mejorado en cuanto a reproducibilidad y fiabilidad, presentan el inconveniente de que no permiten la comparación con datos procedentes de otros periodos anuales ya que las diferencias en los niveles detectados son debidas a dichos cambios en los procedimientos y no a condiciones reales, y que hasta la fecha aún no se dispone de los valores del índice de actividad beta resto en agua de mar que están siendo revisados.

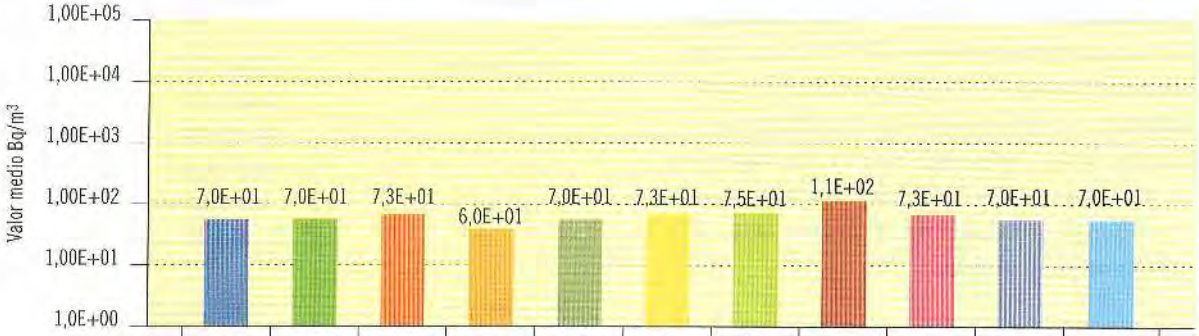
A continuación se presentan gráficamente los valores medios obtenidos en la campaña del año 1998.

Tabla 3.4. Estaciones de muestreo de agua de mar

Mar Cantábrico	Cabo de Ajo
Océano Atlántico	Cabo de Ortegal
	Cabo Villano
	Cabo Silleiro
	Isla Cristina
	Puerto de Cádiz
	Estrecho de Gibraltar
Mar Mediterráneo	Puerto de Cartagena
	Cabo de San Antonio
	Puerto de Barcelona
	Cabo de Creus

Figura 3.44. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total

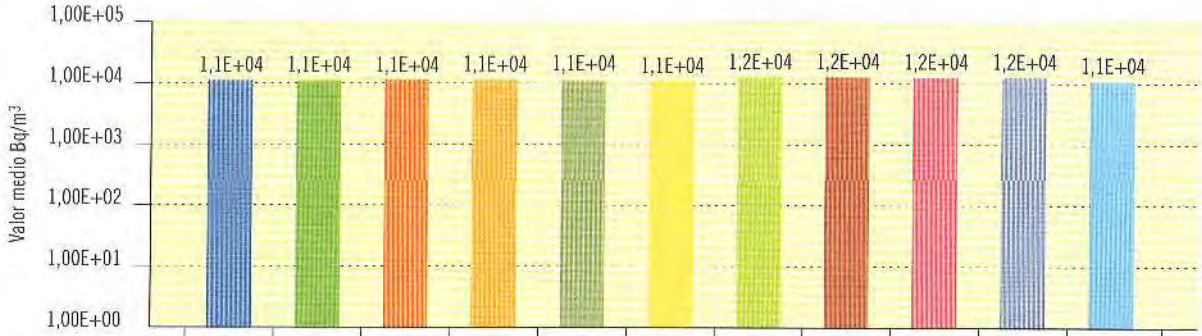
Valores de la campaña de 1998



	C. Ajo	C. Ortegal	C. Villano	C. Silleiro	I. Cristina	Pto. Cádiz	E. Gibraltar	Pto. Cartagena	C. San Antonio	Pto. Barcelona	C. Creus
Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	8,00E+01	8,00E+01	8,00E+01	6,00E+01	7,00E+01	8,00E+01	8,00E+01	2,30E+02	8,00E+01	8,00E+01	7,00E+01
Valor mínimo	6,00E+01	6,00E+01	7,00E+01	6,00E+01	7,00E+01	7,00E+01	7,00E+01	7,00E+01	6,00E+01	6,00E+01	7,00E+01
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.45. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total

