

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2001

CSN



**Colección
Informes Técnicos
9.2003**

Programas de vigilancia
radiológica ambiental
Resultados 2001

Programas de vigilancia radiológica ambiental Resultados 2001

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

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

Colección
Informes Técnicos
9.2003

Colección Informes Técnicos

Referencia INT-04.06

Agradecemos la colaboración de las instituciones y laboratorios citados en este documento, y de las personas que desarrollan en ellos su labor, gracias a las cuales se dispone de los resultados publicados en este informe.

© Copyright 2003, Consejo de Seguridad Nuclear

Edita y distribuye:

Consejo de Seguridad Nuclear

C/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. España

www.csn.es

peticiones@csn.es

Maquetación: RGB Comunicación, S.L.

Impresión: Elecé Industria Gráfica, S.L.

Depósito legal: M. 39.690-2001

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 correspondiente al periodo 1999-2000⁽¹⁾ y contiene los resultados de los programas desarrollados durante el año 2001 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 cumplimiento de las obligaciones del Estado español en esta materia. Otra de las obligaciones del CSN, en la cual se enmarca este documento, es informar periódicamente a la opinión pública sobre materias de su competencia.

La vigilancia radiológica del medio ambiente en España se realiza mediante un sistema de redes, constituido por una red de vigilancia en el entorno de las instalaciones y una red nacional. 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 independientes, bien de modo directo o mediante encomienda a las comunidades autónomas. La red de vigilancia nacional, no asociada a instalaciones (Revira) es gestionada por el Consejo y

¹ *Programas de vigilancia radiológica ambiental. Resultados 1999-2000*, editado en 2002 (CSN. Colección Informes Técnicos 7.2002).

está constituida por una Red de Estaciones de Muestreo (REM) y por una Red de Estaciones Automáticas de medida en continuo (REA). Esta red se distribuye por todo el territorio nacional y proporciona información radiológica sobre la radiactividad de la atmósfera, del suelo, de las aguas (potables, continentales y marinas) y de los alimentos, disponiéndose de resultados desde el año 1993. Los programas específicos desarrollados se adaptan a las recomendaciones de la Comisión de la Unión Europea, establecidas para facilitar a los Estados miembros el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom ^(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 representati-

vos desde 1980 a 2001 y analizando a continuación en mayor detalle los valores correspondientes al año 2001. Como novedades respecto al informe anterior, cabe indicar la inclusión de datos históricos sobre la vigilancia de organismos indicadores realizada en los programas llevados a cabo alrededor de las centrales nucleares.

También se ha ampliado la información relativa al año 2001 incluyendo nuevos datos sobre la vigilancia en el ámbito nacional, en concreto los correspondientes a la denominada red espaciada, definida en el capítulo 3 de este informe, que incluye muestras de aire obtenidas con muestreadores de alto flujo, así como muestras de agua potable, leche y dieta tipo. Asimismo, los resultados pertenecientes a la vigilancia del medio acuático se completan con los datos de las cuencas catalanas y del norte de España y los de muestras de agua de mar con los datos históricos obtenidos en los distintos análisis que se realizan sobre ellas.

La Dirección General de Protección Civil dispone de una Red de Alerta a la Radiactividad (RAR) constituida por 907 estaciones automáticas de medida de tasa de dosis distribuidas de manera prácticamente uniforme por el territorio nacional, no siendo la descripción de esta red y sus resultados objeto de este informe.

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 radiológica ambiental (PVRA) de las centrales nucleares y de otras instalaciones nucleares y radiactivas ...	17
Programas de vigilancia radiológica ambiental de ámbito nacional	111
Red de Estaciones Automáticas (REA)	165
Índice de contenidos	171

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA
RADIOLÓGICA AMBIENTAL



1

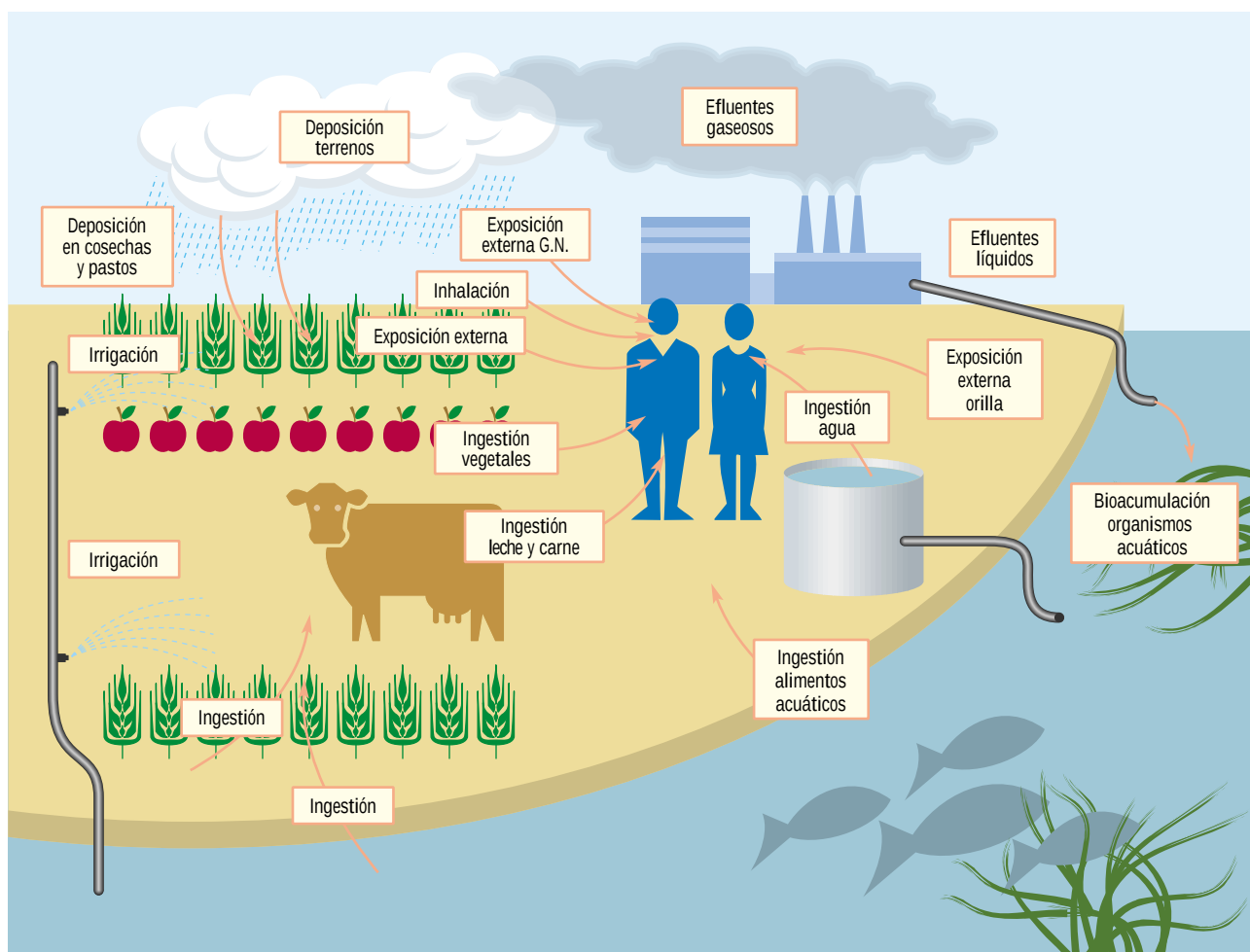
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

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

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

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

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos



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

- La red de vigilancia implantada en la zona de influencia de las centrales nucleares y otras instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear, donde los titulares de las instalaciones desarrollan Programas de Vigilancia Radiológica ambiental (PVRA), a los que el CSN superpone sus programas de control independiente, bien de modo directo o mediante encomiendas a las Comunidades Autónomas.
- La red de vigilancia nacional (Revira), no asociada a instalaciones, que gestiona el CSN, está constituida por:
 - La Red de Estaciones de Muestreo (REM), donde la vigilancia se realiza mediante programas de muestreo y análisis llevados a cabo por diferentes laboratorios.
 - La Red de Estaciones Automáticas (REA) de medida en continuo, que facilita datos en tiempo real de los valores de concentración de actividad en la atmósfera así como de los niveles de radiación ambiental en distintas zonas del país.

Los programas en el entorno de las instalaciones se han establecido de acuerdo con el tipo de instalación y las características del emplazamiento; los programas de ámbito nacional se han elaborado teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en el marco de los artículos 35 y 36 del tratado de Euratom. La Comisión de la Unión Europea, ante las distintas prácticas seguidas por los Estados miembros, elaboró una recomendación sobre el alcance mínimo de estos programas, publicada en el diario oficial de las Comunidades Europeas de 27 de julio de 2000¹.

¹ Recomendación de la Comisión de 8 de junio de 2000 relativa a la aplicación del artículo 36 del Tratado Euratom sobre el control de los índices de radiactividad en el medio ambiente, con vistas a evaluar la exposición del conjunto de la población.

Para el desarrollo de los programas de vigilancia se lleva a cabo la recogida y análisis de muestras en las principales vías de transferencia de los radionucleidos en aquellos elementos de los ecosistemas que pueden contribuir a la exposición de las personas a las radiaciones; en la figura 1.1 se presenta un esquema de estas vías de transferencia.

En términos generales estas vías se pueden clasificar como:

- Vías transitorias.
Son aquellas en la que la concentración de un radionucleido es proporcional a la tasa de emisión del mismo por lo que, en principio, existirá concentración mientras exista emisión. Dadas las características de los vertidos, en condiciones normales de operación de las instalaciones, y si no existen otras causas externas (por ejemplo, el accidente de la central nuclear de Chernóbil), los valores de radionucleidos artificiales obtenidos en estas vías suelen estar por debajo del Límite Inferior de Detección (LID), o próximos a éstos.
- Vías integradoras.
Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se incrementa con la emisión continua del mismo al medio, pudiendo persistir después del cese de la emisión. En estas vías se pueden observar algunos incrementos debidos a la operación continuada de las instalaciones nucleares y radiactivas, o bien como consecuencia de una alteración en los niveles de fondo radiactivo (explosiones nucleares en la atmósfera, accidente de la central nuclear de Chernóbil).
- Vías integradoras y acumuladoras.
Son aquellas en las que la concentración de un radionucleido se deriva de una vía de exposición integradora. 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.

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

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

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

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

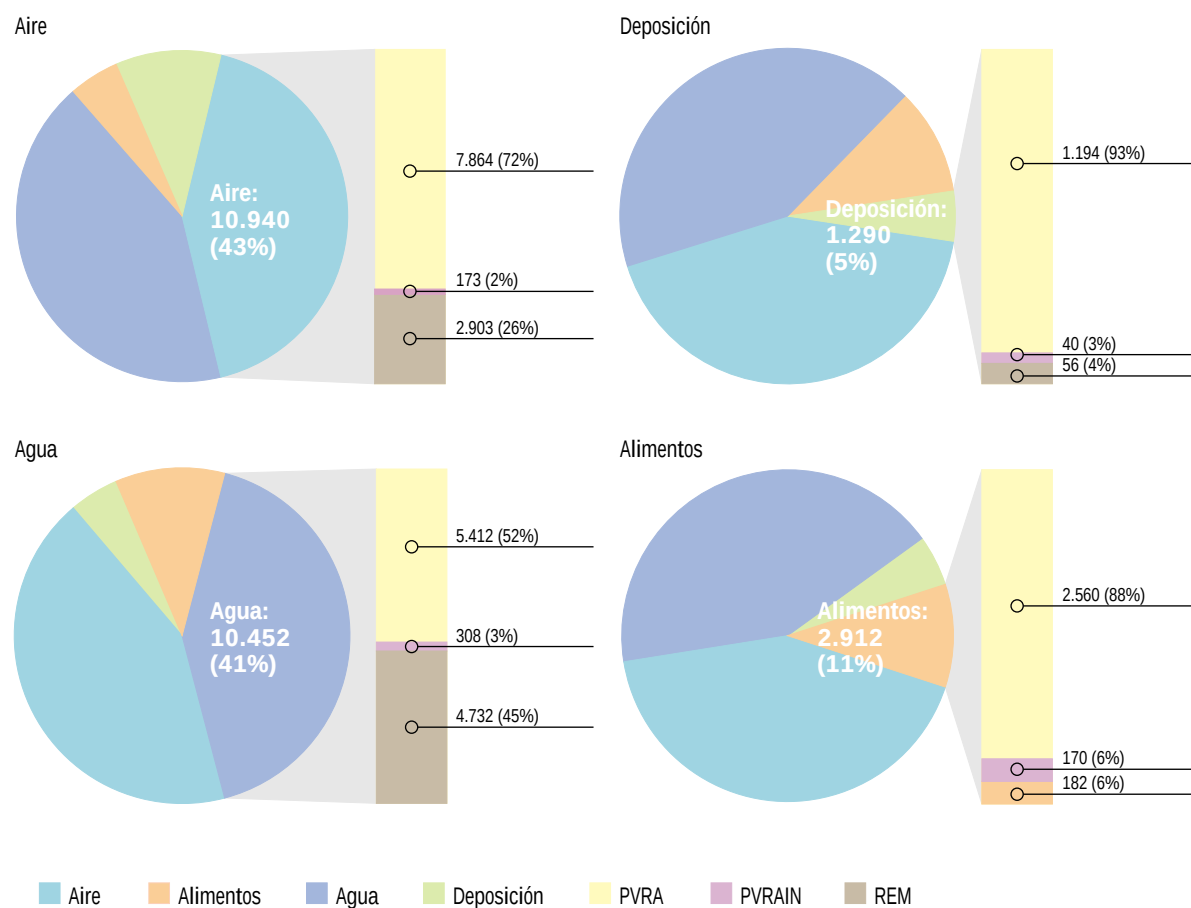
En esta figura se pone de manifiesto que el mayor número de muestras se recoge en las vías transitorias, es decir, aquellas que indican de manera casi inmediata

una alteración en los niveles de radiactividad ambiental, permitiendo de este modo, si fuera necesario, incrementar la frecuencia de muestreo en las vías integradoras y acumuladoras para estudiar la evolución de dichos niveles y tomar las medidas oportunas.

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

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 2001

Número de análisis realizados en cada vía



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



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

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

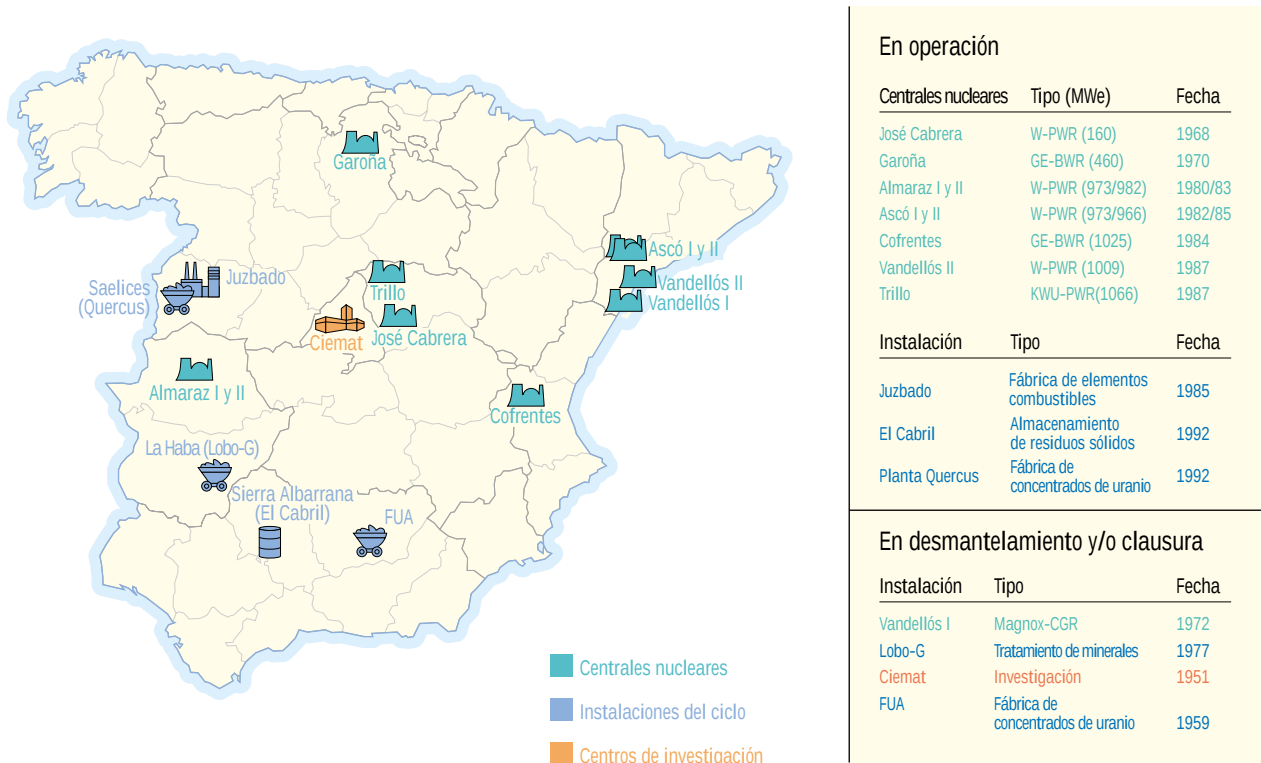
1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares

1.1. Centrales nucleares en operación

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

- 1ª generación. Centrales proyectadas en la década de los 60 cuya construcción se concluyó a finales de esa década o comienzos de los 70. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós I, esta última en fase de desmantelamiento.
- 2ª generación. Centrales proyectadas a comienzo de la década de los 70, cuya construcción se inició en la misma época y cuya explotación se inició en los primeros años de la década de los 80. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de Almaraz I y II, Ascó I y II y Cofrentes.
- 3ª generación. Centrales cuya construcción fue autorizada con posterioridad a la aprobación del Plan Energético Nacional en julio de 1979. Proyectadas a finales de la década de los 70, se inició su construcción a partir de 1979 y su explotación a finales de la década de los ochenta. Corresponden a esta generación las centrales nucleares de Vandellós II y Trillo.

Figura 2.1. Instalaciones nucleares y/o radiactivas en España



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

1.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental

Los programas de vigilancia siguen, en la actualidad, las recomendaciones de la Guía de Seguridad del CSN publicada en el año 1993, GS-4.01, *Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares*. En las figuras 2.2 a 2.7 se presenta, para cada vía de exposición, el número de estaciones de muestreo existentes en los PVRA de cada una de las centrales nucleares durante la campaña de 2001, así co-

mo el número de estaciones recomendado teniendo en cuenta los criterios establecidos en dicha guía, que se transcriben a la derecha de las mismas.

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

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

Tabla 2.1. Características de las centrales nucleares

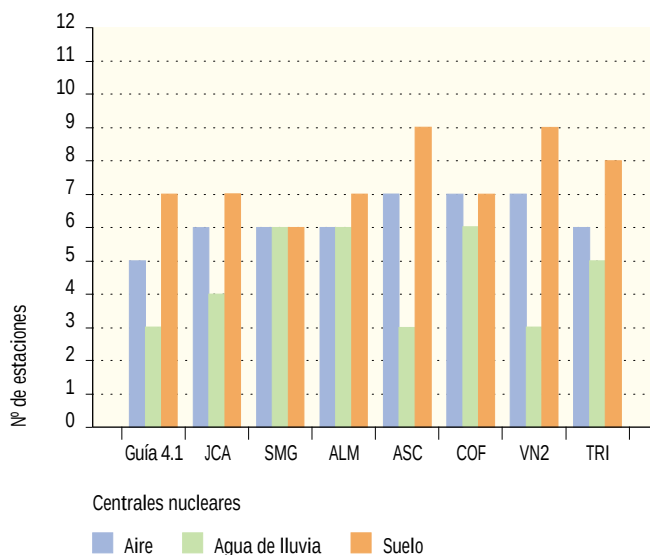
Central nuclear	Localidad (Provincia)	Tipo de reactor	Potencia eléctrica (*)	Puesta en marcha comercial
José Cabrera (JCA)	Almonacid de Zorita (Guadalajara)	PWR	160 MW	Año 1968
Santa Mª de Garoña (SMG)	Valle de Tobalina (Burgos)	BWR	460 MW	Año 1970
Almaraz (ALM)	Almaraz (Cáceres)	Unidad I PWR	973 MW	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 en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Aire y deposición



Crterios Guía 4.1

Aire (partículas de polvo y radioyodos)

- Una muestra en cada uno de los dos puntos con la máxima concentración a nivel del suelo situados en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público.
- Una muestra en cada una de las dos poblaciones cercanas con la máxima concentración prevista a nivel de suelo.
- Una muestra de control de una localización situada a una distancia entre 15 y 30 km donde la concentración prevista a nivel de suelo sea mínima.

Deposición (agua de lluvia y suelo)

Agua de lluvia (deposición húmeda)

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

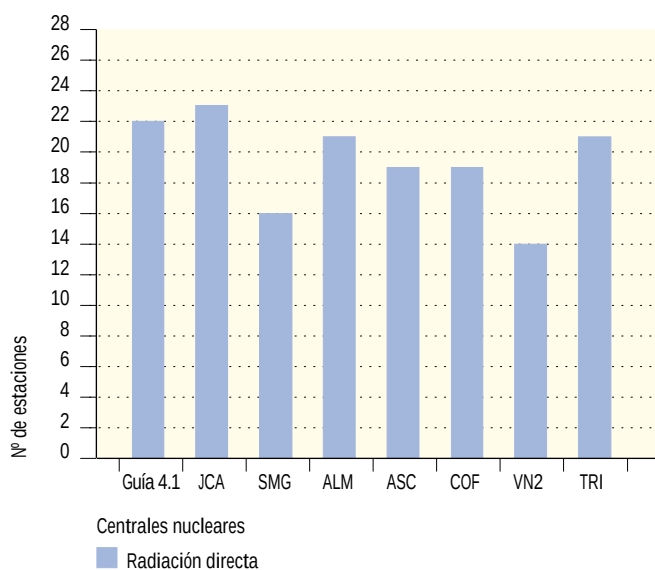
Suelo (deposición total)

- Una muestra en cada localización donde se recogen partículas.

Figura 2.3. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Radiación directa



Crterios Guía 4.1

Radiación directa

- Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada una de las 16 direcciones de la rosa de los vientos en aquellos puntos en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público donde se prevea la máxima concentración a nivel de suelo.
- Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada uno de los cinco o más núcleos de población representativos de la zona.
- Una estación de control con dos o más dosímetros, situada a una distancia superior a 15 km donde la concentración prevista a nivel del suelo sea mínima.
- Una muestra de cada uno de los dos puntos donde se prevea la máxima deposición.

Figura 2.4. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Agua potable, superficial y subterránea

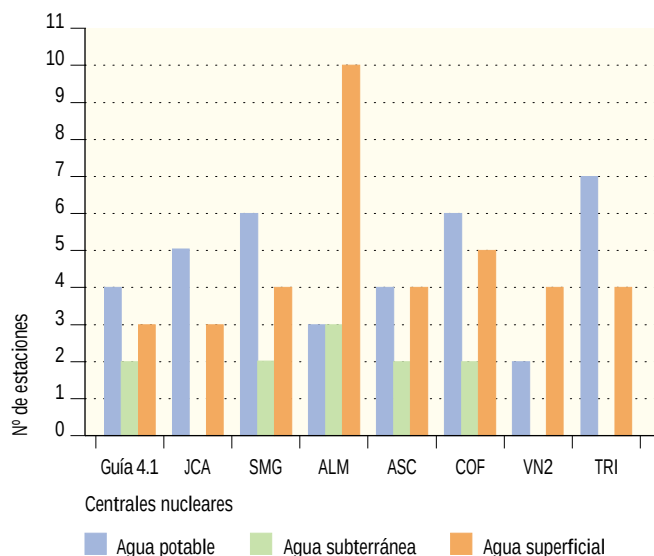
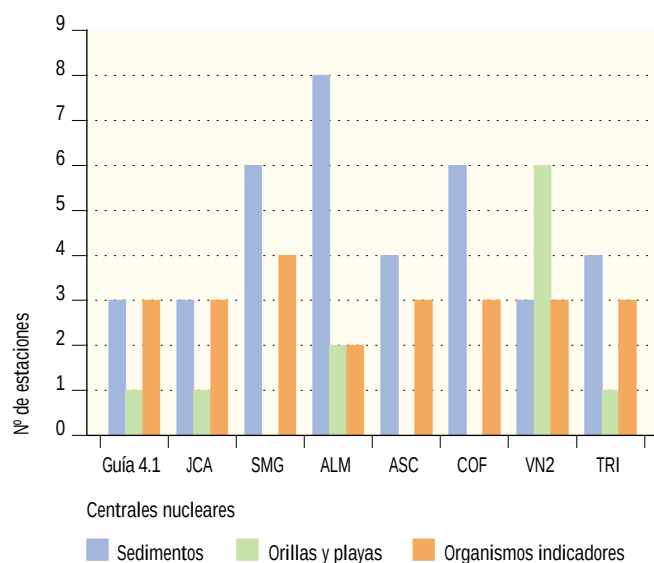


Figura 2.5. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Sedimentos de fondo, de orilla y organismos indicadores



Criterios Guía 4.1

Agua potable

- Una muestra en cada uno de los tres abastecimientos que puedan ser afectados por las descargas.
- Una muestra 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.

Criterios Guía 4.1

Sedimentos

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

Orillas y playas

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

Organismos indicadores

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

Figura 2.6. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)

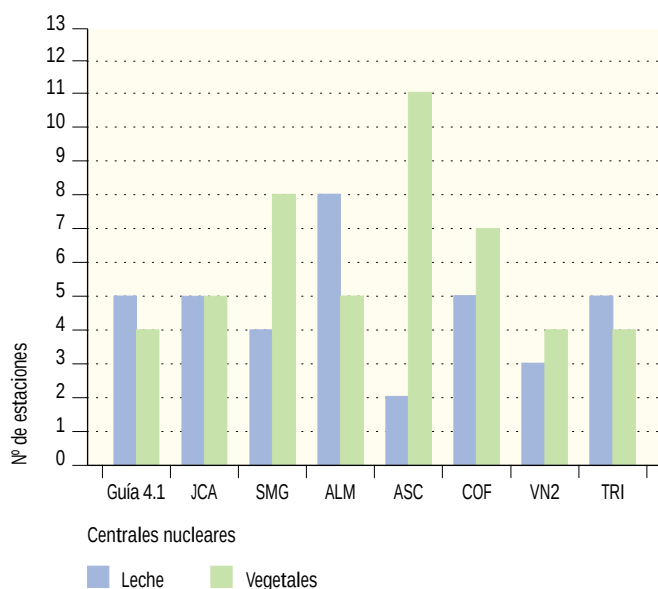
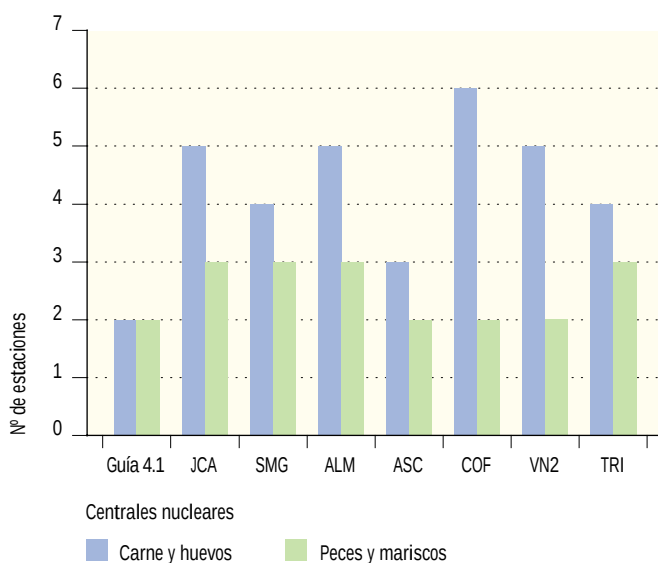


Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las centrales nucleares. Año 2001.

Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (carne, huevos, peces y mariscos)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Leche

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

Criterios Guía 4.1

Alimentos

Carnes y huevos

- Una muestra procedente de animales de cada especie principal alimentada con productos obtenidos en cada una de las zonas donde se prevea la máxima deposición y/o que beban aguas que puedan estar influidas por los efluentes líquidos.
- Una muestra de control de los mismos productos procedentes de los animales que consuman alimentos obtenidos entre 15 y 30 km en la zona donde se prevea la mínima deposición y/o que beban aguas no influidas por los efluentes líquidos.

Peces y mariscos

- Una muestra de cada especie principal, tanto en captura comercial como deportiva, en una zona que pueda estar influida por las descargas.
- Una muestra de control de las mismas especies procedentes de zonas no influidas por las descargas.

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

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

1.3. Resultados

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

- Del total de resultados obtenidos, se han seleccionado los correspondientes a los índices de actividad 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 debe tenerse en cuenta que algunos valores medios pueden estar sobreestimados.
- Partiendo de los datos anteriores, se ha representado gráficamente la evolución temporal de los valores medios anuales de concentración de actividad obtenidos para cada tipo de muestra en las distintas instalaciones; cuando existe discontinuidad entre periodos anuales, significa que todos los resultados obtenidos en ese periodo han sido inferiores al LID.
- Para la campaña del año 2001, objeto principal de este documento, se proporciona una información mas 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 2001. Puede ocurrir, en algunos casos, que se presente solamente la gráfica con la evolución temporal de los resultados, es decir, la del grupo (a), esto se debe a que en la campaña del año 2001, 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 cambiando los filtros semanalmente.

Índice de actividad beta total

La finalidad de esta medida es detectar de forma rápida cualquier posible cambio en los niveles de radiactividad ambiental y en caso de detectarse, realizar análisis específicos. Se realiza con frecuencia semanal, en cada uno de los filtros recogidos.

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

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

Sr-90

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

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

Como se observa en la figura 2.9a los valores históricos se mantienen dentro de un estrecho margen de variación y son coherentes con los niveles de fondo radiactivo, tanto por la baja proporción de valores detectados superiores al LID como por los niveles de concentración. En la campaña 2001 se han obtenido dos valores superiores al LID en la central José Cabrera y uno en la de Almaraz, todos ellos similares o inferiores a los de años anteriores y varios ordenes de magnitud por debajo del nivel de notificación establecido por el CSN que representa la concentración de actividad que podría dar lugar a los valores de dosis que limitan la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Espectrometría gamma

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

La presencia de isótopos de origen artificial es totalmente esporádica y siempre con valores próximos al LID. En la campaña 2001 únicamente se han obtenido

dos valores de cesio-137 en la central nuclear José Cabrera, algo más elevados que los detectados en años anteriores (figura 2.10a), aunque varios órdenes de magnitud inferiores al nivel de notificación establecido por el CSN que representa la concentración de actividad que podría dar lugar a los valores de dosis que limitan la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales.

Yodo

El control y seguimiento de los halógenos se lleva a cabo mediante el muestreo continuo de yodo-131, y su análisis con frecuencia semanal. El porcentaje de valores superiores al LID es habitualmente muy bajo, no habiéndose obtenido ninguno en la campaña del año 2001. 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 el valor medio de la campaña de 2001 es similar a los obtenidos en campañas anteriores como se ve en la figura 2.12a.

Figura 2.8a. Partículas de polvo en el aire. Evolución temporal del índice de actividad beta total
Valores medios en la zona vigilada

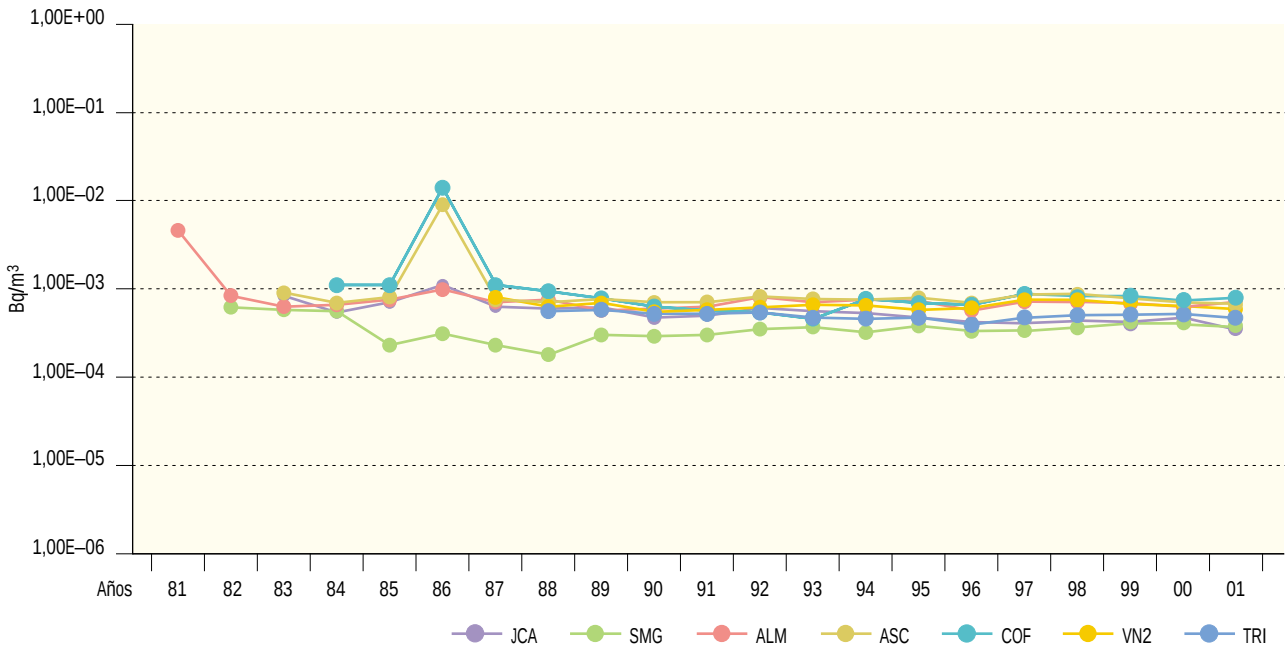
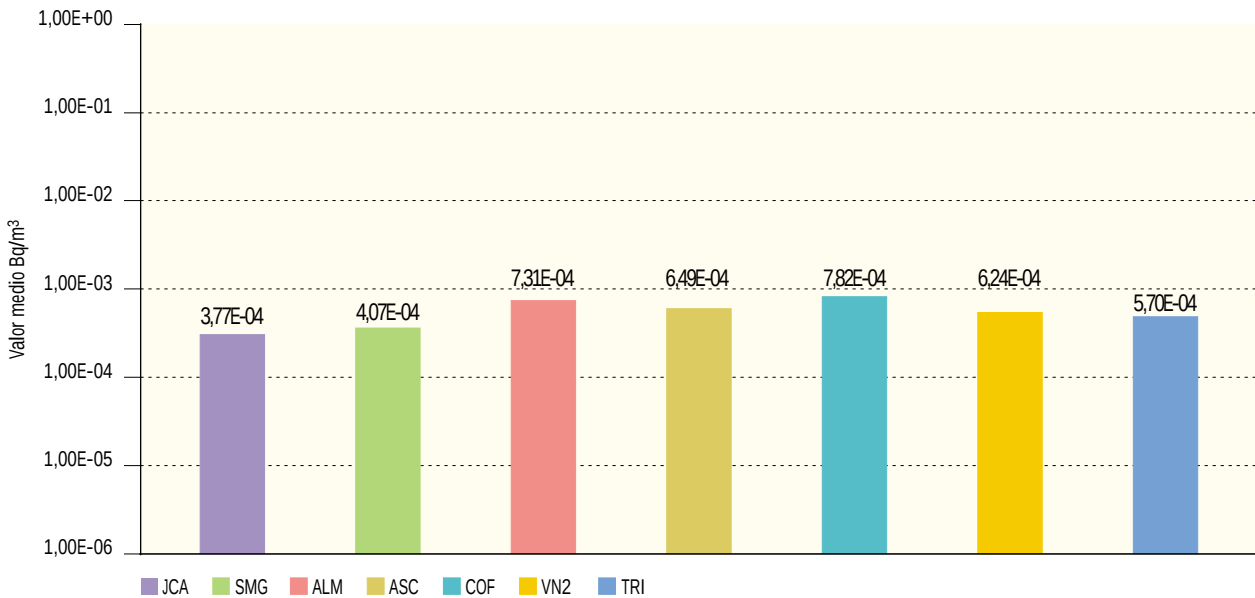


Figura 2.8b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	3,16E-03	9,64E-04	2,47E-03	1,97E-03	1,70E-03	1,49E-03	1,48E-03
Valor mínimo	4,53E-05	5,57E-05	6,80E-05	1,53E-04	9,63E-05	6,74E-05	1,02E-04
Nº total de análisis	310	311	312	361	364	361	312
Nº de análisis > LID	282	310	307	361	364	361	312
Nº de análisis < LID	28	1	5	0	0	0	0

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

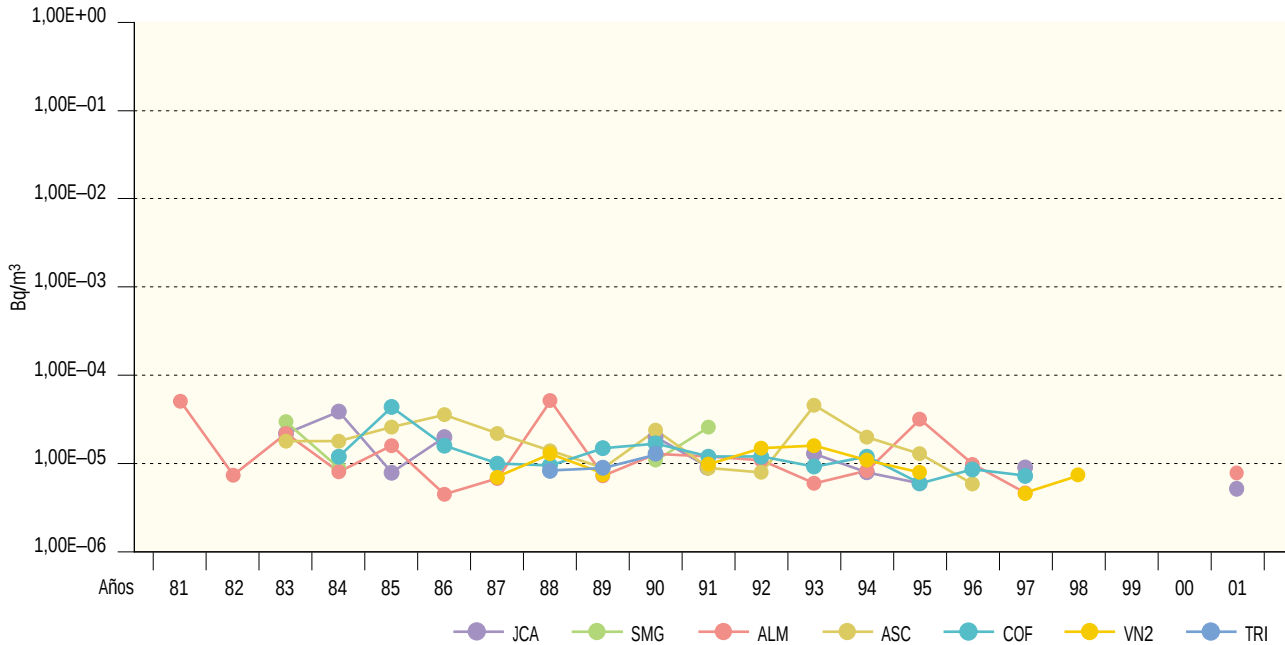
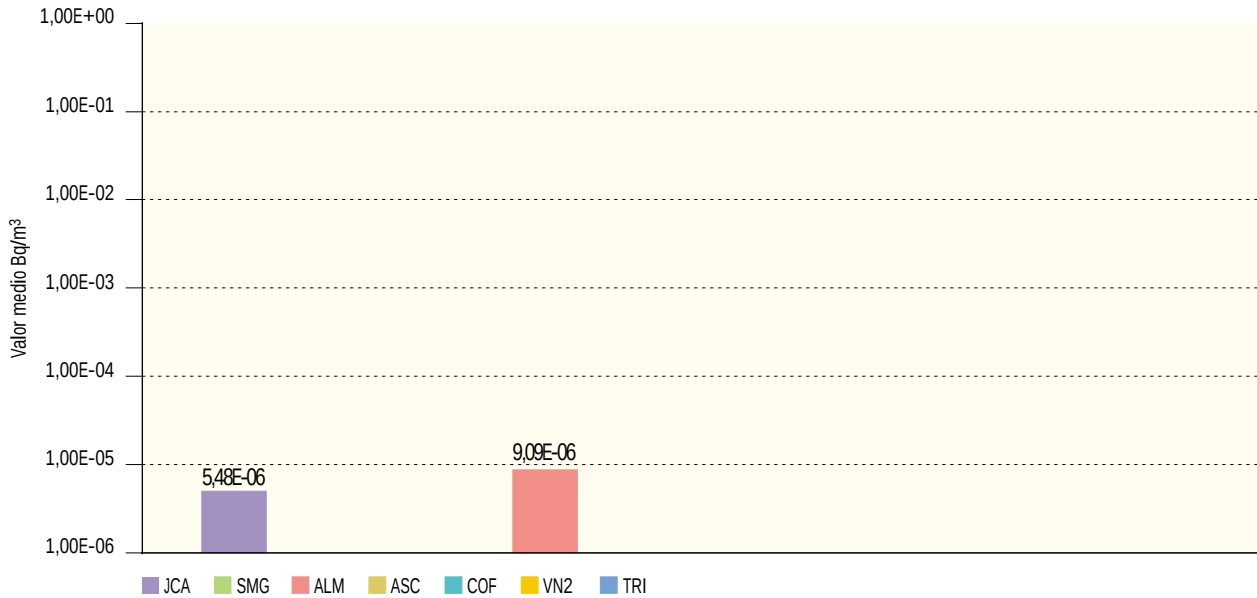


Figura 2.9b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	5,57E-06		9,09E-06				
Valor mínimo	5,39E-06		9,09E-06				
Nº total de análisis	24	24	24	28	28	28	24
Nº de análisis > LID	2	0	1	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	24	23	28	28	28	24

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

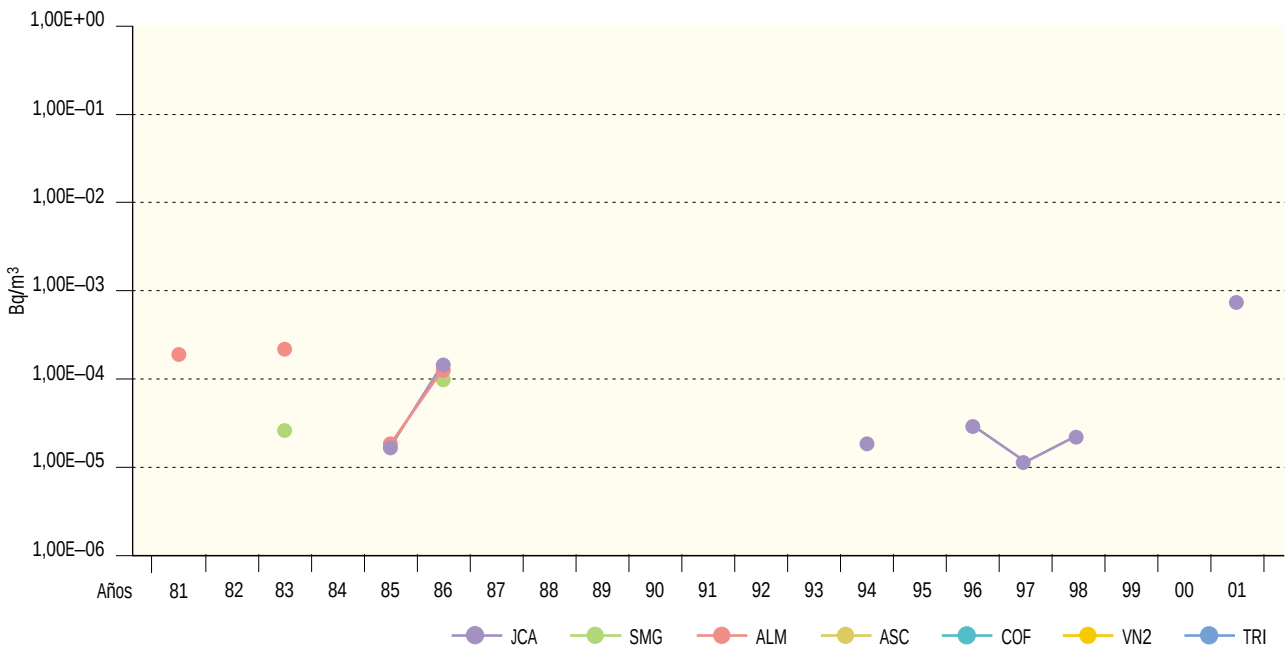
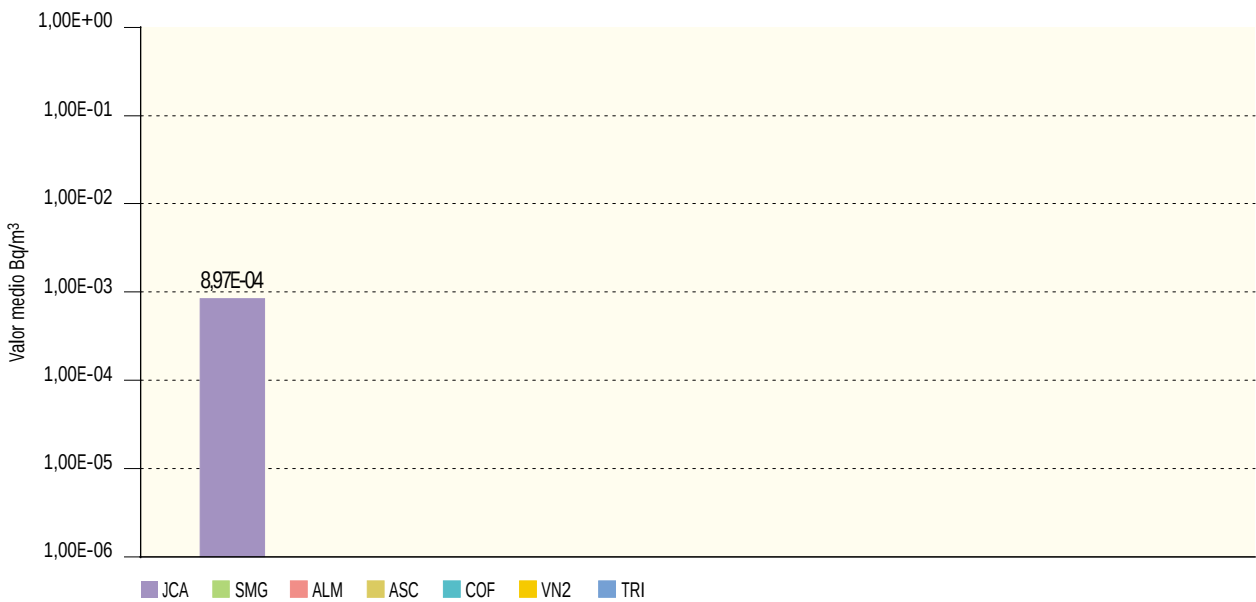


Figura 2.10b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,06E-04						
Valor mínimo	8,87E-04						
Nº total de análisis	24	24	24	28	28	28	24
Nº de análisis > LID	2	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	22	24	24	28	28	28	24

Figura 2.11a. Radioyodos en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

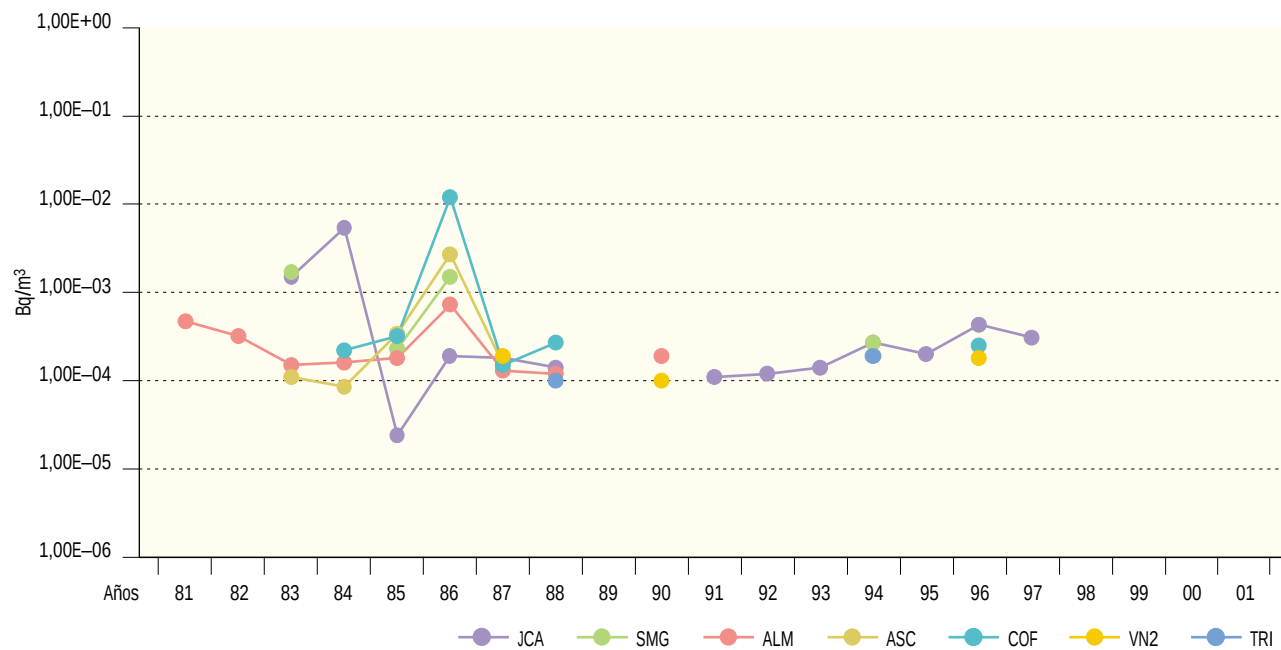


Figura 2.12a. Vapor de agua en el aire. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3
Valores medios en la zona vigilada

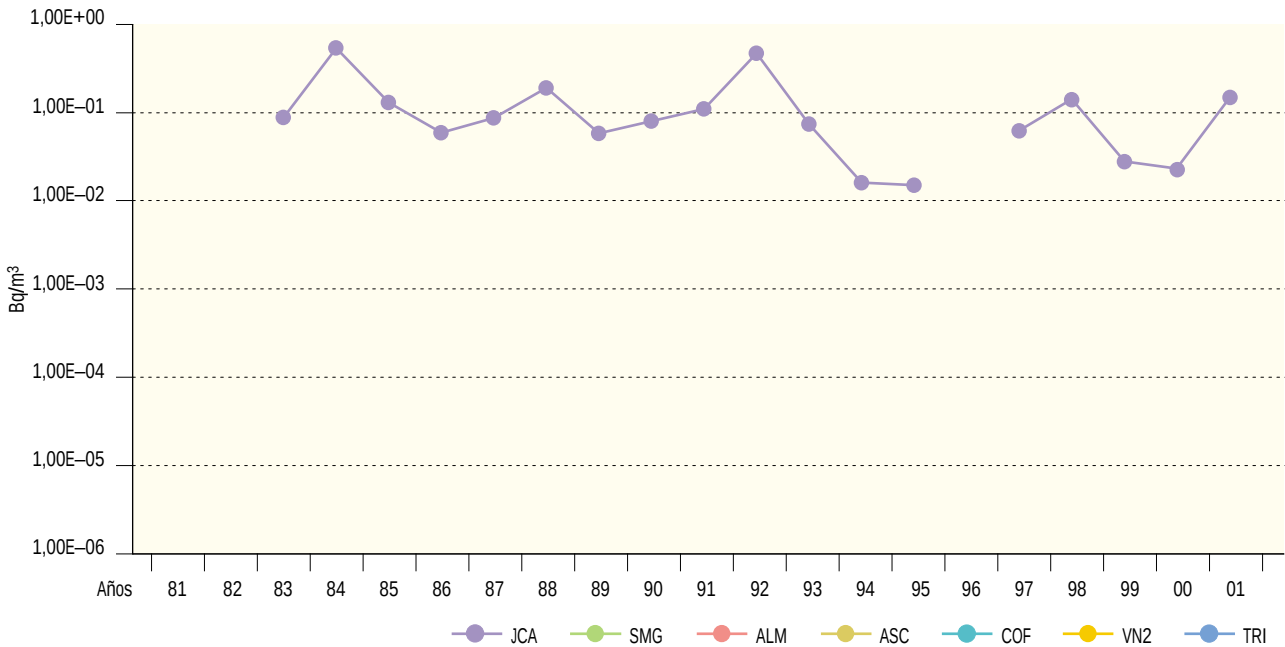
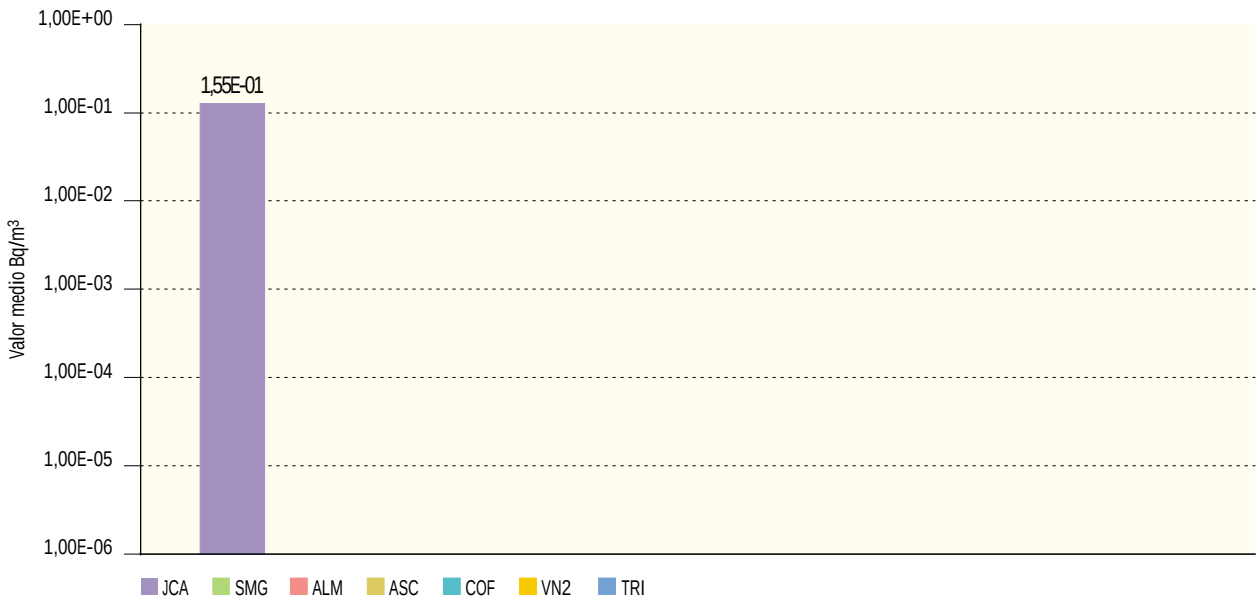


Figura 2.12b. Vapor de agua en el aire. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	6.04E-01						
Valor mínimo	4.55E-03						
Nº total de análisis	24	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis > LID	4	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	20	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 están en general próximos a 1 mSv/a y presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo, las fluctuaciones más notables se atribuyen a diferencias entre los laboratorios que efectúan las medidas, en cuanto a la obtención y expresión de los resultados, que están siendo actualmente objeto de estudio. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se presentan valores ligeramente superiores que son propios de las características geológicas del área geográfica donde se sitúa, como se confirma tanto con los valores preoperacionales como con los obtenidos en la estación testigo. En la figura 2.13b se observa que la central nuclear de Sta. Mª de Garoña realiza un mayor número de análisis debido a que dispone de dosímetros expuestos mensual y trimestralmente mientras que en el resto de las centrales este período de exposición es únicamente trimestral. Los valores medios obtenidos en la campaña de 2001 sufren un ligero descenso en Almaraz y se mantienen similares a la anterior campaña en los programas de las restantes instalaciones.

1.3.3. Deposición

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

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

Suelo: deposición total

La principal utilidad del muestreo de suelo en los PVRA es el estudio de la acumulación (se trata de una vía acumuladora) de isótopos de periodo relativamente

largo, que pueden ser emitidos por los efluentes gaseosos de la instalación. No obstante, la causa principal de que en el suelo se encuentren radionucleidos artificiales tales como el estroncio-90 y el cesio-137, es el fenómeno de la deposición del material radiactivo procedente de las explosiones nucleares. El accidente de Chernóbil también afectó a estas concentraciones.

Sr-90. Una de las principales causas de su presencia en los suelos es el ya referido poso radiactivo, por lo que las fluctuaciones que se observan en los gráficos 2.14a y 2.14b pueden estar relacionadas, fundamentalmente, con las características edafológicas de cada emplazamiento, que condicionan los procesos de migración de los distintos radionucleidos. Los valores medios más elevados se observan normalmente alrededor de la central nuclear de Almaraz. De acuerdo con lo dicho anteriormente, se observan variaciones igualmente en los resultados obtenidos en la vigilancia de ámbito nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones, los resultados de esta vigilancia en el año 2001 han estado comprendidos entre 0,42 y 14 Bq/kg seco, rango en el que se encuentran los valores presentados en la figura 2.14b.

Los valores del año 2001 en el entorno de las centrales nucleares están dentro del rango de los de las campañas anteriores.

Espectrometría gamma. Entre los isótopos de origen artificial se detecta el cesio-137 con valores de concentración superiores al LID en un porcentaje de análisis próximo al 100%; este isótopo, al igual que el estroncio-90, se detecta tanto en períodos 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 cobalto-60 por ser los únicos isótopos para los que se obtienen valores superiores al LID en esta campaña.

Los valores medios de cesio-137 obtenidos en 2001 son similares a los de campañas anteriores, aunque los de la zona vigilada de las centrales de Cofrentes y José Cabrera son los más bajos registrados hasta ahora en el desarrollo de sus PVRA, (figura 2.15a). Se ha obtenido un único valor de cobalto-60 en el entorno de la central de Santa María de Garoña que es más bajo que los de años anteriores, (figura 2.16a).

Figura 2.13a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)
Valores medios en la zona vigilada

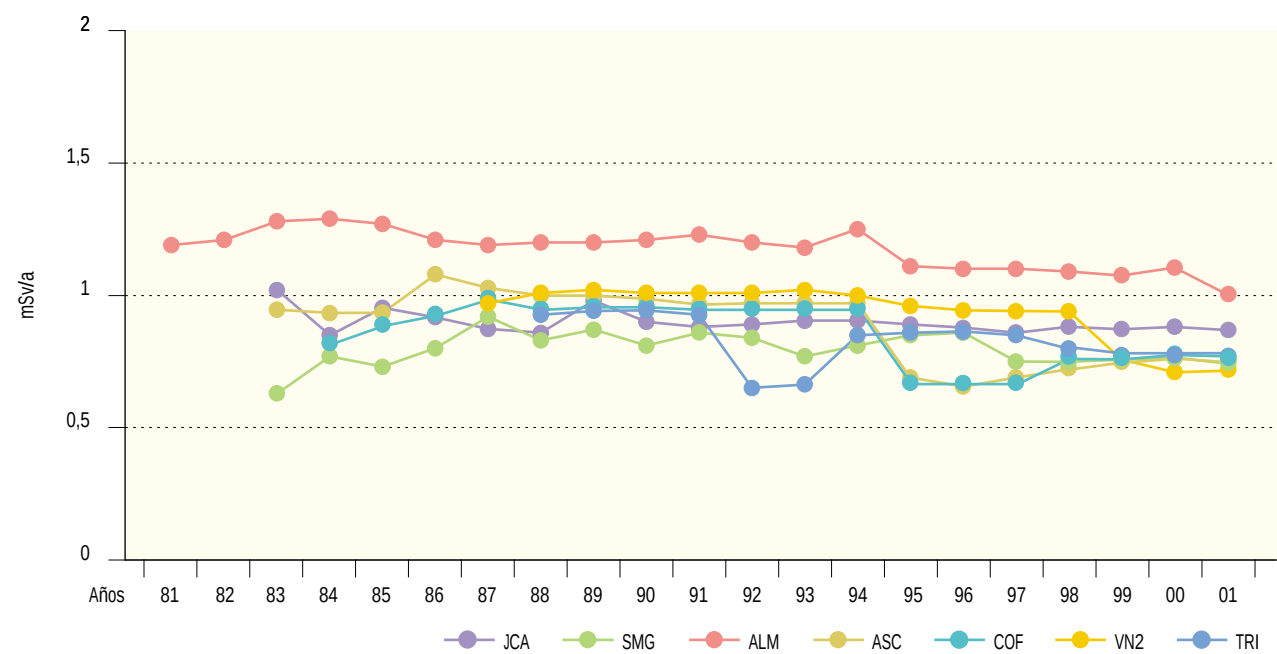
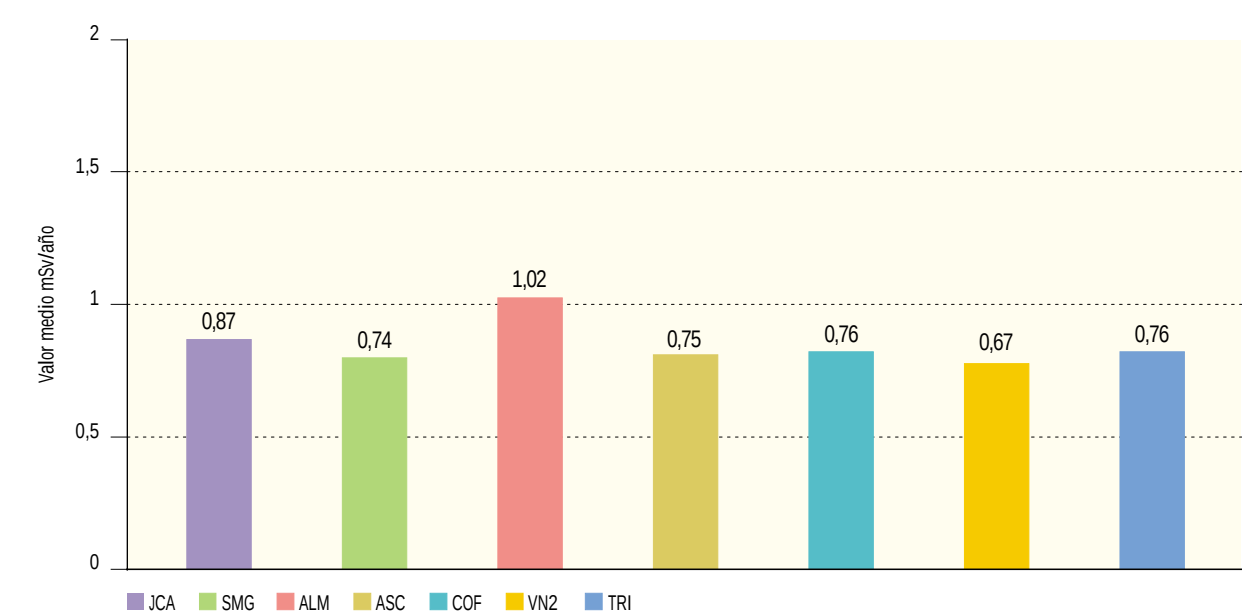


Figura 2.13b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL) (mSv/a)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,16	1,06	1,53	1,26	1,07	0,86	0,94
Valor mínimo	0,72	0,63	0,62	0,54	0,54	0,51	0,56
Nº total de análisis	98	256	83	76	75	56	82
Nº de análisis > LID	98	256	83	76	75	56	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

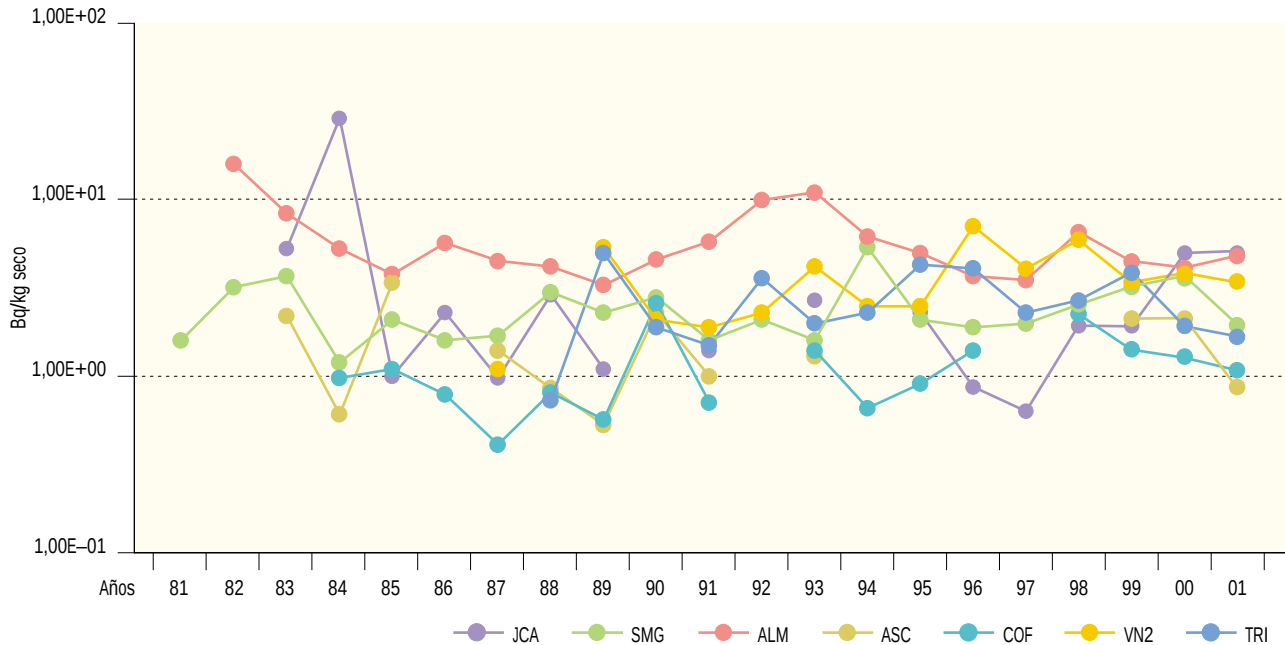
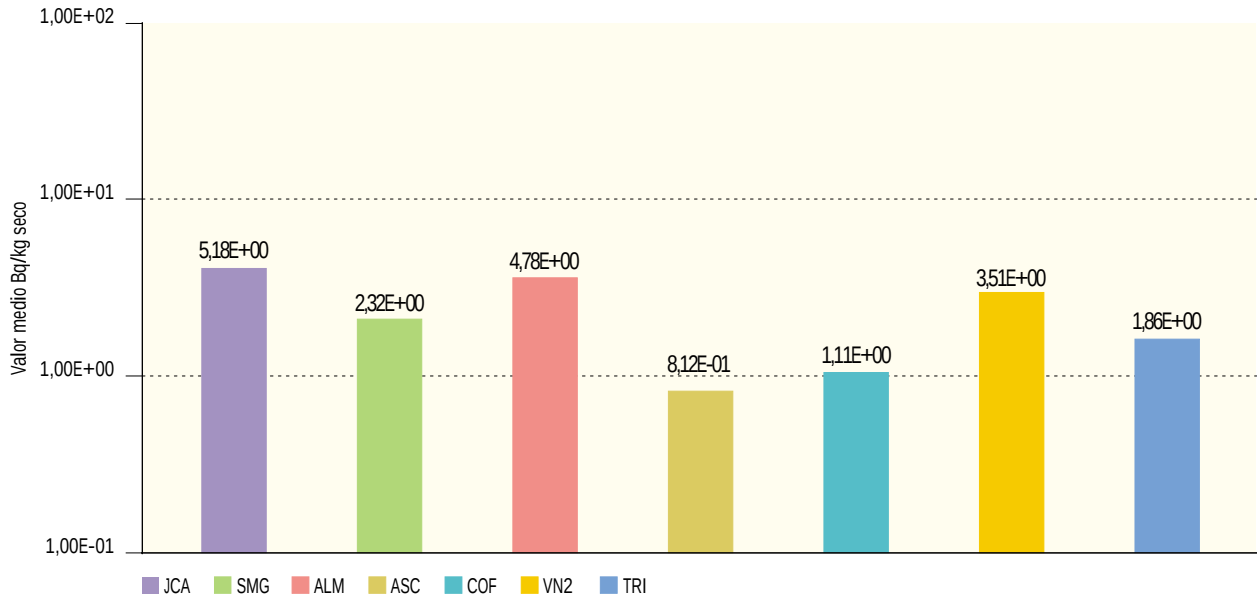


Figura 2.14b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,93E+00	2,89E+00	7,66E+00	1,36E+00	1,63E+00	7,37E+00	2,66E+00
Valor mínimo	1,87E+00	9,83E-01	2,24E+00	3,32E-01	6,10E-01	6,44E-01	9,64E-01
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	7	5	9	7
Nº de análisis < LID	0	0	0	2	2	0	1

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

Valores medios en la zona vigilada

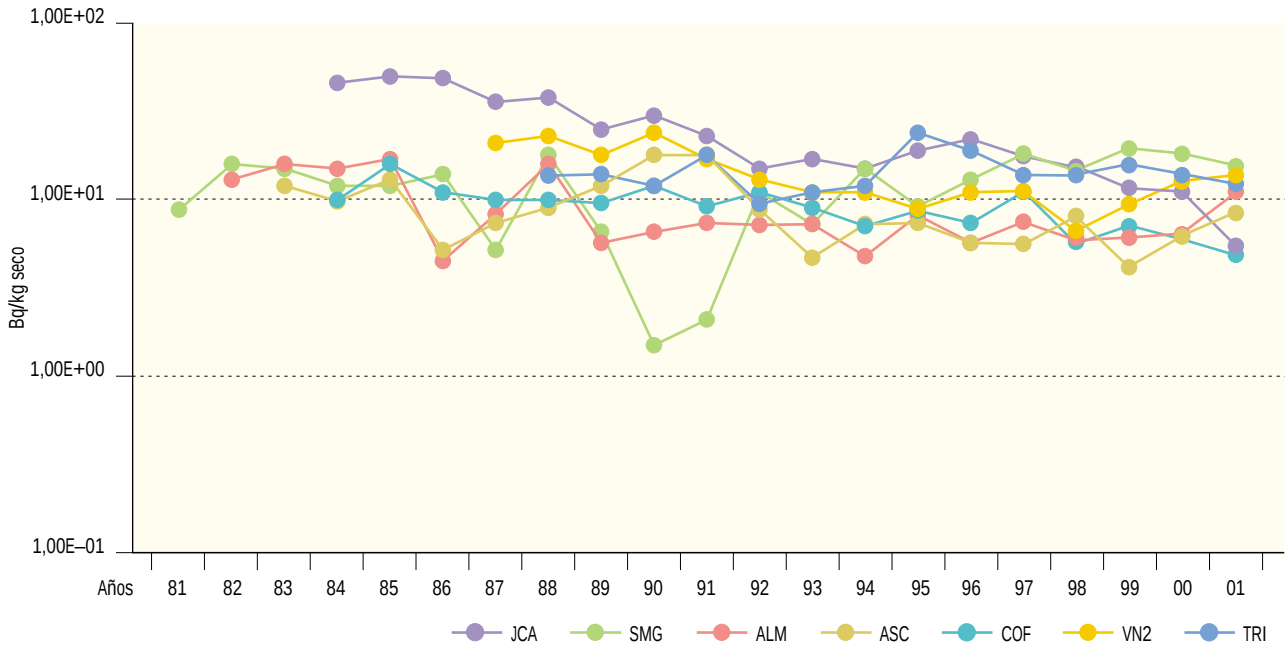
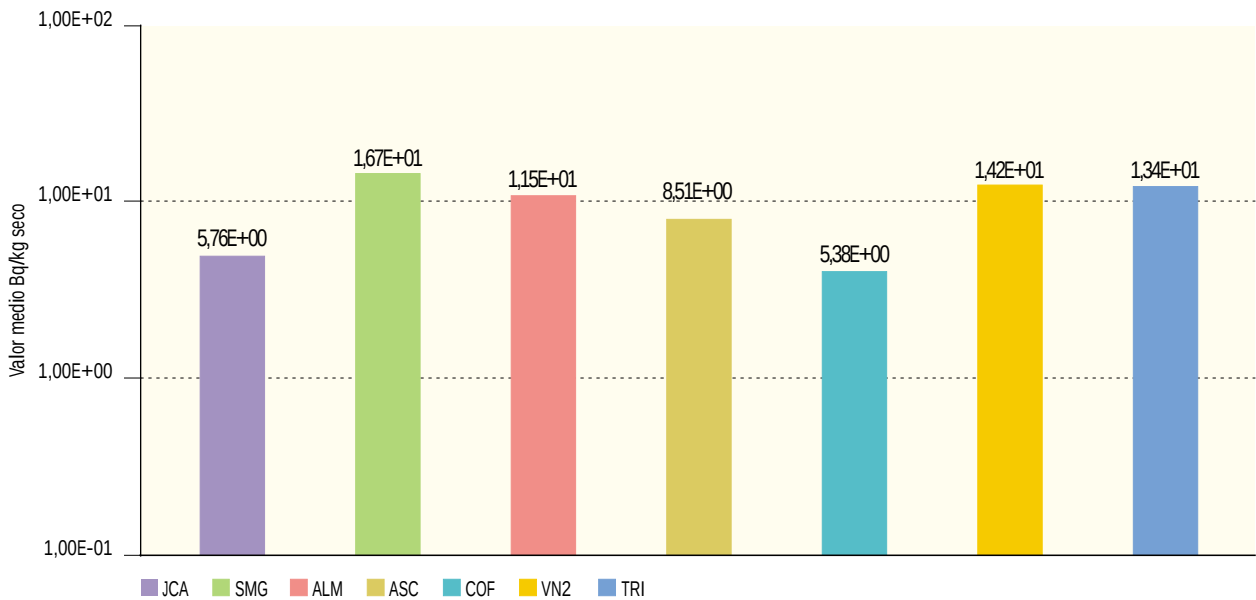


Figura 2.15b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)

Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,43E+01	2,73E+01	4,30E+01	1,53E+01	1,21E+01	2,22E+01	3,14E+01
Valor mínimo	3,84E-01	4,44E+00	1,27E+00	3,81E+00	1,15E+00	2,19E+00	5,33E-01
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	7	6	7	5	6	9	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	4	1	0	0

Figura 2.16a. Suelo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60
Valores medios en la zona vigilada

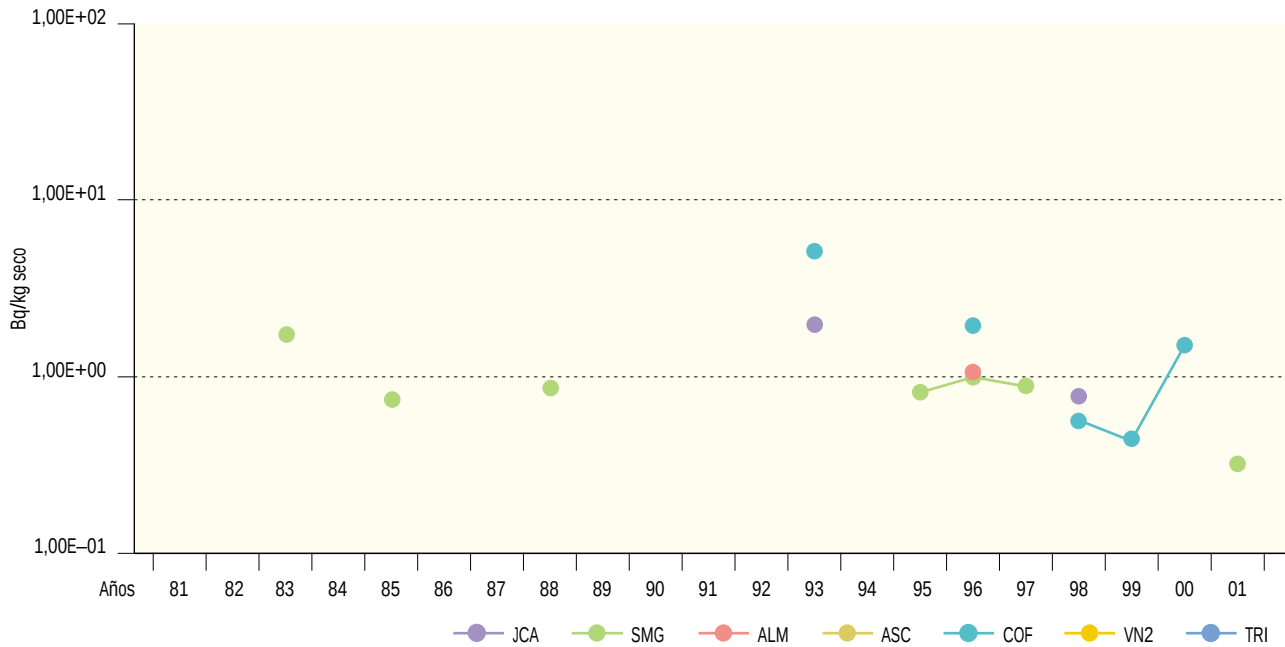
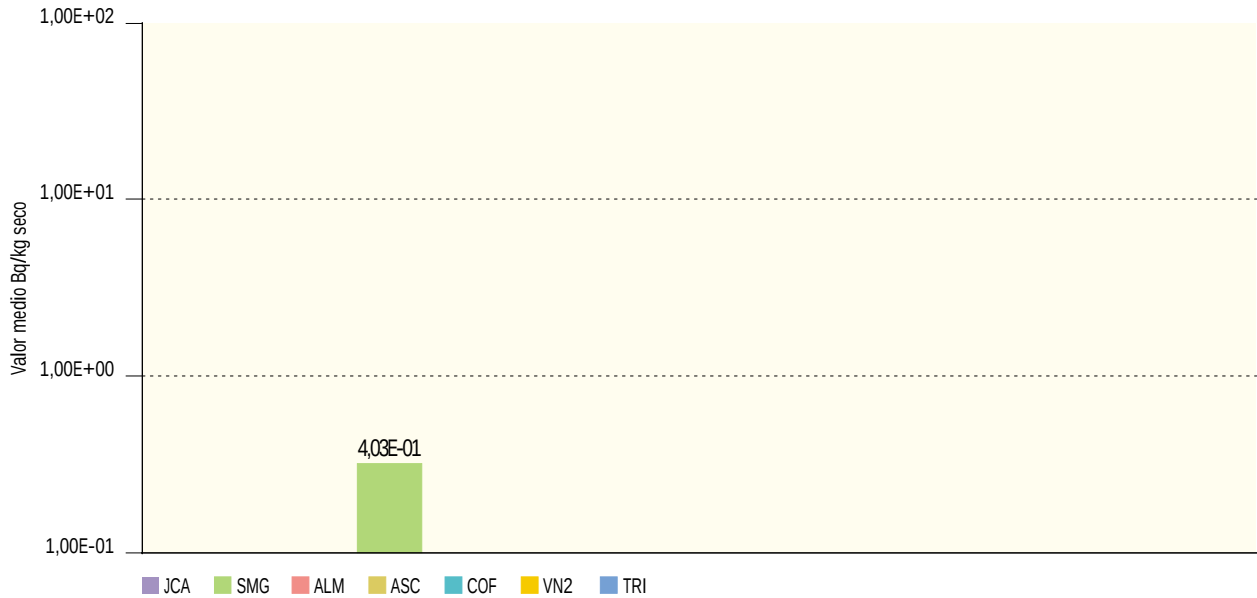


Figura 2.16b. Suelo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		4,03E-01					
Valor mínimo		4,03E-01					
Nº total de análisis	7	6	7	9	7	9	8
Nº de análisis > LID	0	1	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	7	5	7	9	7	9	8

1.3.4. Agua

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

Agua superficial

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

Índice de actividad beta total. El porcentaje de detección de valores de concentración superiores a los LID se sitúa próximo al 100%. Al igual que en las muestras de aire, la finalidad de esta medida es detectar cualquier posible cambio en los niveles de radiactividad ambiental, y en caso de detectarse, realizar análisis específicos.

En la figura 2.17a 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, siendo los valores medios de la campaña del 2001 similares a los obtenidos en años anteriores; el descenso observado en el caso de la central nuclear de Cofrentes desde el año 1995 se relaciona con la sustitución de un punto de muestreo en la desembocadura del río Júcar precisamente para evitar la influencia de la intrusión de aguas marinas.

Índice de actividad beta resto. Esta medida proporciona los valores de actividad beta, una vez que a la concentración de beta total le ha sido sustraída la correspondiente al potasio-40. Tanto los valores de concentración co-

mo el porcentaje de medidas detectadas, desciende en relación con los observados para la medida de beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente. Los valores medios obtenidos para este índice de actividad en 2001 son similares a los de años anteriores. Los obtenidos en el programa de vigilancia de las centrales José Cabrera y Almaraz son ligeramente más bajos que los registrados hasta ahora en el desarrollo de sus PVRA.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza únicamente en la central nuclear de Ascó y hasta el año 1994 se realizó también en la central de Almaraz, por lo que no se incluye la representación gráfica de tipo (b). El número de medidas realizadas en el 2001 ha sido de 16 y el porcentaje de medidas con valores superiores al LID es de un 44%. El valor medio obtenido es más bajo que los de campañas anteriores.

Tritio H-3. La proporción de muestras que presentan valores de concentración superiores al LID así como los valores de concentración obtenidos son variables en cada central. Estas variaciones son función de las características de cada instalación, del medio receptor de los efluentes (río, embalse o mar) y de las condiciones meteorológicas (sequía o pluviosidad abundante). En las muestras de las centrales de Cofrentes y Santa María de Garoña se obtiene un 50% y un 6% respectivamente de valores por encima del LID. Estos dos centrales son del tipo de agua en ebullición y vierten menor cantidad de tritio en sus efluentes líquidos que las de agua a presión. En la central de Ascó que vierte al río Ebro, el porcentaje es del 50% y en la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se obtienen un 12% de resultados superiores al LID. En el caso de las centrales que vierten sus efluentes líquidos en el Tajo, Trillo y José Cabrera en la cabecera y la central de Almaraz en un embalse, los porcentajes de valores superiores al LID son el 75% y 73% respectivamente.

Los valores medios de la campaña de 2001 son similares a los de años anteriores excepto el obtenido en la central Santa María de Garoña que es más elevado que los de las otras campañas como se ve en la figura 2.20a. Este aumento es debido a dos valores registrados en una estación en la que se recogen muestras por primera

vez, que está situada en el punto de descarga de la instalación antes del vertido al embalse de Sobrón. En los puntos situados aguas abajo de éste solo se detecta un valor y similar al LID. El valor obtenido en la central José Cabrera también es el más elevado del PVRA, aunque en este caso es similar a los anteriores.

Espectrometría gamma. Los valores de concentración de radionucleidos artificiales son sistemáticamente inferiores al LID, por lo que no se incluye representación gráfica. En el año 2001 se obtiene un valor de cobalto-58 superior al LID en una muestra del programa de vigilancia de la central nuclear Vandellós II, coincidiendo con un aumento en los efluentes emitidos en los meses previos a su recogida. Este valor es inferior al obtenido, por primera vez en el PVRA, en la campaña de 2000.

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 2001 supera los niveles de notificación del CSN que representan las concentraciones de actividad que podrían dar lugar a los valores de dosis establecidos por el CSN para limitar la emisión de efluentes durante el funcionamiento de las centrales. Tampoco superan los indicados en la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano.

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

Índice de actividad beta total. Tal y como se observa en las gráficas siguientes, los resultados obtenidos para cada instalación en los distintos períodos de muestreo son bastante homogéneos. Las concentraciones de beta total detectadas son debidas, fundamen-

talmente, a la concentración de potasio-40 presente en las muestras. Los valores medios del año 2001 del PVRA de las centrales Vandellós II y Cofrentes son ligeramente más bajos que los obtenidos hasta ese momento en dicho programa.

Índice de actividad beta resto. En esta medida, como ya se ha indicado, se determina el contenido de actividad beta, una vez sustraído el aporte correspondiente al potasio-40. En las gráficas adjuntas se puede observar que tanto los niveles de actividad como el número de resultados superiores al LID, disminuyen en relación con los datos obtenidos para el índice de actividad beta total. En la campaña de 2001 se han detectado valores en los programas de las centrales de Almaraz, Ascó y Trillo, siendo los valores medios de todas ellas los más bajos obtenidos hasta este momento en el PVRA.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza en los distintos PVRA, con excepción de las muestras correspondientes a la central nuclear Vandellós II. Los valores obtenidos en estos últimos años así como el número de resultados que superan el LID han descendido en relación con los de anteriores campañas. En el 2001 se han obtenido valores sólo en las centrales Santa María de Garoña, José Cabrera y Ascó, siendo los valores medios de estas dos últimas los más bajos obtenidos en esas instalaciones hasta ahora.

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 2001 son similares a los de campañas anteriores, aunque el valor detectado en la central Vandellós II es ligeramente más elevado que los 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 2.17a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

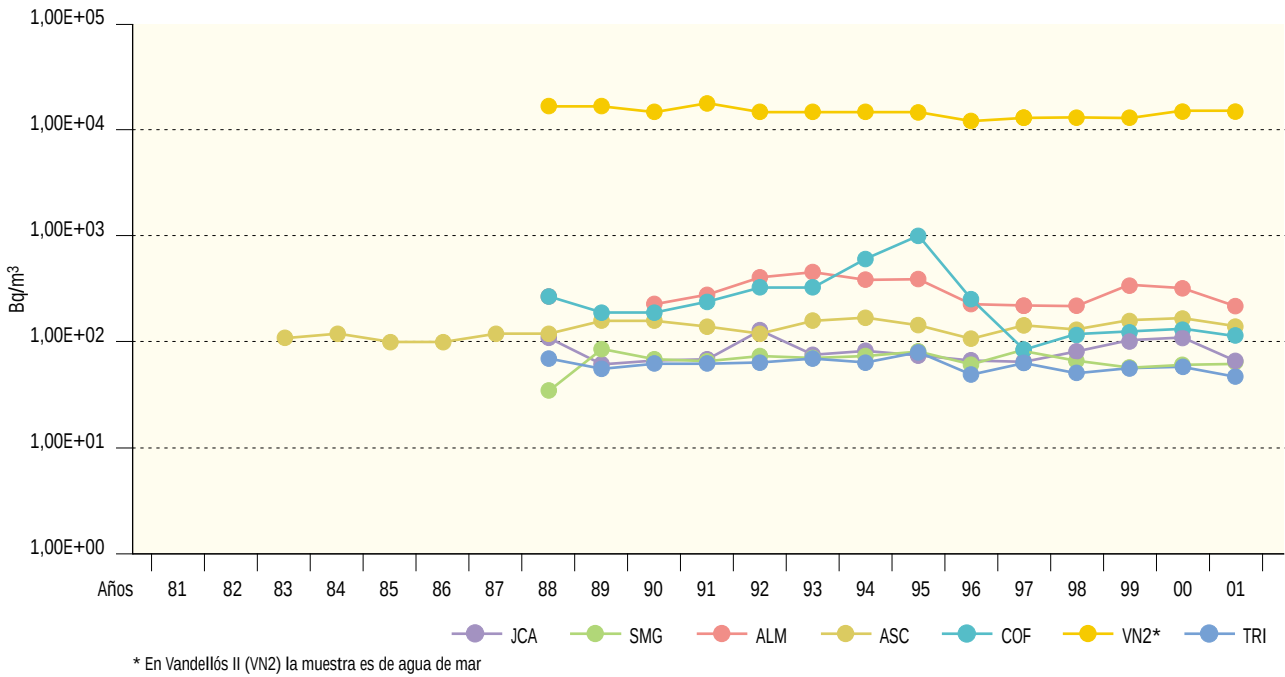
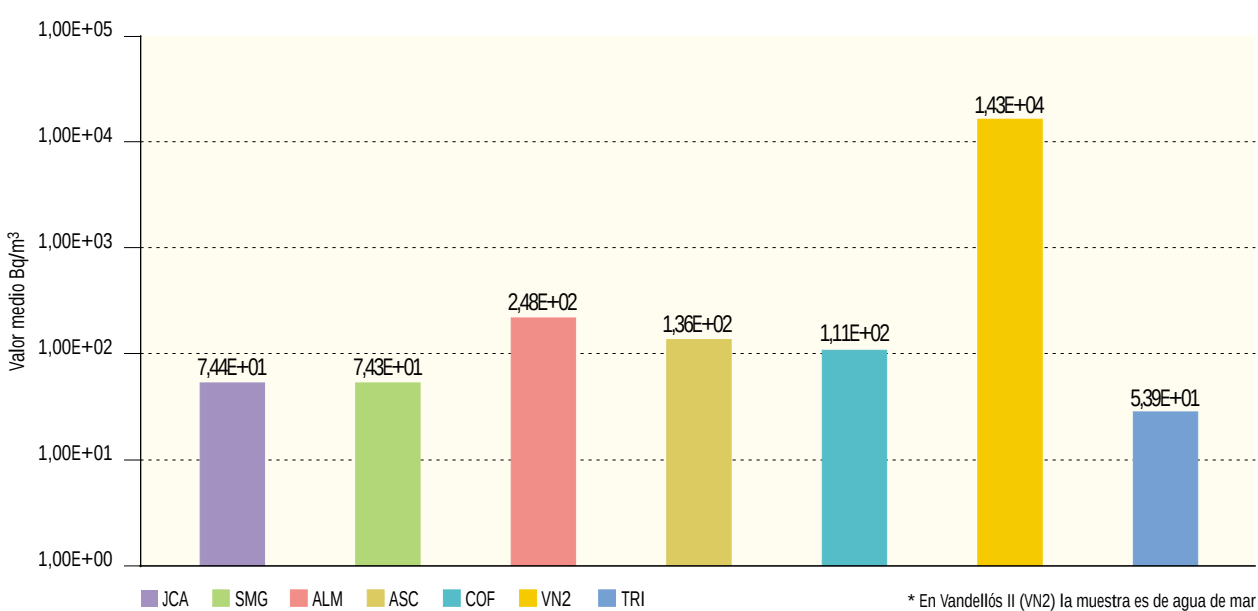


Figura 2.17b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	1,30E+02	1,37E+02	5,01E+02	2,08E+02	5,02E+02	1,56E+04	1,20E+02
Valor mínimo	3,26E+01	3,92E+01	6,23E+01	7,55E+01	7,33E+01	1,08E+04	3,66E+01
Nº total de análisis	36	16	127	16	60	16	48
Nº de análisis > LID	23	15	127	16	60	16	46
Nº de análisis < LID	13	1	0	0	0	0	2

Figura 2.18a. Agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta resto
Valores medios en la zona vigilada

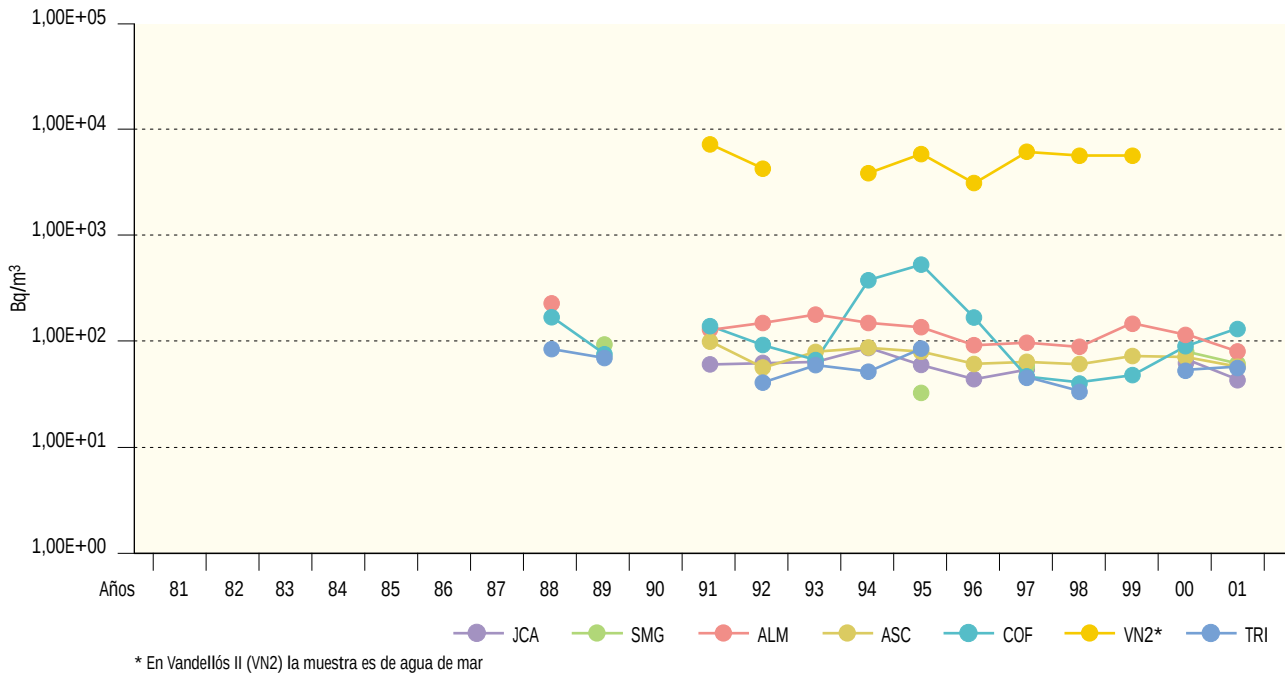
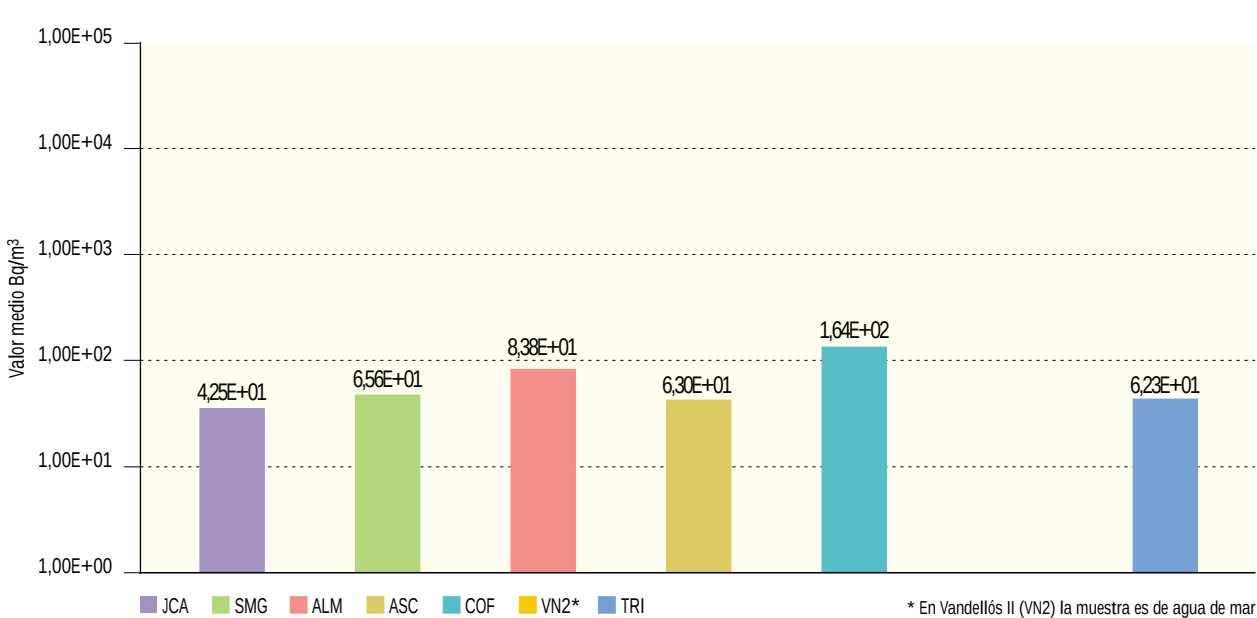


Figura 2.18b. Agua superficial. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	6,07E+01	8,35E+01	1,99E+02	6,30E+01	1,64E+02		6,23E+01
Valor mínimo	2,66E+01	4,17E+01	2,97E+01	6,30E+01	1,64E+02		6,23E+01
Nº total de análisis	36	16	127	16	60	16	48
Nº de análisis > LID	7	3	48	1	1	0	1
Nº de análisis < LID	29	13	79	15	59	16	47

Figura 2.19a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

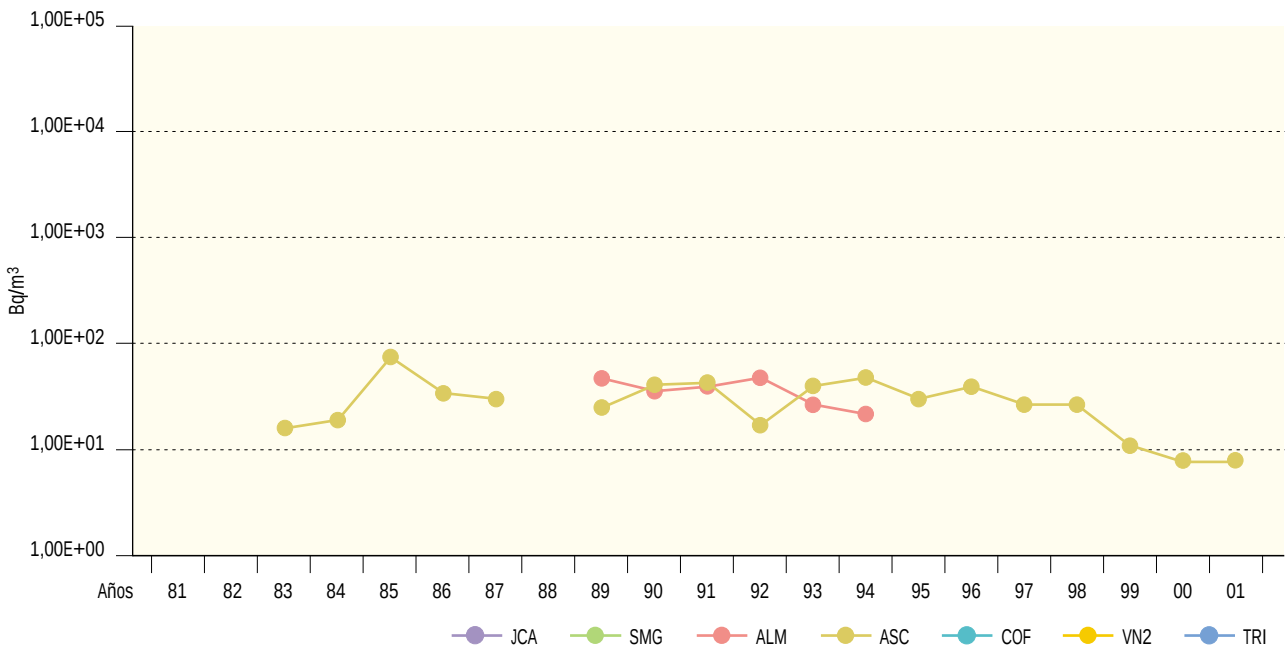
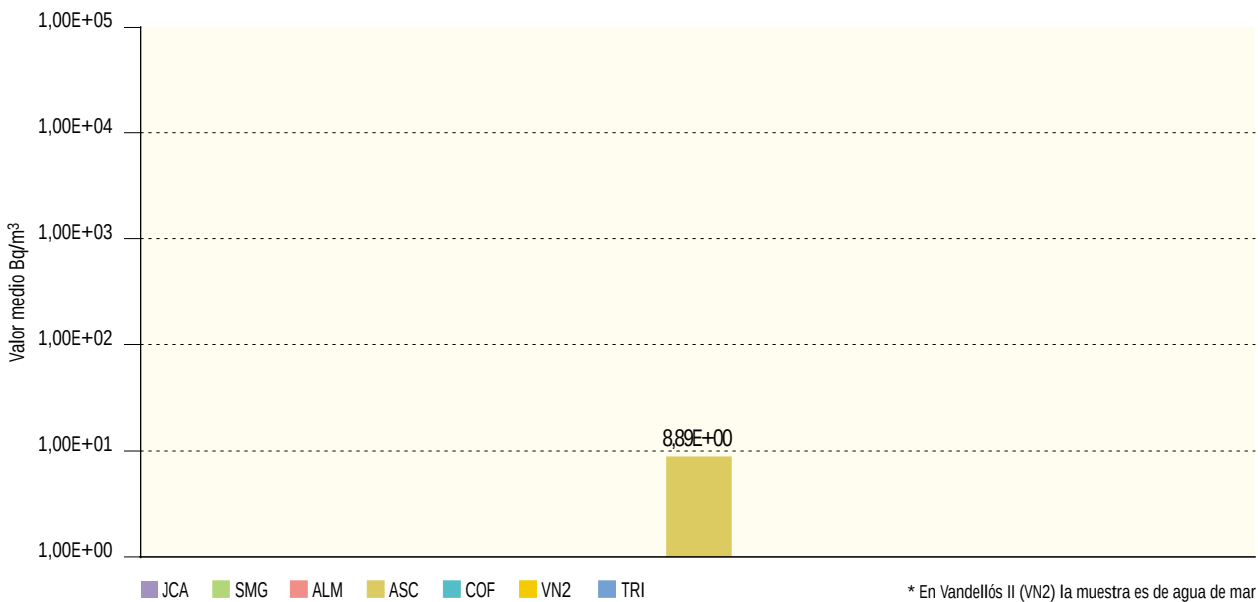


Figura 2.19b. Agua superficial. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo				1,19E+01			
Valor mínimo				7,29E+00			
Nº total de análisis	0	0	0	16	0	0	0
Nº de análisis > LID	0	0	0	7	0	0	0
Nº de análisis < LID	0	0	0	9	0	0	0

Figura 2.20a. Agua superficial. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3
Valores medios en la zona vigilada

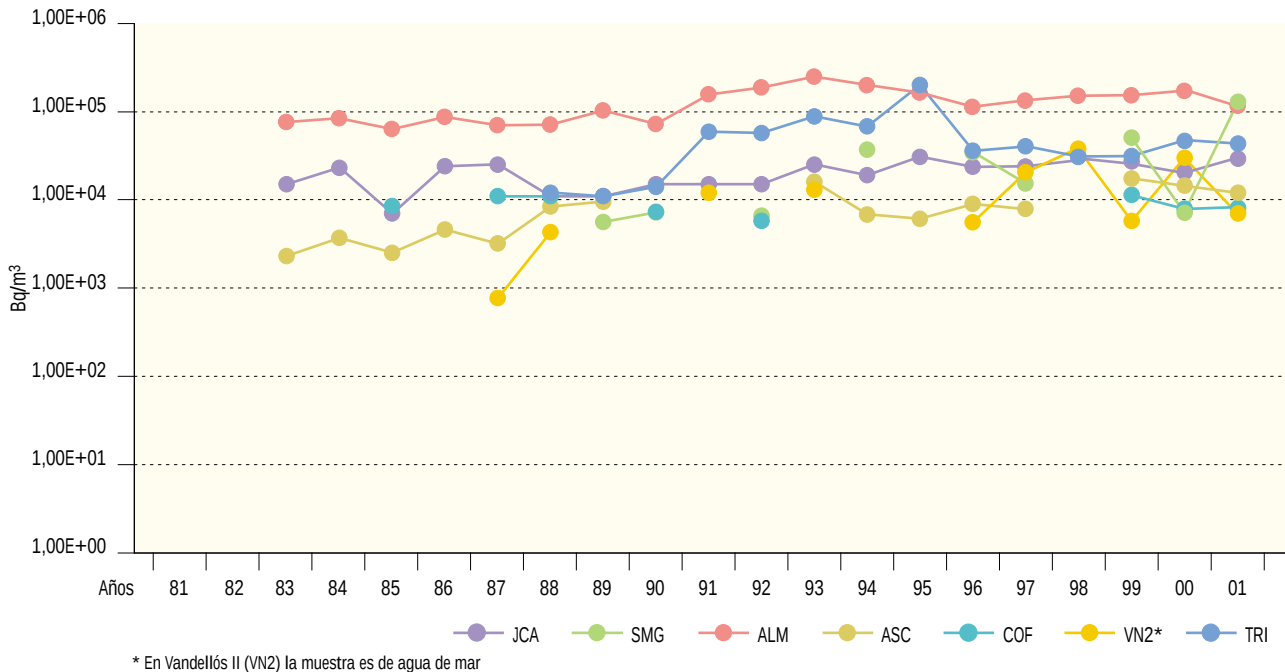
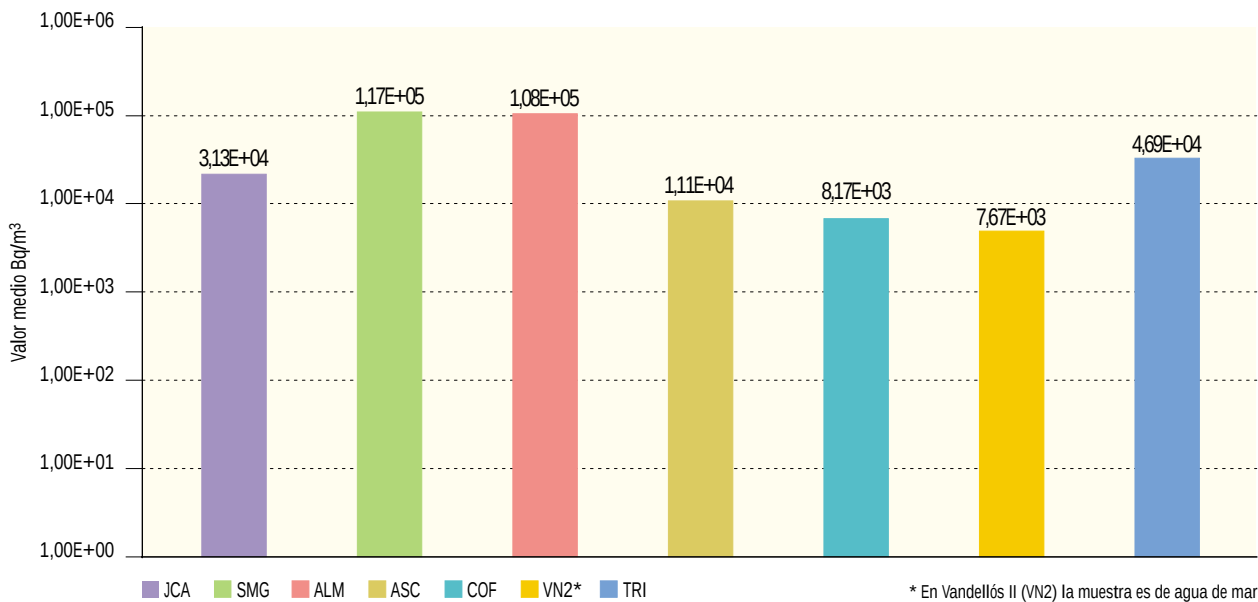


Figura 2.20b. Agua superficial. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2*	TRI
Valor máximo	9,35E+04	2,45E+05	2,15E+05	2,75E+04	1,21E+04	8,52E+03	1,69E+05
Valor mínimo	1,00E+04	6,57E+03	5,01E+03	5,58E+03	6,11E+03	6,81E+03	1,12E+04
Nº total de análisis	12	48	56	16	20	16	16
Nº de análisis > LID	10	3	41	8	10	2	12
Nº de análisis < LID	2	45	15	8	10	14	4

Figura 2.21a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total
Valores medios en la zona vigilada

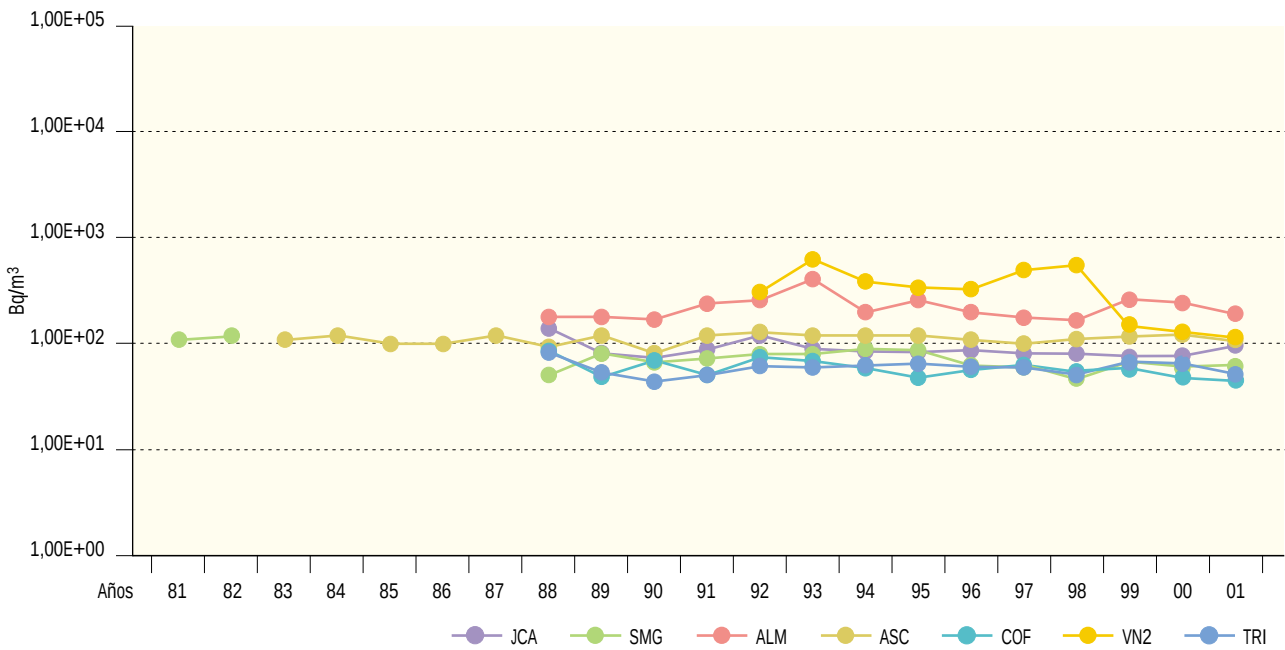
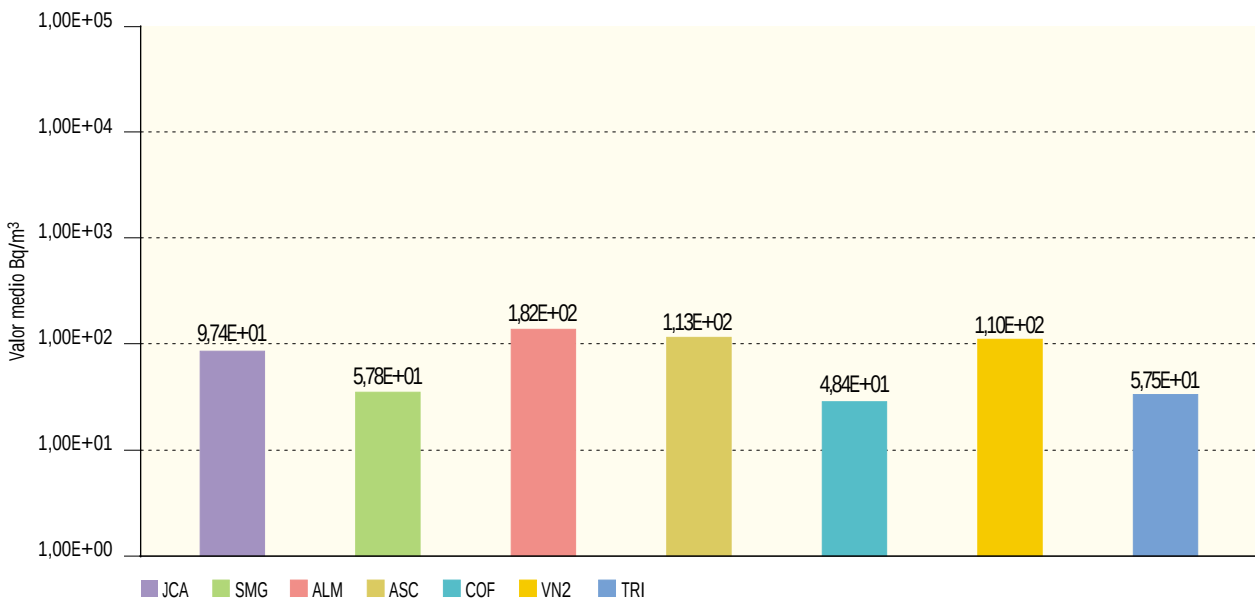


Figura 2.21b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,78E+02	1,18E+02	3,31E+02	1,88E+02	7,07E+01	1,60E+02	9,46E+01
Valor mínimo	4,04E+01	3,19E+01	3,07E+01	6,08E+01	2,91E+01	7,57E+01	3,16E+01
Nº total de análisis	20	24	36	48	24	4	28
Nº de análisis > LID	10	15	27	48	13	4	18
Nº de análisis < LID	10	9	9	0	11	0	10

Figura 2.22a. Agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta resto
Valores medios en la zona vigilada

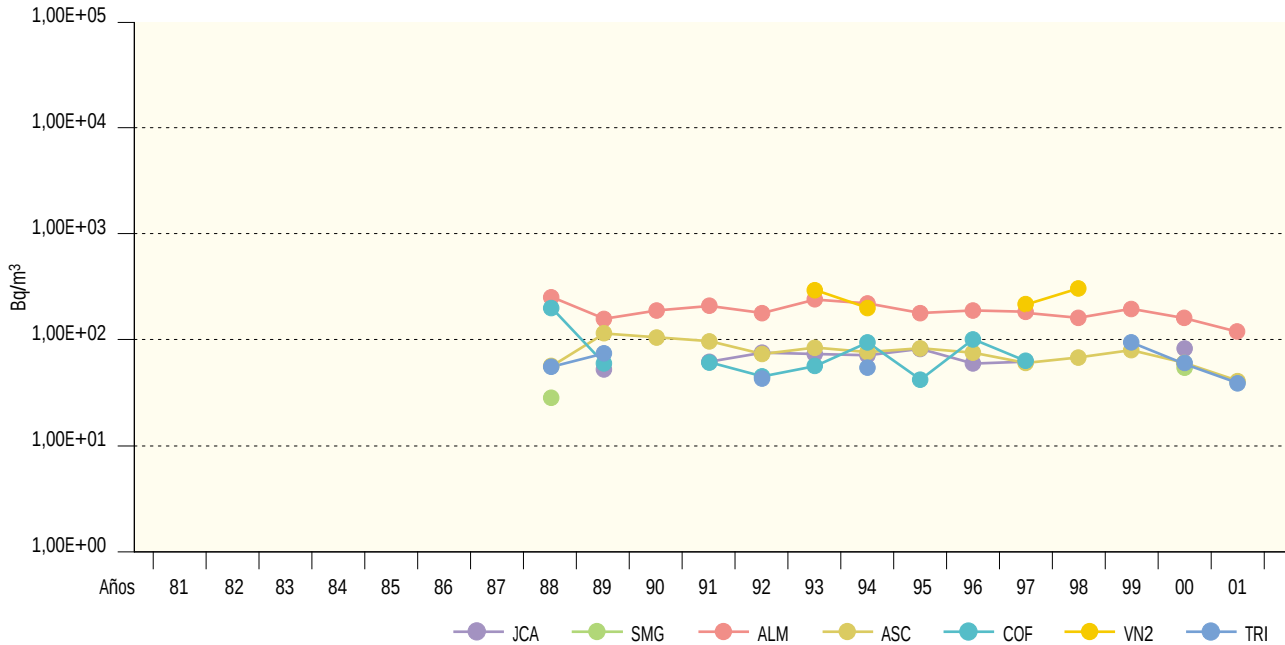
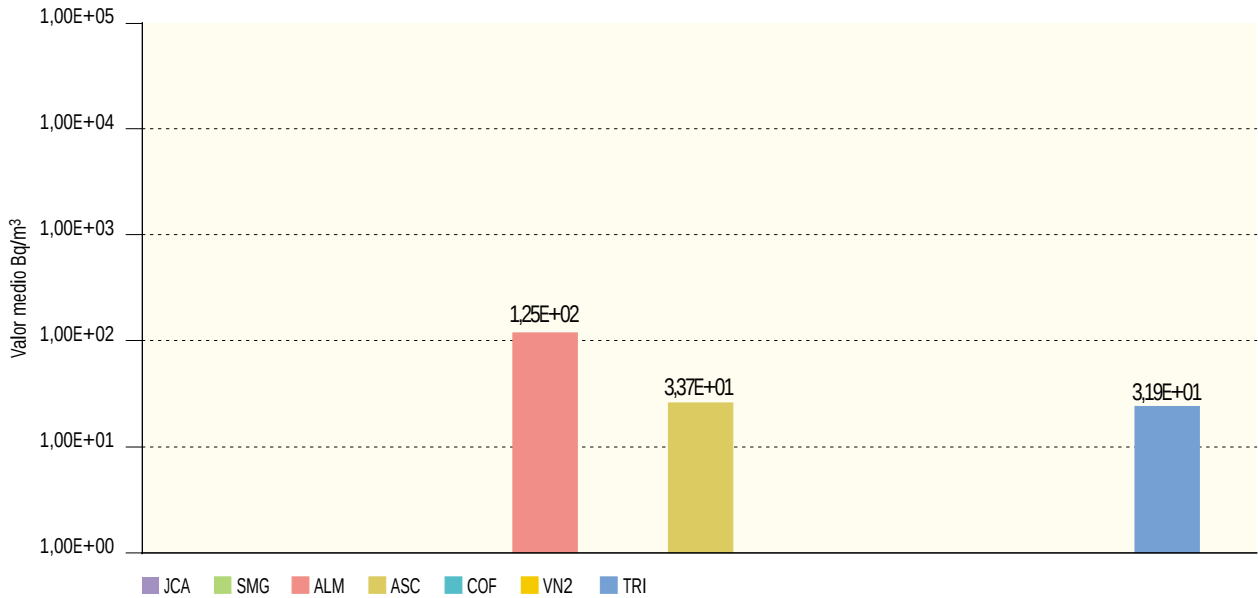


Figura 2.22b. Agua potable. Concentración del índice de actividad beta resto (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			2,08E+02	3,37E+01			3,19E+01
Valor mínimo			2,76E+01	3,37E+01			3,19E+01
Nº total de análisis	20	24	36	48	24	4	28
Nº de análisis > LID	0	0	15	1	0	0	1
Nº de análisis < LID	20	24	21	47	24	4	27

Figura 2.23a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

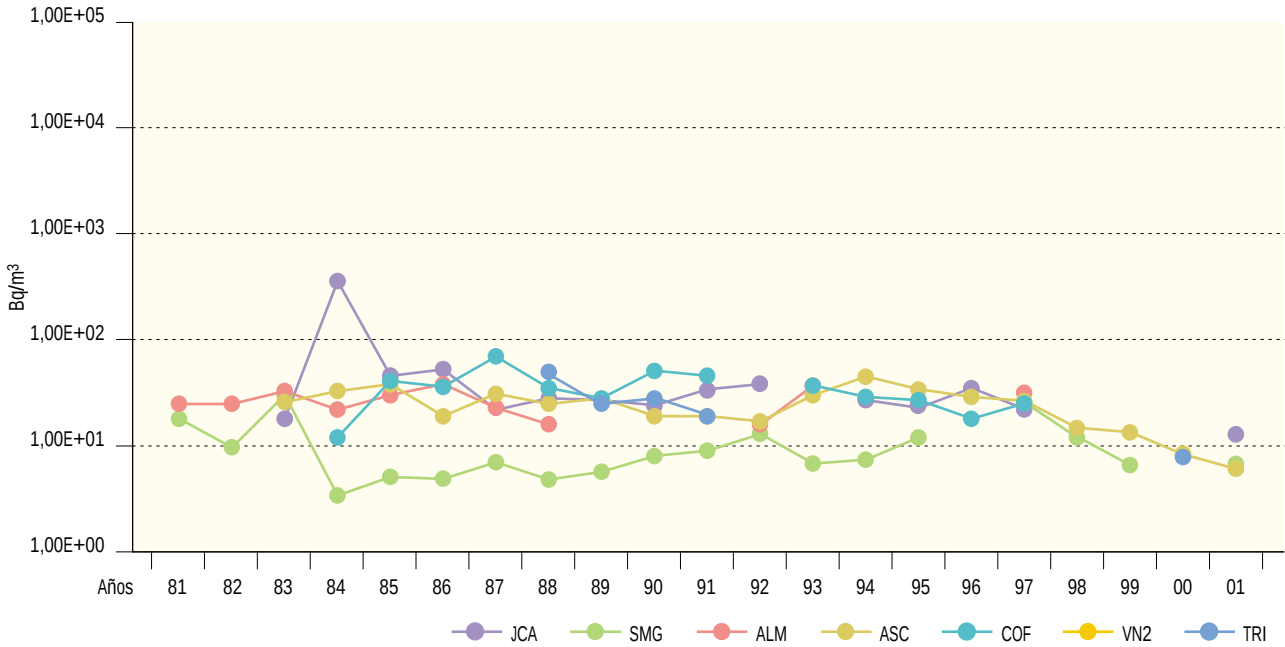
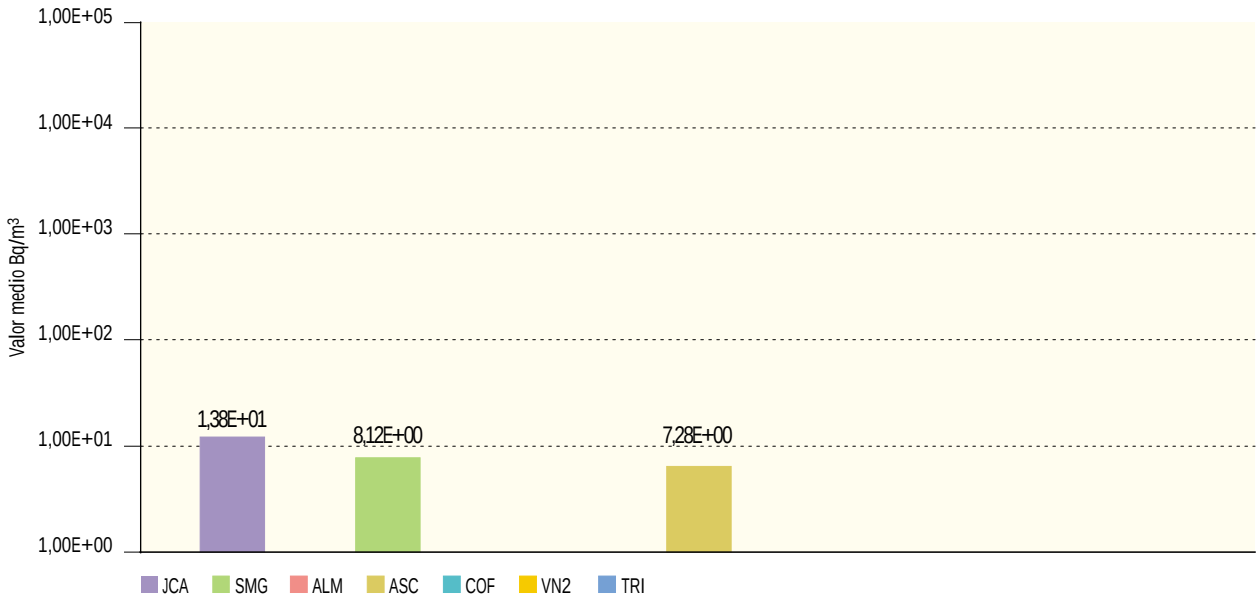


Figura 2.23b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,46E+01	8,12E+00		8,03E+00			
Valor mínimo	1,24E+01	8,12E+00		6,53E+00			
Nº total de análisis	20	24	12	16	24		28
Nº de análisis > LID	3	1	0	4	0		0
Nº de análisis < LID	17	23	12	12	24		28

Figura 2.24a. Agua potable. Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3
Valores medios en la zona vigilada

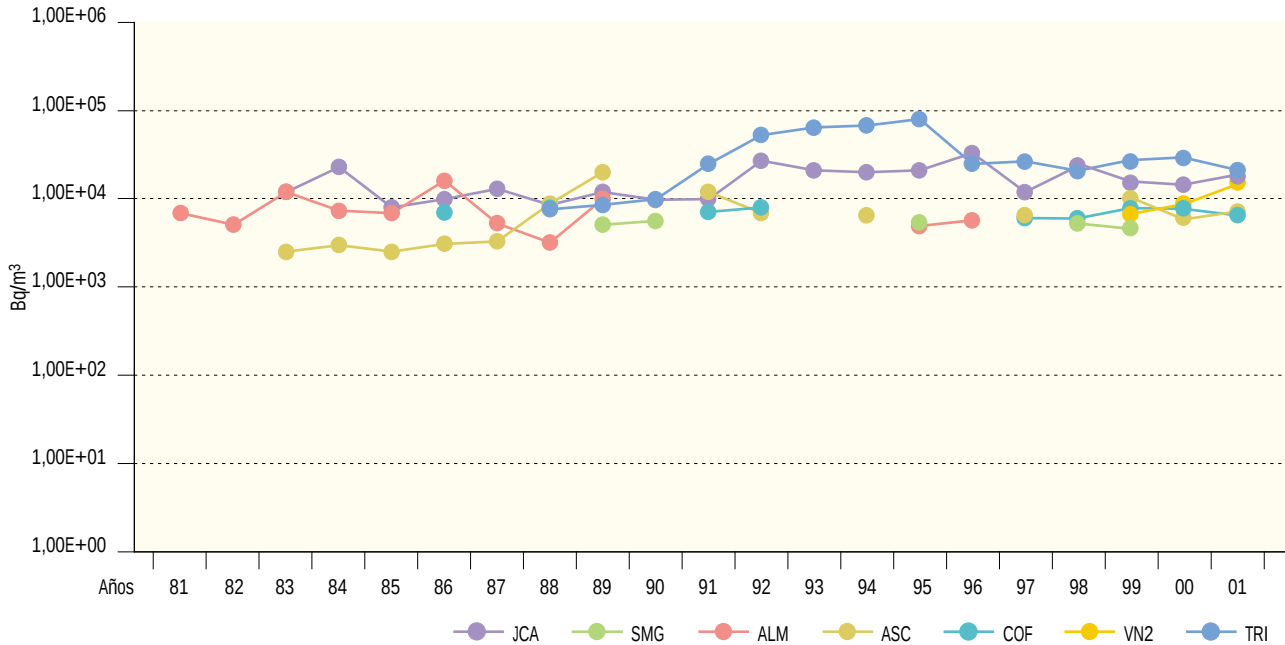
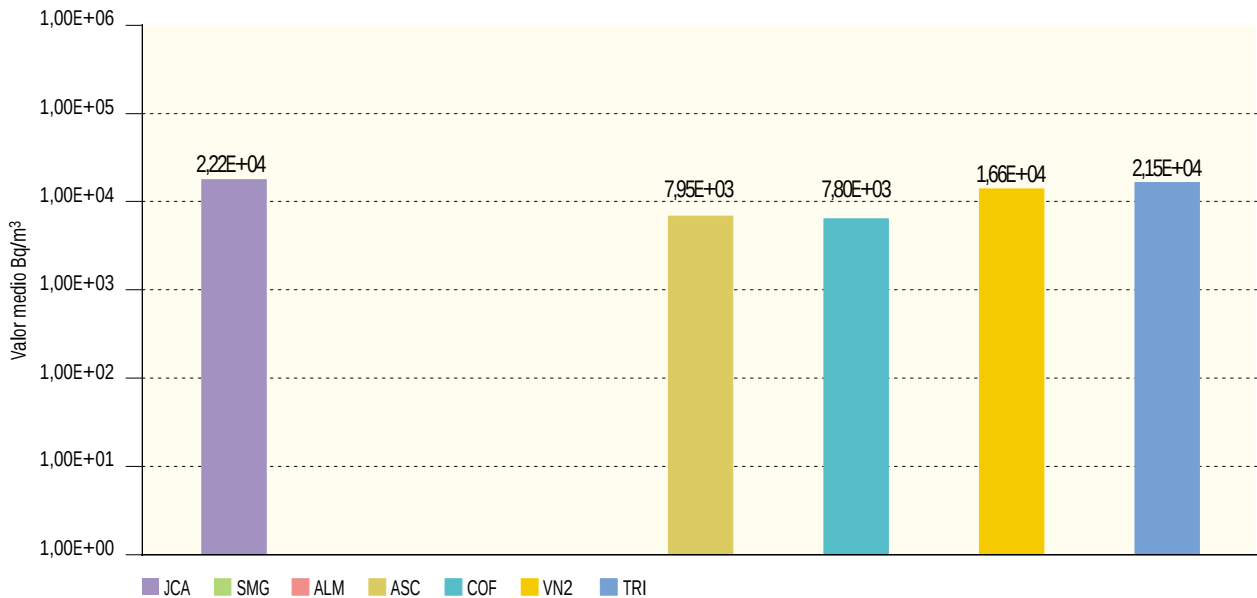


Figura 2.24b. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	7,11E+04			1,11E+04	1,26E+04	1,66E+04	4,23E+04
Valor mínimo	5,50E+03			6,05E+03	5,29E+03	1,66E+04	6,77E+03
Nº total de análisis	20	24	12	16	24	4	28
Nº de análisis > LID	8	0	0	5	5	1	12
Nº de análisis < LID	12	24	12	11	19	3	16

Sedimentos de fondo

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

Sr-90. Además de la posible aportación por el funcionamiento de la central, el principal origen de la presencia de este isótopo es el poso radiactivo. Los valores obtenidos en la campaña de 2001 son similares a los de campañas anteriores, el valor medio obtenido en la central José Cabrera es ligeramente superior a los obtenidos en otros años y el de Vandellós II más bajo. Los valores más elevados se obtienen sistemáticamente en la central de Almaraz. Esta instalación efectúa sus vertidos líquidos al embalse de Arrocampo construido para la refrigeración de la central, y los resultados de los análisis realizados en las muestras recogidas en el mismo se han considerado también para obtener los valores medios.

Espectrometría gamma. Los radionucleidos de origen artificial que se detectan son principalmente productos de fisión como cesio-137 (uno de sus posibles orígenes sería el poso radiactivo, por lo tanto se detecta tanto en

las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo de la instalación) y cesio-134 y productos de activación como el cobalto-60 y cobalto-58.

En la campaña de 2001 se han obtenido resultados superiores al LID de cesio-137 y cobalto-60 en los programas de vigilancia de todas las centrales excepto de este último radionucleido en el de José Cabrera. En general los valores medios de Cs-137 son similares a los de campañas anteriores, salvo los obtenidos en Santa María de Garoña y Almaraz que son los más bajos del PVRA de esas centrales, su detección, como ya se ha dicho, es generalizada en la mayoría de las muestras recogidas, y, en casi todas las centrales, no obstante los valores de las estaciones testigo suelen ser los más bajos. El cobalto-60 se detecta en un porcentaje menor de muestras y normalmente en las recogidas aguas abajo del punto de vertido. Los valores medios son similares o inferiores a los de otras campañas, los obtenidos en las centrales de Santa María de Garoña y Trillo son los más bajos obtenidos en sus PVRA, y en las muestras del programa de la central Vandellós II aparece un valor por primera vez.

Adicionalmente, en esta campaña se ha obtenido cesio-134 en las muestras recogidas en el programa de la central de Almaraz tanto aguas abajo como en una estación testigo, con un valor medio similar al de años anteriores, y un valor de cobalto-58 en una muestra del PVRA de Ascó recogida aguas abajo del vertido de la instalación con un valor contenido en el rango de los detectados en otras campañas.

Figura 2.25a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

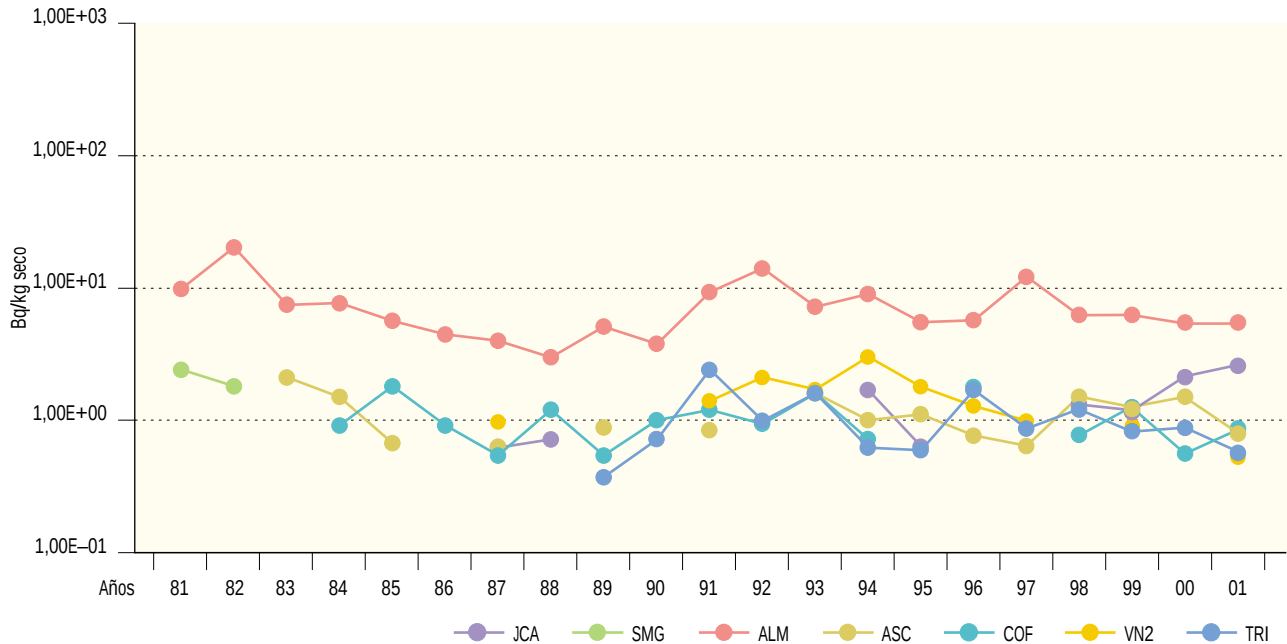
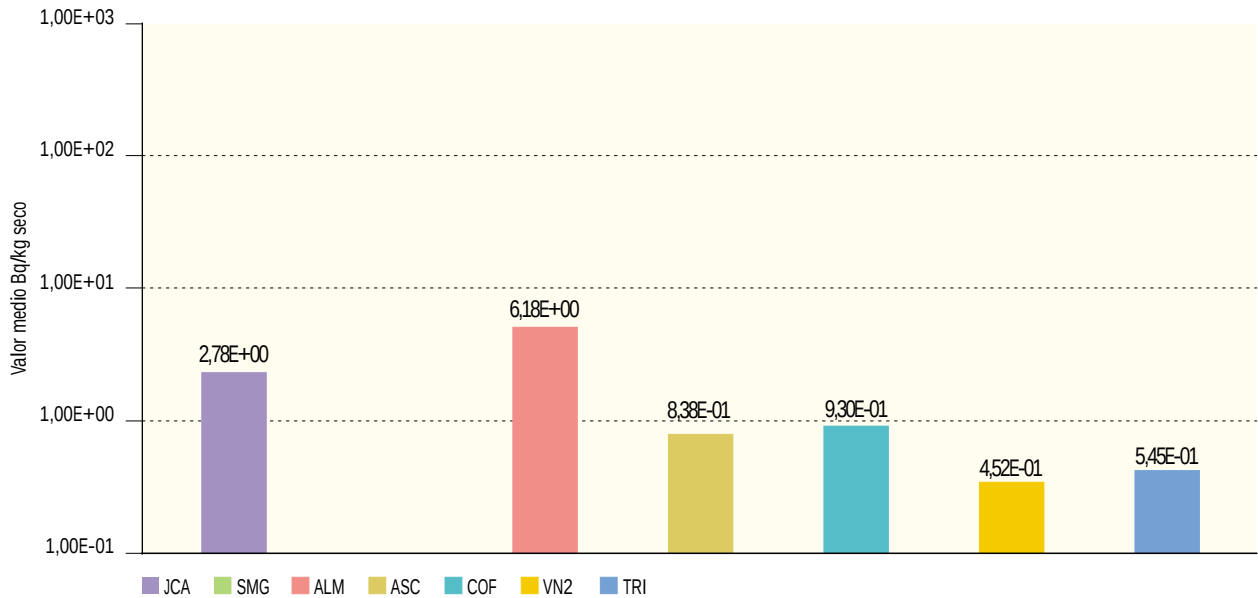


Figura 2.25b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,95E+00		1,56E+01	2,00E+00	1,92E+00	7,82E-01	7,82E-01
Valor mínimo	3,33E-01		1,53E+00	4,96E-01	5,48E-01	7,82E-01	7,03E-01
Nº total de análisis	6		16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	5		15	8	4	1	2
Nº de análisis < LID	1		1	0	8	5	6

Figura 2.26a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137
Valores medios en la zona vigilada

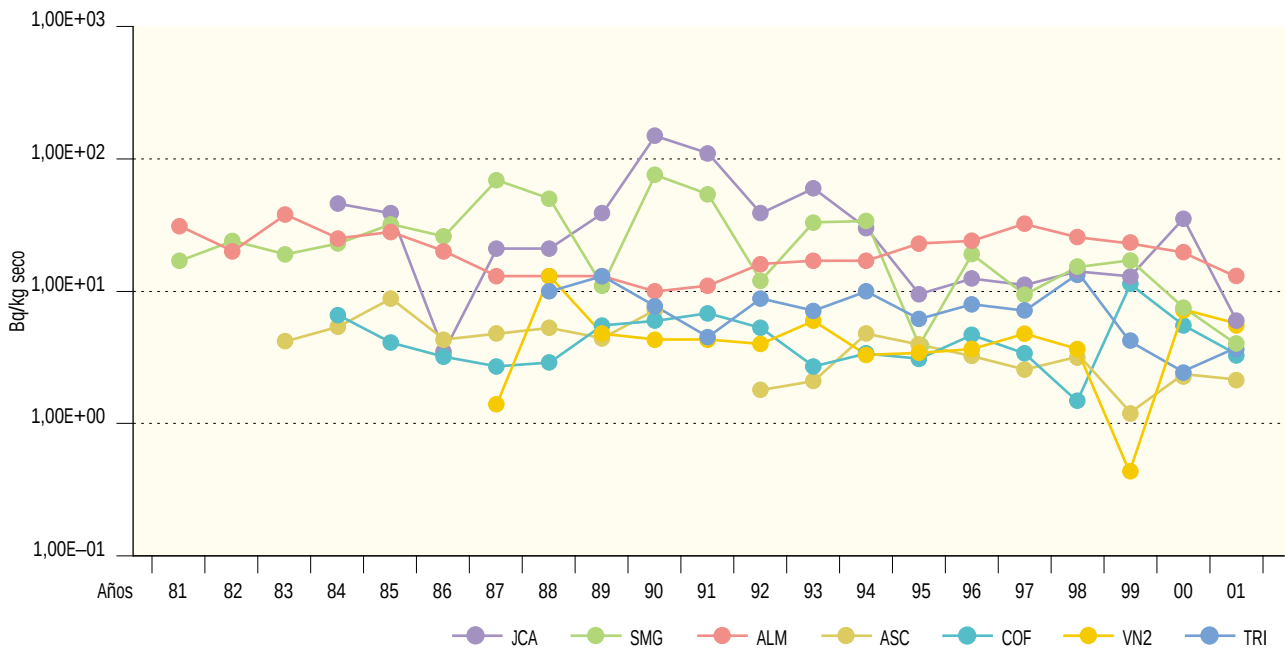
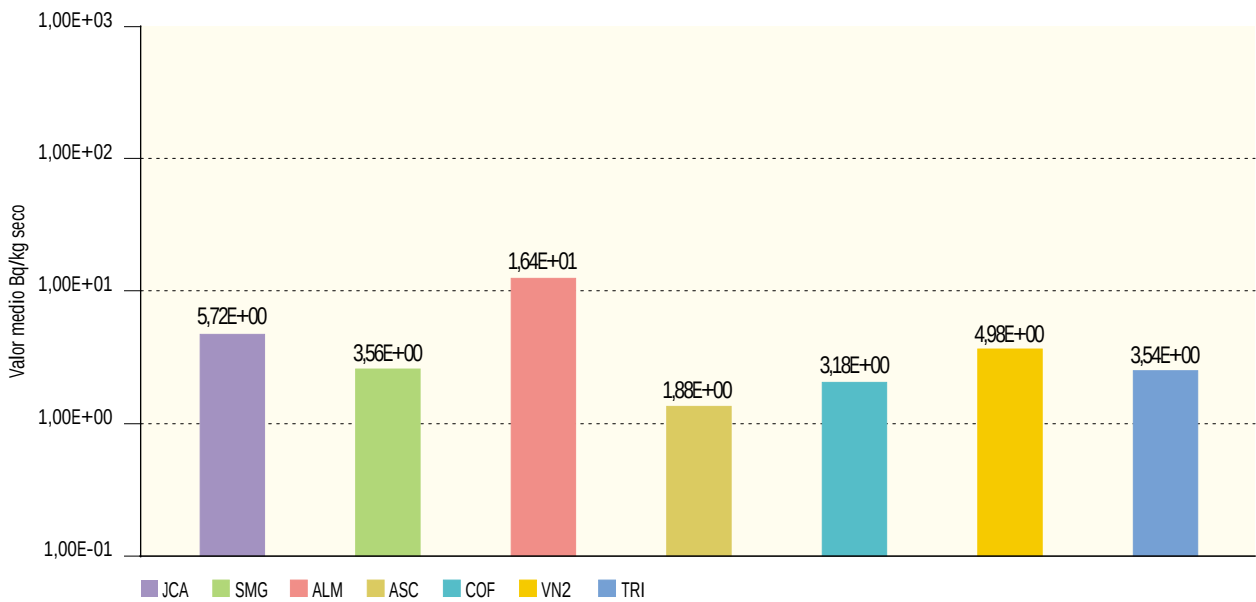


Figura 2.26b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,34E+01	1,53E+01	6,70E+01	3,04E+00	1,43E+01	7,84E+00	6,74E+00
Valor mínimo	1,30E+00	4,16E-01	1,29E+00	7,30E-01	3,36E-01	4,04E+00	9,37E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	6	7	16	2	9	5	3
Nº de análisis < LID	0	5	0	6	3	1	5

Figura 2.27a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134
Valores medios en la zona vigilada

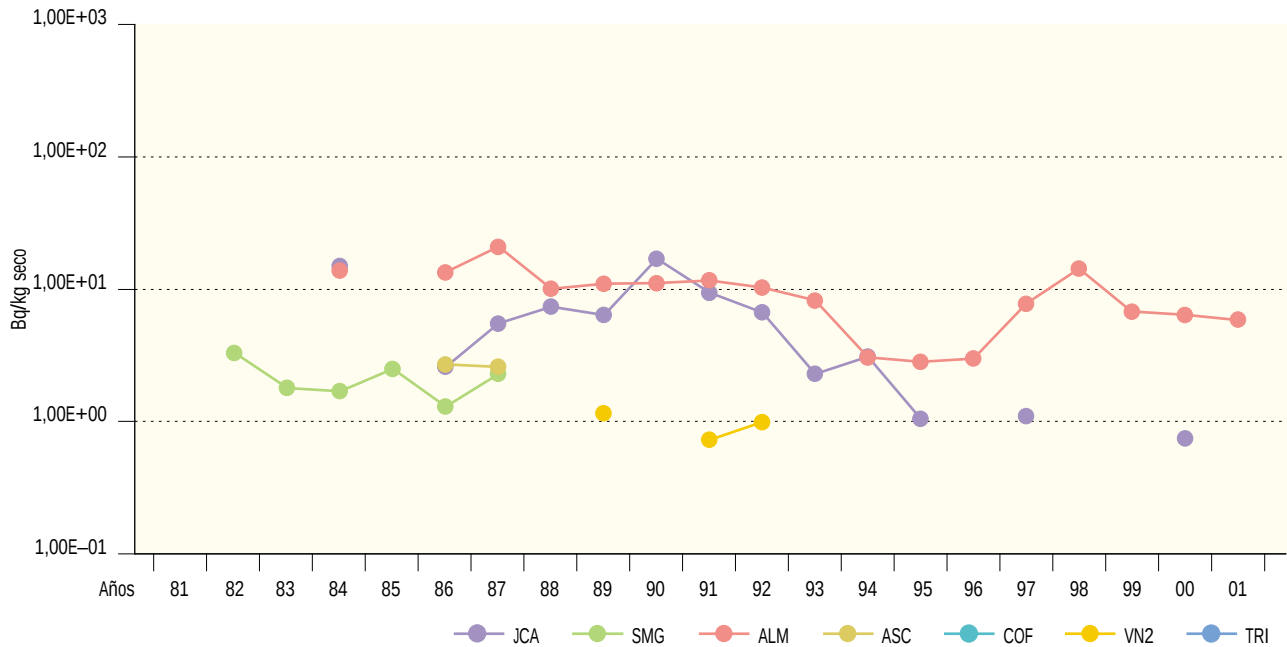
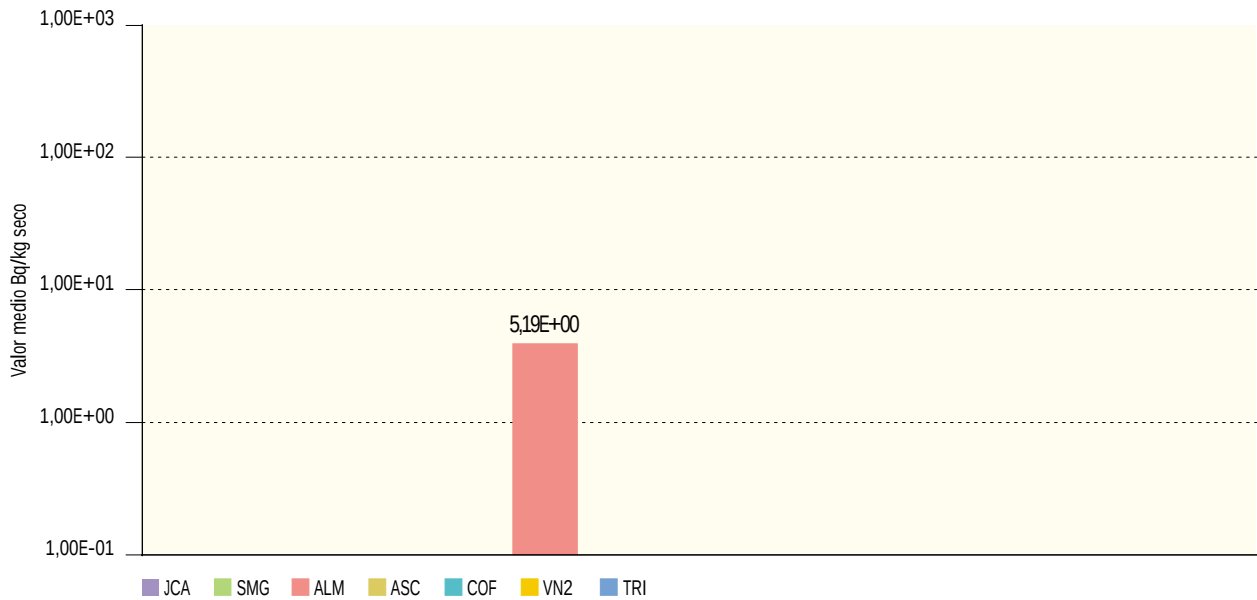


Figura 2.27b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-134 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			9.19E+00				
Valor mínimo			2.20E+00				
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0	0	5	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	6	12	11	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

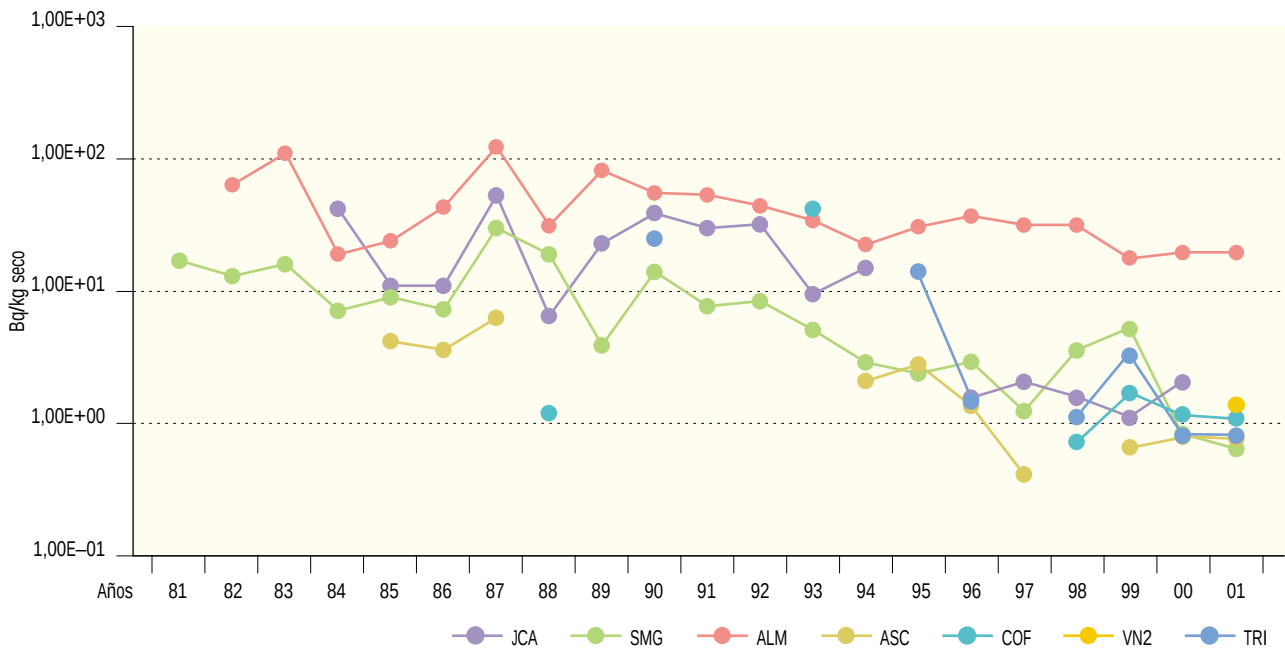
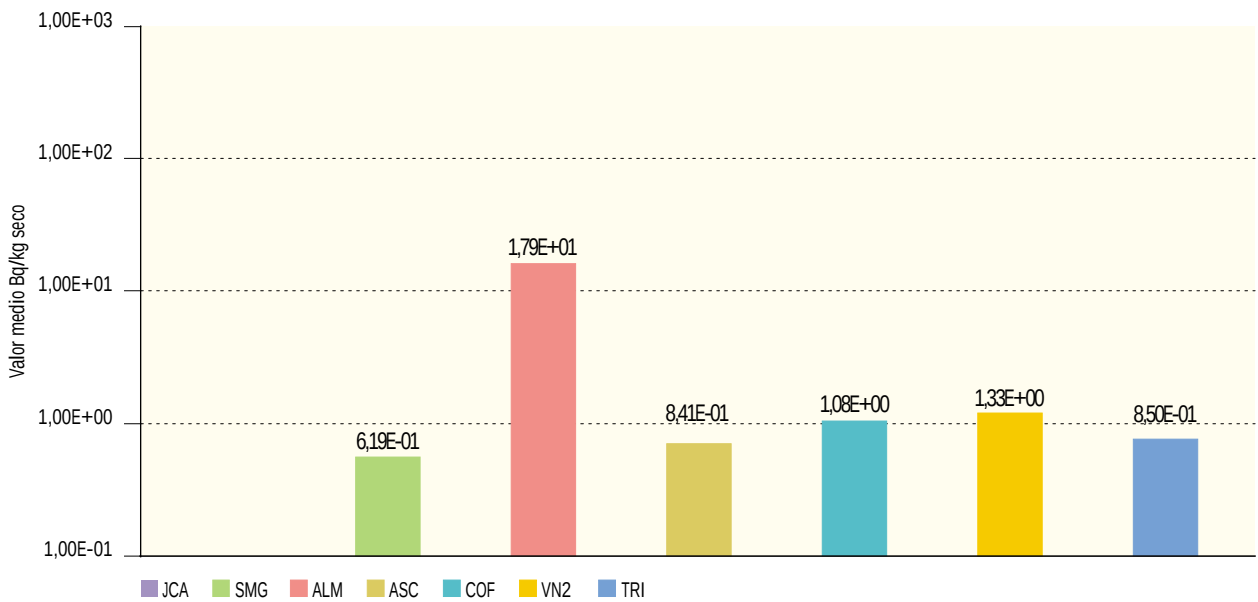


Figura 2.28b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo		8,24E-01	3,80E+01	1,25E+00	1,08E+00	1,33E+00	1,16E+00
Valor mínimo		4,80E-01	2,70E+00	4,31E-01	1,08E+00	1,33E+00	6,19E-01
Nº total de análisis	6	12	16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0	3	6	2	1	1	3
Nº de análisis < LID	6	9	10	6	11	5	5

Figura 2.29a. Sedimentos de fondo. Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58
Valores medios en la zona vigilada

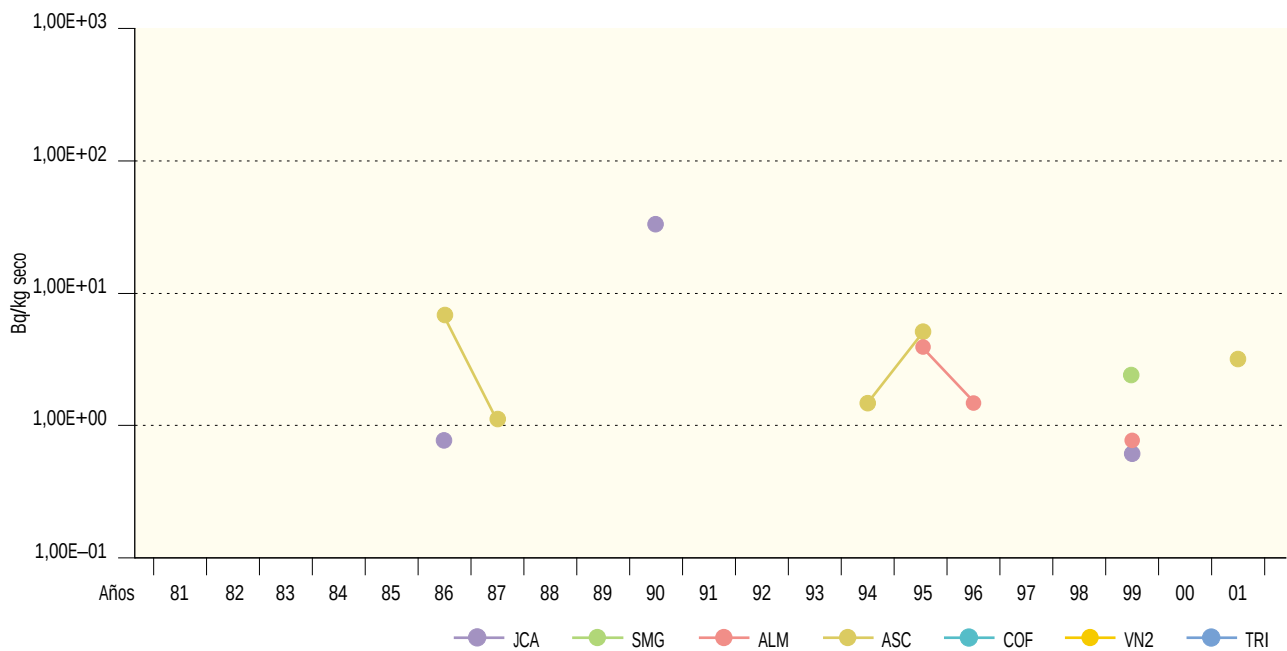
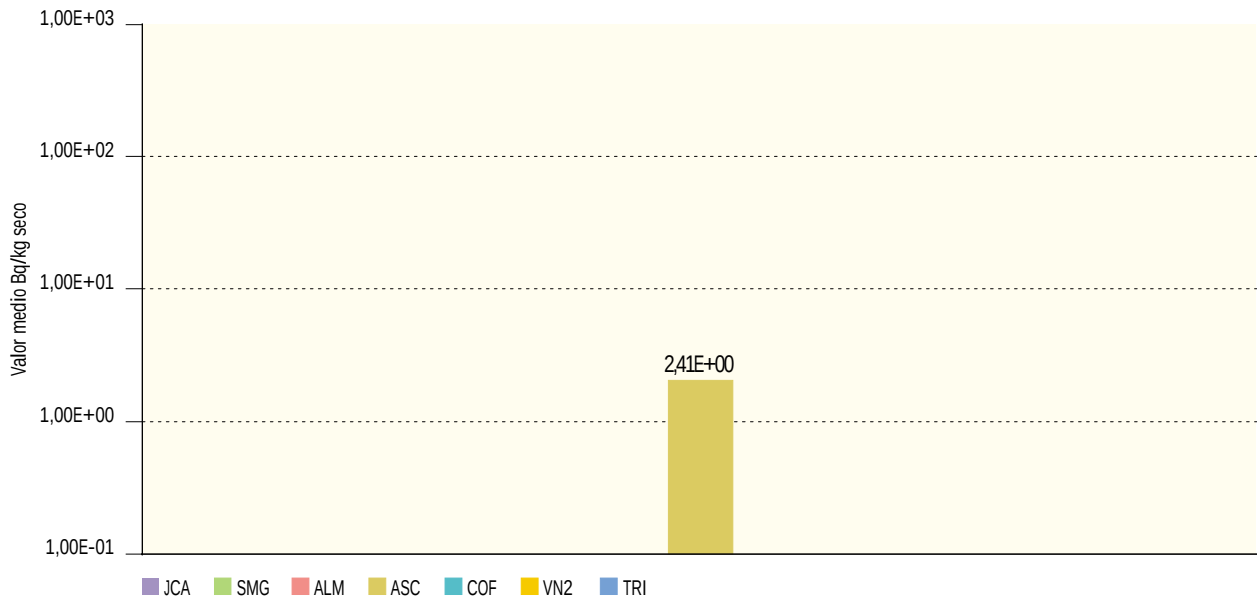


Figura 2.29b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-58 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo				2,41E+00			
Valor mínimo				2,41E+00			
Nº total de análisis	6		16	8	12	6	8
Nº de análisis > LID	0		0	1	0	0	0
Nº de análisis < LID	6		16	7	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 o transitorias en pequeñas concentraciones, incluso trazas, por lo tanto la vigilancia de estos organismos, aunque no sean vías directas de exposición para las personas, permite conocer la evolución de la concentración de actividad de los radionucleidos en el medio ambiente.

La información sobre los resultados obtenidos en la vigilancia de estos organismos se proporcionó por primera vez en el informe de resultados 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, criptógamas y fauna terrestre. Para cada uno de estos cinco grupos se han representado, en las gráficas tipo (a), los valores medios históricos obtenidos para los distintos isótopos y en las distintas instalaciones; en las gráficas tipo (b) se detallan los resultados de la campaña del año 2001, separando en cada una de las centrales nucleares los valores medios de cada radionucleido obtenidos en los puntos testigo, es decir, los situados aguas arriba de la descarga de los efluentes líquidos de la instalación, de los valores medios obtenidos en las estaciones de seguimiento, es decir, los puntos situados aguas abajo del punto de vertido. Hay que hacer notar que en el caso de la central nuclear Vandellós II no se realiza esta separación ya que, debido a la dinámica de las corrientes marinas, hasta el momento no se han podido establecer 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 2001 en cada uno de estos grupos son los siguientes:

- Plantas acuáticas. En este grupo se incluyen plantas que viven total o parcialmente sumergi-

das en el agua. Agrupan las siguientes muestras: fanerógamas acuáticas en la central nuclear Santa María de Garoña (aguas arriba y aguas abajo), *Myriophyllum sp.* en la de Ascó (aguas arriba y aguas abajo), *Posidonia oceánica* en Vandellós II y plantas sin identificar en Trillo (únicamente aguas abajo).

- 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 (sólo aguas abajo), Almaraz, Cofrentes y Trillo (aguas arriba y aguas abajo); *Scirpus sp.* en José Cabrera y Almaraz (aguas arriba y aguas abajo); *Phragmites sp.* en José Cabrera (aguas arriba y aguas abajo), y plantas sin identificar en Trillo (sólo aguas abajo).
- Plantas terrestres. En este grupo se recogieron las siguientes muestras: retama en Almaraz y *Carex sp.* en Trillo.
- Criptógamas. Por sus características morfológicas y fisiológicas se ha considerado separadamente este grupo en el que se incluyen musgos acuáticos y criptógamas terrestres, recogidos únicamente en la central nuclear Santa María de Garoña.
- Fauna terrestre. Este tipo de muestra se recoge únicamente en la central nuclear Santa María de Garoña y corresponde a gasterópodos terrestres (completos o concha).

Resultados

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2001 para las diferentes determinaciones realizadas confirman los obtenidos en campañas anteriores, destacando el interés como bioindicadores sobre todo de las muestras de plantas acuáticas, plantas de orilla y criptógamas, ya que a menudo permiten apreciar diferencias cualitativas y a veces también cuantitativas entre las muestras recogidas aguas arriba o aguas abajo de los puntos de vertido de los efluentes.

En el caso de los isótopos estroncio-90 y cesio-137, que como ya se ha mencionado en otros apartados provie-

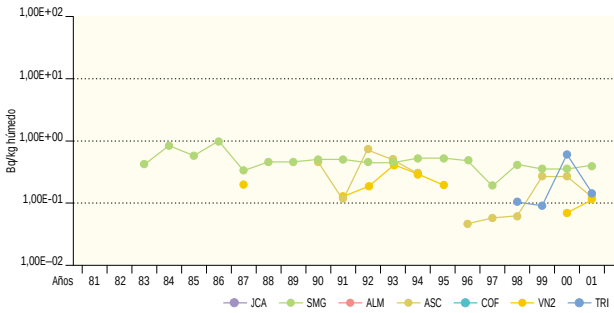
nen del poso radiactivo además de la aportación por el funcionamiento de la central, se obtienen valores superiores al LID tanto en las muestras recogidas aguas arriba como aguas abajo del punto de vertido, con porcentajes próximos al 100% en todos los tipos de muestras para el estroncio-90, y más bajos y variables para el Cs-137. Los valores obtenidos aguas arriba del vertido suelen ser similares a los de las estaciones de seguimiento, aunque en ocasiones los valores son algo más elevados en estas últimas, sobre todo en el caso del cesio-137. En las muestras de plantas terrestres y fauna terrestre el estroncio-90 es el único isótopo detectado en la campaña de 2001.

Entre los radionucleidos de activación, determinados por espectrometría gamma, en esta campaña se han obtenido valores superiores al LID para cobalto-60 y manganeso-54 en la central de Santa María de Garoña

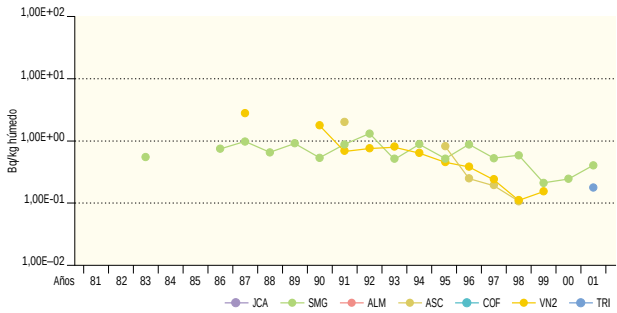
para las muestras de plantas acuáticas y criptógamas, y en las centrales de Ascó y Trillo en plantas acuáticas y de orilla respectivamente. En Vandellós II se ha detectado cobalto-58 y cobalto-60 en plantas acuáticas. Adicionalmente se ha detectado cobalto-58 en plantas acuáticas en Ascó y plantas de orilla en Trillo, y por último plata-110 metaestable en plantas acuáticas en Ascó. En general, todos los valores entran dentro del rango de los obtenidos en anteriores campañas y a menudo se aprecia una tendencia decreciente en su magnitud. El incremento en los valores de cobalto-58 y cobalto-60 en las plantas acuáticas de Ascó, así como la detección de plata-110 metaestable, isótopo hasta ahora no detectado en esas muestras, se han podido relacionar con un aumento en los efluentes líquidos vertidos por la central en el mes de septiembre, al coincidir en esta fecha la recarga de combustible efectuada en el grupo I de la instalación.

Figura 2.30a. Plantas acuáticas. Valores medios en la zona vigilada

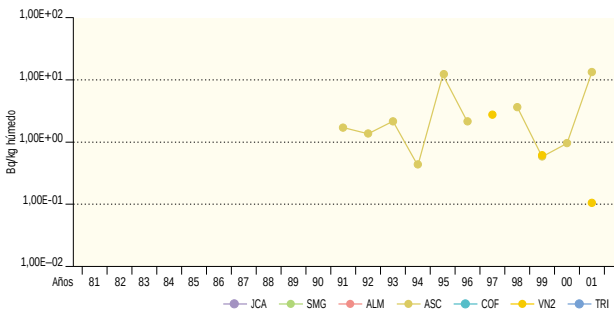
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



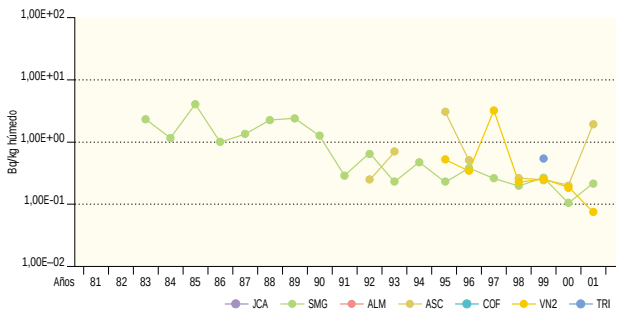
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

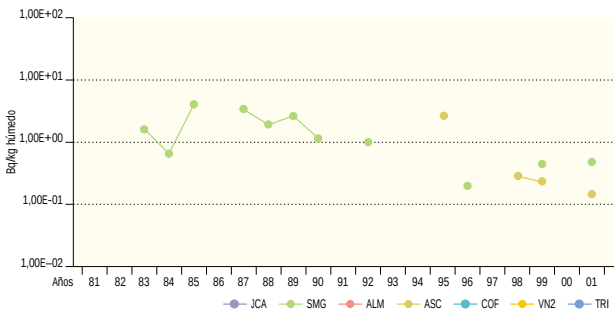
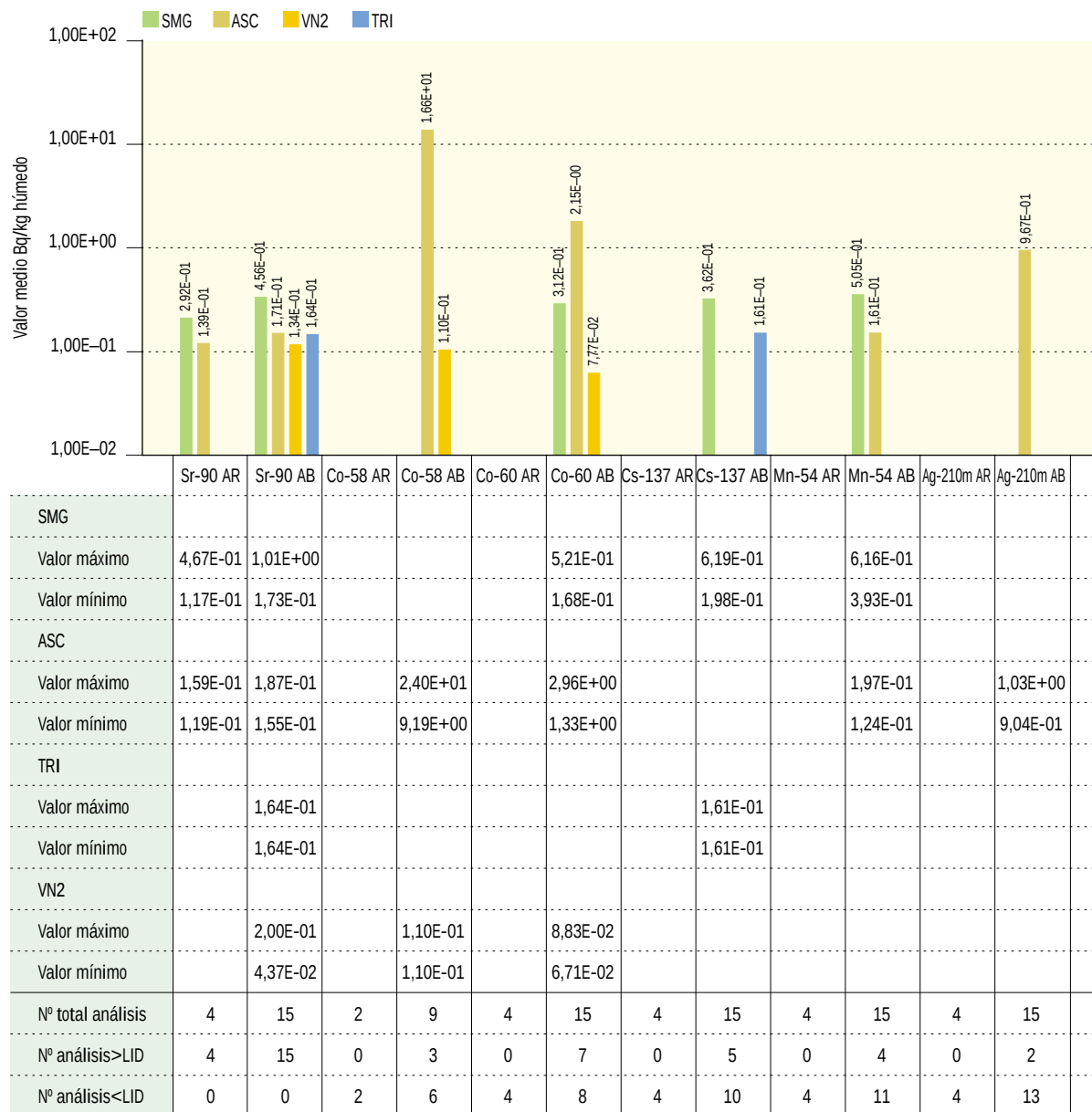


Figura 2.30b. Plantas acuáticas. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

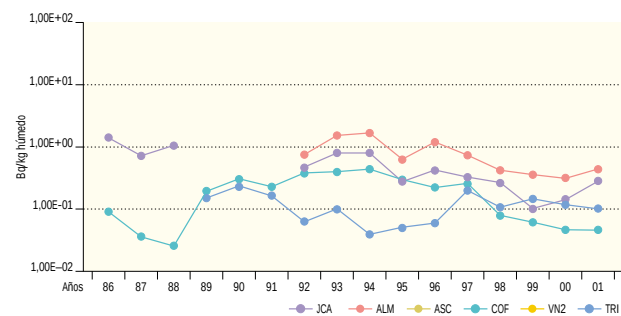
Valores de la campaña de 2001



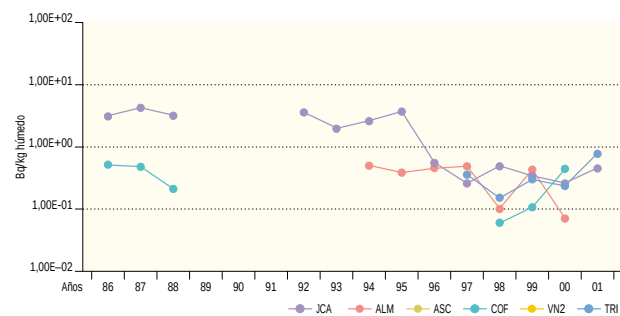
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.31a. Plantas de orilla. Valores medios en la zona vigilada

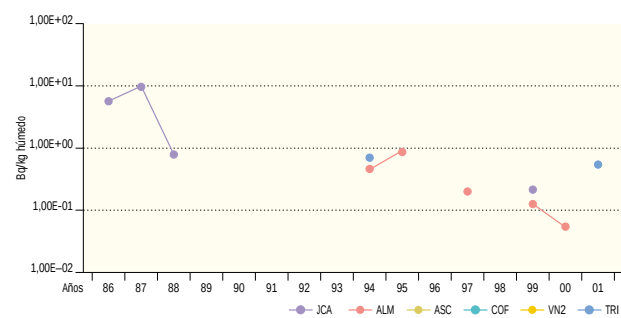
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



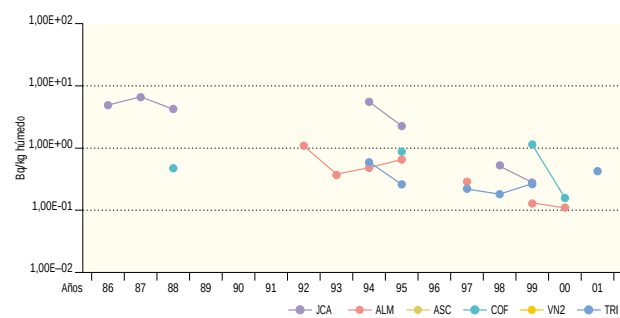
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-58



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

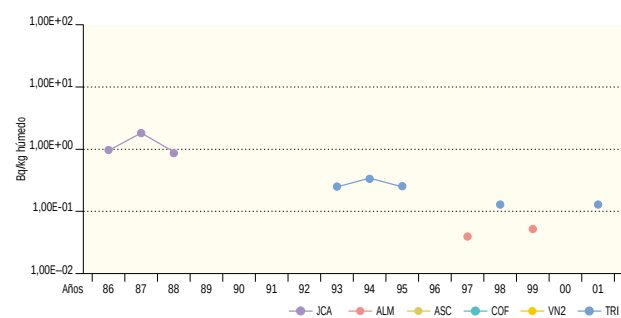
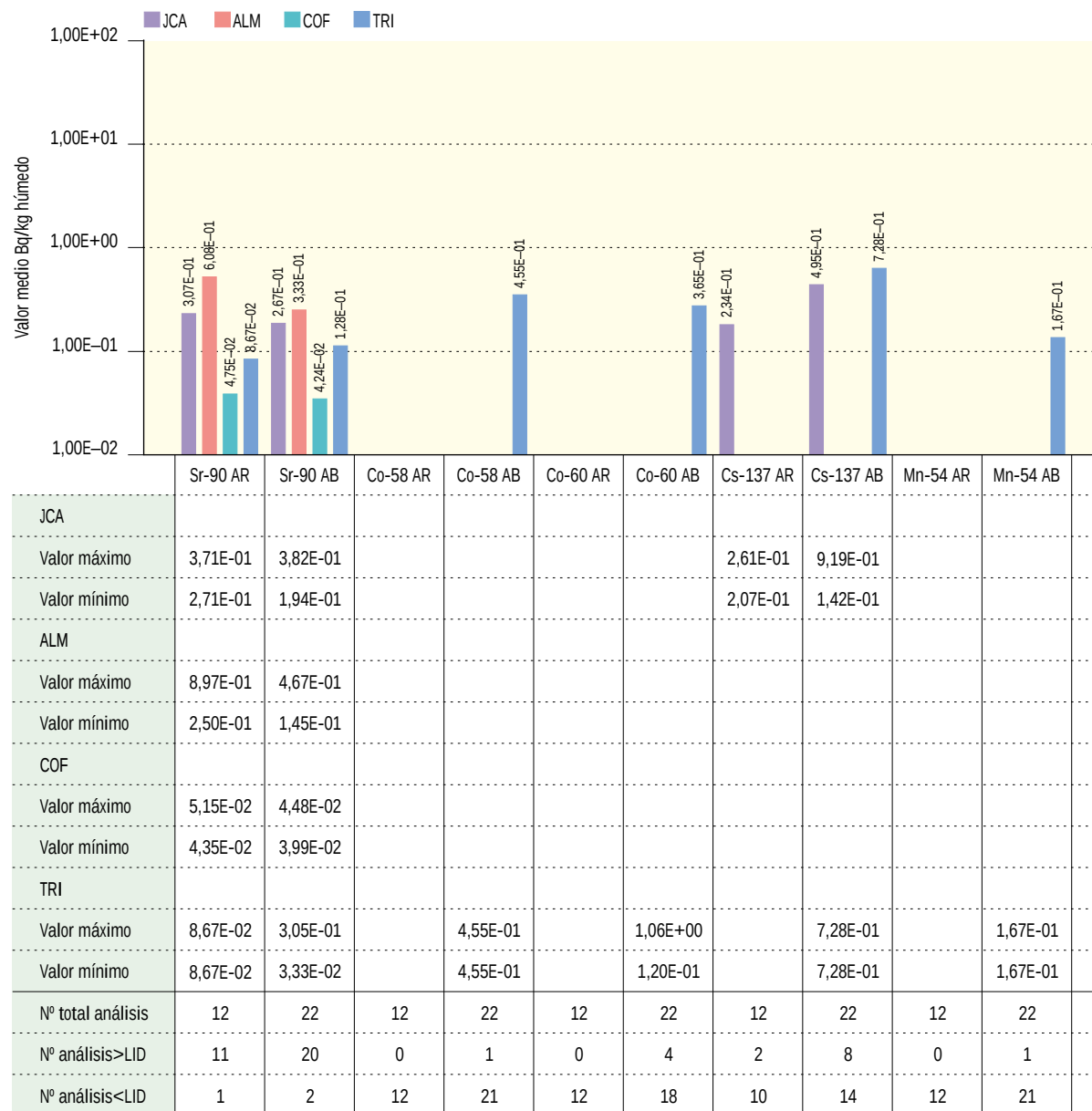


Figura 2.31b. Plantas de orilla. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

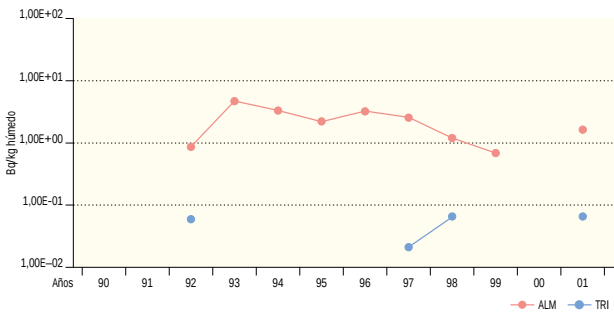
Valores de la campaña de 2001



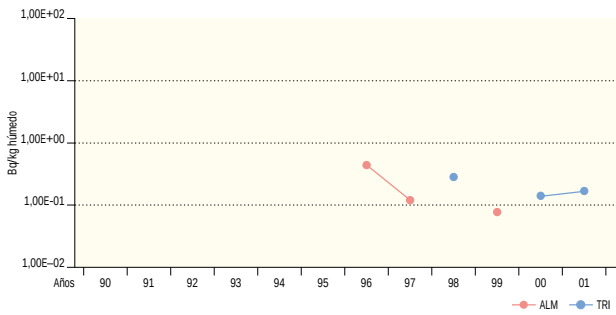
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.32a. Plantas terrestres. Valores medios en la zona vigilada

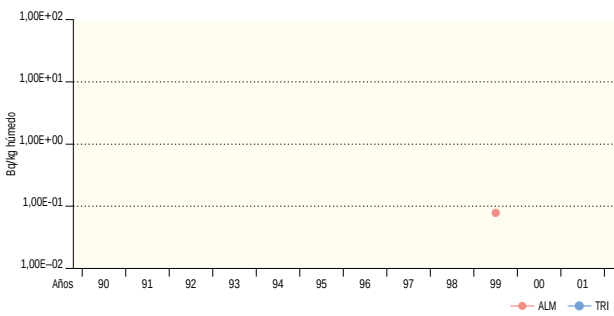
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

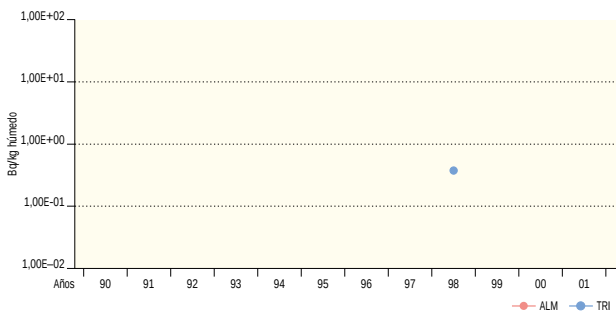
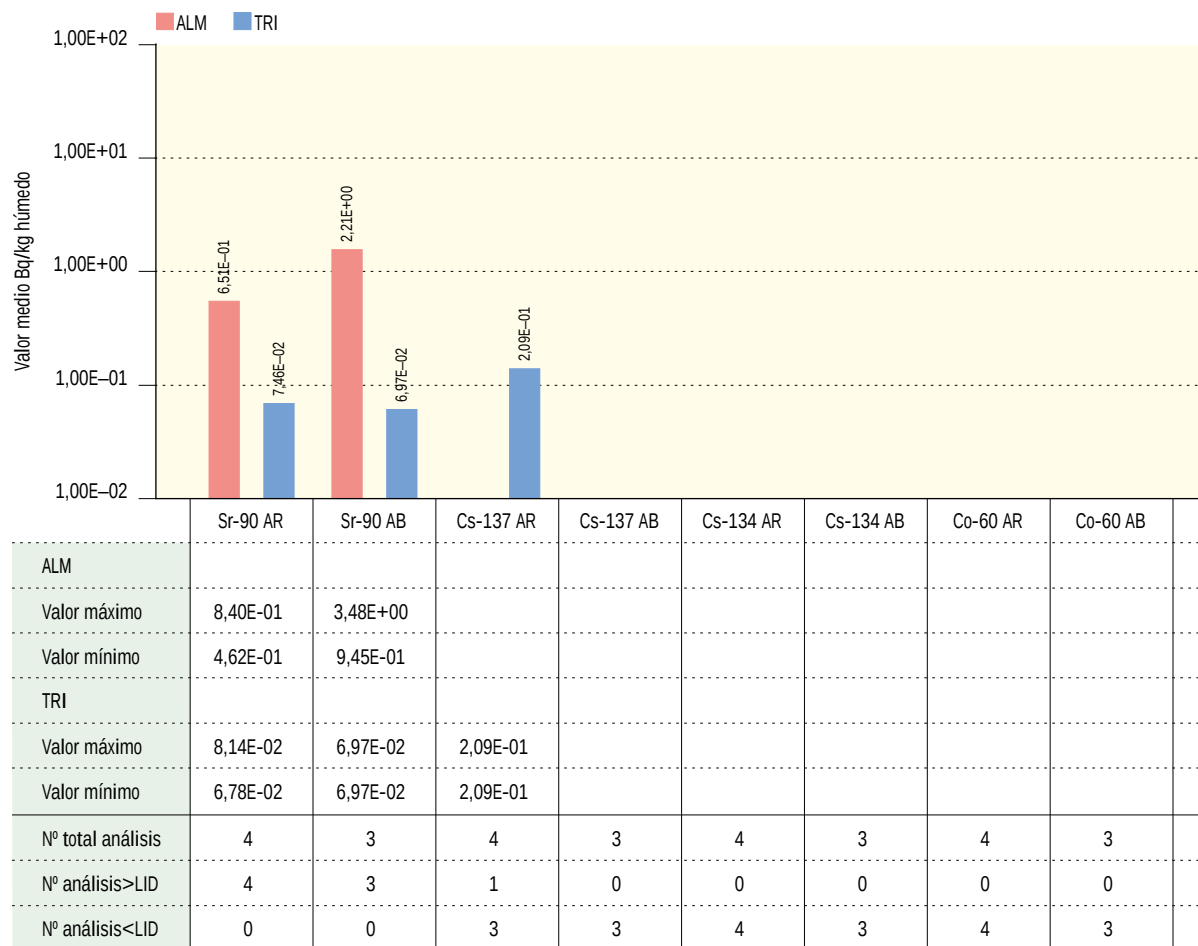


Figura 2.32b. Plantas terrestres. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

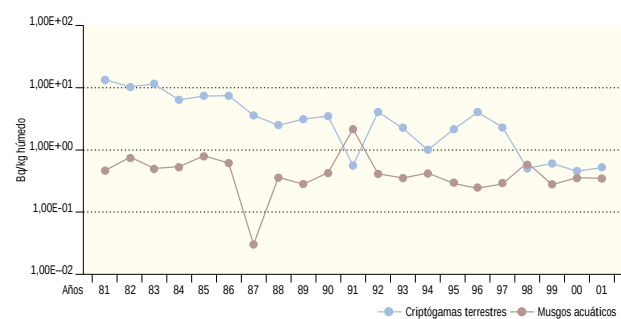
Valores de la campaña de 2001



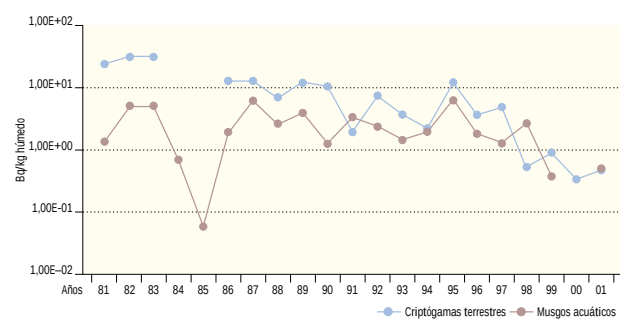
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.33a. Criptógamas. Central nuclear Santa María de Garoña. Valores medios en la zona vigilada

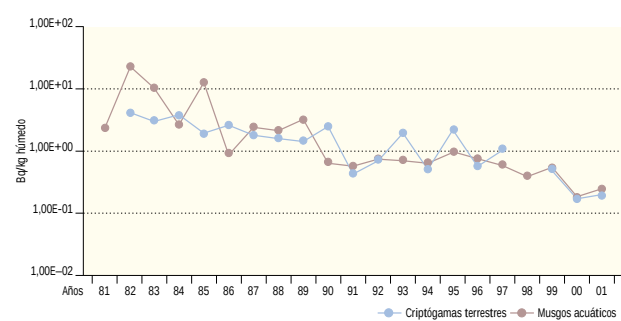
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60



Evolución temporal de la concentración de actividad de Mn-54

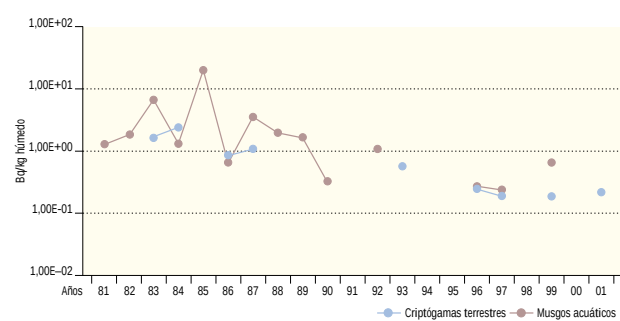
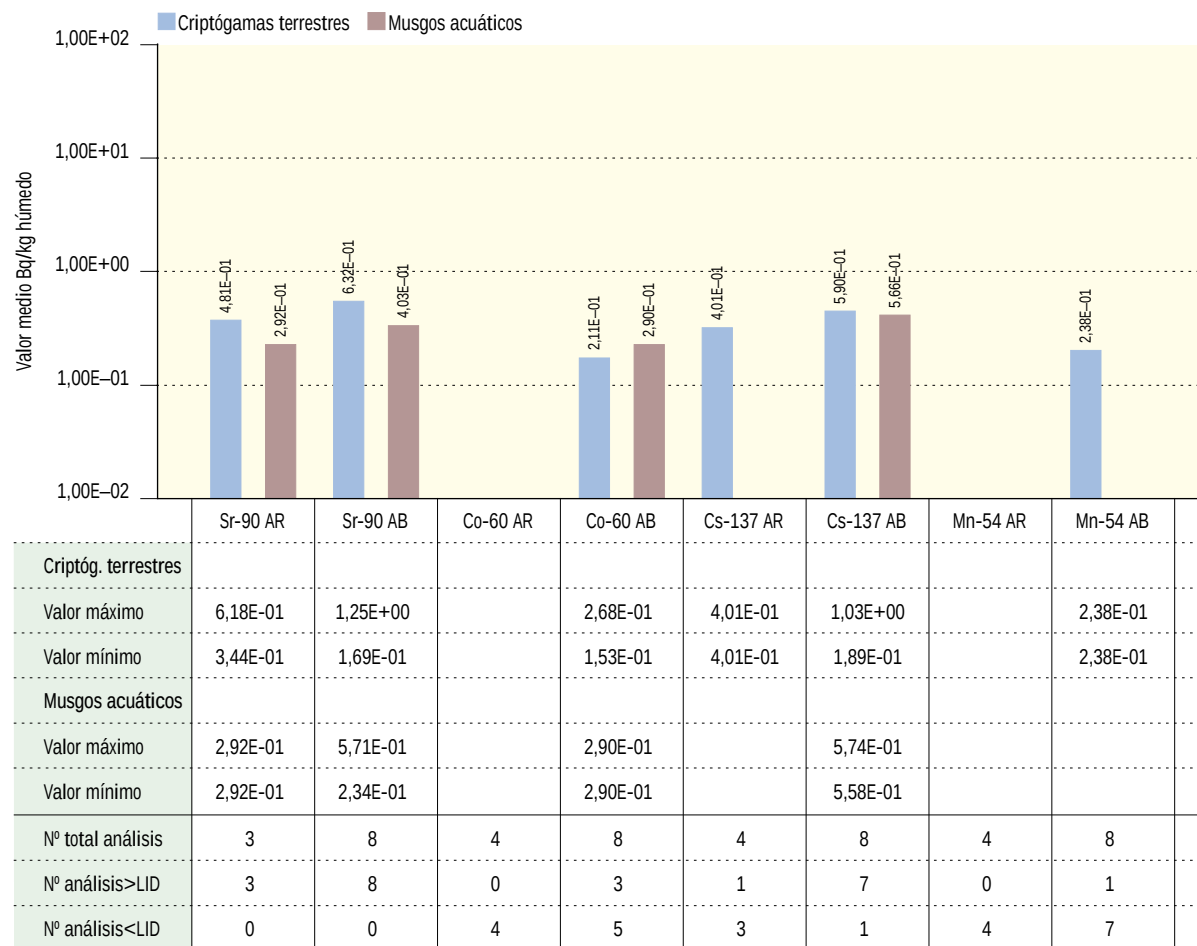


Figura 2.33b. Criptógamas. Central nuclear Santa María de Garoña. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

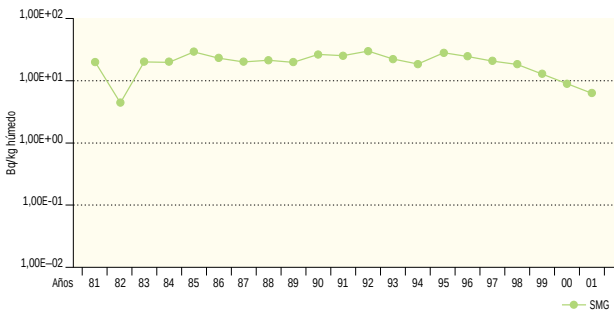
Valores de la campaña de 2001



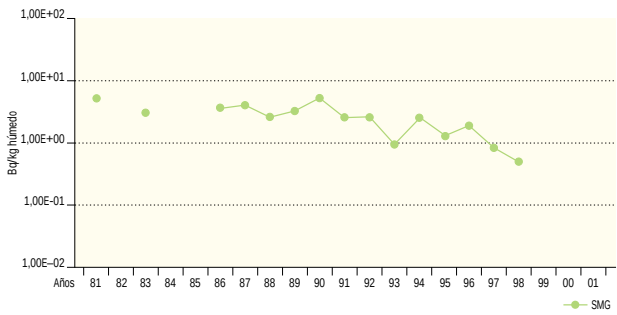
AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

Figura 2.34a. Fauna terrestre. Valores medios en la zona vigilada

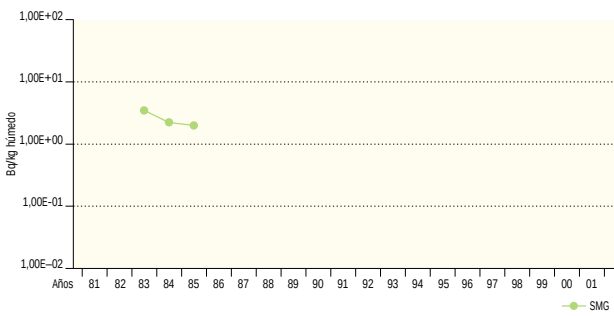
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137



Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-134



Evolución temporal de la concentración de actividad de Co-60

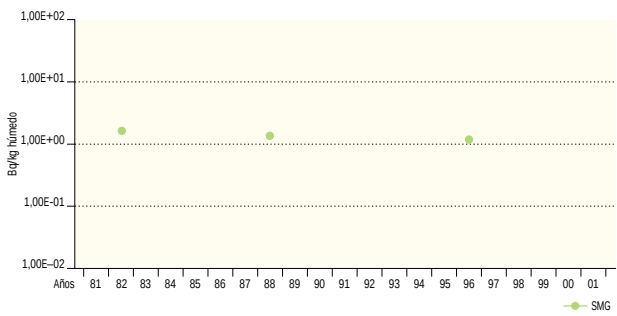
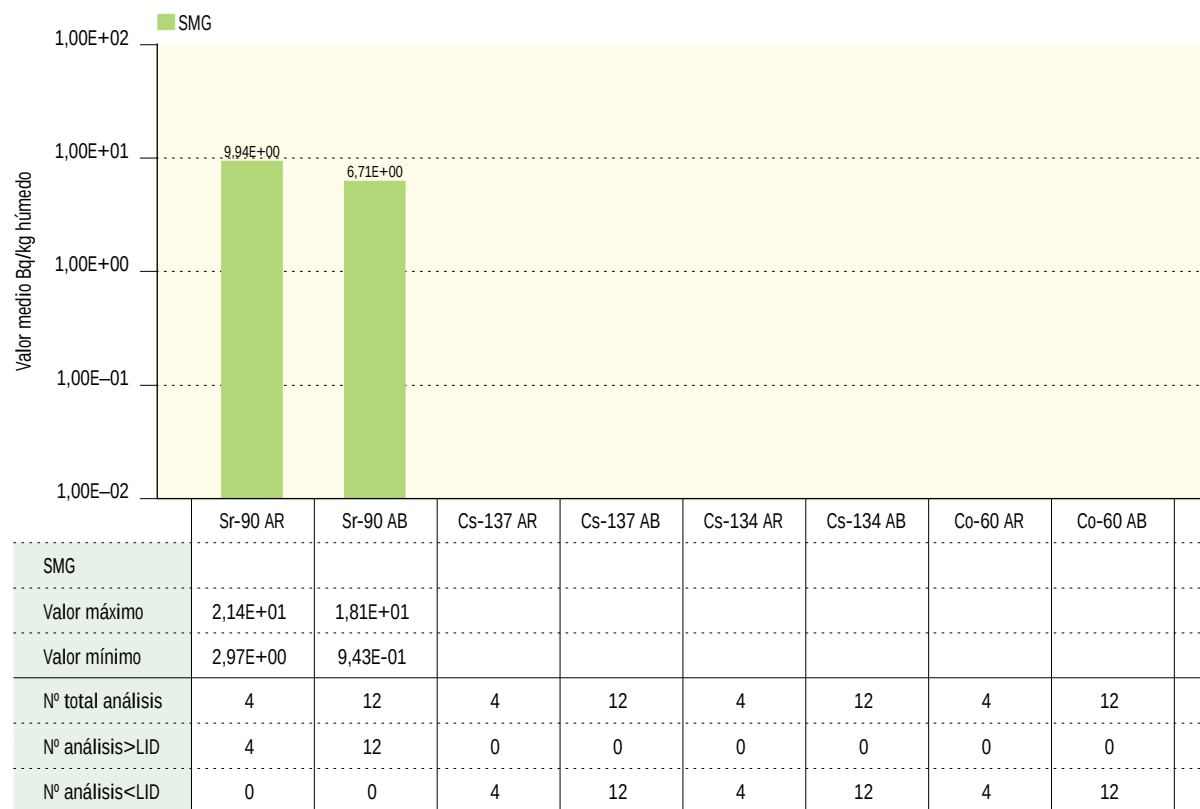


Figura 2.34b. Fauna terrestre. Concentración de actividad (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2001



AR: Aguas arriba. AB: Aguas abajo.

1.3.5. Alimentos

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

El tipo de alimentos considerados en los PVRA es muy variado y está relacionado con los usos de la tierra en el entorno de cada instalación.

Leche

El tipo de muestra recogida puede ser leche de vaca, cabra y oveja, o mezcla de ellas. Este último tipo solo 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 períodos en los que son alimentados con forraje la frecuencia disminuye a mensual. Los valores de concentración son, en líneas generales, inferiores al LID. En las fechas posteriores al accidente de Chernóbil, se observó un incremento en los valores de concentración en las muestras recogidas en todas las centrales nucleares (figura 2.35a).

En la campaña de 2001 no se obtuvo ningún valor por encima del LID en ninguna de las muestras de leche, por lo que no se incluye su representación gráfica.

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

Los valores obtenidos en la campaña de 2001 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 fijados por el CSN para limi-

tar 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.

En el año 2001 sólo se han detectado valores por encima del LID en alguna muestra de los programas de José Cabrera, Almaraz y Trillo, siendo los valores medios muy similares a los de las últimas campañas. Ninguno de los resultados obtenidos supera los niveles de notificación establecidos por el CSN. No se han detectado valores de ningún otro isótopo artificial.

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. Ninguno de los valores obtenidos para los diferentes isótopos determinados, supera los niveles de notificación establecidos por el CSN. Éstos, como ya se ha comentado, 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.

Vegetales de hoja ancha

Sr-90. Los valores medios de concentración de actividad son variables entre las diferentes centrales y fluctúan a lo largo del tiempo; del mismo modo que ocurre, como ya se ha observado en el apartado correspondiente, con los valores de este isótopo en el suelo.

Los valores medios obtenidos en 2001 están contenidos dentro del rango de valores de las campañas anteriores (figura 2.38a). Los más elevados se encuentran en las centrales de Almaraz, Trillo y Santa María de Garoña, detectándose valores tanto en las estaciones testigo como en las de seguimiento.

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

observa ocasionalmente con valores superiores al mismo. Al igual que para el estroncio-90, en la presencia de este isótopo se debe considerar el aporte debido al poso radiactivo.

En 2001 se obtiene para Cs-137 un único valor superior al LID aunque próximo a éste en la central de Cofrentes, y similar o inferior a otros valores esporádicos detectados en años anteriores.

I-131. Este análisis se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica. En 2001 no se ha obtenido ningún valor por encima del LID, situación que se repite desde la campaña de 1997.

Vegetales de hoja no ancha

En este conjunto se agrupan una gran variedad de vegetales de consumo humano como los cereales, frutos, tubérculos, raíces y bulbos, recogiendo en cada emplazamiento las especies más representativas de la zona.

Sr-90. Los valores medios de concentración de actividad de este isótopo, presentan también cierta variabilidad a lo largo del tiempo y en las distintas zonas vigiladas no obstante algo menor que para el otro grupo de vegetales considerado.

Los valores medios obtenidos en la campaña de 2001 disminuyen ligeramente en Almaraz y José Cabrera, y se mantienen similares a los obtenidos en las últimas campañas en el resto.

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

En la campaña de 2001 sólo se ha obtenido un resultado superior al LID, que corresponde al programa desarrollado por la central de José Cabrera, y aunque es ligeramente superior al valor detectado en esa misma central en la anterior campaña, es inferior al detectado

en el año 1993 y mucho más bajo que el nivel de notificación fijado por el CSN.

Carnes y huevos

Dentro de este tipo de muestra se recogen carnes de vaca, cordero, cerdo, jabalí, conejo, liebre, aves y huevos, dependiendo de las explotaciones existentes en cada zona vigilada. En cada una de las muestras se realiza una espectrometría gamma. En las muestras de huevos desde el año 1995 no se detectan isótopos de origen artificial en ninguno de los programas, por lo que no se incluye su representación gráfica. En las muestras de los distintos tipos de carne y aves, los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID excepto en el caso del cesio-137 para el que se obtienen valores superiores al LID en un pequeño porcentaje de las muestras analizadas.

En la campaña de 2001 sólo se han obtenido valores de dicho isótopo en tres muestras correspondientes a las centrales de Almaraz y Cofrentes, que son similares a los de años anteriores, y además en Almaraz se detectan en la estación testigo. Ninguno de los valores obtenidos ha superado los niveles de notificación establecidos por el CSN.

Miel

En los PVRA establecidos en las centrales de Trillo, José Cabrera, Almaraz, Cofrentes y Vandellós II se recogen muestras de miel en las que se realiza una espectrometría gamma. Los valores habituales, al igual que en la campaña de 2001, de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID por lo que no se incluye representación gráfica de los mismos.

Peces y mariscos

Las muestras de peces se recogen en los PVRA de todas las centrales; en el caso de la central Vandellós II, que es un emplazamiento costero, se recogen también muestras de mariscos. En cada una de ellas se realiza una medida de espectrometría gamma. Aunque los valores habituales de los isótopos de origen artificial son inferiores a los LID, esporádicamente se obtienen valores de cesio-137 así como de cesio-134

y cobalto-60 fundamentalmente. En la campaña de 2001 el único isótopo detectado en alguna muestra de peces ha sido el cesio-137. Todos los valores se presentan en las estaciones situadas aguas abajo de los vertidos, no en las estaciones testigo, si bien los

valores son generalmente similares a los de los LID y su media inferior a la de campañas anteriores, como se observa en la figura 2.44a. Ninguno de los valores obtenidos ha superado los niveles de notificación establecidos por el CSN.

Figura 2.35a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131
Valores medios en la zona vigilada

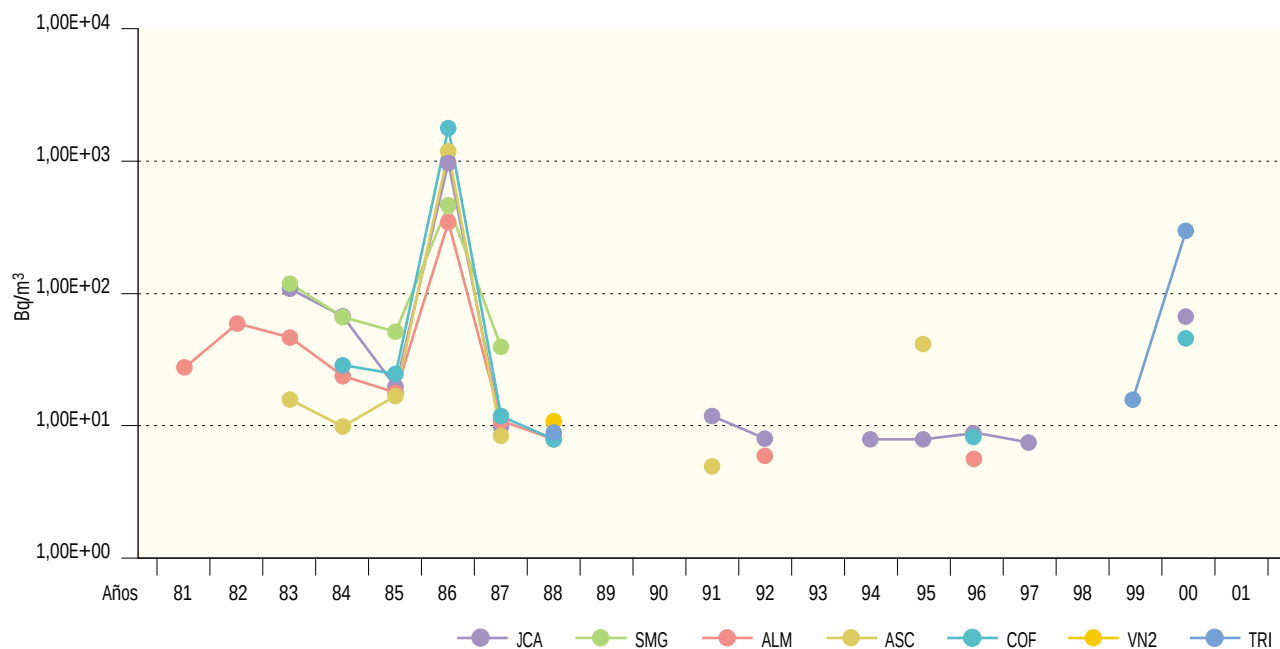


Figura 2.36a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

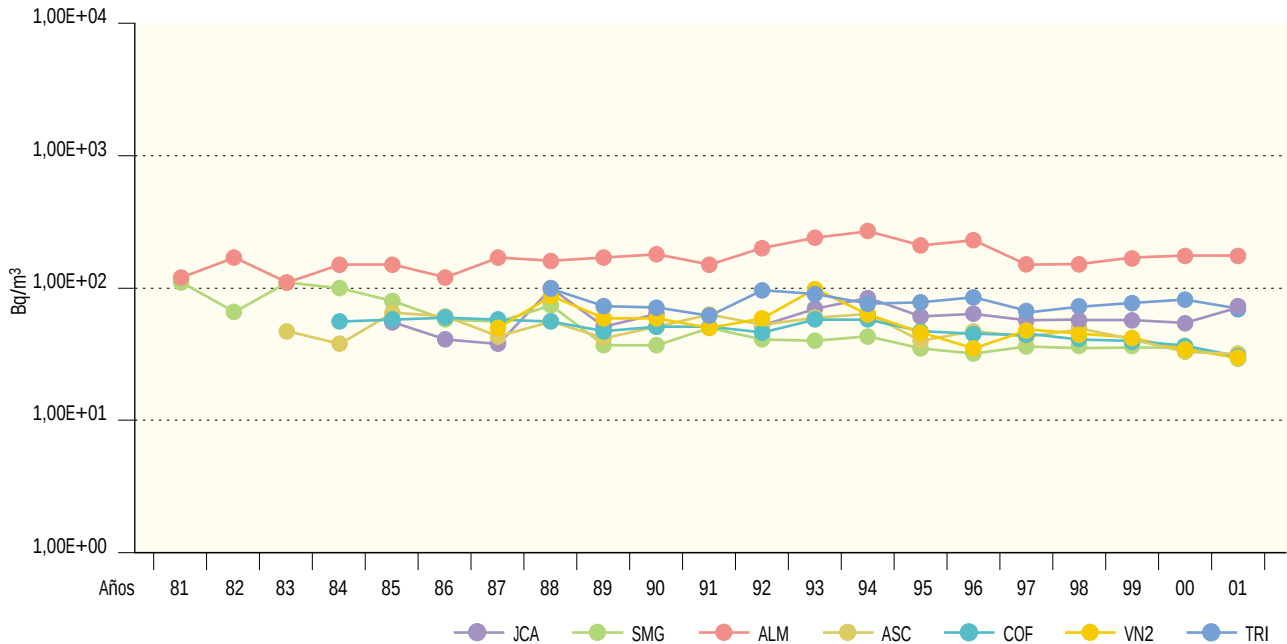
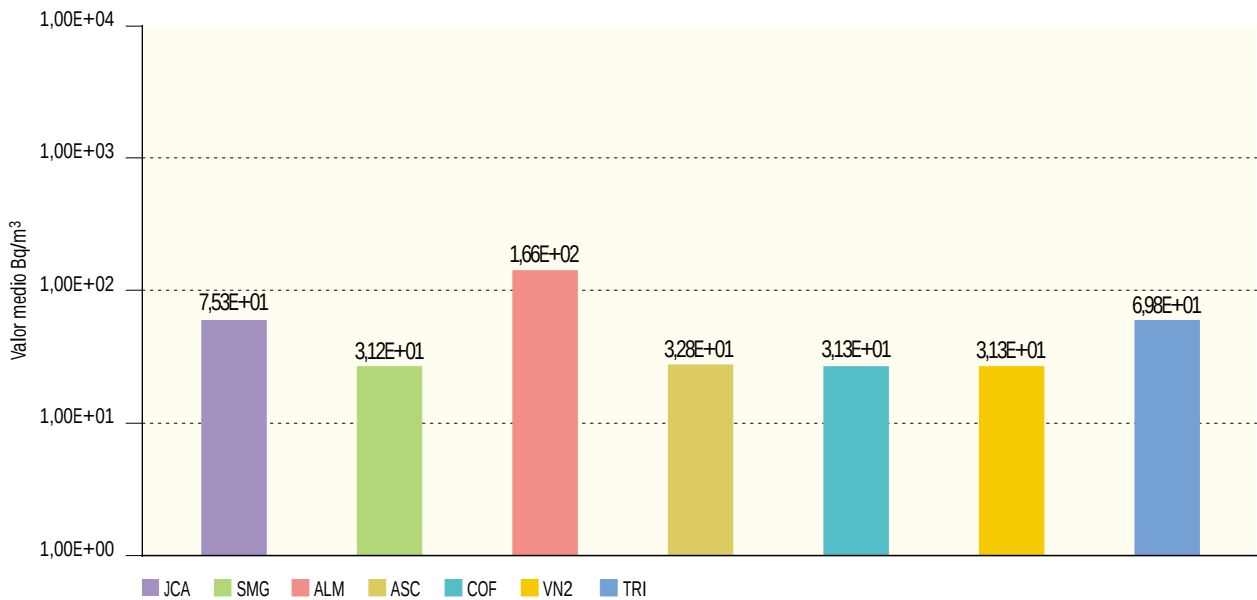


Figura 2.36b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,74E+02	6,39E+01	7,44E+02	4,86E+01	7,30E+01	4,86E+01	1,45E+02
Valor mínimo	4,26E+01	1,60E+01	2,49E+01	1,57E+01	1,28E+01	1,43E+01	2,52E+01
Nº total de análisis	69	48	108	24	60	36	46
Nº de análisis > LID	69	48	105	24	46	29	46
Nº de análisis < LID	0	0	3	0	14	7	0

Figura 2.37a. Leche. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

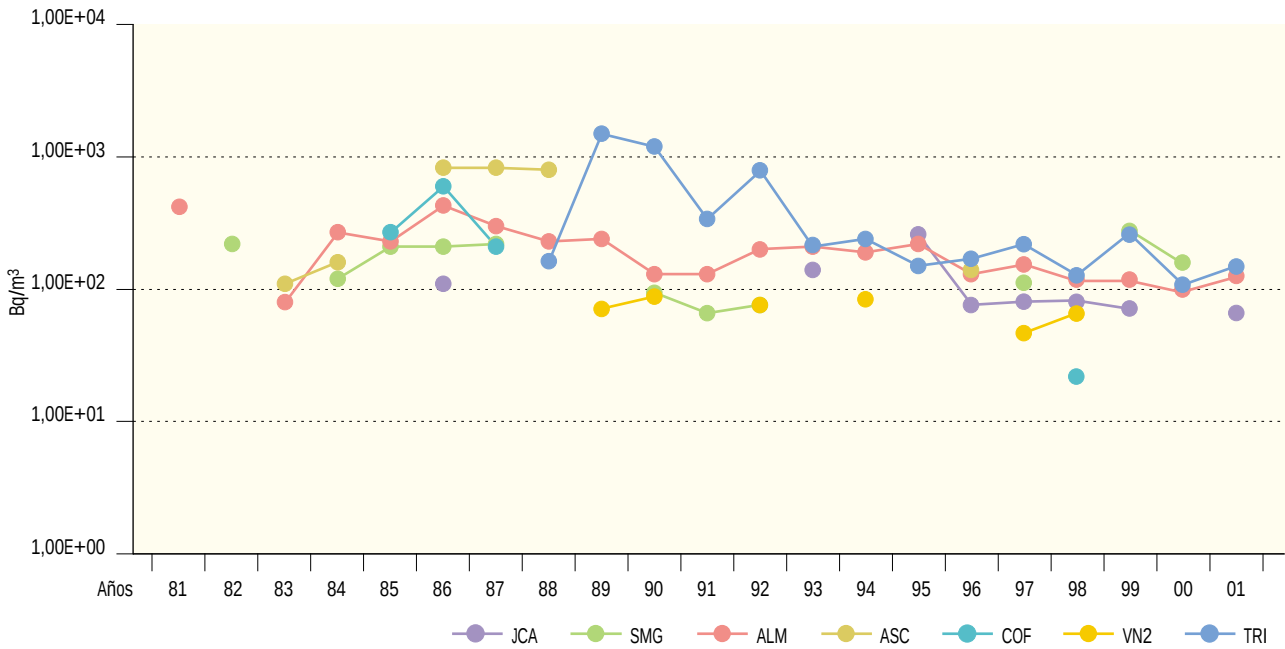
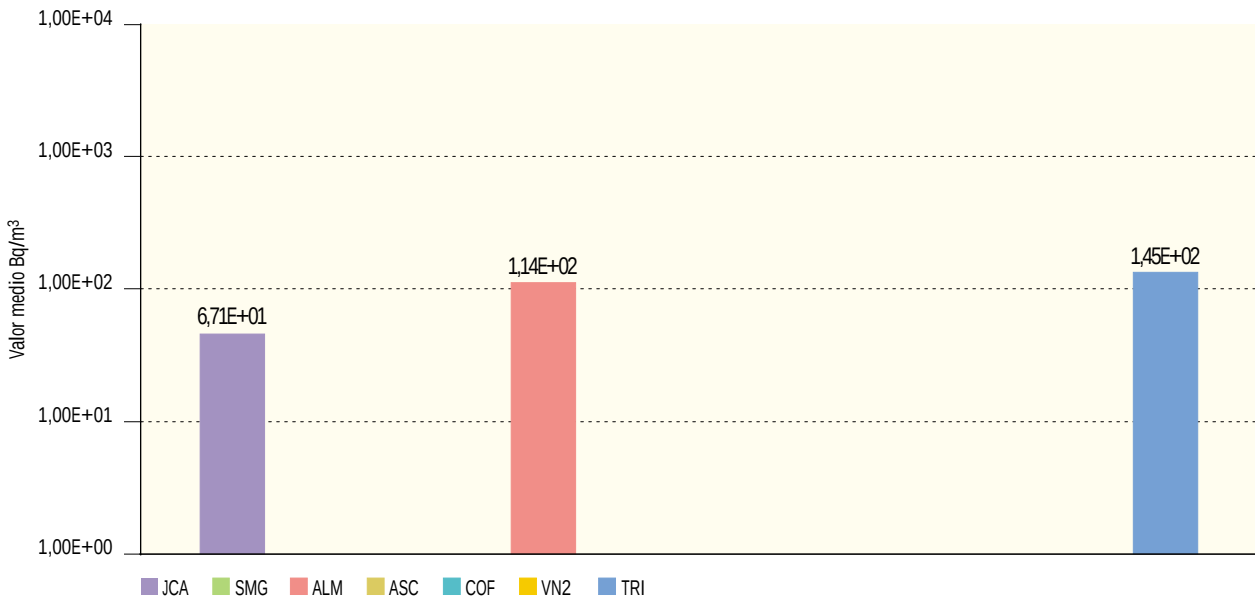


Figura 2.37b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,18E+02		3,49E+02				1,92E+02
Valor mínimo	2,26E+01		4,56E+01				1,15E+02
Nº total de análisis	69	48	108	24	60	36	46
Nº de análisis > LID	3	0	38	0	0	0	3
Nº de análisis < LID	66	48	70	24	60	36	43

Figura 2.38a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

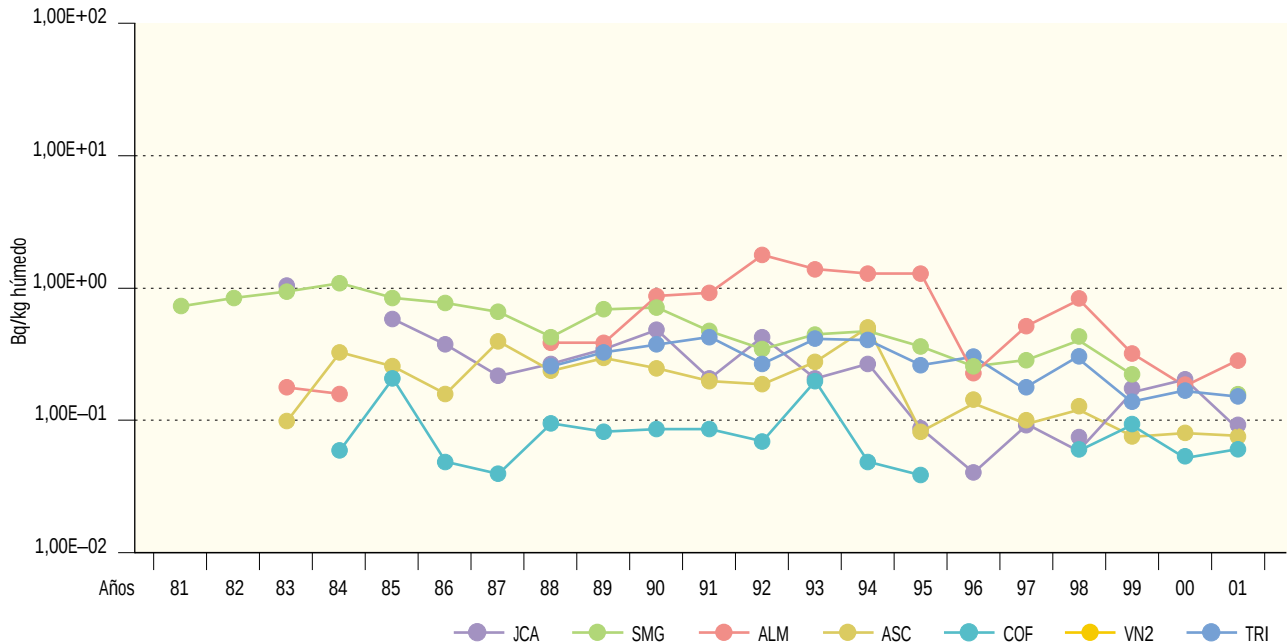
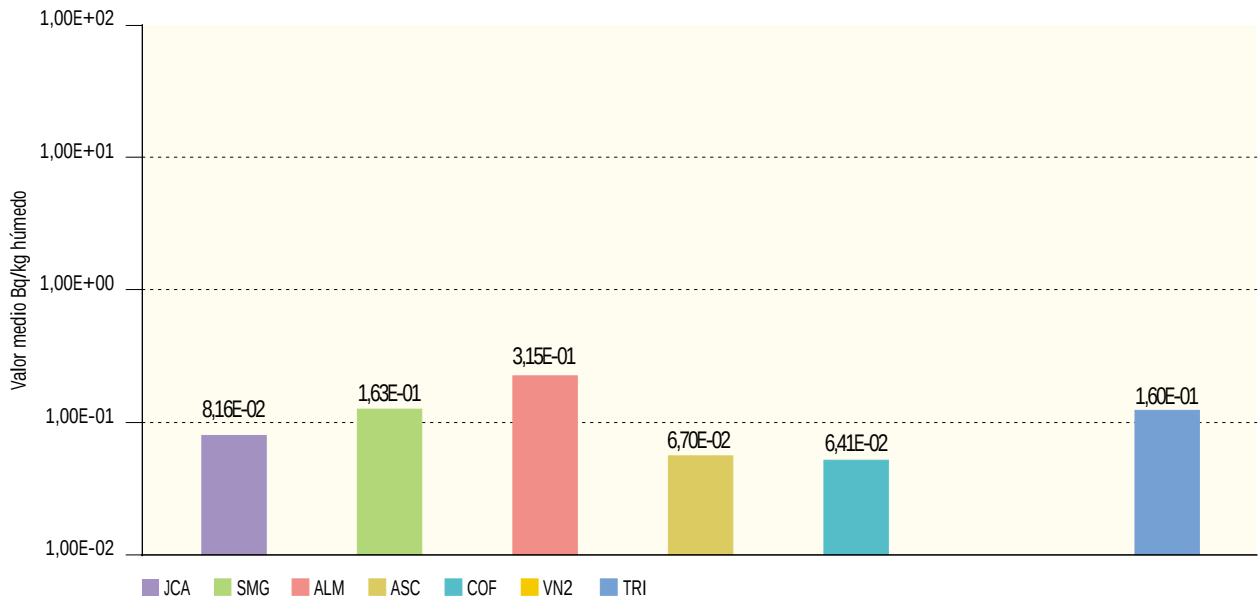


Figura 2.38b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,20E-01	3,35E-01	7,28E-01	1,12E-01	1,25E-01		2,43E-01
Valor mínimo	4,48E-02	4,11E-02	1,03E-01	2,14E-02	1,63E-02		8,93E-02
Nº total de análisis	5	16	10	10	9		8
Nº de análisis > LID	5	15	10	7	7		8
Nº de análisis < LID	0	1	0	3	2		0

Figura 2.39a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

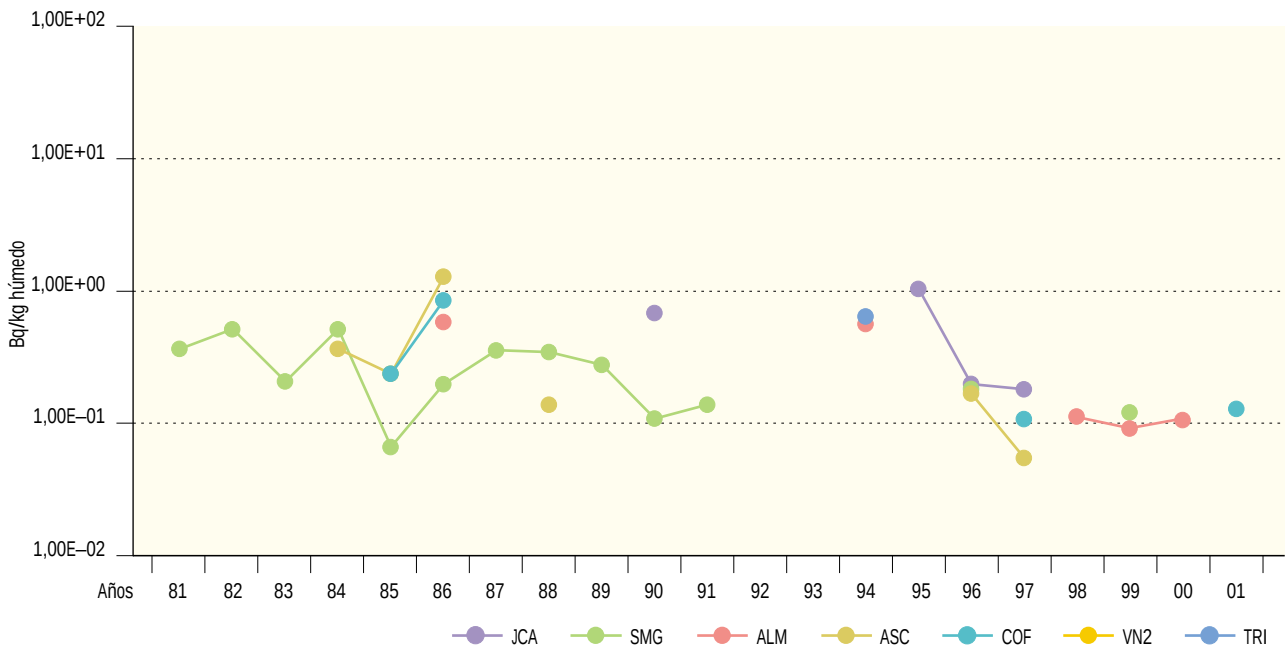
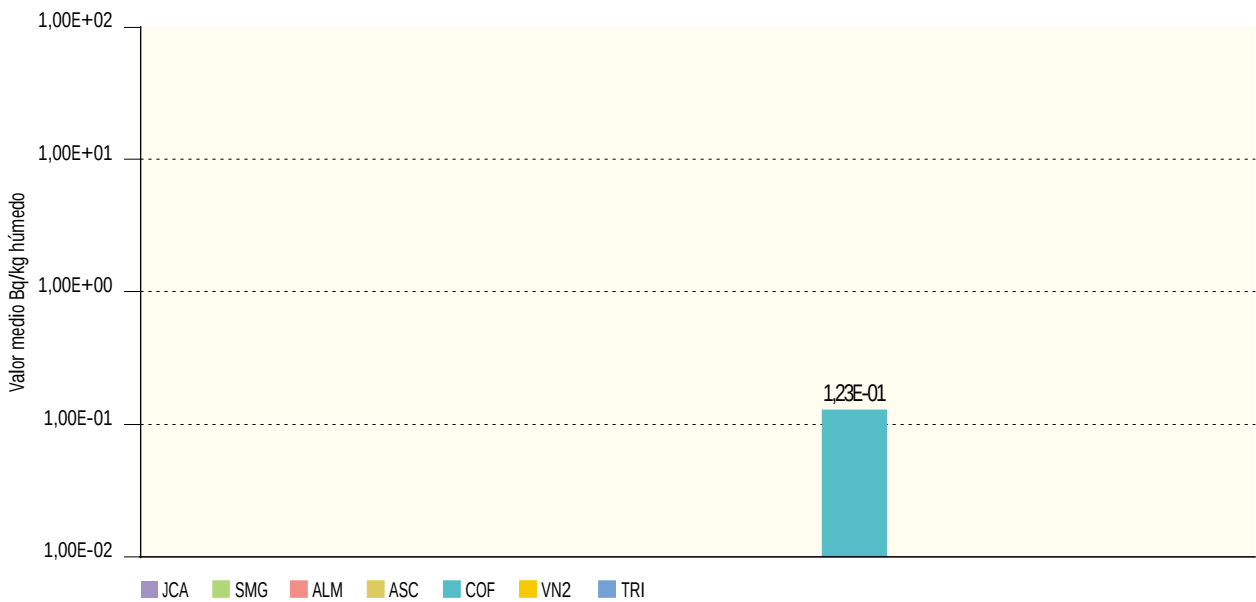


Figura 2.39b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)

Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo					1,23E-01		
Valor mínimo					1,23E-01		
Nº total de análisis	5	16	10	10	9		8
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	1		0
Nº de análisis < LID	5	16	10	10	8		8

Figura 2.40a. Vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de I-131

Valores medios en la zona vigilada

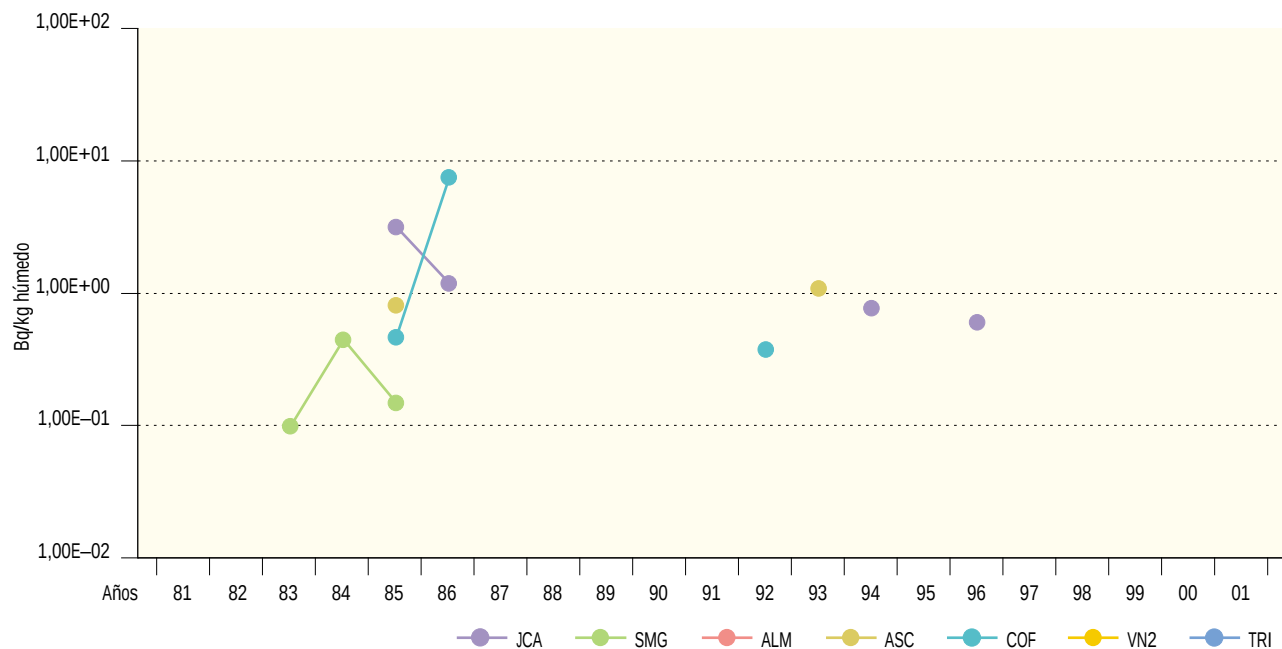


Figura 2.41a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90
Valores medios en la zona vigilada

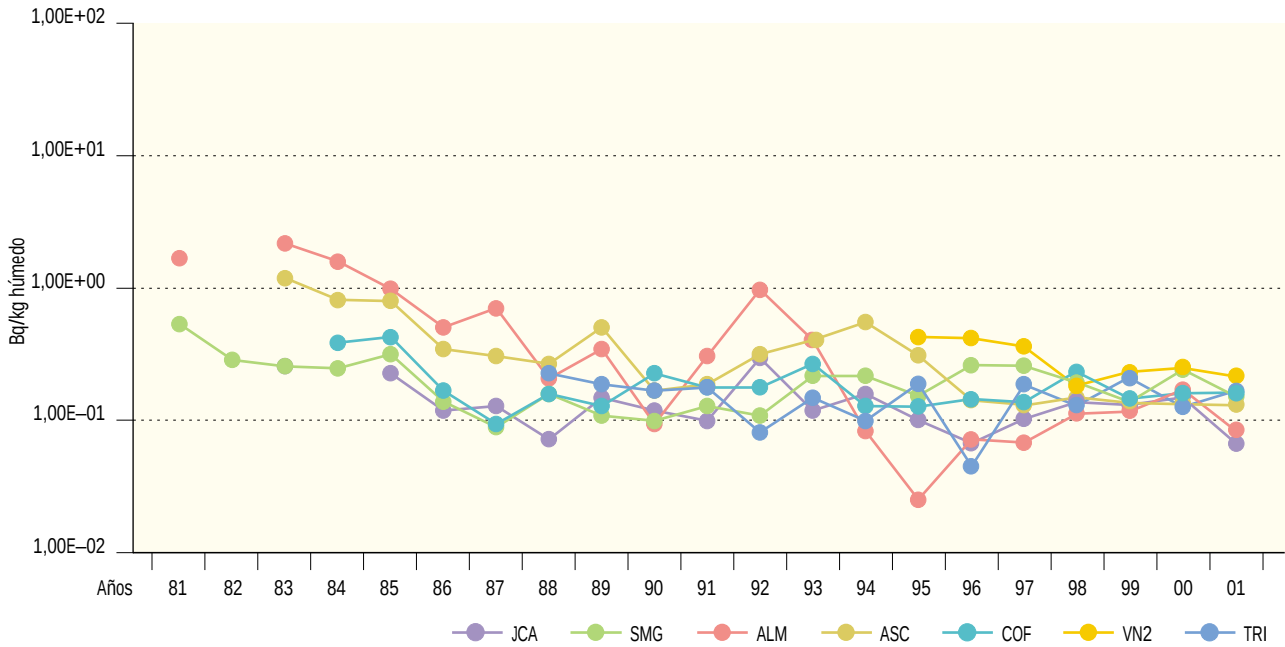
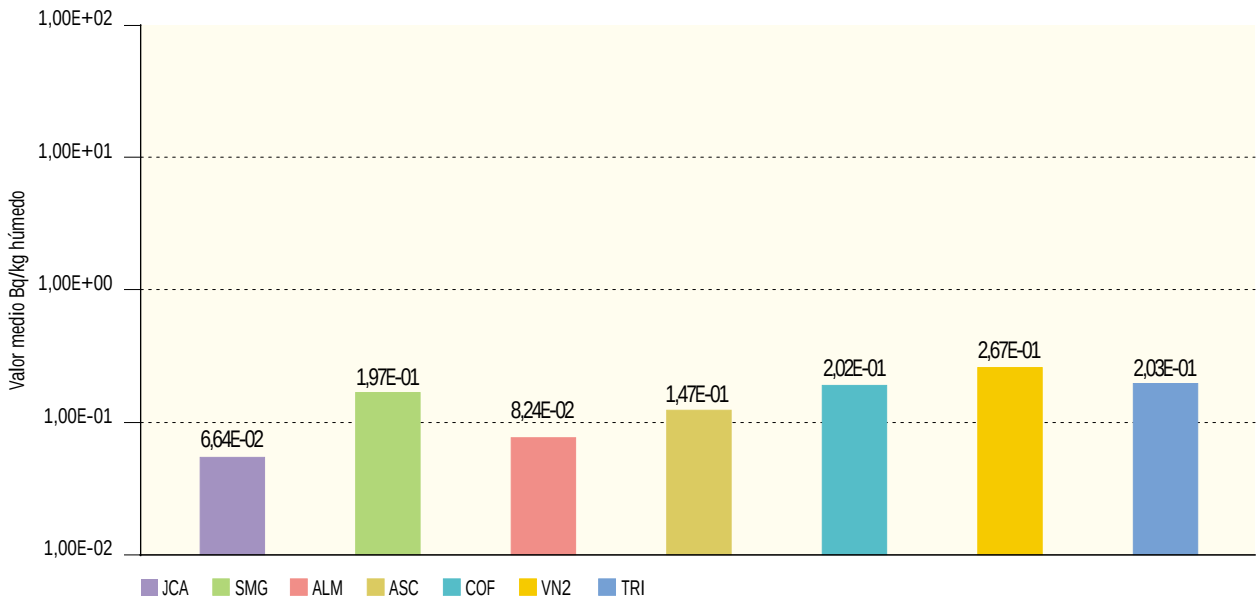


Figura 2.41b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg húmedo)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	2,68E-01	2,72E-01	4,66E-01	5,25E-01	5,95E-01	4,01E-01	7,42E-01
Valor mínimo	8,10E-03	8,94E-02	1,10E-02	1,73E-02	1,77E-02	9,87E-02	1,77E-02
Nº total de análisis	20	16	27	19	49	8	12
Nº de análisis > LID	18	9	23	8	22	7	8
Nº de análisis < LID	2	7	4	11	27	1	4

Figura 2.42a. Vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137
Valores medios en la zona vigilada

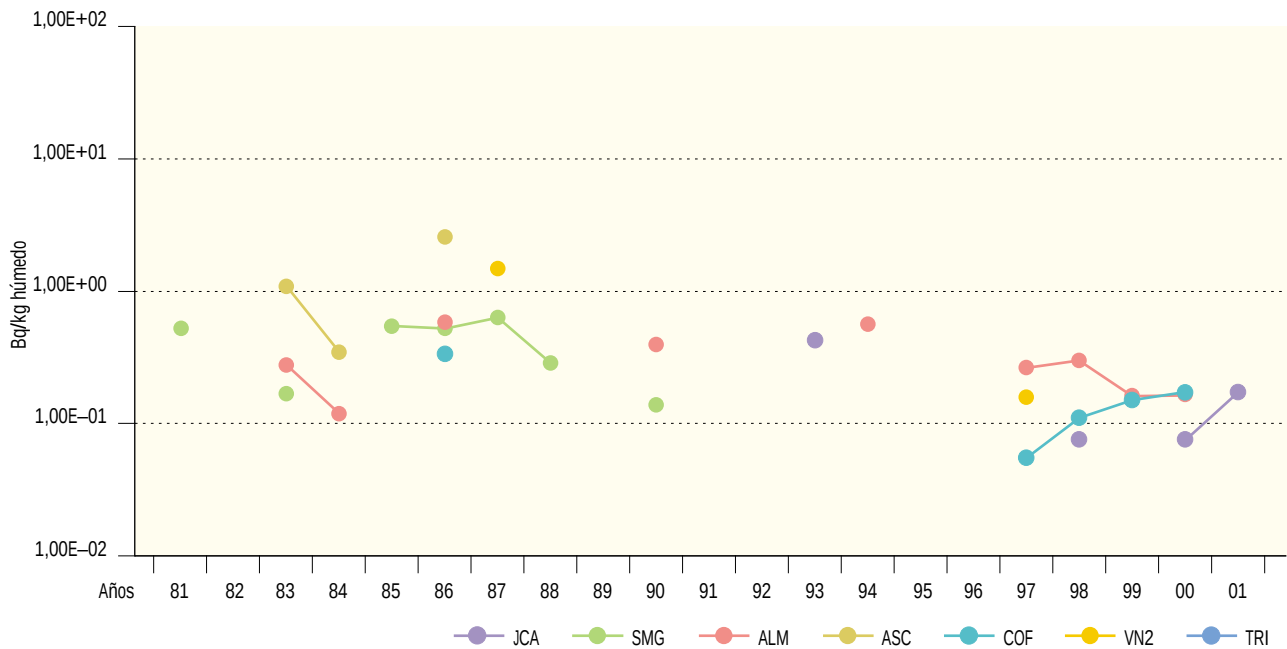
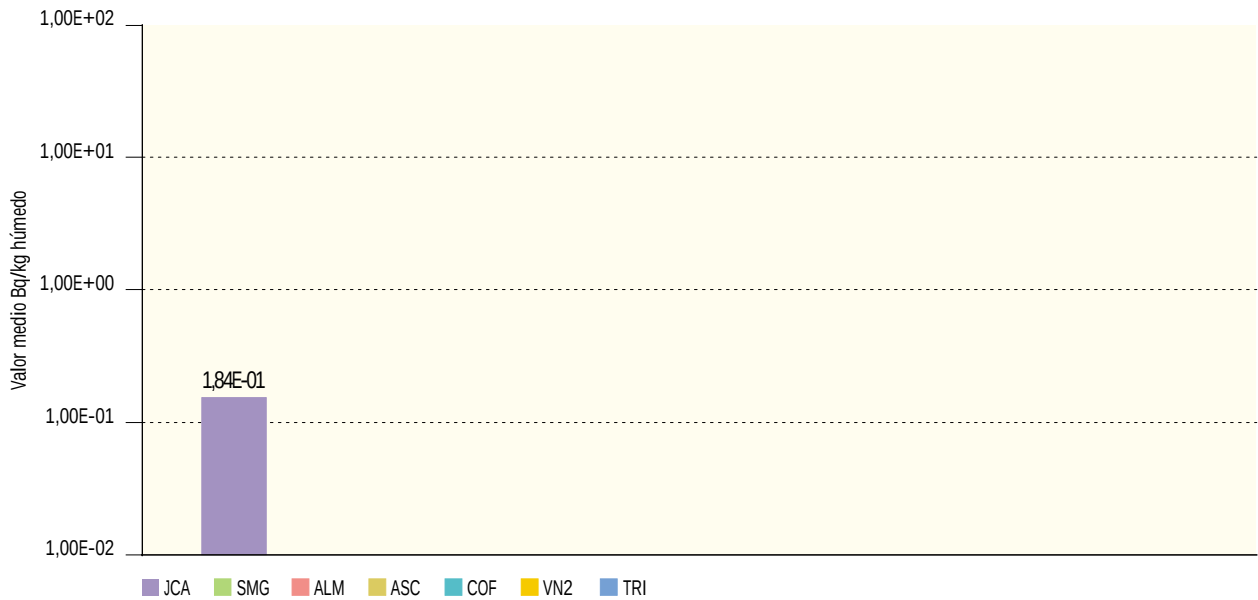


Figura 2.42b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	1,84E-01						
Valor mínimo	1,84E-01						
Nº total de análisis	20	16	27	19	49	8	12
Nº de análisis > LID	1	0	0	0	0	0	0
Nº de análisis < LID	19	16	27	19	49	8	12

Figura 2.43a. Carne y aves. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137
Valores medios en la zona vigilada

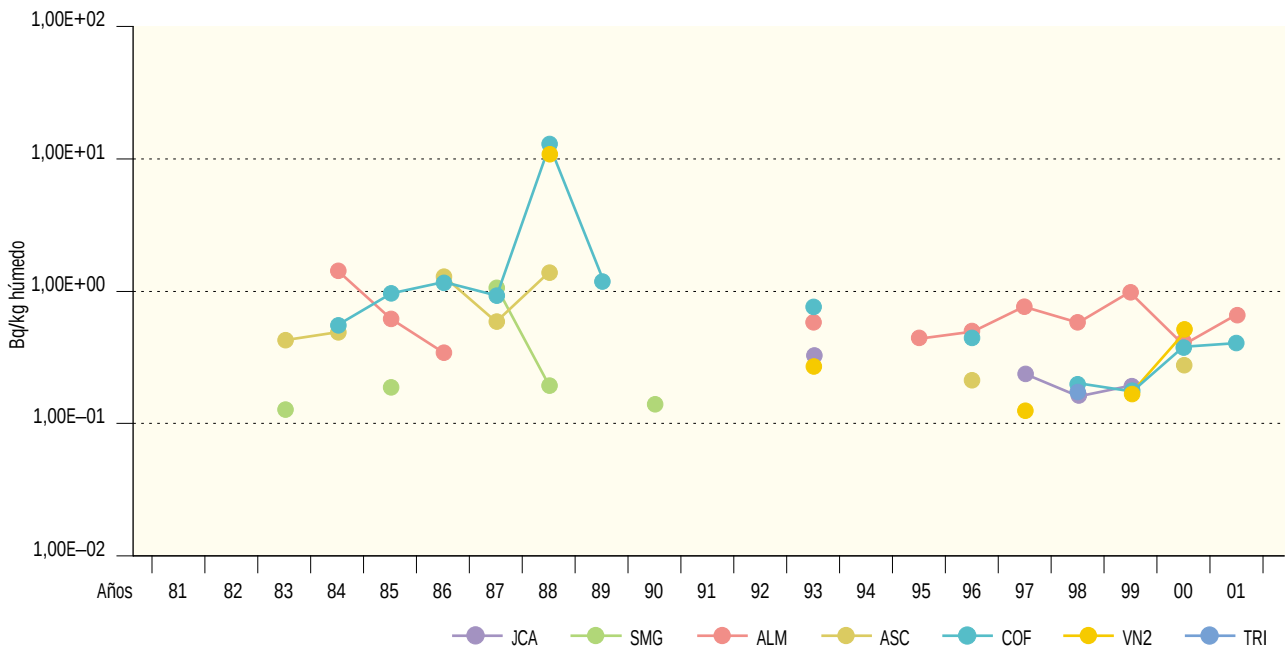
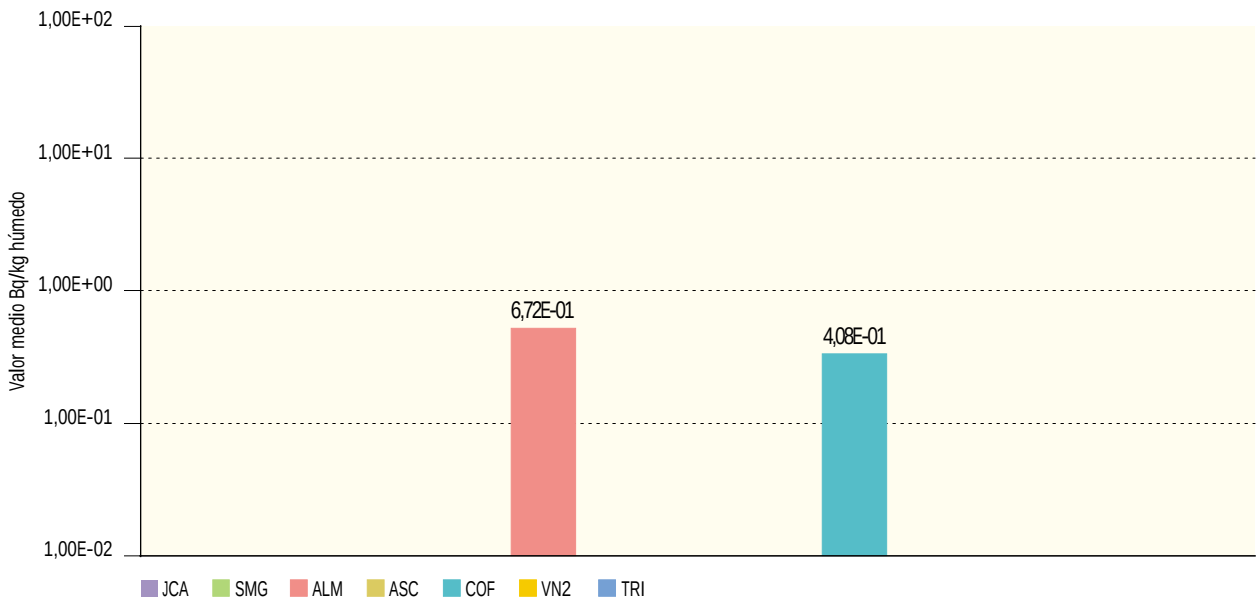


Figura 2.43b. Carne y aves. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo			6,72E-01		4,86E-01		
Valor mínimo			6,72E-01		3,29E-01		
Nº total de análisis	10	8	28	8	16	4	16
Nº de análisis > LID	0	0	1	0	2	0	0
Nº de análisis < LID	10	8	27	8	14	4	16

Figura 2.44a. Peces y mariscos. Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137
Valores medios en la zona vigilada

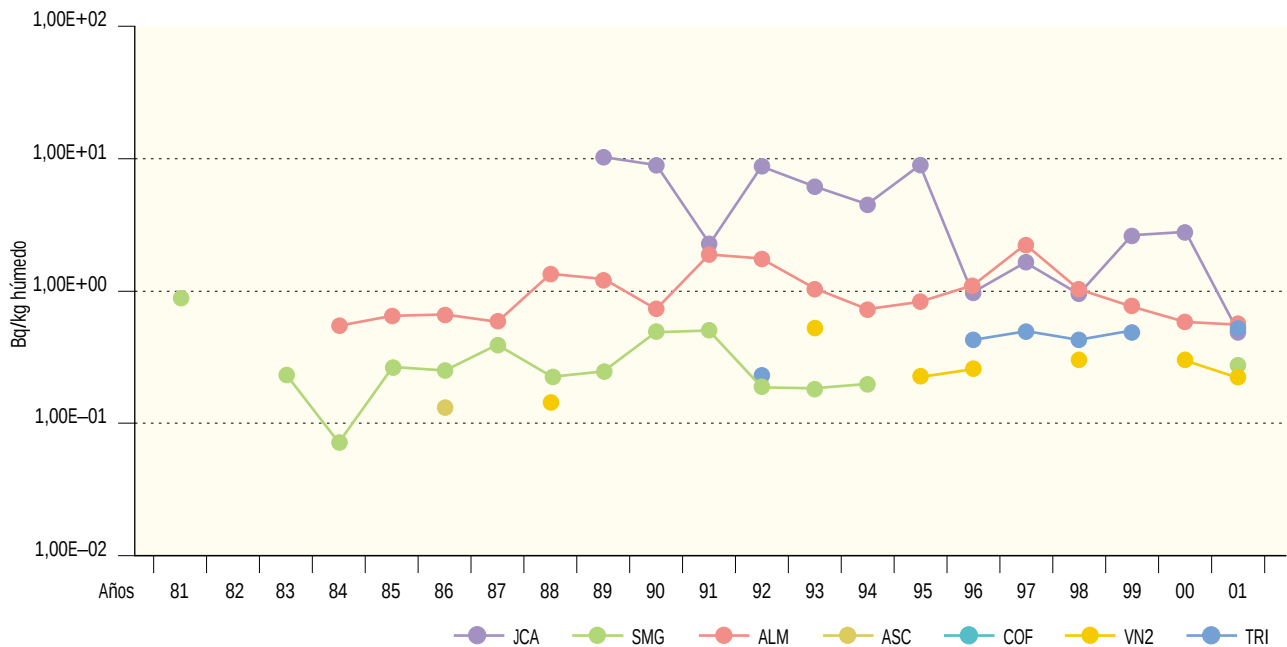
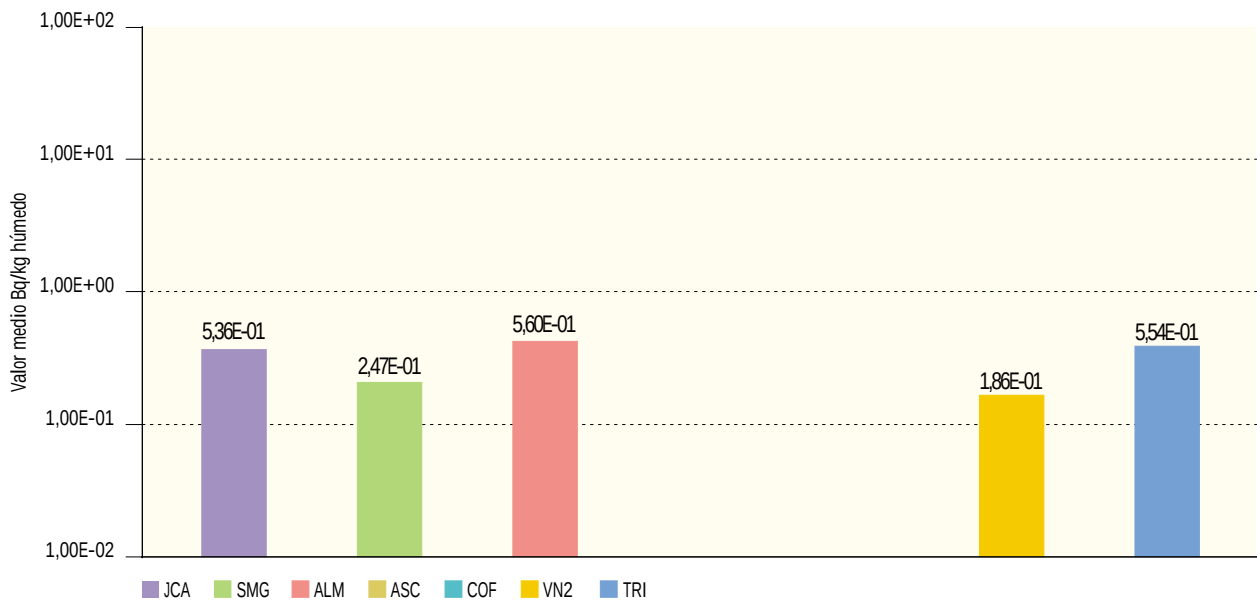


Figura 2.44b. Peces y mariscos. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg húmedo)
Valores de la campaña de 2001



Central nuclear	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
Valor máximo	9,52E-01	2,47E-01	8,82E-01			1,86E-01	5,54E-01
Valor mínimo	1,20E-01	2,47E-01	2,76E-01			1,86E-01	5,54E-01
Nº total de análisis	3	6	15	2	4	8	6
Nº de análisis > LID	2	1	9	0	0	1	1
Nº de análisis < LID	1	5	6	2	4	7	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 Environmental 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 2.45 a 2.47 se presenta el número de estaciones de muestreo seleccionadas para cada instalación y vía de exposición.

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

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

Instalación	Localidad (Provincia)	Tipo de instalación	Actividad	Puesta en marcha
Fábrica de elementos combustibles de Juzbado	Juzbado (Salamanca)	Nuclear	Fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio para reactores de agua ligera	PEP (OM de 14/1/85). Vigente 6ª prórroga del PEP por 10 años (OM 5/7/96).
Planta Quercus	Ciudad Rodrigo (Salamanca)	Radiactiva de 1ª categoría	Producción de concentrados de uranio	PEP para cuatro años (OM10/92). Obtiene el PED por OM de 25/4/97.
El Cabril	Sierra Albarrana (Córdoba)	Nuclear	Almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de media y baja actividad	PEP (OM de 9/10/92). Vigente autorización de explotación por OM 5/10/01.

Figura 2.45. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Aire y deposición húmeda y seca

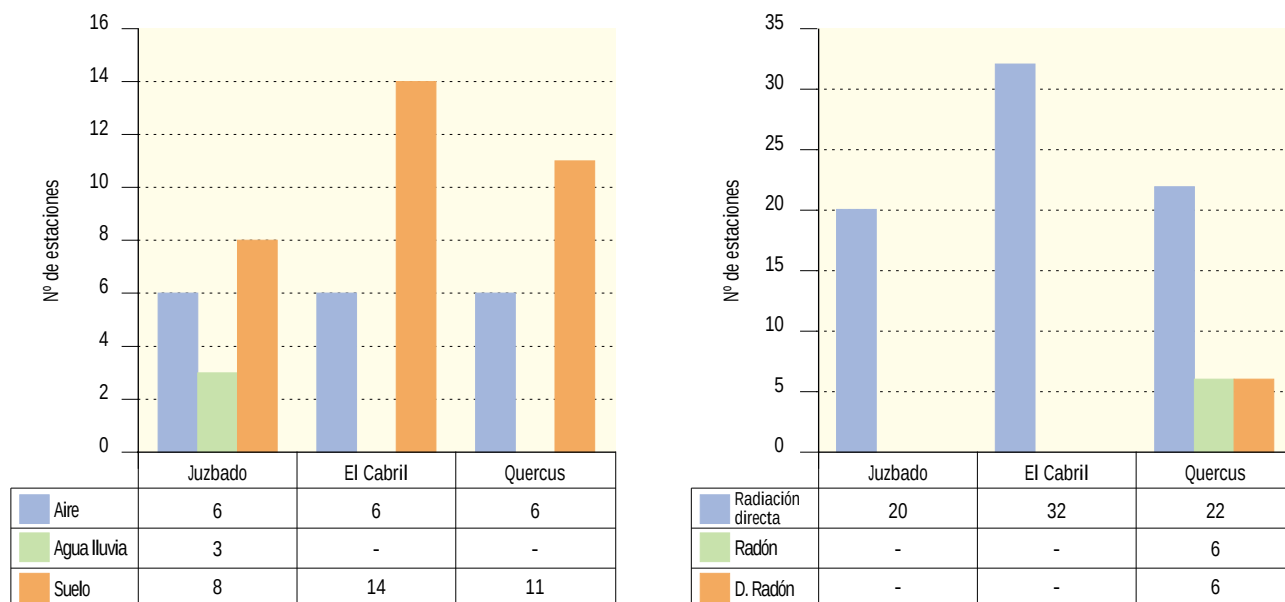
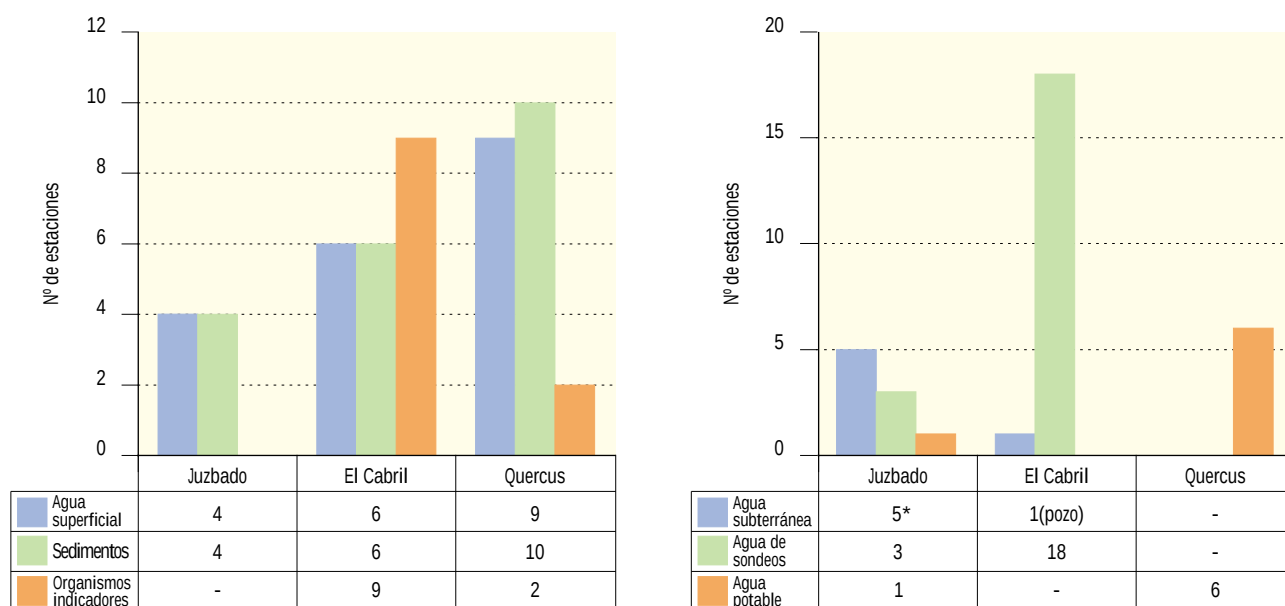


Figura 2.46. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Medio acuático



* Una de las estaciones tiene también uso de potable.

Figura 2.47. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Alimentos

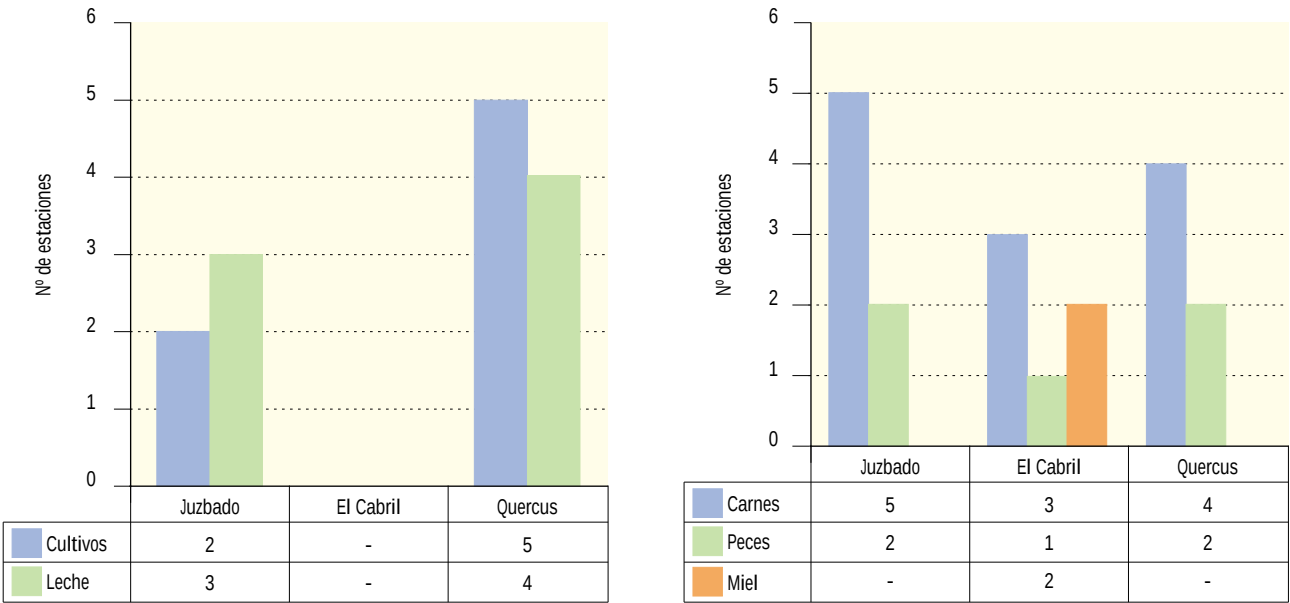


Tabla 2.4. PVRA alrededor de otras instalaciones nucleares y radiactivas. Tipos de análisis

Tipo de muestra	Análisis realizados		
	Juzbado	Quercus	El Cabril
Aire	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210 Radón (Rn-222 y descendientes)	Actividad β total Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14
Radiación directa	Dosis integrada	Dosis integrada	Dosis integrada
Agua subterránea, superficial y potable	Actividad α total Actividad β total Actividad β resto (en superficial y potable) Espectrometría α de uranio (excepto en sondeos)	Actividad α total Actividad β total (en superficial) Actividad β resto (en superficial) U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Actividad β total Actividad β resto Sr-90 Espectrometría γ H-3, C-14, Tc-99, I-129
Suelo	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Sr-90 Espectrometría γ
Sedimentos y organismos indicadores	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total Actividad β total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Actividad β total (sedimentos) Sr-90 (organismos indicadores) Espectrometría γ H-3 (organismos indicadores) C-14 (organismos indicadores)
Alimentos	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total Actividad β total (peces) U natural Th-230, Ra-226, Pb-210	Sr-90 (peces y carnes) Espectrometría γ

2.3. Resultados

Para el tratamiento de los resultados se han tenido en cuenta, básicamente, los mismos criterios indicados en el apartado 1.3 para las centrales nucleares, considerando en este caso también los resultados correspondientes al índice de actividad alfa total y los de radionucleidos de origen natural cuya concentración se pueda ver alterada por las características de las emisiones procedentes de cada instalación. De igual modo que en las centrales nucleares, los resultados obtenidos en los PVRA se presentan gráficamente para cada una de las distintas vías de exposición, tipos de muestras y análisis.

Los análisis que se realizan en las diferentes muestras están en función de los efluentes de cada una de las instalaciones, por lo que unas veces los análisis coinciden y en otros casos éstos son específicos de una instalación concreta. Por este motivo, en la representación gráfica de los resultados, a diferencia de lo que se ha hecho para las centrales nucleares, se incluye, en cada tipo de muestra, una figura para cada instalación, en la que se representa la evolución histórica de los valores medios de todos los análisis realizados y unas tablas con información más detallada correspondiente al año 2001. 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 di-

cho isótopo. En la planta de concentrados de uranio Quercus los posibles efluentes pueden variar las concentraciones del uranio natural pero no alterar las proporciones de sus diferentes isótopos, 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 en la campaña de 2001 se obtuvieron valores superiores al LID en el 50% de las muestras analizadas. En la figura 2.48 se comprueba que los valores medios de uranio-234 y uranio-238 son similares a los de los últimos años, mientras que se incrementa ligeramente el índice de actividad alfa total, aunque dentro del rango de variación del periodo operacional.

Planta Quercus

El muestreo de partículas de polvo es continuo y el cambio de filtro semanal. En cada uno de ellos se realiza una determinación del índice de actividad alfa total y en las muestras acumuladas trimestralmente en cada punto de muestreo se analiza torio-230, radio-226 y plomo-210 así como uranio natural. La medida de radón se lleva a cabo mediante la colocación de dosímetros pasivos de trazas, 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 son del 100% en los análisis de alfa total, plomo-210 y torio-230, y entre el 60% y 70% en los de uranio total y radio-226. En la campaña de 1997 se introdujo una modificación en el procedimiento de análisis del índice de actividad alfa total que permitió disminuir el LID y obtener un mayor número de medidas superiores al mismo y, en consecuencia, aumentar la proporción de medidas detectadas con valores más bajos, tal como se pone de manifiesto en los valores medios representados en la figura 2.49.

Los resultados de alfa total y plomo-210 obtenidos en estas muestras son, en general a lo largo de los años, similares entre sí y más elevados que los del uranio, torio-230 y radio-226. Estos tres últimos se encuentran en el aire debido a la resuspensión del suelo, mientras que el plomo, que es un emisor beta gamma, además de este mismo origen se encuentra en el aire debido al decaimiento del radón que emana del suelo. Los valores medios obtenidos en el año 2001 para todas las determinaciones son similares a los de años anteriores.

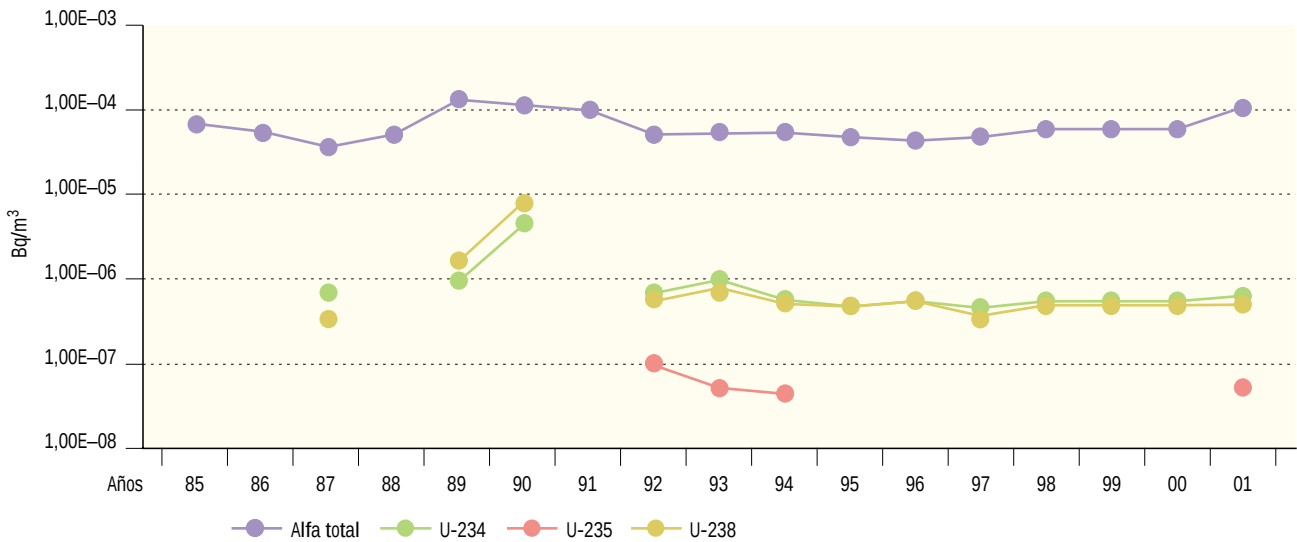
En el caso del radón (figura 2.50) los porcentajes de resultados superiores al LID son, tanto para el radón-222 como para los descendientes, del 100%. Los valores se mantienen bastante similares a lo largo de los años de funcionamiento de la instalación.

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.

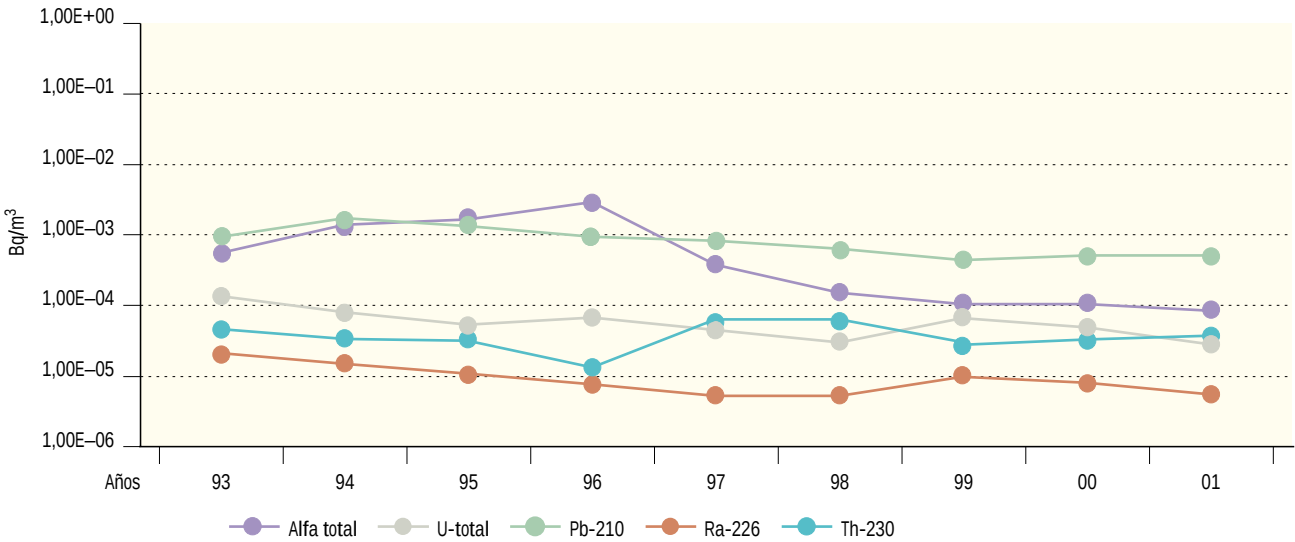
En la campaña de 2001 los porcentajes de valores de carbono-14 y beta total superiores al LID están próximos al 100% y los valores medios se mantienen muy semejantes a lo largo de los años y similares a los obtenidos en otros programas de vigilancia. En cuanto al estroncio-90 únicamente se han obtenido tres resultados superiores al LID, todos ellos dentro del rango de los obtenidos 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 similar al registrado desde el año 1998 y un orden de magnitud más elevado que los anteriores a esa fecha. Esta diferencia se debe a la modificación del procedimiento de recogida de las muestras que ha permitido que aumente la proporción de medidas superiores al LID, siendo del 83% en el año 2001, cuando en años anteriores a 1998 no llegaba al 28%. No obstante los valores siguen siendo entre uno y dos órdenes de magnitud más bajos que los valores de fondo registrados en otros PVRA.

Figura 2.48. Juzbado. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



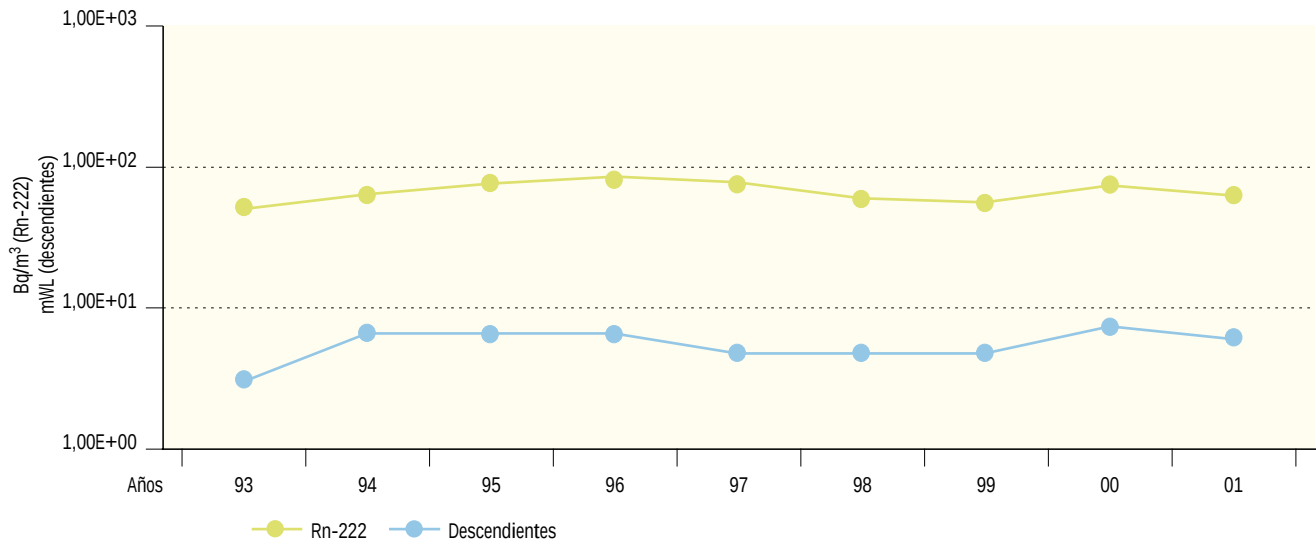
Valores 2001	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	1,14E-04	6,73E-07	6,33E-08	5,13E-07
Valor máximo	4,63E-04	1,00E-06	7,00E-08	8,90E-07
Valor mínimo	7,59E-06	5,40E-07	5,00E-08	4,00E-07
Nº total de análisis	310	6	6	6
Nº de análisis > LID	308	6	3	6
Nº de análisis < LID	2	0	3	0

Figura 2.49. Quercus. Partículas de polvo en el aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



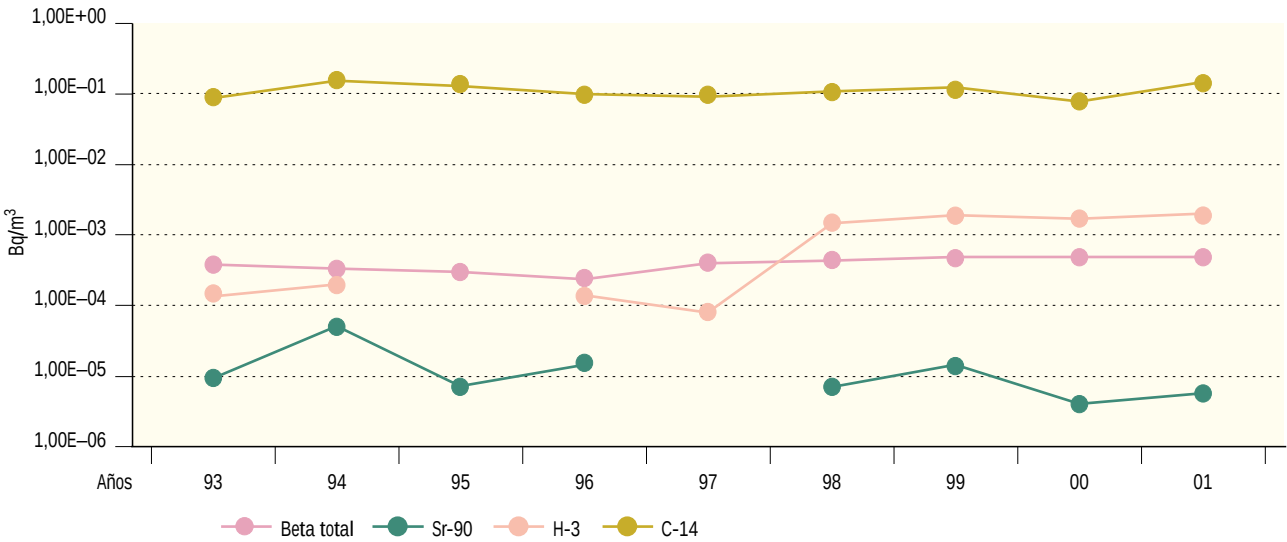
Valores 2001	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	8,97E-05	2,74E-05	4,87E-04	5,08E-06	3,25E-05
Valor máximo	2,75E-04	5,72E-05	9,24E-04	9,41E-06	5,23E-05
Valor mínimo	9,42E-06	7,46E-06	2,03E-04	1,63E-06	1,17E-05
Nº total de análisis	311	24	24	24	24
Nº de análisis > LID	311	15	24	17	24
Nº de análisis < LID	0	9	0	7	0

Figura 2.50. Quercus. Radón en el aire. Valores de concentración de actividad Rn-222 (Bq/m³). Descendientes (mWL)
Evolución temporal valores medios



Valores 2001	Rn-222	Descendentes
Valor medio	6,28E+01	6,08E+00
Valor máximo	1,27E+02	2,27E+01
Valor mínimo	1,90E+01	6,80E-01
Nº total de análisis	12	72
Nº de análisis > LID	12	70
Nº de análisis < LID	0	2

Figura 2.51. El Cabril. Aire. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



Valores 2001	Beta total	Sr-90	H-3	C-14
Valor medio	5,35E-04	7,60E-06	2,97E-03	1,34E-01
Valor máximo	1,46E-03	7,80E-06	8,78E-03	2,65E-01
Valor mínimo	3,68E-05	7,29E-06	3,67E-04	5,94E-02
Nº total de análisis	312	18	18	18
Nº de análisis > LID	311	3	15	16
Nº de análisis < LID	1	15	3	2

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 prácticamente del 100% en todas las determinaciones. Como puede verse en la figura 2.52 los valores medios para el índice de actividad alfa total y para los isótopos de uranio se mantienen muy similares a los obtenidos desde la campaña de 1995.

Planta Quercus

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

Los porcentajes de resultados superiores al LID en los diferentes tipos de análisis realizados son próximos al 100% excepto en el caso del radio-226 que se encuentra en torno al 86% y del torio-230 que sólo alcanza el 2%. Los valores medios son similares a los de años an-

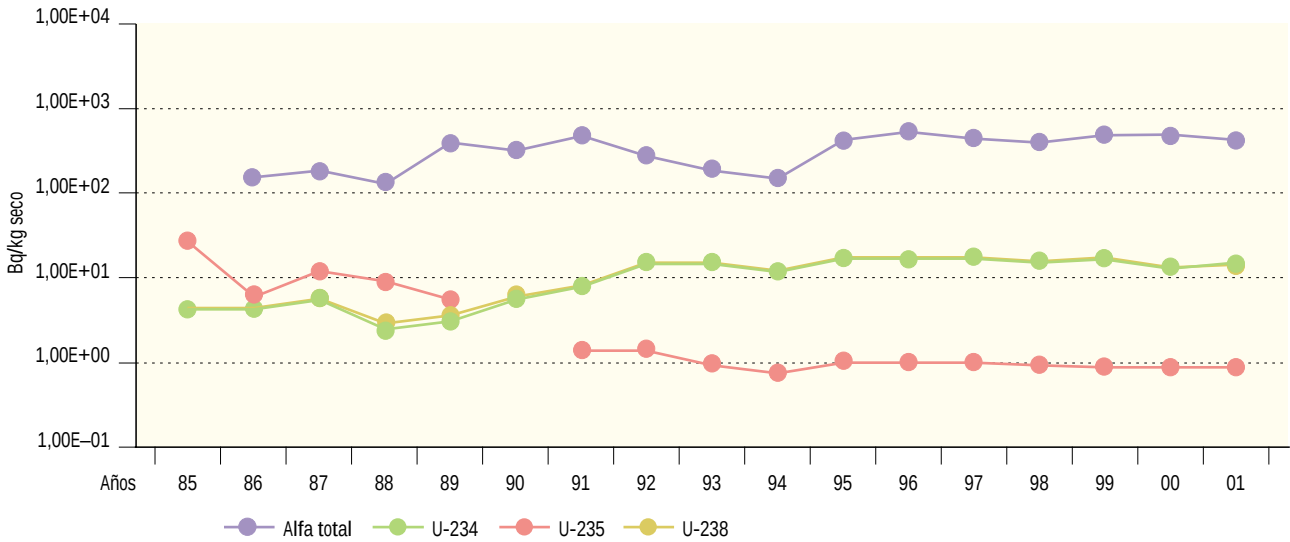
teriores para el índice alfa total, radio-226 y plomo-210, mientras que se observa un incremento en el único valor detectado de torio-230 y una disminución en el uranio total; en todo caso estas variaciones entran dentro del rango de valores de campañas anteriores.

El Cabril

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

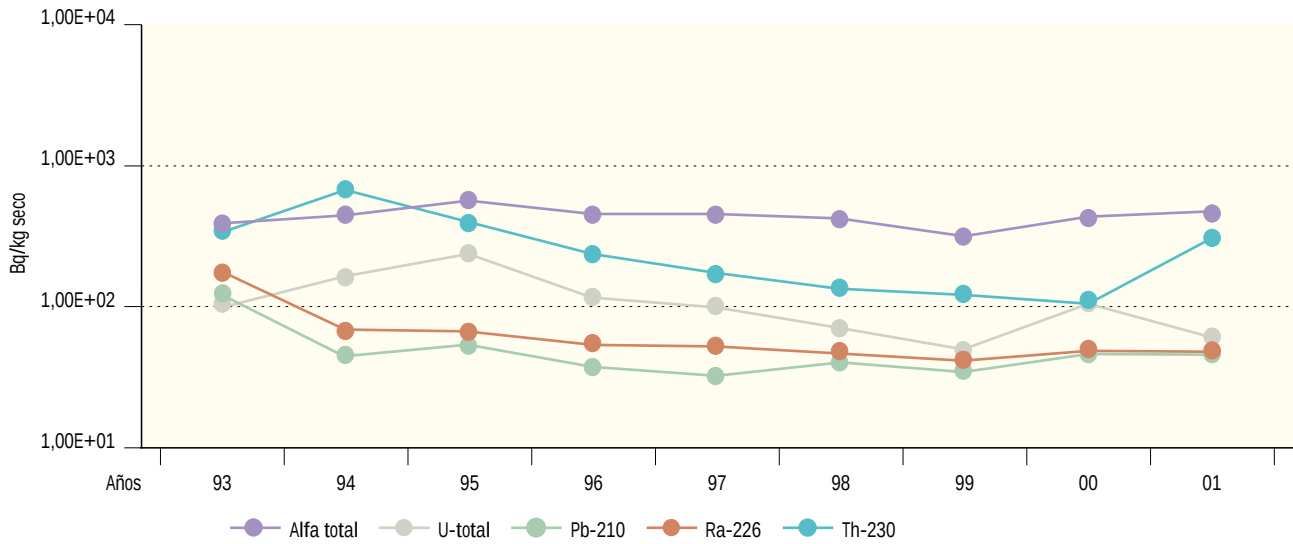
En la espectrometría gamma únicamente se han detectado valores superiores al LID para el cesio-137 entre los isótopos de origen artificial. Tanto este isótopo como el estroncio-90, que tienen como uno de sus posibles orígenes el poso radiactivo, se detectan con valores superiores al LID en un porcentaje próximo al 100% de las medidas. Los valores medios de cesio-137 son similares a lo largo de los años y los valores más elevados se suelen obtener en los puntos más alejados de la instalación. El valor medio de estroncio-90 obtenido en 2001 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 3.8a y 3.8b); los resultados de esta vigilancia para el año 2001 han estado comprendidos entre 0,42 Bq/kg seco y 14,0 Bq/kg seco.

Figura 2.52. Juzbado. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



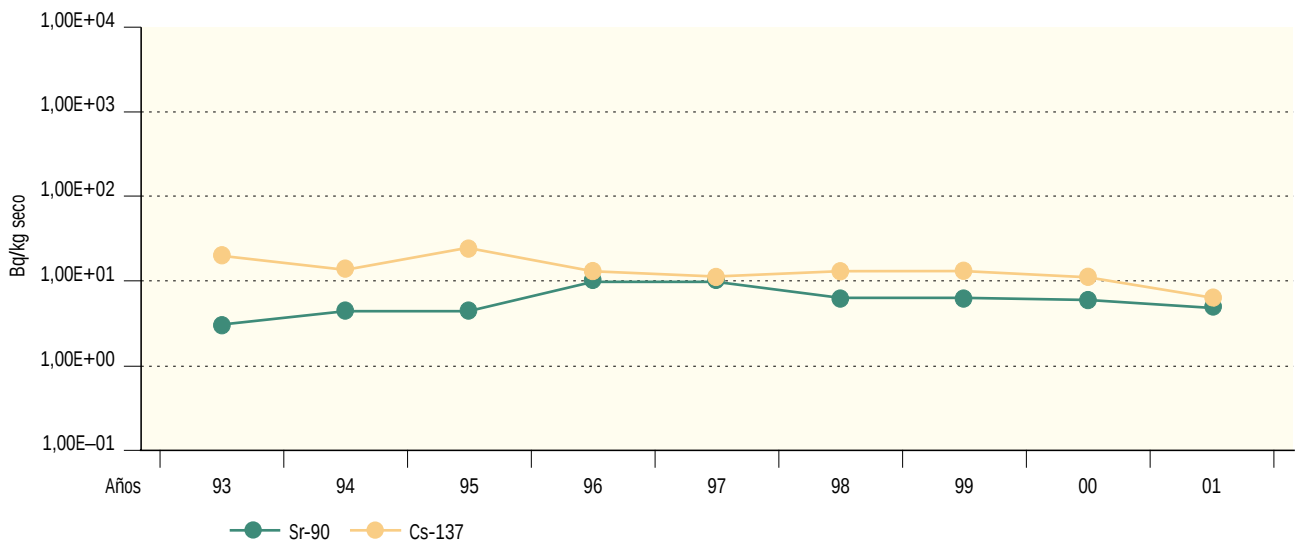
Valores 2001	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,31E+02	1,88E+01	9,11E-01	1,81E+01
Valor máximo	6,31E+02	3,00E+01	1,70E+00	3,00E+01
Valor mínimo	2,30E+02	6,70E+00	5,00E-01	6,10E+00
Nº total de análisis	8	8	8	8
Nº de análisis > LID	8	8	8	8
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

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



Valores 2001	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	4,01E+02	7,44E+01	5,54E+01	5,86E+01	2,98E+02
Valor máximo	1,53E+03	4,92E+02	1,37E+02	1,76E+02	2,98E+02
Valor mínimo	8,32E+01	9,82E+00	1,07E+01	1,59E+01	2,98E+02
Nº total de análisis	44	44	44	44	44
Nº de análisis > LID	44	44	42	38	1
Nº de análisis < LID	0	0	2	6	43

Figura 2.54. El Cabril. Suelo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



Valores 2001	Sr-90	Cs-137
Valor medio	5,10E+00	6,13E+00
Valor máximo	9,30E+00	1,89E+01
Valor mínimo	1,94E+00	7,32E-01
Nº total de análisis	14	14
Nº de análisis > LID	14	14
Nº de análisis < LID	0	0

2.3.3. Agua

Agua superficial

Juzbado

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

El porcentaje de resultados superiores al LID para el índice de actividad alfa total en 2001 fue del 58%. Co-

mo se ve en la figura 2.55 los valores medios se mantienen muy constantes a lo largo de las campañas. Para el índice de actividad beta total el porcentaje de valores detectados está próximo al 100%, y para el beta resto se sitúa en torno al 5%. Los valores medios de ambas determinaciones son similares a lo largo del tiempo. Como en la campaña de 2000, los porcentajes de valores superiores al LID para los isótopos del uranio fueron del 100% en el uranio-234 y uranio-238 y del 50% para el uranio-235. No hay variaciones significativas en los valores medios de estas determinaciones respecto a los obtenidos en los últimos años.

Planta Quercus

El muestreo se lleva a cabo en seis puntos con sistemas automáticos de captación proporcional continua. Las muestras se toman semanalmente del agua recogida en ese periodo y se agrupan para formar muestras mensuales. En otros tres puntos se recogen muestras simples

con frecuencia mensual. En cada muestra mensual resultante se realiza una determinación del índice de actividad alfa total, uranio natural, y radio-226, y se componen muestras trimestrales en las que se determina el contenido de torio-230, plomo-210, así como los índices de actividad beta total y resto.

Los porcentajes de valores superiores al LID en el año 2001 se sitúan en torno al 95% para el índice beta total, plomo-210 y torio-230, entre el 60% y 75% para alfa total, uranio total y radio-226, y sólo del 35% para el índice beta resto. Como se ve en la figura 2.56 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 esta campaña son similares a los de años anteriores, observándose un ligero incremento respecto al año anterior en la concentración de radio-226 y del índice beta resto.

El Cabril

Las muestras de agua se recogen alejadas de la orilla, a ser posible en los puntos de máximo flujo y por debajo de la superficie, a unos 30-50 cm de profundidad, con frecuencia trimestral. Cada una de ellas, tras sufrir el tratamiento adecuado en cada caso, se mide en un detector de germanio-litio para obtener los valores de concentración de actividad de los isótopos emisores gamma; en un contador proporcional para la determinación de índices de actividad beta total y beta resto; en un detector de centelleo líquido para el análisis de los emisores beta débiles tritio y carbono-14; y por último, después de realizar los adecuados procesos de separación radioquímica, se determina la actividad del estroncio-90 y adicionalmente, desde 1994, la del yodo-129 y tecnecio-99 en el 10% de las muestras recogidas.

En el año 2001 se obtienen valores de actividad superiores al LID para la determinación de los índices de actividad beta total y beta resto y los isótopos estroncio-90 y tritio, siendo la magnitud de los valores medios y las proporciones de detección similares a anteriores campañas, como puede verse en la figura 2.57. En los

análisis de carbono-14, tecnecio-99 y yodo-129, así como en todos los isótopos artificiales de la espectrometría gamma, todos los valores obtenidos han sido inferiores al LID.

Agua potable

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

Juzbado

Se recogen muestras simples de agua que proviene del río Tormes en una estación, con frecuencia mensual. En cada muestra se determinan los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto y, semestralmente, se realiza un análisis isotópico del uranio. Además, recogen muestras de agua subterránea en una fuente con frecuencia trimestral. En estas muestras se realiza la determinación del índice de actividad alfa total y con frecuencia semestral un análisis isotópico del uranio.

Como se aprecia en la figura 2.58, en la que no se representan los resultados de las muestras de la fuente, los valores medios obtenidos en 2001 sufren un ligero incremento respecto a los obtenidos en la última campaña para el índice de actividad alfa total y los isótopos uranio-234 y uranio-238, pero siempre dentro del rango de variación de anteriores campañas. Ninguno de los valores obtenidos 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 con fines medicinales, si bien presenta en 2001 valores del índice de actividad alfa total que superan el nivel de investigación establecido en la guía 7.7 del CSN, los resultados de los análisis isotópicos del uranio la condicionan a la fase de no actuación. Los valores obtenidos son similares a los de otras campañas anteriores.

Planta Quercus

Se recogen muestras de fuentes de cinco poblaciones situadas en un radio de 10 km alrededor de la instalación y de la red de abastecimiento público de una de ellas

que suministra aguas del río Águeda. 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 2001 todos por encima del 75%. Como se ve en la figura 2.59 los valores medios anuales de uranio total y torio-230 se mantienen similares a los de las últimas campañas, mientras que se observa un incremento en los valores de alfa total y plomo-210 y una tendencia decreciente en la concentración de radio-226. 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 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 4 puntos donde se toma el agua superficial. En cada una se determina el índice de actividad alfa total y se realiza un análisis isotópico del uranio.

El porcentaje de resultados superiores al LID para todas las determinaciones es habitualmente del 100%. Como se ve en la figura 2.60 en la campaña de 2001 se aprecia un ligero descenso en los valores medios obtenidos en todas las determinaciones analíticas, que se debe principalmente a los valores obtenidos en el punto más próximo al del vertido de la instalación y en el punto testigo; en los puntos de muestreo más alejados a lo largo del río los valores se incrementan respecto a la última campaña aunque a menudo se mantienen inferiores 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 tes-

tigos por estar situados aguas arriba del vertido de la instalación o en otro río o arroyos de manera que no se ven afectados por las descargas de la misma. Las muestras se toman con frecuencia semestral. En cada muestra se realiza una determinación de los índices de actividad alfa total y beta total, uranio natural, torio-230, radio-226 y plomo-210.

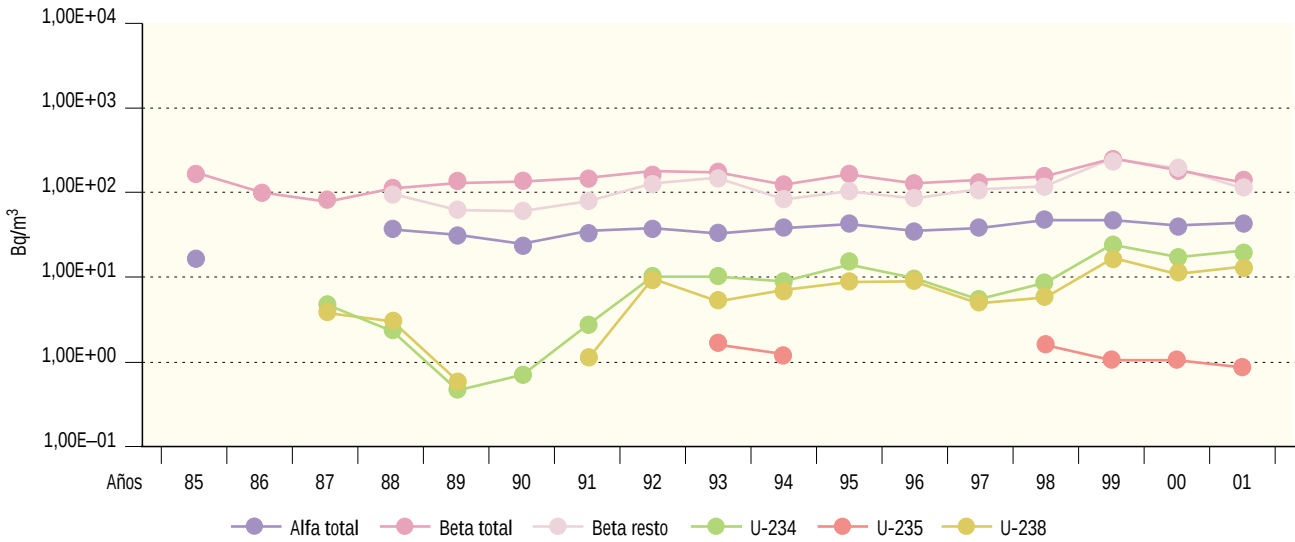
En 2001 los porcentajes de valores superiores al LID son superiores al 80% en todas las determinaciones excepto en el torio-230 para el que no se detecta ningún valor. Como se ve en la figura 2.61 los valores medios obtenidos en 2001 en todas las determinaciones realizadas sufren un descenso respecto a las últimas campañas, obteniéndose en el caso de plomo-210 los valores más bajos hasta ahora registrados. En los valores obtenidos en cada estación de muestreo se observan diferencias entre los de las estaciones testigo y los de las estaciones situadas aguas abajo del vertido de los efluentes de la instalación, siendo más altos los valores obtenidos aguas abajo fundamentalmente en el punto situado en las inmediaciones del vertido, aunque en los puntos de muestreo más alejados a lo largo del río los valores vuelven a ser similares a los de las estaciones testigo.

El Cabril

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

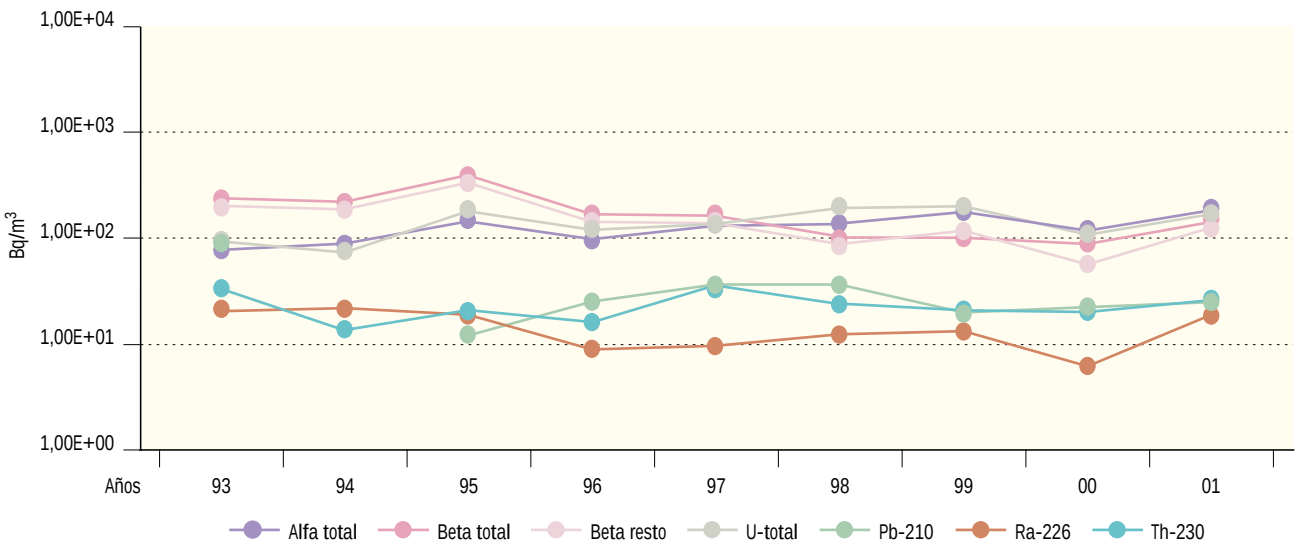
El porcentaje de valores superiores al LID para la determinación del índice de actividad beta total es siempre del 100%, manteniéndose los valores medios muy estables a lo largo de las diferentes campañas, como puede verse en la figura 2.62. En la espectrometría gamma los valores de los isótopos de origen artificial son en todas las campañas inferiores al LID, excepto en el caso del cesio-137 que se ha detectado en 2001 en todas las muestras, siendo el valor medio obtenido similar al obtenido en las anteriores campañas. Considerando los valores obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo no se aprecia una influencia de la instalación en los mismos.

Figura 2.55. Juzbado. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



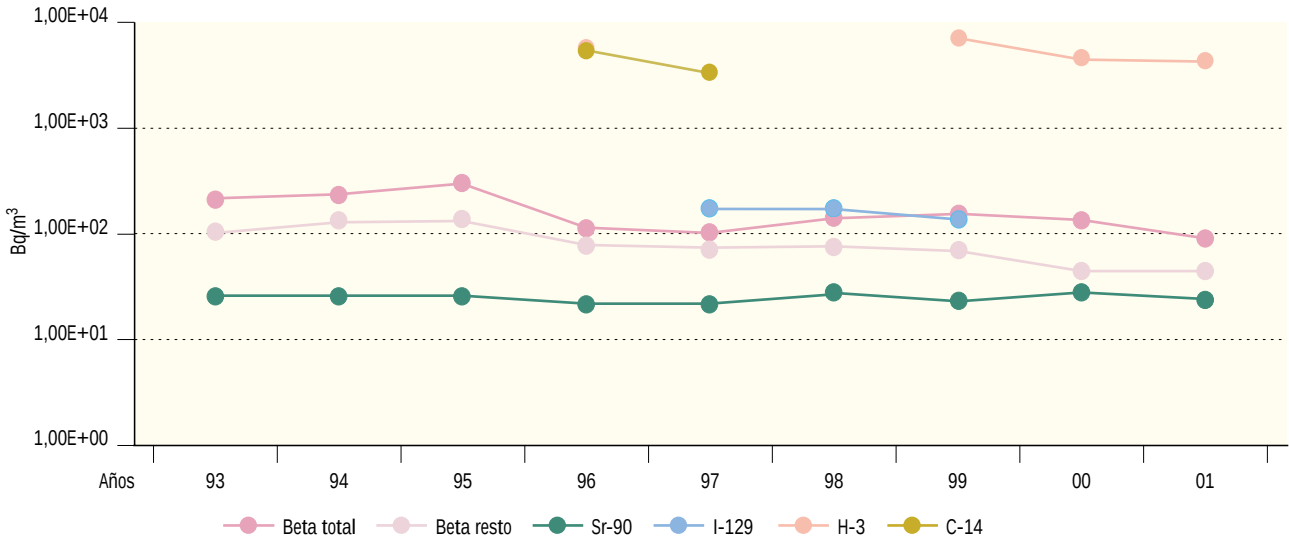
Valores 2001	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,09E+01	1,22E+02	9,55E+01	1,50E+01	8,80E-01	9,30E+00
Valor máximo	5,59E+01	1,77E+02	1,09E+02	1,90E+01	1,10E+00	1,50E+01
Valor mínimo	2,70E+01	7,40E+01	7,92E+01	1,12E+01	6,60E-01	5,80E+00
Nº total de análisis	48	48	48	4	4	4
Nº de análisis > LID	28	47	5	4	2	4
Nº de análisis < LID	20	1	43	0	2	0

Figura 2.56. Quercus. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



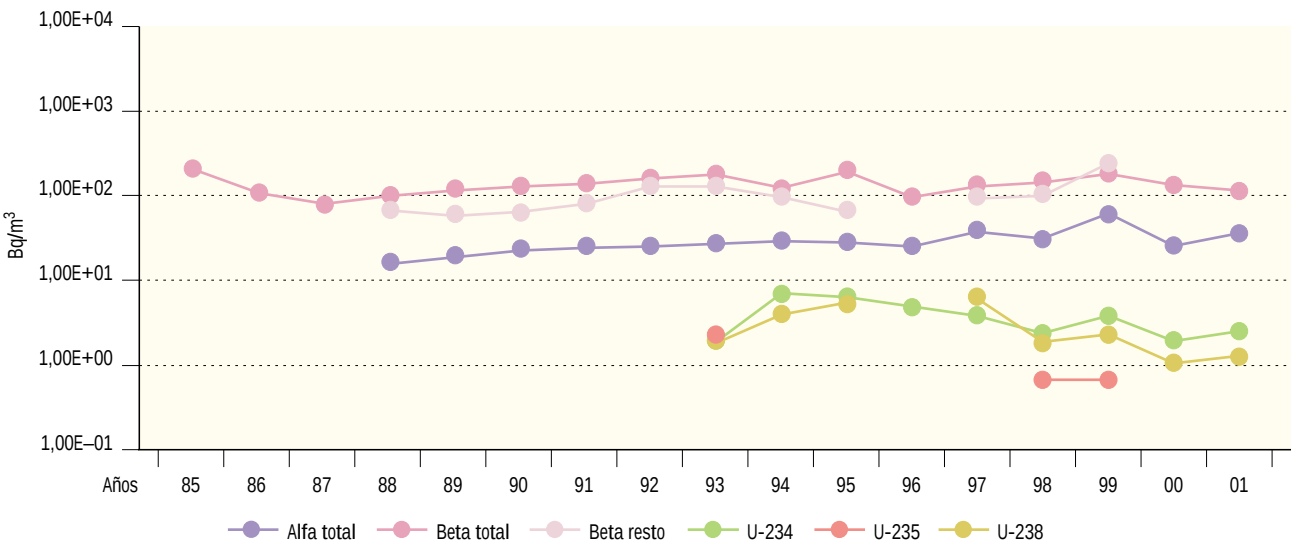
Valores 2001	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	1,74E+02	1,33E+02	1,12E+02	1,48E+02	2,14E+01	1,77E+01	2,15E+01
Valor máximo	8,93E+02	5,28E+02	2,89E+02	1,09E+03	4,36E+01	8,12E+01	7,84E+01
Valor mínimo	2,05E+01	3,06E+01	2,48E+01	1,21E+01	7,41E+00	3,42E+00	6,36E+00
Nº total de análisis	101	34	34	101	16	101	34
Nº de análisis > LID	76	32	12	75	15	60	32
Nº de análisis < LID	25	2	22	26	1	41	2

Figura 2.57. El Cabril. Agua superficial. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



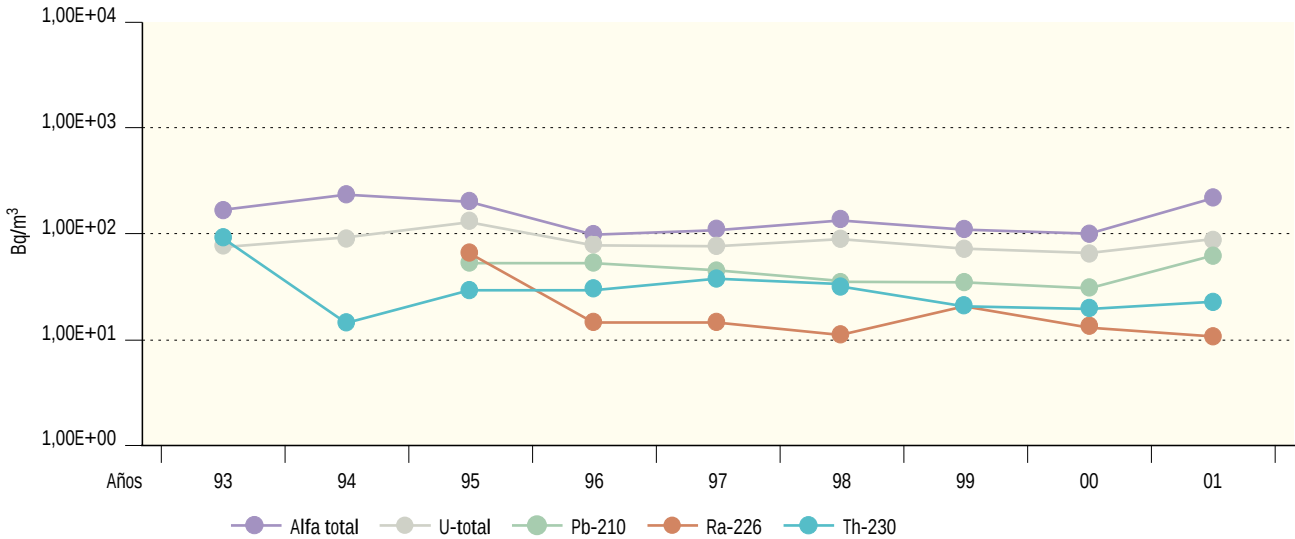
Valores 2001	Beta total	Beta resto	Sr-90	H-3
Valor medio	9,95E+01	4,24E+01	1,94E+01	5,25E+03
Valor máximo	2,11E+02	6,35E+01	2,35E+01	5,33E+03
Valor mínimo	2,76E+01	2,47E+01	1,52E+01	5,16E+03
Nº total de análisis	23	23	23	23
Nº de análisis > LID	23	7	5	2
Nº de análisis < LID	0	16	18	21

Figura 2.58. Juzbado. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



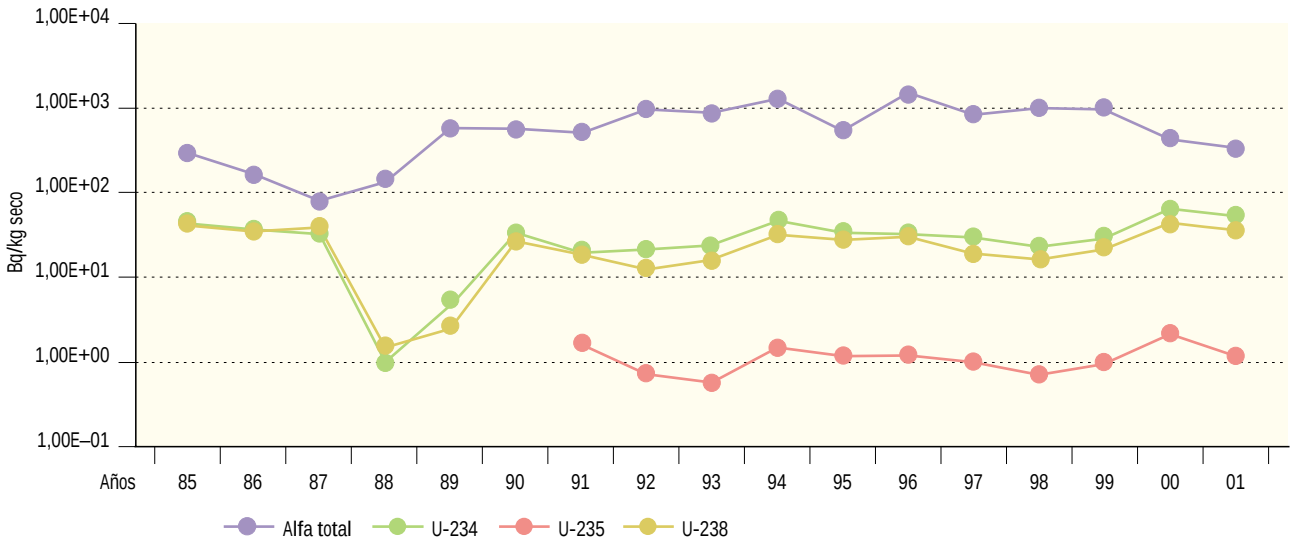
Valores 2001	Alfa total	Beta total	Beta resto	U-234	U-235	U-238
Valor medio	4,43E+01	1,07E+02		3,60E+00		1,90E+00
Valor máximo	6,15E+01	1,43E+02		4,20E+00		1,90E+00
Valor mínimo	2,32E+01	7,62E+01		3,00E+00		1,90E+00
Nº total de análisis	12	12	12	2	2	2
Nº de análisis > LID	8	9	0	2	0	2
Nº de análisis < LID	4	3	12	0	2	0

Figura 2.59. Quercus. Agua potable. Valores de concentración de actividad (Bq/m³)
Evolución temporal valores medios



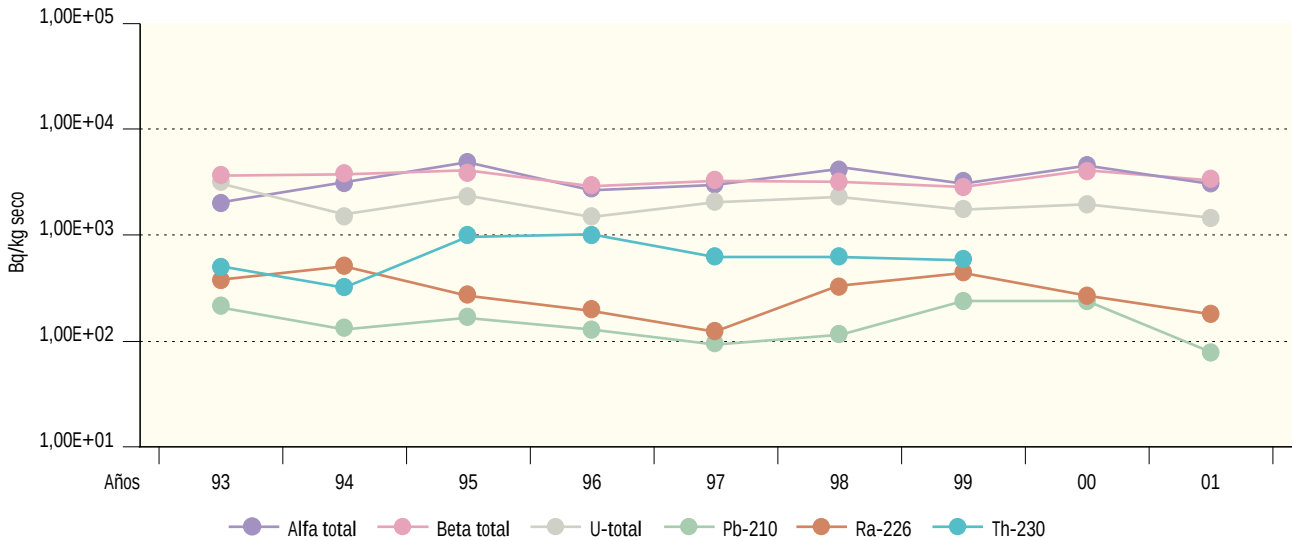
Valores 2001	Alfa total	U-total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	2,31E+02	9,35E+01	7,65E+01	1,11E+01	2,34E+01
Valor máximo	5,53E+02	2,09E+02	1,67E+02	2,15E+01	4,20E+01
Valor mínimo	5,08E+01	1,68E+01	1,20E+01	5,65E+00	1,14E+01
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	9	10	12	11	12
Nº de análisis < LID	3	2	0	1	0

Figura 2.60. Juzbado. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



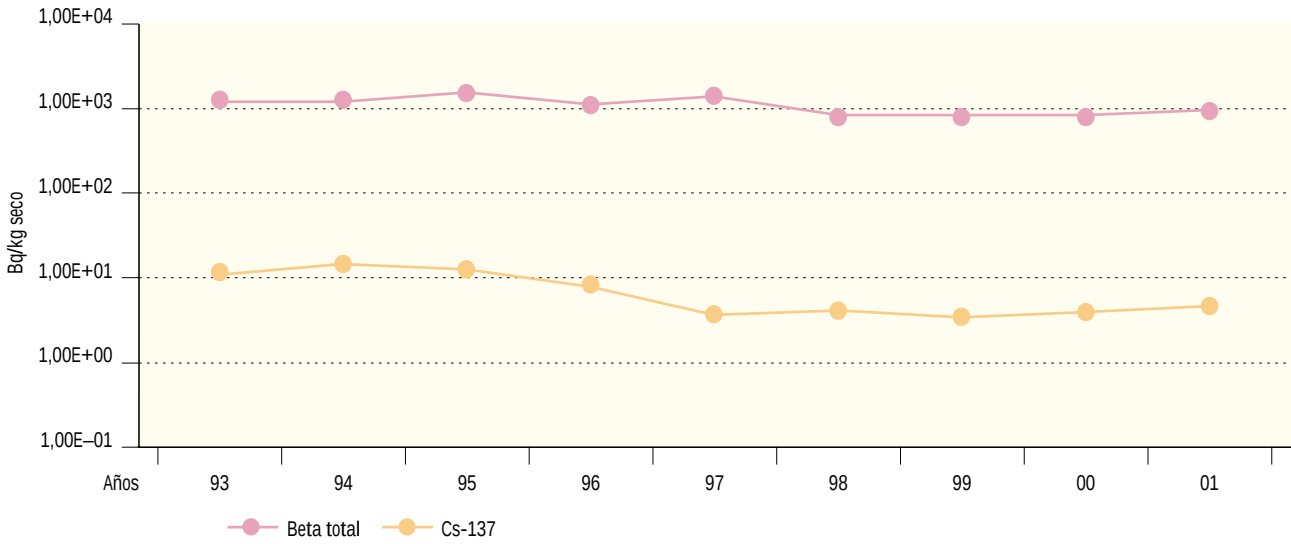
Valores 2001	Alfa total	U-234	U-235	U-238
Valor medio	3,95E+02	4,05E+01	1,30E+00	2,89E+01
Valor máximo	6,54E+02	1,10E+02	3,30E+00	7,30E+01
Valor mínimo	2,19E+02	8,20E+00	2,90E-01	7,70E+00
Nº total de análisis	4	4	4	4
Nº de análisis > LID	4	4	4	4
Nº de análisis < LID	0	0	0	0

Figura 2.61. Quercus. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



Valores 2001	Alfa total	Beta total	U- total	Pb-210	Ra-226	Th-230
Valor medio	3,61E+03	3,74E+03	1,76E+03	8,63E+01	1,88E+02	
Valor máximo	2,39E+04	3,22E+04	1,38E+04	2,93E+02	1,19E+03	
Valor mínimo	2,20E+02	7,48E+02	1,71E+01	2,05E+01	3,88E+01	
Nº total de análisis	19	19	19	19	19	19
Nº de análisis > LID	16	19	19	16	15	0
Nº de análisis < LID	3	0	0	3	4	19

Figura 2.62. El Cabril. Sedimentos de fondo. Valores de concentración de actividad (Bq/kg seco)
Evolución temporal valores medios



Valores 2001	Beta total	Cs-137
Valor medio	1,09E+03	4,44E+00
Valor máximo	1,54E+03	1,30E+01
Valor mínimo	9,17E+02	7,70E-01
Nº total de análisis	6	6
Nº de análisis > LID	6	6
Nº de análisis < LID	0	0

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

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

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

La información que a continuación se facilita se presenta agrupada para cada una de las instalaciones, proporcionando las características del PVRA que desarrollan y los resultados obtenidos en la campaña del 2001.

3.1. *Ciemat*

3.1.1. Características de la instalación

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

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

3.1.2. Características y resultados del PVRA

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

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

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2001.

Figura 2.63. Ciemat. Muestras de aire y suelo
Campaña 2001

Aire				Suelo			
- Número de estaciones: 1 - Frecuencia muestreo: semanal continuo y tritio mensual continuo - Tipo de análisis (frecuencia): β total, α total, I-131 (semanal), Sr-90 y espectrometría γ (trimestral compuesta) y H-3 (mensual)				- Número de estaciones: 1 - Frecuencia muestreo: anual - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90 y espectrometría γ (anual)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID		Bq/kg seco	>LID	<LID
β total	4,91E-04	52	0	Sr-90	3,17E+00	1	0
α total	4,56E-05	42	10	Espectrometría γ			
I-131	<LID	0	52	Cs-137	1,87E+01	1	0
Tritio	1,09E-02	4	8				
Sr-90	7,01E-06	2	2				
Espectrometría γ	<LID	0	4				

Figura 2.64. Ciemat. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores
Campaña 2001

Sedimentos de fondo				Organismos indicadores			
- Número de estaciones: 5 - Frecuencia muestreo: anual - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90 y espectrometría γ (anual)				- Número de estaciones: 5 (número de muestras variable en función de la disponibilidad) - Frecuencia muestreo: anual - Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ (anual)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	3,61E+00	4	0	Espectrometría γ			
Espectrometría γ				Cs-137	1,81E-01	1	21
Cs-137	1,44E+00	4	0				

Figura 2.65. Ciemat. Muestras de agua superficial y leche
Campaña 2001

Agua superficial				Leche			
- Número de estaciones: 5 - Frecuencia muestreo: mensual - Tipo de análisis (frecuencia): β total, β resto y α total (mensual), Sr-90, espectrometría γ y H-3 (trimestral compuesta), I-131 (trimestral individual)				- Número de estaciones: 2 - Frecuencia muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): I-131, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID		Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,78E+02	72	0	I-131	<LID	0	8
β resto	6,57E+01	7	65	Sr-90	3,40E+01	8	0
α total	5,98E+01	72	0	Espectrometría γ	<LID	0	8
Tritio	4,31E+03	9	15				
I-131	1,72E+02	5	1				
Sr-90	<LID	0	24				
Espectrometría γ	<LID	0	24				

Figura 2.66. Ciemat. Muestras de vegetales
Campaña 2001

Vegetales de hoja ancha				Vegetales de hoja no ancha			
- Número de estaciones: 3 - Frecuencia muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, I-131 y espectrometría γ (anual)				- Número de estaciones: 3 - Frecuencia muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90 y espectrometría γ (anual)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
I-131	<LID	0	5	Sr-90	2,67E-01	9	1
Sr-90	1,81E-01	8	1	Espectrometría γ	<LID	0	11
Espectrometría γ	<LID	0	9				

Figura 2.67. Ciemat. Muestras de carnes, aves y huevos
Campaña 2001

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 período: 1991-1994. Actividades de desmantelamiento y restauración.
 - Segundo período: 1994, con una duración mínima de 10 años. Plan de vigilancia y mantenimiento (actualmente en ejecución).

- Tercer período: Se iniciará una vez finalizado el anterior y se tratará de un control a largo plazo. Período de Vigilancia y Custodia.

3.2.2. Características y resultados del PVRA

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

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

Para el establecimiento del Plan de Vigilancia y Mantenimiento se han tenido en cuenta las características del emplazamiento y la normativa internacional aplicable como "Guidance for UMTRA Project Surveillance and Maintenance", UMTRA-DOE/AL 3501240000. January 1986, Regulatory Guide 4.14 "Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills", Rev. 1, April 1980 y "Long-

Term Surveillance and Monitoring of Decommissioned Uranium Processing Sites and Tailing 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 2001.

Figura 2.68. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Muestras de agua superficial y de pozo

Campaña 2001

Agua superficial				Agua de pozo			
- Número de estaciones: 2 - Frecuencia muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)				- Número de estaciones: 9 (un punto es agua de manantial) - Frecuencia muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID		Bq/m ³	>LID	<LID
β total	3,36E+02	8	0	β total	2,09E+03	36	0
β resto	<LID	0	8	β resto	1,98E+03	18	18
α total	2,91E+02	8	0	α total	2,47E+03	36	0
Pb-210	<LID	0	8	Pb-210	<LID	0	36
Ra-226	7,22E+00	8	0	Ra-226	5,63E+00	30	6
Th-230	3,41E+01	8	0	Th-230	9,60E+01	36	0
U-total	1,81E+02	8	0	U-total	2,77E+03	36	0
Espectrometría α				Espectrometría α			
U-234	9,84E+01	8	0	U-234	1,48E+03	36	0
U-235	6,71E+00	7	1	U-235	7,83E+01	35	1
U-238	8,45E+01	8	0	U-238	1,50E+03	36	0

Figura 2.69. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Radón

Campaña 2001

Exhalación de radón				Exhalación de radón			
- Número de estaciones: 5 - Frecuencia: las medidas se realizaron en el mes de julio en cinco puntos				“Campaña flash” - Número de puntos: 99 repartidos sobre la superficie del dique - Frecuencia: 1 vez al año (mes de agosto)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m ² ·s	>LID	<LID		mBq/m ² ·s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	7,16E+01	5	0	Flujo Rn-222	9,68E+01	99	0

3.3. Vandellós I

3.3.1. Características de la instalación

- Tipo de instalación:
Central de uranio natural - grafito - gas, con potencia eléctrica nominal de 480 Mwe. Ha sido la única central en España que ha utilizado uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO₂ como fluido refrigerante.
- Inicio de la operación:
11 de febrero de 1972.
- Parada de la operación:
Octubre de 1989.
- Cierre y desmantelamiento:
Por Orden Ministerial de 31 de julio de 1990 se establece su cierre y se determinan los términos en los que se desarrollará su clausura, en la que se especifica el calendario completo de las fases del cierre definitivo y del desmantelamiento final. Por Orden Ministerial de 28 de enero de 1998 se autoriza la transferencia de titularidad de la central nuclear Vandellós I de la empresa Hifrensa a Enresa y se otorga a esta última autorización para la eje-

cución de las actividades de desmantelamiento de la central.

3.3.2. Características y resultados del PVRA

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

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

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 2001.

Figura 2.70. Central nuclear Vandellós I. Muestras de aire y radiación directa

Campaña 2001

Aire				Radiación directa			
- 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)				- Número de estaciones: 7 - Frecuencia muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): radiación γ ambiental (trimestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID		mSv/año	>LID	<LID
β total	5,95E-04	311	2	Radiación γ ambiental	6,75E-01	44	0
C-14	1,07E-01	6	0				
Tritio	3,45E-02	6	6				
Sr-90	<LID	0	24				
Espectrometría γ	<LID	0	24				

Figura 2.71. Central nuclear Vandellós I. Muestras de suelo y agua de lluvia

Campaña 2001

Suelo				Agua de lluvia			
- Número de estaciones: 7 - Frecuencia de muestreo: anual - Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ y Sr-90 (anual)				- Número de estaciones: 4 - Frecuencia de muestreo: mensual y bimestral - Tipo de análisis (frecuencia): espectrometría γ, H-3, y Sr-90 (bimestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID		Bq/m³	>LID	<LID
Sr-90	9,99E+00	7	0	H-3	<LID	0	24
Espectrometría γ				Sr-90	2,01E+01	2	22
Cs-134	1,21E+00	1	6	Espectrometría γ	<LID	0	24
Cs-137	6,38E+00	6	1				

Figura 2.72. Central nuclear Vandellós I. Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla
Campaña 2001

Agua de mar				Sedimentos de orilla (arena de playa)			
- Número de estaciones: 5 y 7 (en profundidad) - Frecuencia de muestreo: mensual y semestral (agua en profundidad) - Tipo de análisis (frecuencia): β total, β resto, H-3 y espectrometría γ (mensual) y en muestras de agua en profundidad (semestral) * Los resultados indicados entre paréntesis corresponden a muestras de agua en profundidad				- Número de estaciones: 5 - Frecuencia de muestreo: anual - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (anual)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID		Bq/kg seco	>LID	<LID
β total	1,51E+04	60	0	Sr-90	2,71E+00	4	1
β resto	<LID	0	60	Pu-238	1,41E-02	2	3
Tritio	<LID	0	60	Am-241	<LID	0	5
Sr-90	(<LID)	0	14	Espectrometría γ			
Pu-238	(<LID)	0	14	Cs-137	5,86E-01	1	4
Am-241	(8,56E-01)	4	10				
Espectrometría γ	<LID	0	60				
	(<LID)	0	14				

Figura 2.73. Central nuclear Vandellós I. Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores
Campaña 2001

Sedimentos de fondo				Organismos indicadores			
- Número de estaciones: 7 - Frecuencia de muestreo: semestral - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral)				- Número de estaciones: 7 - Frecuencia de muestreo: semestral - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (semestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	2,49E+00	14	0	Sr-90	9,13E-02	9	5
Pu-238	1,87E-02	3	11	Pu-238	1,73E-03	4	10
Am-241	1,87E-02	5	9	Am-241	1,55E-03	9	5
Espectrometría γ				Espectrometría γ			
Cs-137	3,81E+00	11	3	Cs-137	1,38E-01	1	13
				Co-60	1,66E-01	1	13

Figura 2.74. Central nuclear Vandellós I. Muestras de mariscos y peces
Campaña 2001

Mariscos				Peces			
- Número de estaciones: 2 - Frecuencia de muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (trimestral)				- Número de estaciones: 2 - Frecuencia muestreo: trimestral (a partir del segundo trimestre) - Tipo de análisis (frecuencia): Sr-90, Pu-238, Am-241 y espectrometría γ (trimestral)			
Análisis	Actividad	Número total de análisis		Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID		Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	6,89E-02	12	0	Sr-90	1,22E-01	5	7
Pu-238	6,64E-03	1	11	Pu-238	1,12E-02	2	10
Am-241	<LID	12	0	Am-241	1,81E-02	3	9
Espectrometría γ				Espectrometría γ			
Cs-137	8,94E-02	1	11	Cs-137	2,18E-01	7	5

Figura 2.75. Central nuclear Vandellós I. Muestras de vegetales
Campaña 2001

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	4,26E-01	6	0
Espectrometría γ			
Cs-137	1,73E-01	1	5

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 activida-

des de desmantelamiento y clausura del dique de estériles que finalizaron en junio de 1997. Mediante Resolución de la Dirección General de la Energía de 30 de enero de 1998, obtuvo aprobación del Programa de Vigilancia y Control para el Periodo de Cumplimiento. En abril de 2002 fue presentada la documentación para la solicitud de concesión de Declaración de Clausura del emplazamiento restaurado de la planta Lobo-G.

3.4.2. Características y resultados del PVRA

La vigilancia establecida para el periodo de cumplimiento se lleva a cabo sobre el aire, radiación directa, radón, agua superficial y subterránea. En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos durante las campañas del año 2001.

Figura 2.76. Planta Lobo-G. Muestras de aire y radiación directa
Campaña 2001

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/m ³	>LID	<LID
α total	9,49E-05	12	0
U-natural	1,43E-04	1	3
Th-230	1,61E-04	4	0
Ra-226	1,80E-05	2	2
Pb-210	4,46E-04	4	0

Radiación directa	
• Número de estaciones:	12 (2 cristales por punto)
• Frecuencia de muestreo:	trimestral
• Tipo de análisis (frecuencia):	radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	1,83E+00	47	0

Figura 2.77. Planta Lobo-G. Muestras de radón

Campaña 2001

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/m ³	>LID	<LID
Radón	3,45E+01	13	0

Figura 2.78. Planta Lobo-G. Muestras de agua superficial y subterránea

Campaña 2001

Agua superficial	
- Número de estaciones: 8 (4 ríos y 4 arroyos) - Frecuencia de muestreo: trimestral - Tipo de análisis (frecuencia): α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226 y Pb-210 (trimestral)	

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m ³	>LID	<LID
α total	2,06E+02	15	7
β total	2,37E+02	22	0
U-natural	1,12E+02	20	2
Th-230	2,16E+01	22	0
Ra-226	1,52E+01	18	4
Pb-210	1,99E+01	21	1

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/m ³	>LID	<LID
α total	6,67E+02	10	7
β total	3,93E+02	16	1
U-natural	4,36E+02	15	2
Th-230	5,32E+01	17	0
Ra-226	2,27E+01	12	5
Pb-210	3,82E+01	17	0

PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL
DE ÁMBITO NACIONAL



3

Para llevar a cabo un seguimiento continuo de la exposición de la población a las radiaciones ionizantes, el CSN tiene establecida una red de vigilancia radiológica ambiental nacional (Revira) que permite conocer la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio 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.

La red Revira está constituida por dos tipos de redes:

- La Red de Estaciones de Muestreo (REM) que incluye:
 - El programa de vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre.
 - El programa de vigilancia del medio acuático (aguas continentales y costeras).
- La Red de Estaciones Automáticas (REA).

En los apartados siguientes se define el alcance de los distintos programas y se presentan de modo resumido los resultados obtenidos.

1. Red de Estaciones de Muestreo (REM)

Para la ejecución de estos programas el CSN ha establecido acuerdos de colaboración con diferentes universidades e instituciones. La vigilancia llevada a cabo tiene en cuenta los acuerdos alcanzados por los países miembros de la Unión Europea y la recomendación de la Comisión del 8 de junio de 2000 sobre el alcance mínimo de los programas de vigilancia para cumplir con el artículo 36 del tratado de Euratom. En dicha recomendación se considera el desarrollo de dos redes de vigilancia:

- Una red densa, con numerosos puntos de muestreo, de modo que quede adecuadamente vigilado todo el territorio de los estados miembros. Esta red se corresponde con la implantada en España desde 1993 y en el caso de las aguas continentales con anterioridad, disponiéndose de datos desde 1984. En el año 2000 ha sido modificada eliminándose la muestra de agua de lluvia e incluyéndose las de leche y agua potable.
- Una red espaciada, constituida por muy pocos puntos de muestreo, donde se requieren unas medidas muy sensibles, de modo que se detecten los valores existentes para confirmar los resultados de la vigilancia de la red densa que en muchas ocasiones son inferiores a los niveles de detección y para poder seguir la evolución de las concentraciones de actividad a lo largo del tiempo.

1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre

Se inició en el año 1992 con la participación de catorce laboratorios pertenecientes a nueve comunidades autónomas. En diciembre de 1996 se firmaron nuevos acuerdos con cuatro laboratorios adicionales que comenzaron a suministrar datos a partir del año 1998. Y en el año 2000 se incluyeron otros dos laboratorios para completar la red espaciada.

En la tabla 3.1 se incluye una relación de los laboratorios que colaboran con el CSN, el código de identificación (C.I.) utilizado en las figuras de este documento y fecha de suscripción de los correspondientes acuerdos específicos.

1.1.1. Estaciones de muestreo

En la figura 3.1 se sitúan las estaciones de muestreo correspondientes a aire, suelo, agua potable y leche de la red densa que, como puede observarse, dan una cobertura relativamente uniforme a todo el territorio nacional excepto en el caso de la leche que se toma únicamente donde la producción es mayor. También se representan en esta misma figura las estaciones de muestreo de aire, agua potable, leche y dieta tipo que integran la red espaciada.

Tabla 3.1. Relación de laboratorios colaboradores en la REM

Comunidad autónoma	Laboratorio	C.I.	Fecha acuerdo
Extremadura	Universidad de Extremadura (Badajoz). Cátedra de Física Atómica, Molecular y Nuclear	UBD	Julio 1992
	Universidad de Extremadura (Cáceres). Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física de la Facultad de Veterinaria	UCC	Junio 1991
Baleares	Universidad de las Islas Baleares. Departamento de Física (Física Atómica, Molecular y Nuclear) y Departamento de Química. Facultad de Ciencias	UBL	Agosto 1991
Cantabria	Universidad de Cantabria. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina	UCN	Junio 1991
Andalucía	Universidad de Granada. Laboratorio de Radioquímica y Radiología Ambiental. Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias	UGR	Julio 1992
	Universidad de Málaga. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias	UML	Junio 1991
	Universidad de Sevilla. Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Facultad de Físicas	USE	Julio 1991
Castilla y León	Universidad de León. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física, Química y Expresión Gráfica. Facultad de Biológicas	ULE	Diciembre 1991
	Universidad de Salamanca. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Nuclear. Facultad de Física	USA	Diciembre 1991
Canarias	Universidad de La Laguna, (Tenerife). Departamento de Medicina Física y Farmacología. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina	ULL	Mayo 1991
Madrid	Universidad Politécnica. Laboratorio de Ingeniería Nuclear. Departamento de Hidráulica y Energética. E. T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	UMD	Diciembre 1991
	Ciemat. Laboratorio de radiactividad ambiental	CIE	Septiembre 2000
País Vasco	Universidad del País Vasco. Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. E. T. S. Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	UPV	Diciembre 1991
Valencia	Universidad de Valencia. Edificio de Investigación. Laboratorio de Radiactividad Ambiental	UVC	Junio 1991
	Universidad Politécnica de Valencia. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Servicio de Radiaciones. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear	UVP	Diciembre 1991
Castilla-La Mancha	Universidad de Castilla-La Mancha (Ciudad Real). Centro de Instrumentación Científica, Análisis y Tecnología	UCM	Diciembre 1996
Galicia	Universidad de La Coruña (Ferrol). Departamento de Química Analítica. Escuela Universitaria Politécnica	UCF	Diciembre 1996
Asturias	Universidad de Asturias. (Oviedo) Laboratorio de Energía Nuclear. E. T. S. Ingenieros de Minas	UOV	Diciembre 1996
Aragón	Universidad de Zaragoza. Departamento de Física Teórica. Facultad de Ciencias	UZA	Diciembre 1996
Cataluña	Universidad Politécnica de Cataluña. Instituto de Técnicas Energéticas	UPC	Marzo 2000

1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

En su diseño inicial se siguieron los requisitos establecidos en el artículo 35 del tratado de Euratom. Los puntos de muestreo seleccionados se encuentran generalmente en el campus universitario o en las inmediaciones del laboratorio, si bien en el caso del

suelo y la leche las muestras se toman ocasionalmente en zonas más alejadas, en puntos representativos de la deposición en el terreno o de la producción lechera de la zona, respectivamente. La muestra de dieta tipo se recoge en los comedores de las universidades o instituciones encargadas del programa y consiste en la dieta completa de una persona durante cinco días seguidos.

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

En la tabla 3.2 se incluye un resumen de los programas de vigilancia de las redes densa y espaciada en el año 2001. La frecuencia de muestreo y análisis de las muestras depende del medio a que pertenecen, siendo la vigilancia de la calidad del aire, como vehículo de transporte rápido de posibles contaminantes, a la que mayor esfuerzo dedica el programa.

La recogida de las muestras es responsabilidad de los laboratorios, que disponen de los equipos necesarios para

su realización. El muestreo se lleva a cabo de acuerdo con procedimientos escritos que básicamente se deben ajustar a los requisitos establecidos en los acuerdos.

Los análisis se realizan también de acuerdo con procedimientos escritos que garantizan los niveles de detección requeridos para estos programas. En el caso de las medidas de espectrometría gamma los isótopos sobre los que, como mínimo, se debe suministrar información son:

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

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



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

Tipo de muestra	Frecuencia de muestreo	Red densa		Red espaciada	
		Tipo de análisis	Frecuencia de análisis	Tipo de análisis	Frecuencia de análisis
Aerosoles	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Semanal Semanal Mensual Trimestral	Cs-137 (esp. gama) Be-7 (esp. gama)	Semanal Semanal
Radioyodos	Muestreo continuo Cambio semanal del cartucho de carbón activo	I-131	Semanal		
Suelo (depósito total)	Anual	Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Anual Anual Anual		
Agua potable	Mensual	Alfa total Beta total Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Mensual Mensual Trimestral	Alfa total Beta total Beta resto H-3 Sr-90 Cs-137 Isótopos naturales	Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Mensual Bienal
Leche	Mensual	Espectrometría gamma Sr-90	Mensual Mensual	Sr-90 Cs-137 (esp. gama)	Mensual Mensual
Dieta tipo	Trimestral			Sr-90 Cs-137 (esp. gama)	Trimestral Trimestral

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

Los resultados de la red espaciada se envían al CSN en soporte informático a medida que van estando disponibles. Además, en ambas redes los datos del programa de vigilancia son remitidos al CSN con periodicidad semestral, salvo que se detecten anomalías de las cuales se informa al CSN inmediatamente, en un informe que incluye además de los resultados analíticos (concentración de actividad, incertidumbre asociada a la medida y valor numérico del límite infe-

rior de detección), información sobre el grado de cumplimiento del programa en el período 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 au-

tomática en la base de datos del CSN sobre vigilancia radiológica ambiental.

El CSN evalúa los resultados de estos programas, prestando especial atención a la calidad de los resultados; en este contexto, lleva a cabo campañas anuales de intercomparación analítica, con la colaboración técnica del Ciemat y requiere la participación en las mismas de los laboratorios.

El CSN proporciona información anualmente al Congreso de los Diputados y al Senado sobre los valores medios obtenidos en este programa y asimismo remite los datos de esta vigilancia a la UE en cumplimiento del artículo 36 del Tratado de Euratom.

1.1.3. Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el período 1993 a 2001 (desde el año 2000 en el caso del agua potable), la numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).
- Valores medios para la campaña del año 2001, se representan en figuras con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra (b). Se incluye información sobre el número de análisis realizados, número de resultados que han sido superiores e inferiores al LID correspondiente, y rango de valores de concentración de actividad obtenidos en la campaña.

Para los análisis que se realizan específicamente en el programa de la red espaciada se incluyen sólo las gráficas correspondientes al año 2001, año en el que se ha considerado operativa esta red, representando los valores puntuales obtenidos, de acuerdo con la frecuencia de muestreo y análisis que se aplica a cada tipo de muestra, es decir: semanal para aerosoles con muestreador de alto flujo, mensual para agua potable y leche y trimestral para dieta tipo. En la información detallada se añade el valor medio de concentración de actividad obtenido en el período, y el rango de valores de LID alcanzado por cada la-

boratorio. La representación de los resultados de estos análisis se realiza en gráficas independientes, identificadas únicamente con su número correspondiente.

Para el cálculo de los valores medios se consideran los valores de concentración de actividad superiores al LID, obtenidos en los índices de actividad alfa y beta y en los distintos radionucleidos de origen artificial. La ausencia de datos en las gráficas, teniendo en cuenta las fechas señaladas de incorporación al programa de cada laboratorio, indica que los valores obtenidos no han superado el LID para el período y laboratorio correspondiente.

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

Aire

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos hay que indicar que los equipos de recogida de muestras de partículas de polvo en aire utilizados en la red densa operan con caudales de aspiración entre 1,8 y 3 m³/hora, realizándose el análisis de espectrometría gamma con periodicidad mensual sobre el conjunto de filtros acumulados en cada estación de muestreo. Las muestras correspondientes a la red espaciada se obtienen con muestreadores de alto flujo cuyo caudal de aspiración se aproxima a 900 m³/hora, analizándose los filtros cada semana y realizándose medidas largas durante unas 72 horas.

Índice de actividad alfa total. La proporción de medidas superiores al LID suele estar próxima al 100% en casi todos los laboratorios. Los valores medios obtenidos en cada uno de ellos son bastante estables a lo largo de los años, aunque se observan variaciones entre los distintos puntos de muestreo. Los valores medios del año 2001 son en general similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto.

Índice de actividad beta total. La proporción de detección de valores superiores al LID está cercana al 100%

en todos los casos. Los valores obtenidos presentan en general escasas variaciones a lo largo de los años.

Sr-90. La presencia de estroncio-90 en el aire es esporádica. Su aparición puede explicarse por la resuspensión del depositado en el suelo procedente del poso radiactivo.

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

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

La detección de berilio-7, isótopo de origen cosmogénico incluido en la Recomendación de la UE como control cualitativo del método utilizado, se produce en el 100% de las muestras, y en el caso de la red espaciada en concentraciones varios órdenes de magnitud superiores a sus correspondientes LID.

Deposición

Suelo (deposición total)

Índice de actividad beta total. La detección de actividad beta total en muestras de suelo se sitúa próxima al 100% en el conjunto del programa. En el año 2001 se detecta siempre que se mide, siendo los valores en general similares a los obtenidos en años anteriores en cada punto.

Sr-90. El inventario de isótopos radiactivos artificiales de vida larga procedentes del poso radiactivo, como son estroncio-90 o cesio-137 presentes en el suelo, aún es considerable. Granada y La Laguna presentan los niveles más altos de estroncio-90 en el conjunto de los años, que se repite en el año 2001 en Granada mientras que disminuye en ese año en La Laguna.

Espectrometría gamma (Cs-137). La concentración de cesio-137 en suelo resulta generalmente más elevada en

Granada, La Laguna, Ferrol y Oviedo, tendencia que se mantiene en los resultados del año 2001.

Agua

Agua potable

Índice de actividad alfa total. Se detecta actividad alfa total en proporción variable en todos los puntos excepto Badajoz, Cáceres, Ciudad Real y Cantabria en los que hasta ahora no se ha detectado. Se observan variaciones en los valores medios anuales entre los distintos puntos de muestreo, correspondiendo los valores más altos a Baleares y los más bajos a Zaragoza, Salamanca, Bilbao y Madrid-Ciemat. En algunas de las muestras de Baleares, León y Sevilla se supera el nivel de investigación para emisores alfa (100 Bq/m³) establecido en la Guía de seguridad 7.7. del CSN sobre *Control radiológico del agua de bebida*, por lo que en estos puntos se están llevando a cabo determinaciones de la concentración de actividad de diferentes radionucleidos emisores alfa, de acuerdo con las actuaciones establecidas en la citada guía.

Índice de actividad beta total. La detección de actividad beta total en agua potable se sitúa en torno al 100% en la mayoría de los puntos, siendo los valores de 2001 similares a los del año anterior en cada punto y destacando con los valores más altos Barcelona y La Laguna. En ninguna muestra se supera el valor de investigación de 1.000 Bq/m³, establecido en la Guía de seguridad 7.7. del CSN sobre *Control radiológico del agua de bebida*.

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

Sr-90. En el caso del estroncio-90 hay variabilidad tanto en las proporciones de detección como en los niveles de actividad. Las localidades de Ciudad Real, Málaga y Zaragoza son las que presentan los valores más altos en la campaña de 2001.

Tritio H-3. Este radionucleido se mide en las muestras correspondientes a la red espaciada y se detectan valores de concentración de actividad de tritio en un porcentaje inferior al 30% de las muestras de Bilbao, La Laguna y Madrid, y en ninguna de ellas en Barcelona y Sevilla. Todos los valores son muy inferiores al límite establecido en la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano y al nivel de investigación establecido en la Guía de seguridad 7.7. del CSN sobre Control radiológico del agua de bebida.

Espectrometría gamma (Cs-137). En el programa desarrollado para la red densa, no se detecta actividad de isótopos artificiales en ninguna de las muestras analizadas. Los laboratorios participantes en la red espaciada utilizan procedimientos de separación radioquímica del cesio, partiendo del análisis de volúmenes de hasta 1.000 litros de agua y tiempos de conteo de hasta 188 horas; estas técnicas analíticas han permitido disminuir los umbrales de detección hasta límites muy bajos, netamente inferiores a los registrados en otros países, a pesar de lo cual la proporción de detección es muy baja, habiéndose detectado actividad en sólo cuatro muestras en el año 2001, y en todas ellas con valores muy próximos a los correspondientes valores de LID.

Alimentos

Leche

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

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

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

Dieta tipo

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

Espectrometría gamma (Cs-137). Se detecta actividad de cesio-137 por encima del LID en todos los laboratorios excepto en Sevilla, donde los umbrales de detección son un poco más altos. Los valores de concentración son bastante homogéneos en cada trimestre y entre los distintos puntos, resultando del orden de los más bajos registrados en otros países de la UE.

Figura 3.2a. Partículas de polvo en el aire
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

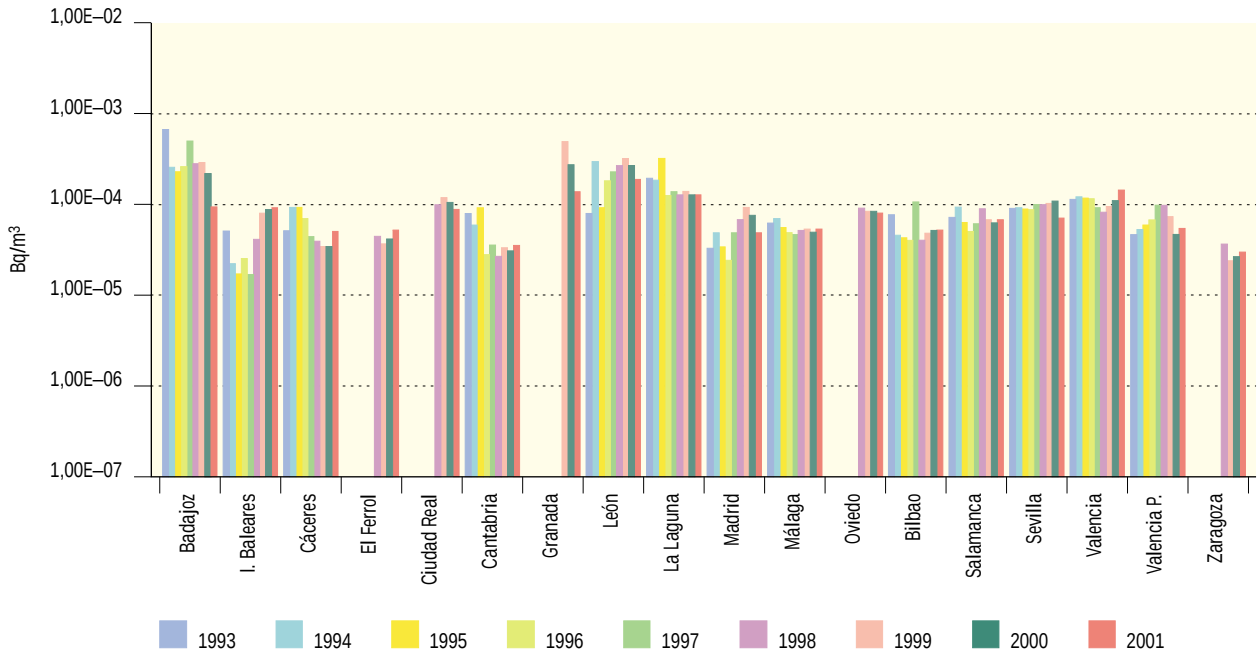


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

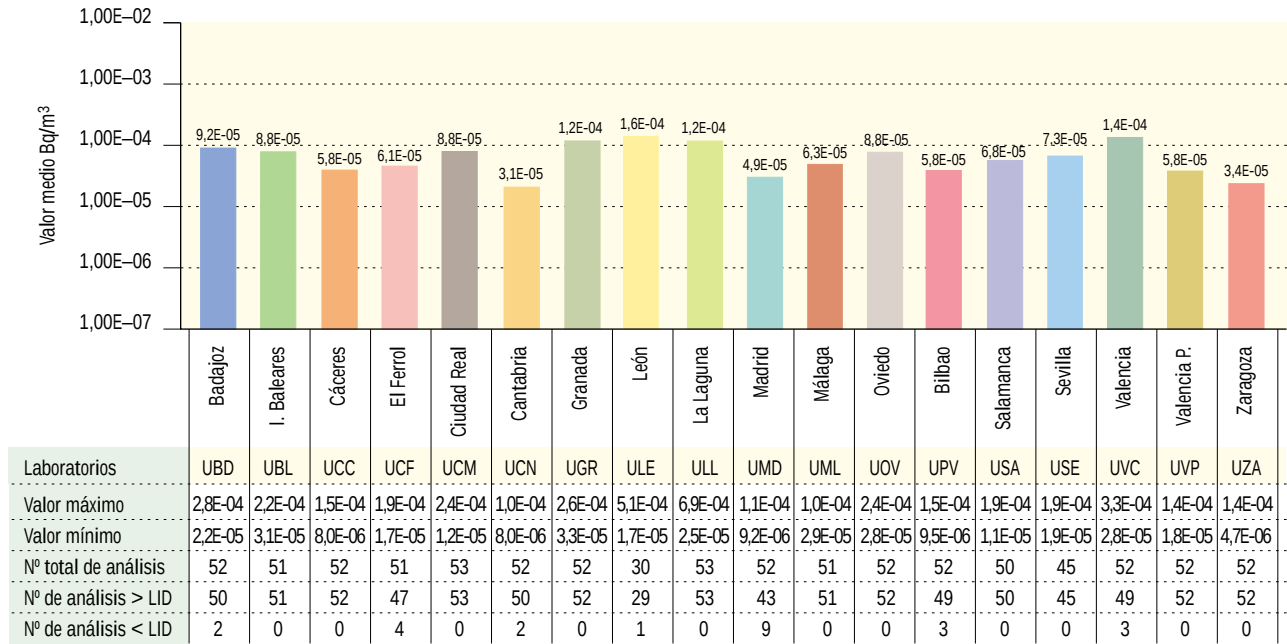


Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire
Evolución temporal del índice de actividad beta total

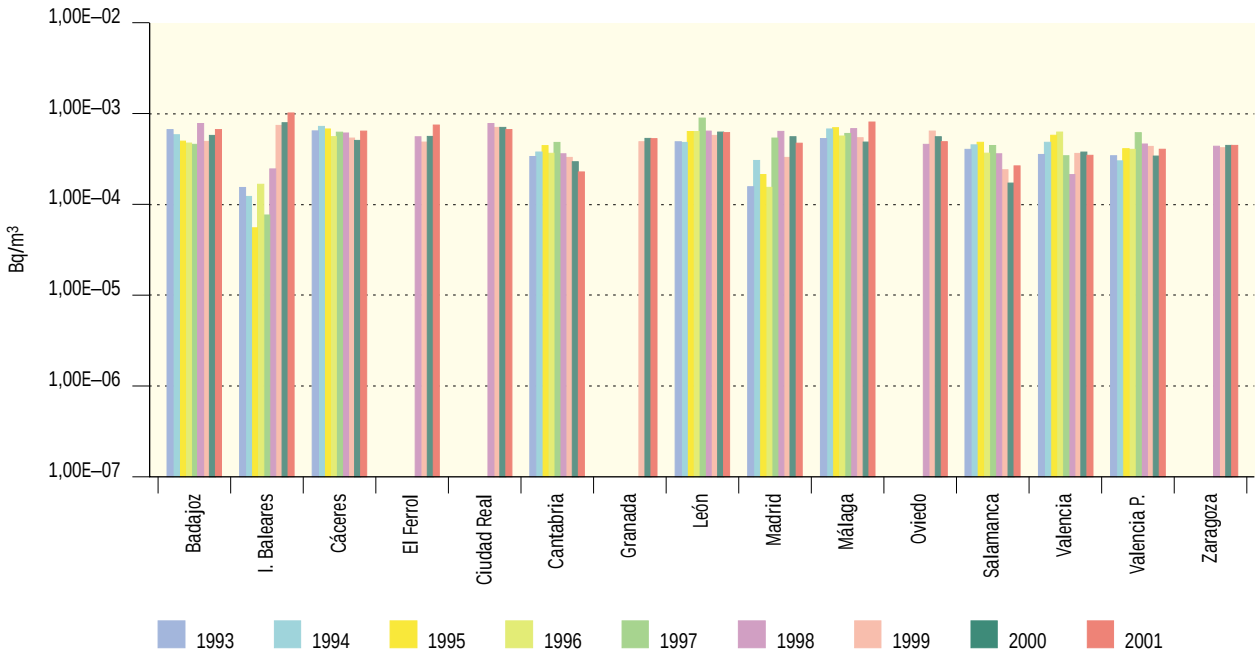


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

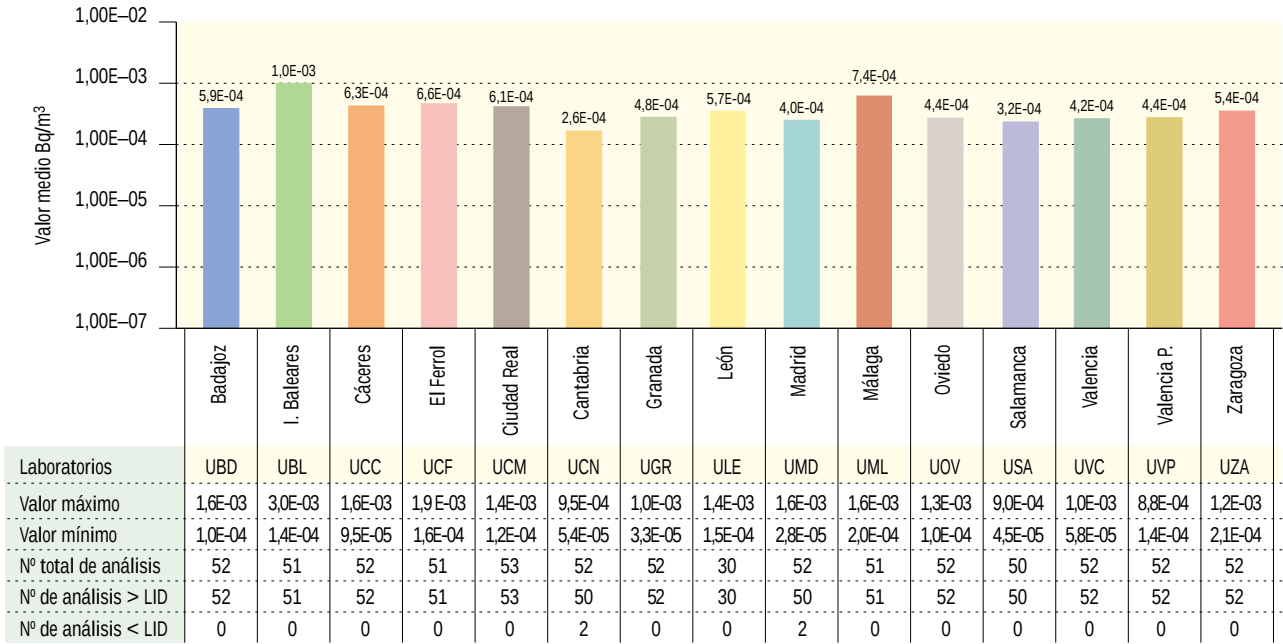


Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

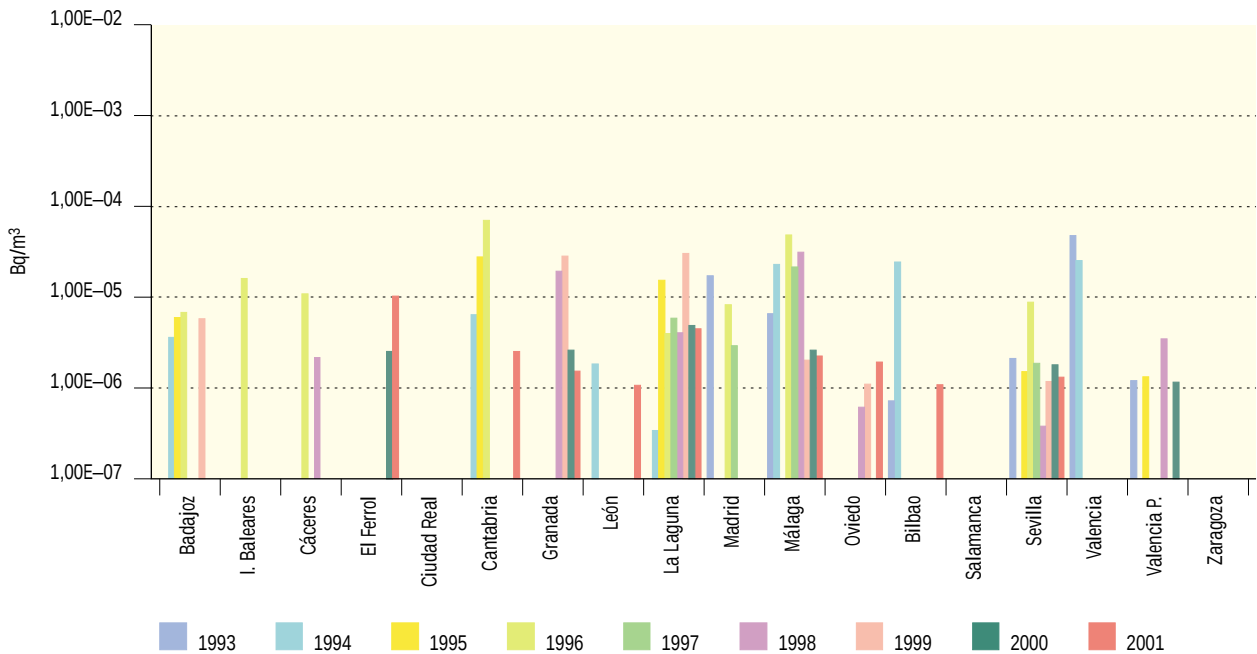


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

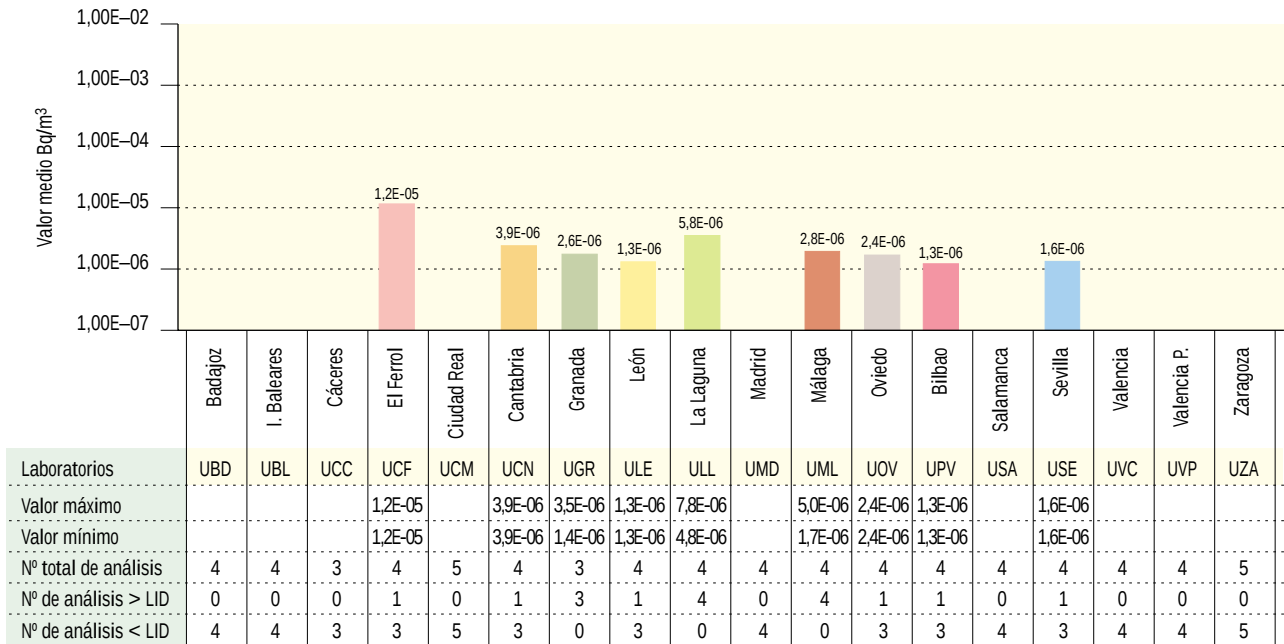
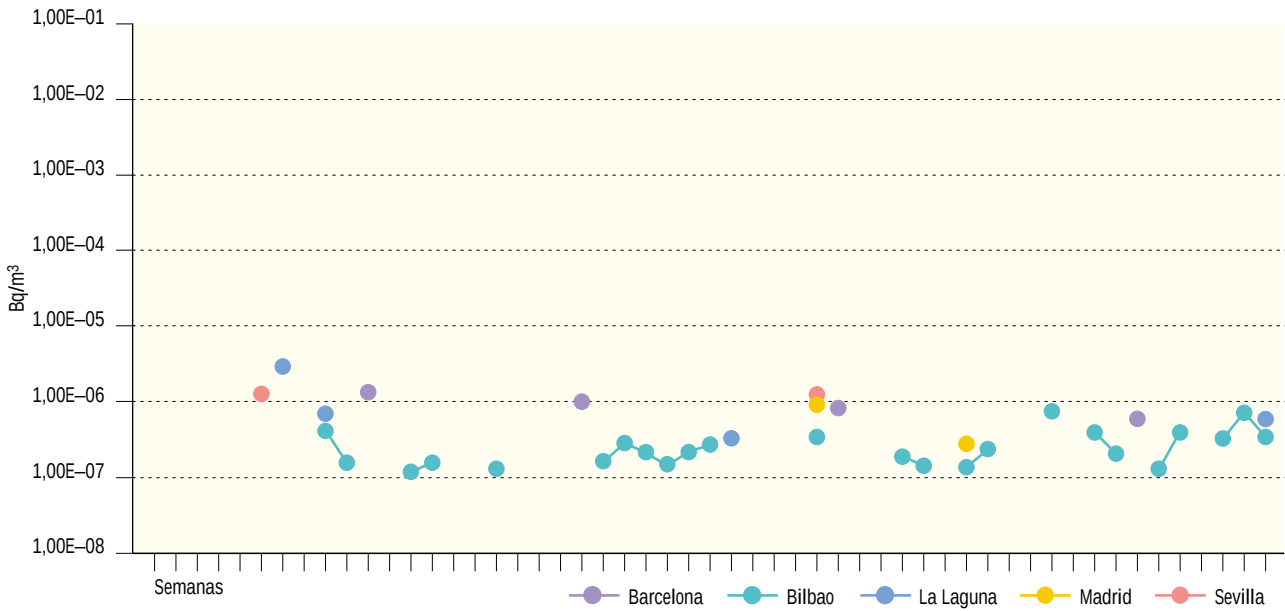
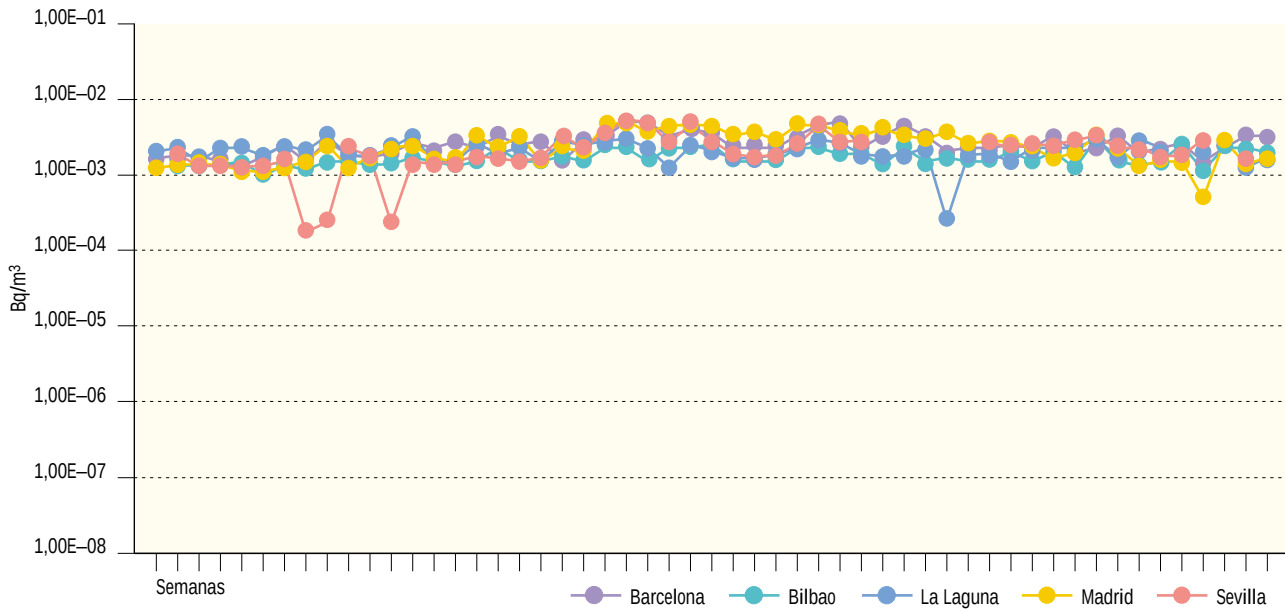


Figura 3.5. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo
Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	9,52E-07	2,78E-07	9,65E-07	7,25E-07	1,29E-06
Valor máximo	1,51E-06	7,70E-07	2,40E-06	1,09E-06	1,40E-06
Valor mínimo	5,50E-07	1,20E-07	3,50E-07	3,60E-07	1,18E-06
LID máximo	1,03E-06	3,30E-07	7,98E-06	7,30E-07	4,30E-06
LID mínimo	2,80E-07	1,00E-07	2,50E-07	2,00E-07	2,10E-07
Nº total de análisis	53	52	51	52	44
Nº de análisis > LID	4	24	4	2	2
Nº de análisis > LID	49	28	47	50	42

Figura 3.6. Partículas de polvo en el aire. Muestreador alto flujo
Concentración de actividad de Be-7 (Bq/m³). Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	3,46E-03	2,64E-03	2,89E-03	3,30E-03	2,94E-03
Valor máximo	5,62E-03	3,81E-03	4,40E-03	5,79E-03	5,68E-03
Valor mínimo	1,68E-03	1,04E-03	2,96E-04	4,20E-04	2,92E-04
LID máximo	1,28E-05	1,13E-05	5,04E-05	1,75E-04	4,30E-05
LID mínimo	2,11E-06	2,00E-06	1,81E-06	1,62E-06	1,72E-06
Nº total de análisis	53	52	51	52	44
Nº de análisis > LID	53	52	51	52	44
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Suelo
Evolución temporal del índice de actividad beta total

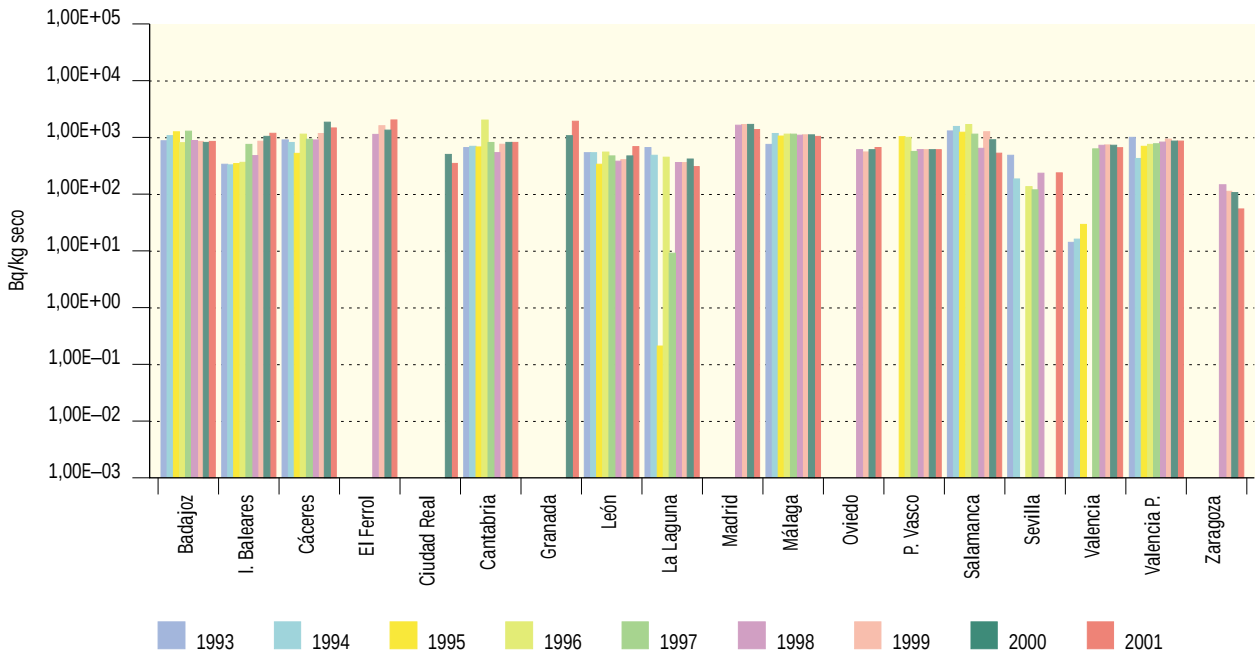


Figura 3.7b. Suelo. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001

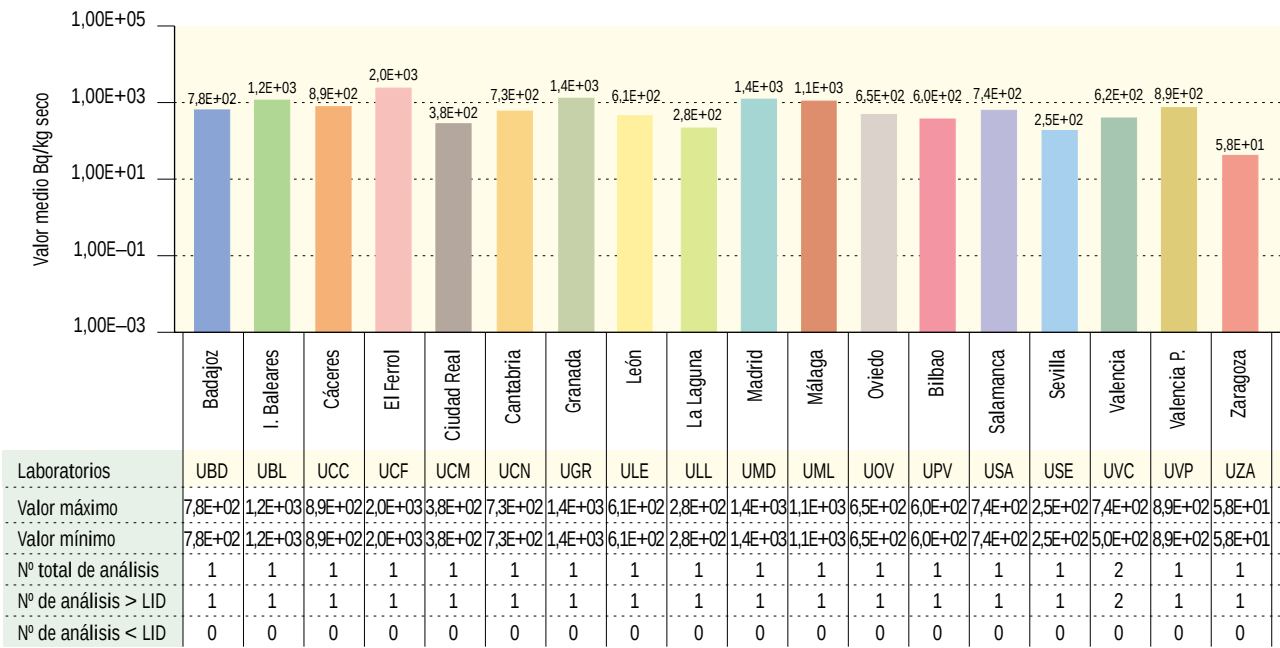


Figura 3.8a. Suelo
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

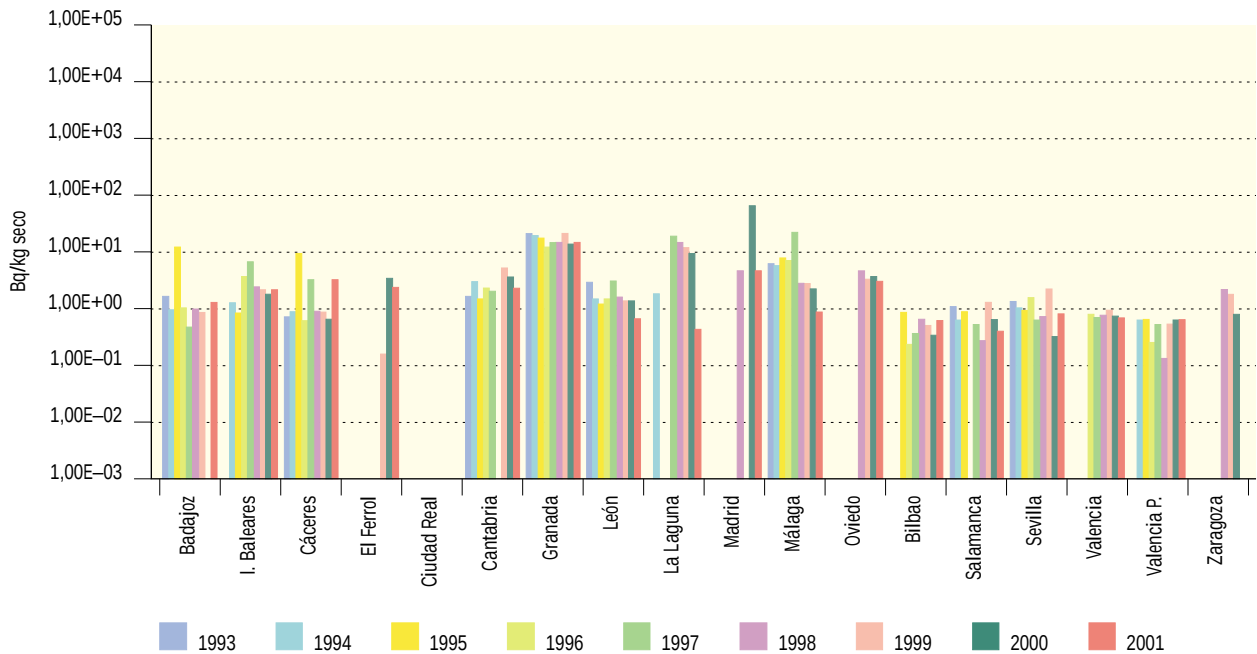


Figura 3.8b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001

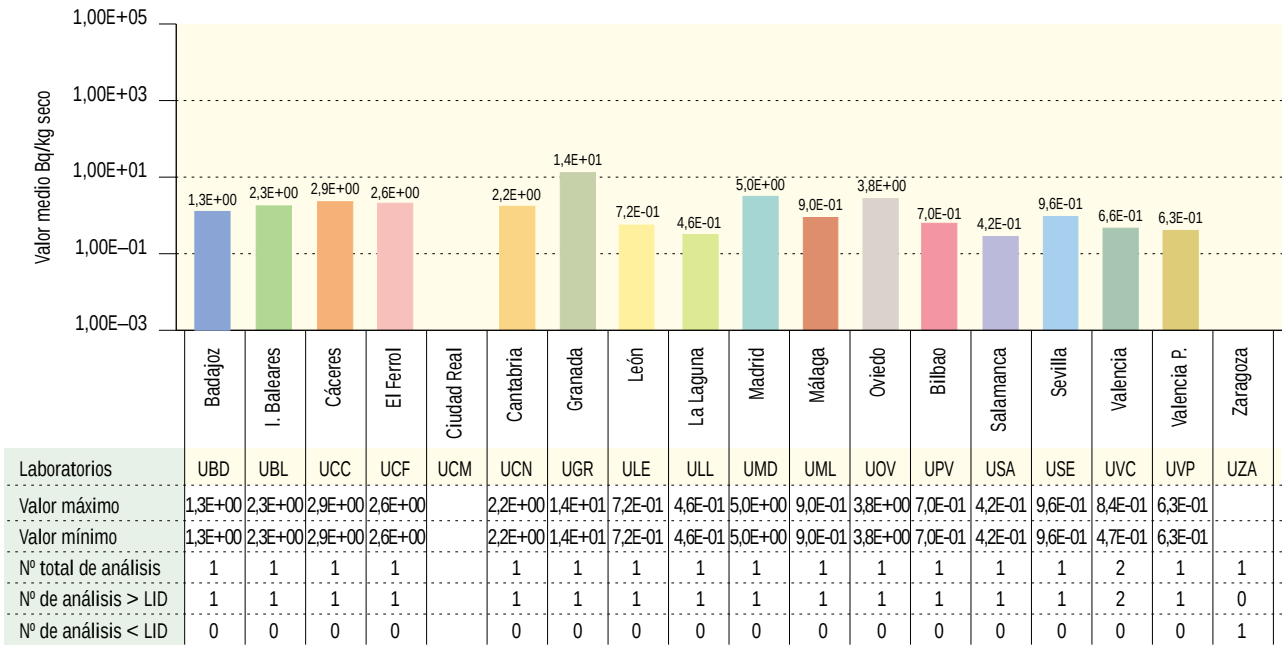


Figura 3.9a. Suelo
Evolución temporal de la concentración de actividad de Cs-137

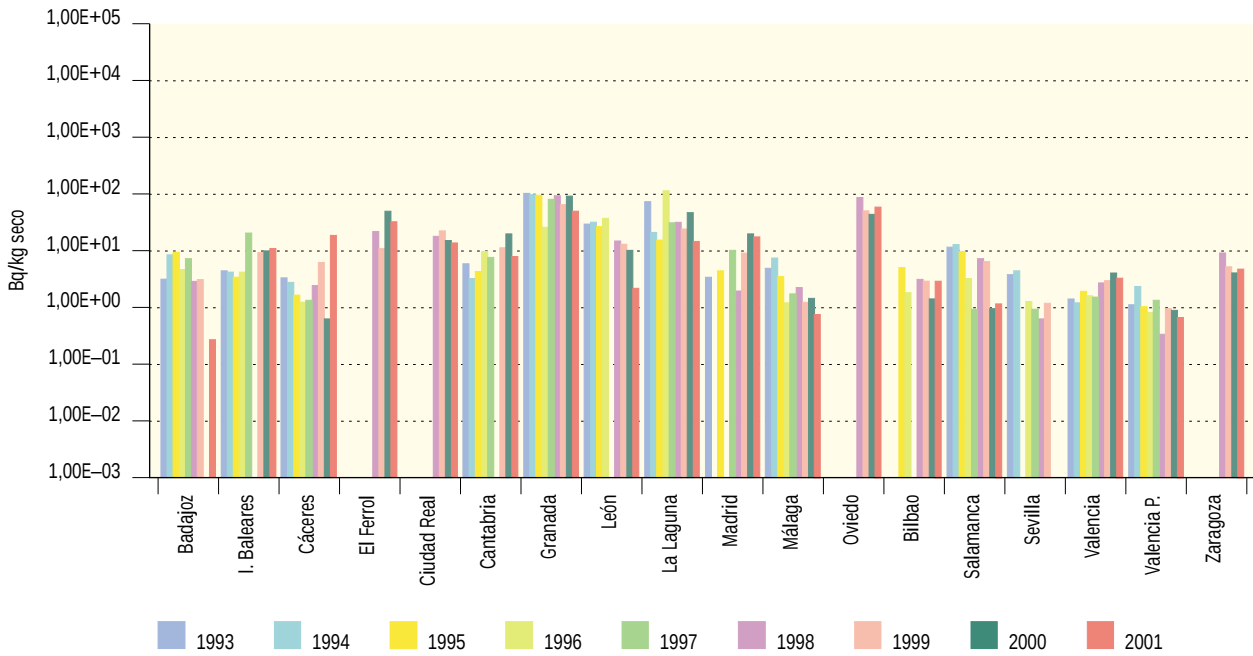


Figura 3.9b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/kg seco)
Valores de la campaña de 2001

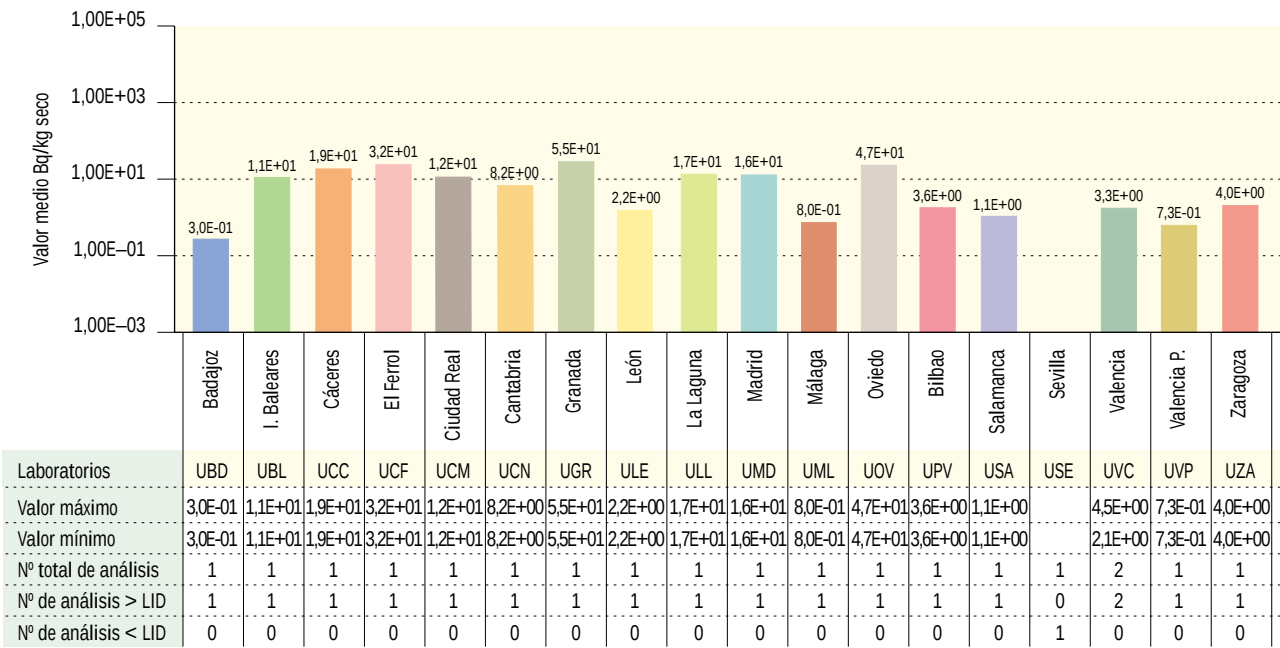


Figura 3.10a. Agua potable
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

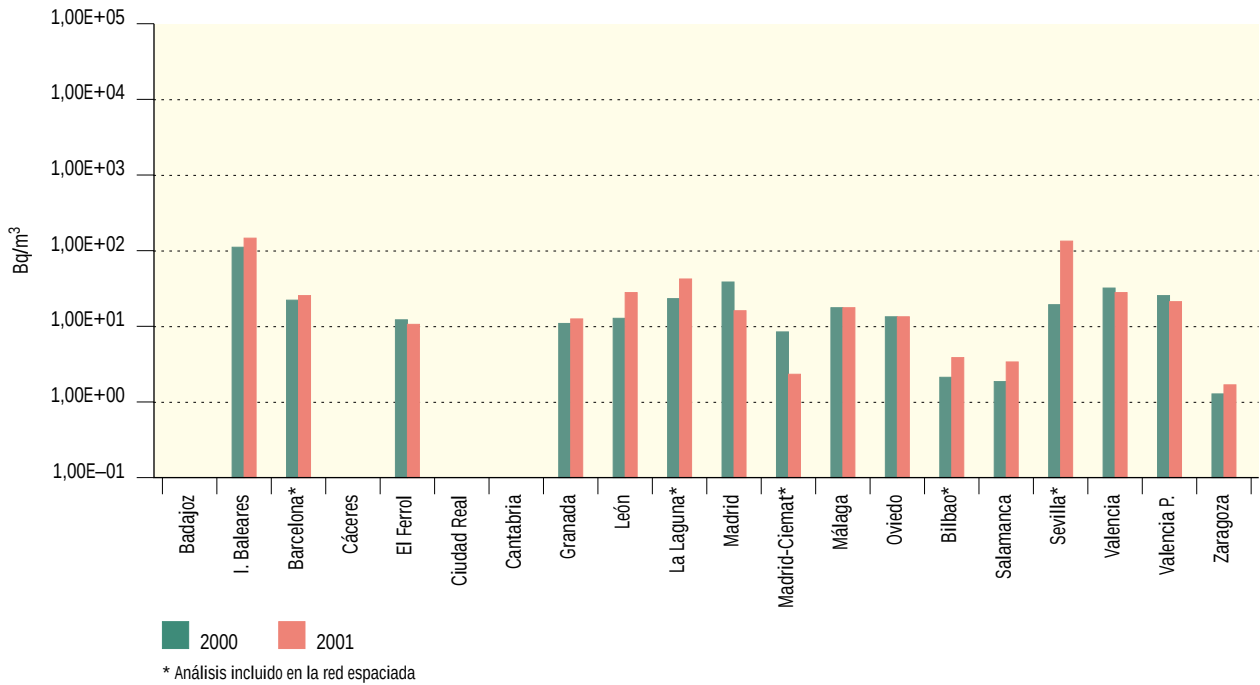


Figura 3.10b. Agua potable. Concentración de actividad de alfa total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

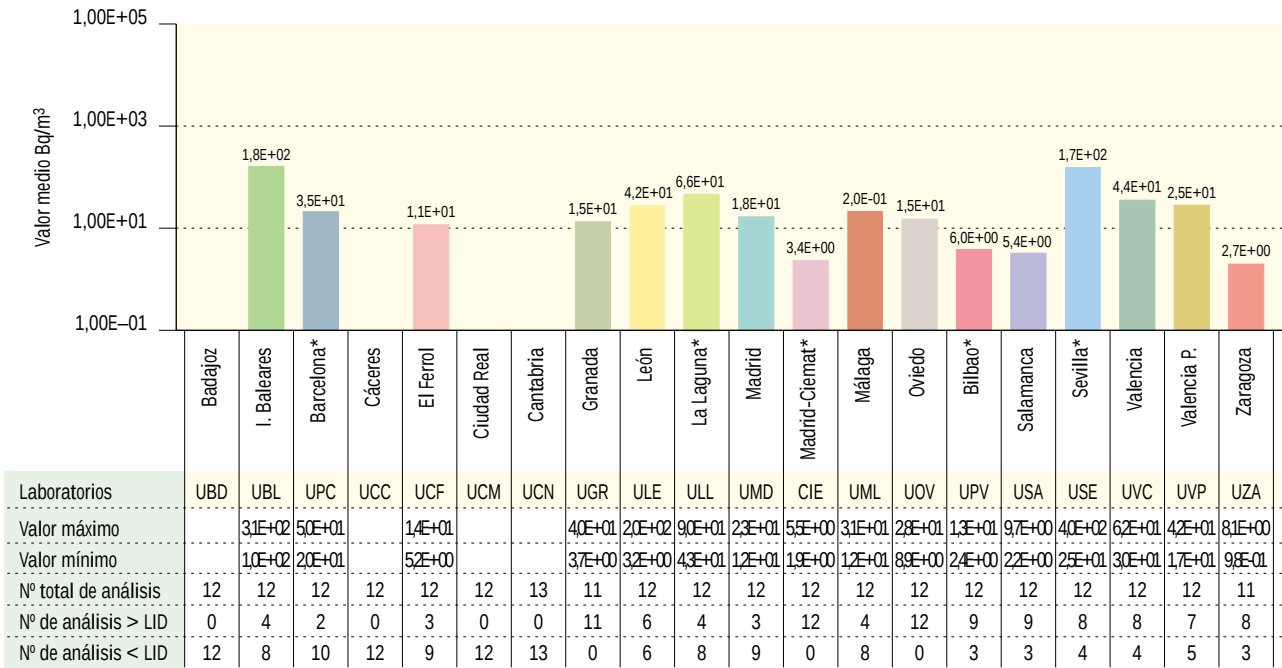


Figura 3.11a. Agua potable
Evolución temporal del índice de actividad beta total

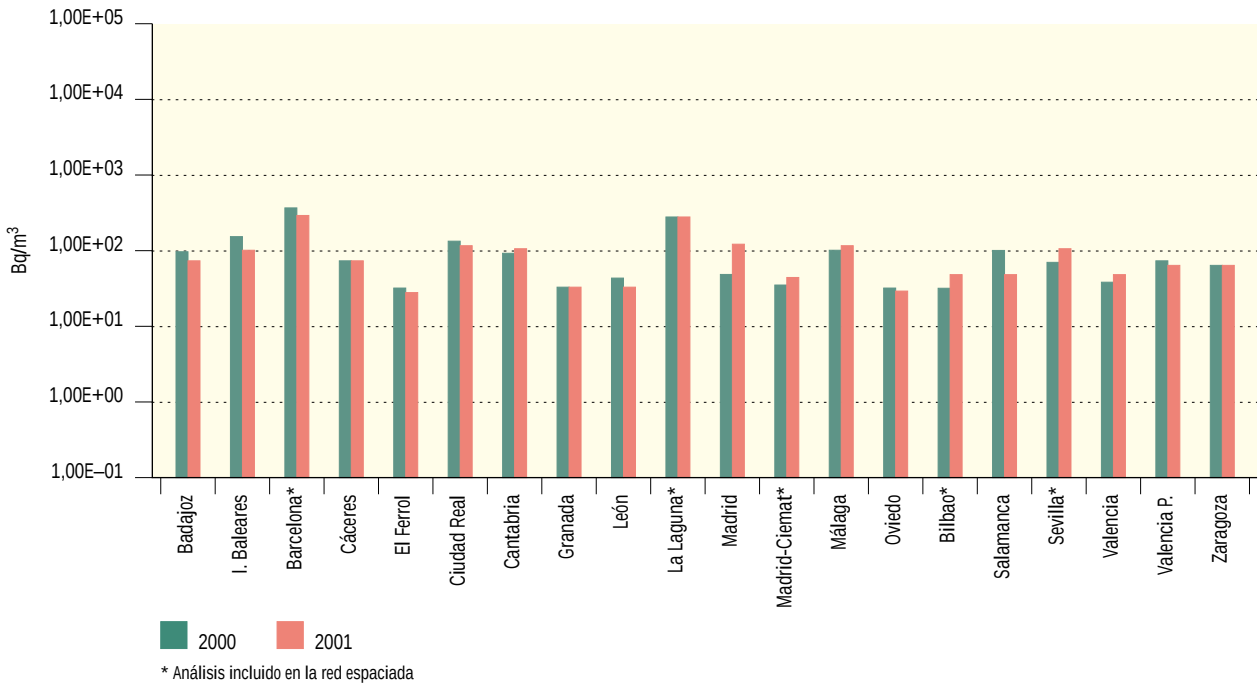


Figura 3.11b. Agua potable. Concentración de actividad de beta total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

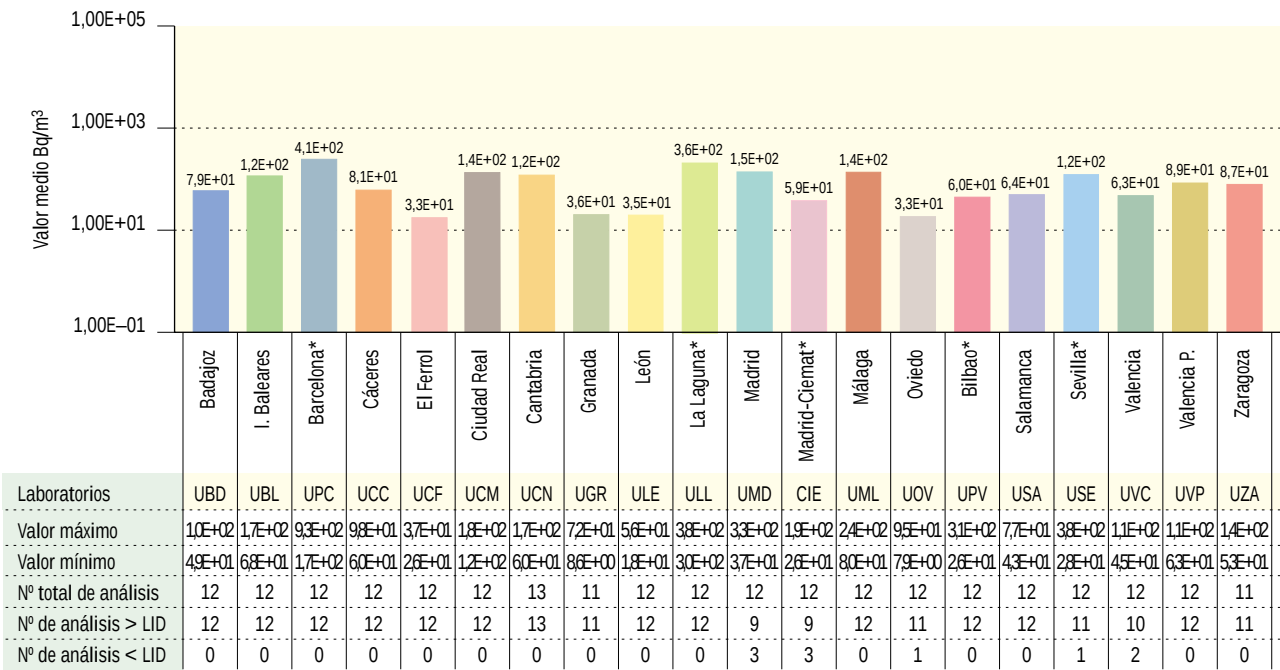
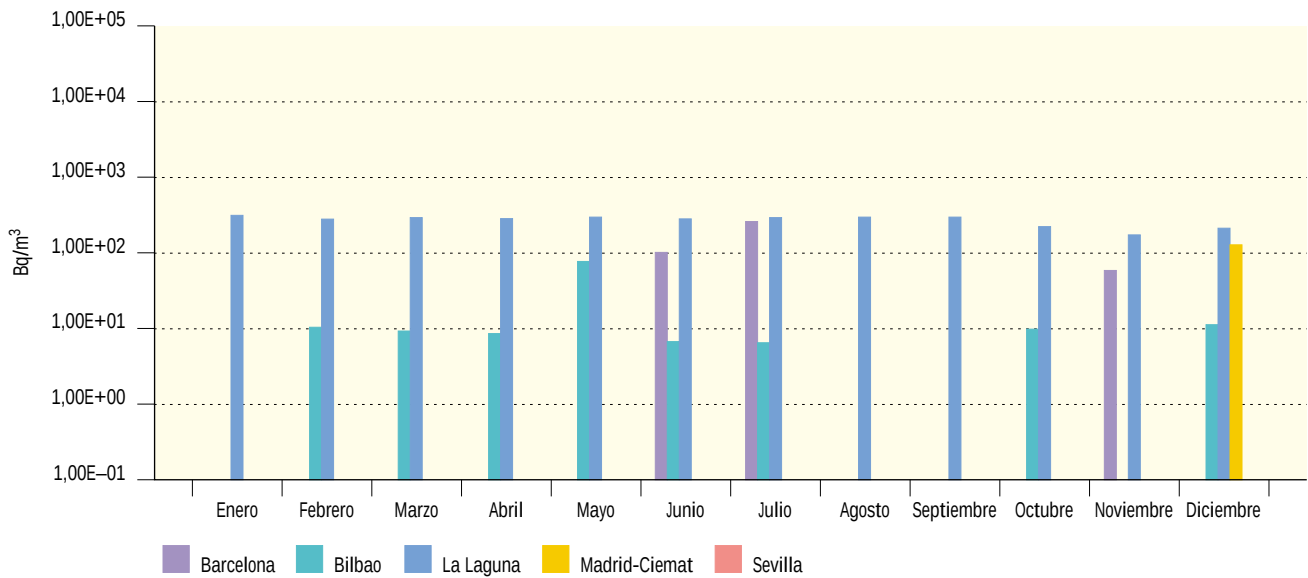


Figura 3.12. Agua potable. Concentración de actividad de beta resto (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,50E+02	1,66E+01	3,39E+02	1,54E+02	
Valor máximo	3,10E+02	5,34E+01	3,64E+02	1,54E+02	
Valor mínimo	5,00E+01	6,34E+00	2,78E+02	1,54E+02	
LID máximo	4,00E+01	1,06E+01	2,69E+01	4,20E+01	
LID mínimo	1,00E+01	5,00E+00	1,45E+01	1,94E+01	
Nº total de análisis	12	12	12	12	
Nº de análisis > LID	3	8	12	1	
Nº de análisis > LID	9	4	0	11	

Figura 3.13a. Agua potable
Evolución temporal de la concentración de actividad de Sr-90

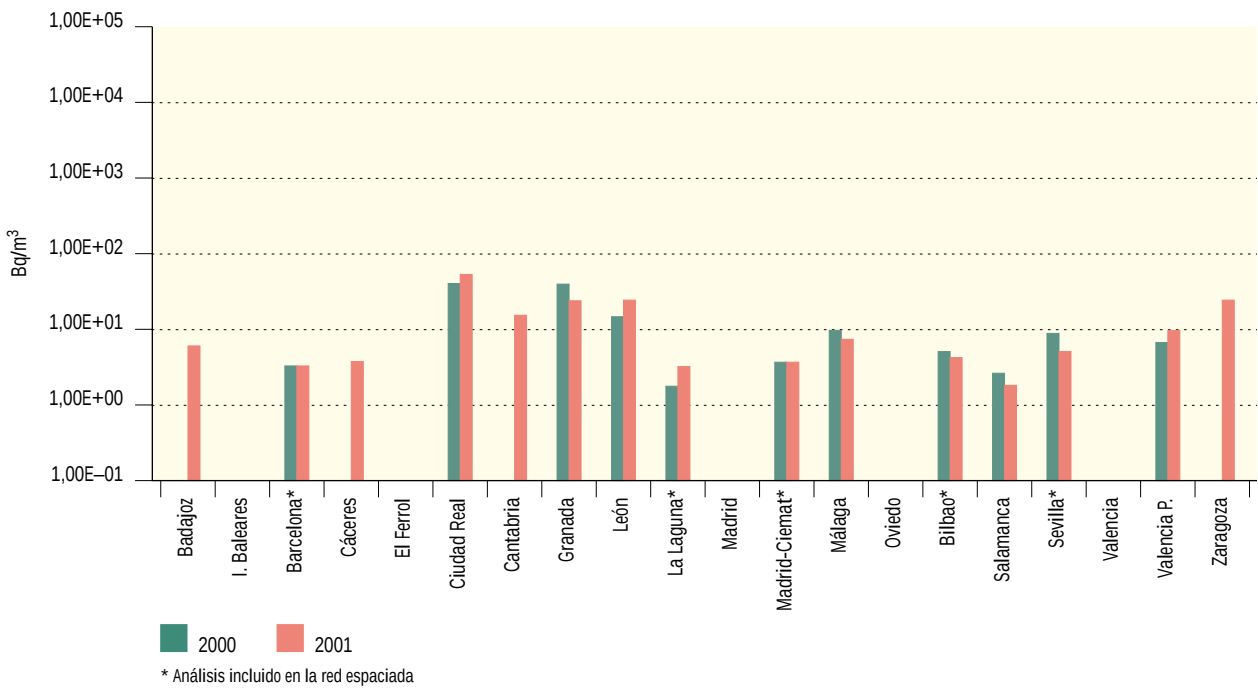


Figura 3.13b. Agua potable. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

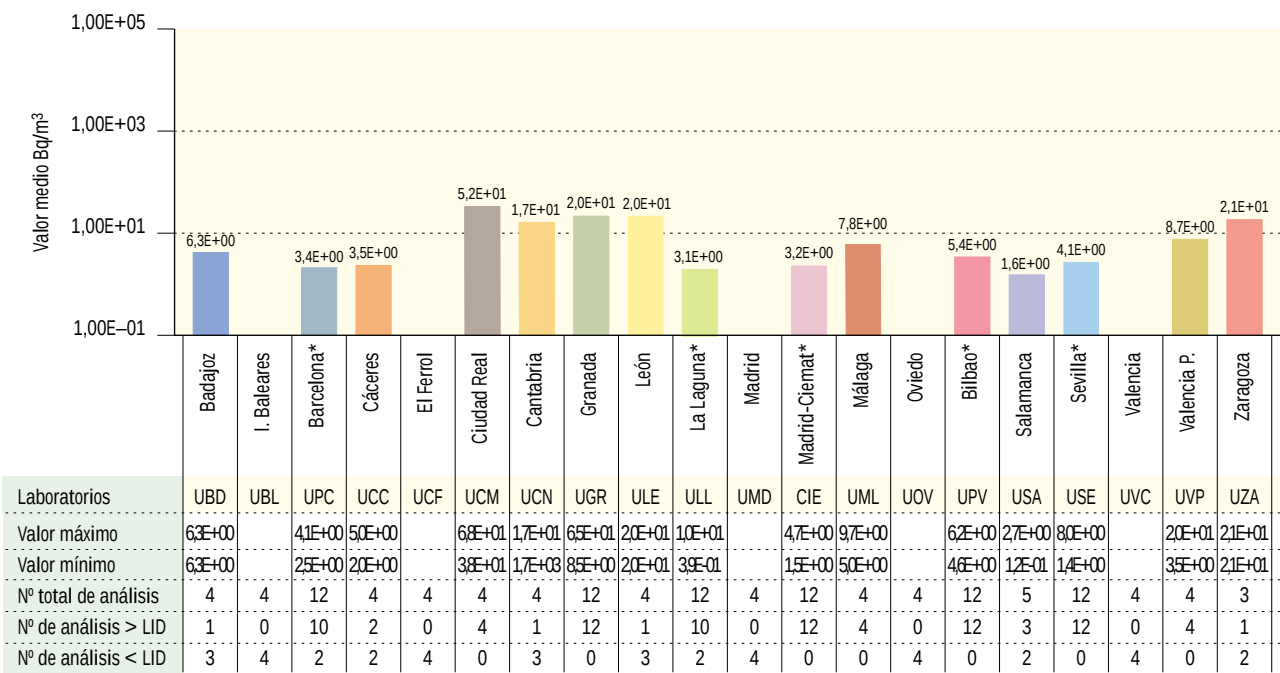
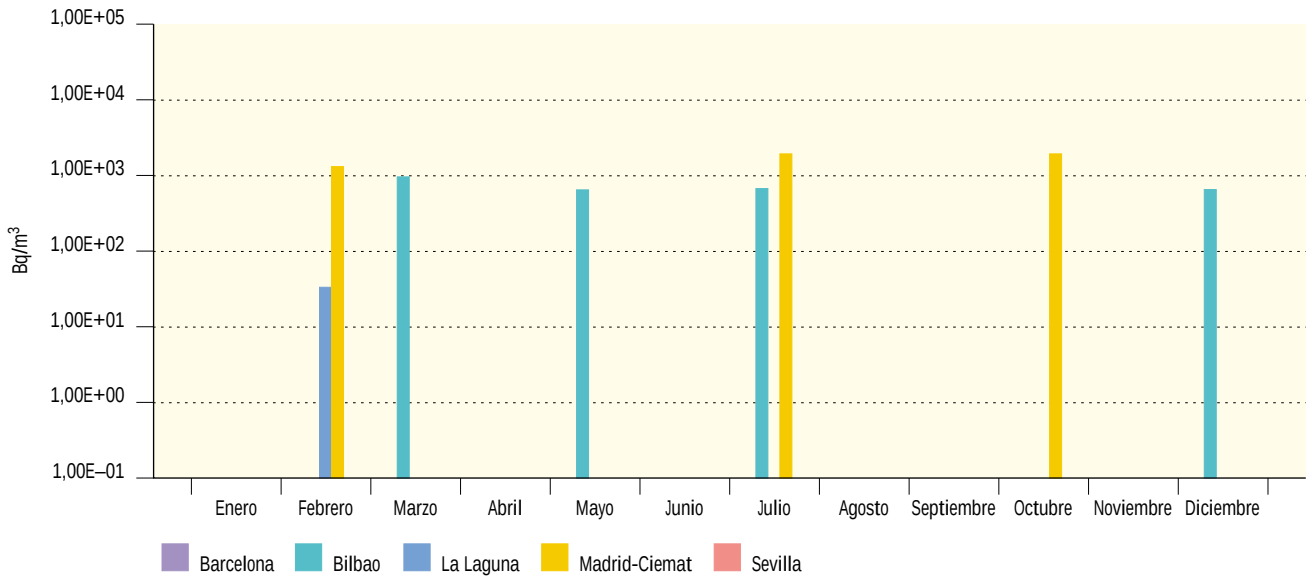


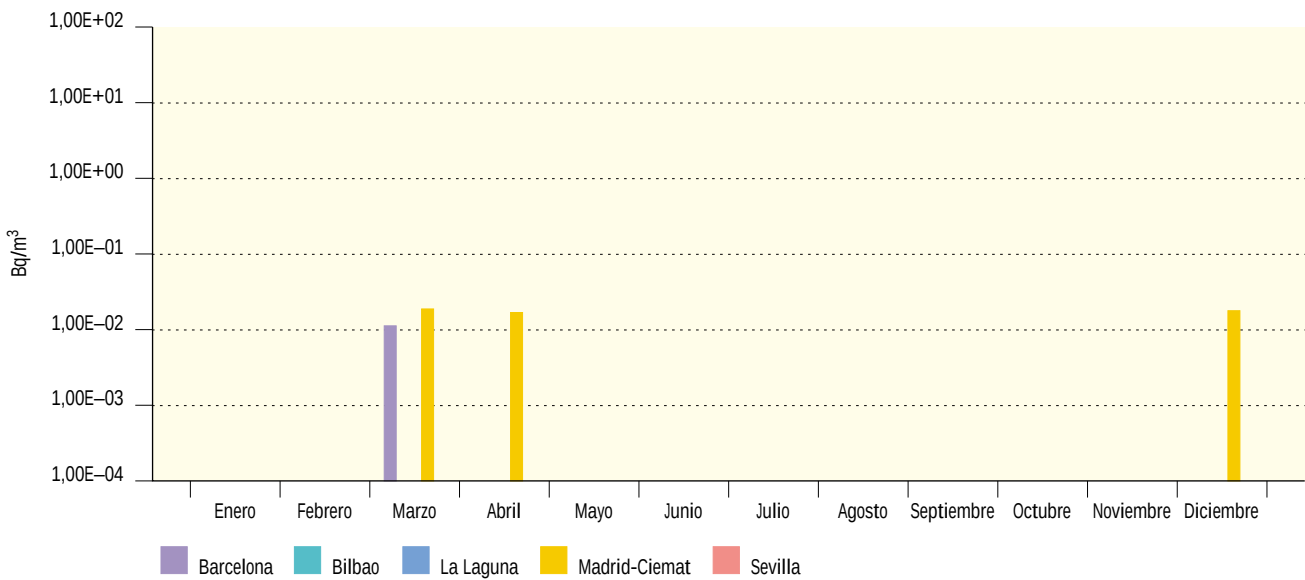
Figura 3.14. Agua potable. Concentración de actividad de H-3 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio		1,04E+03	4,00E+01	2,80E+03	
Valor máximo		1,33E+03	4,00E+01	3,29E+03	
Valor mínimo		8,49E+02	4,00E+01	1,85E+03	
LID máximo	2,02E+03	8,49E+02	1,18E+02	7,35E+02	1,68E+03
LID mínimo	1,53E+03	8,26E+02	2,95E+01	6,13E+02	1,68E+03
Nº total de análisis	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	0	4	1	3	0
Nº de análisis > LID	12	8	11	9	12