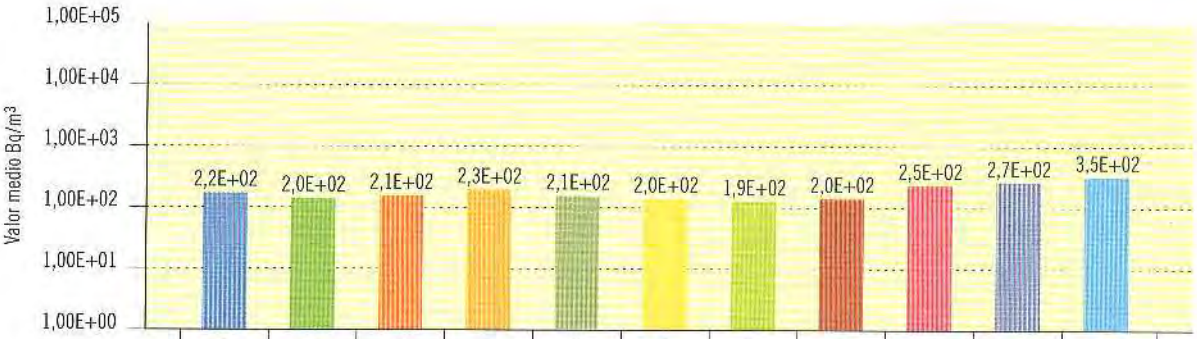
Valores de la campaña de 1998



	C. Ajo	C. Ortegal	C. Villano	C. Silleiro	I. Cristina	Pto. Cádiz	E. Gibraltar	Pto. Cartagena	C. San Antonio	Pto. Barcelona	C. Creus
Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	1,14E+04	1,21E+04	1,19E+04	1,16E+04	1,14E+04	1,19E+04	1,23E+04	1,27E+04	1,27E+04	1,24E+04	1,19E+04
Valor mínimo	1,06E+04	1,05E+04	1,07E+04	9,64E+03	1,02E+04	9,99E+03	1,10E+04	1,10E+04	1,13E+04	1,17E+04	1,08E+04
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.46. Agua de mar. Concentración de actividad de H-3

Valores de la campaña de 1998



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Valor máximo	2,80E+02	2,30E+02	2,40E+02	2,60E+02	2,60E+02	2,80E+02	2,40E+02	2,60E+02	3,30E+02	3,30E+02	5,40E+02
Valor mínimo	2,00E+02	1,70E+02	1,70E+02	1,80E+02	1,60E+02	1,60E+02	1,60E+02	1,80E+02	1,30E+02	2,30E+02	2,30E+02
Nº total de análisis	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	3
Nº de análisis < LID	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)

4

1. Estaciones automáticas

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

La recepción, gestión y análisis de los datos obtenidos en las estaciones se hace desde el Centro de Supervisión y Control (CSC) situado en la Sala de Emergencia (Salem) del CSN.

Desde el CSC se tiene también acceso a los datos proporcionados por las redes automáticas de vigilancia de las comunidades autónomas de Valencia y de Cataluña según los acuerdos específicos de colaboración en esta materia.

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

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental

Red de estaciones automáticas

2. Diseño y desarrollo del programa

La distribución de las estaciones automáticas que integran la red del CSN se hizo aprovechando la infraestructura de estaciones automáticas del Instituto Nacional de Meteorología con las que comparten emplazamiento.

Cada una de las estaciones se compone de:

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

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 de los últimos treinta días de la tasa de dosis gamma de cada una de las estaciones automáticas de la red del CSN y de la red valenciana; está previsto que los datos de la red catalana se incluyan a principios del año 2001. 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 las distintas 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 primer y segundo semestre del año 1999 en cada una de las estaciones de la red.

Tabla 4.1

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

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 1999

Estación	Tasa de dosis media en µSv/hora	
	Primer semestre	Segundo semestre
Andújar	0,13	0,13
Huelva	0,12	0,12
Motril	0,13	0,13
Sevilla	0,14	0,14
Tarifa	0,10	0,10
Jaca	0,17	0,17
Teruel	0,13	0,13
Avilés	0,13	0,14
Palma de Mallorca	0,16	0,16
Santa Cruz de Tenerife	0,13	0,13
Santander	0,13	0,13
Quintanar de la Orden	0,17	0,16
Almázcara	0,15	0,15
Autilla	0,14	0,14
Saelices el Chico	0,16	0,16
Soria	0,19	0,19
Badajoz	0,12	0,12
Valdecaballeros	0,15	0,15
Lugo	0,13	0,13
Pontevedra	0,21	0,21
Madrid	0,20	0,20
Murcia	0,13	0,13
San Sebastián	0,12	0,12
Agoncillo	0,14	0,14
Penhas Douradas	0,26	0,26
Cofrentes (red valenciana)	0,11	0,11
Pedrones (red valenciana)	0,11	0,11
Jalance (red valenciana)	0,10	0,10
Cortes de Pallás (red valenciana)	0,10	0,10
Almadraba (red catalana)	0,11	0,11
Ascó (red catalana)	0,12	0,12

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 31

1.3.4. Agua 36

1.3.5. Alimentos 57

2. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación 69

2.1. Tipos de instalaciones 69

2.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental 69

2.3. Resultados 72

2.3.1. Aire 73

2.3.2. Deposición 79

2.3.3. Agua 82

3. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en desmantelamiento y/o clausura 93

3.1. Ciemat 93

3.1.1. Características de la instalación 93

3.1.2. Características y resultados del PVRA 93

3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA) 96

3.2.1. Características de la instalación 96

3.2.2. Características y resultados del PVRA 96

3.3. Vandellós I 98
3.3.1. Características de la instalación 98
3.3.2. Características y resultados del PVRA 98
3.4. Planta Lobo G 102
3.4.1. Características de la instalación 102
3.4.2. Características y resultados del PVRA 102

3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL 105

1. Red de Estaciones de Muestreo (REM) 106
1.1. Vigilancia de la atmósfera y el suelo 106
1.1.1. Estaciones de muestreo 106
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 106
1.1.3. Resultados 109
— Aire 109
— Deposición 110
1.2. Vigilancia del medio acuático 119
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales 119
— Estaciones de muestreo 119
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 120
— Resultados 120
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras 138
— Estaciones de muestreo 138
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 138
— Resultados 139

4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) 143

1. Estaciones automáticas 144

2. Diseño y desarrollo del programa 145

3. Resultados 145

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 1998

Colección Informes Técnicos
6.2000

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR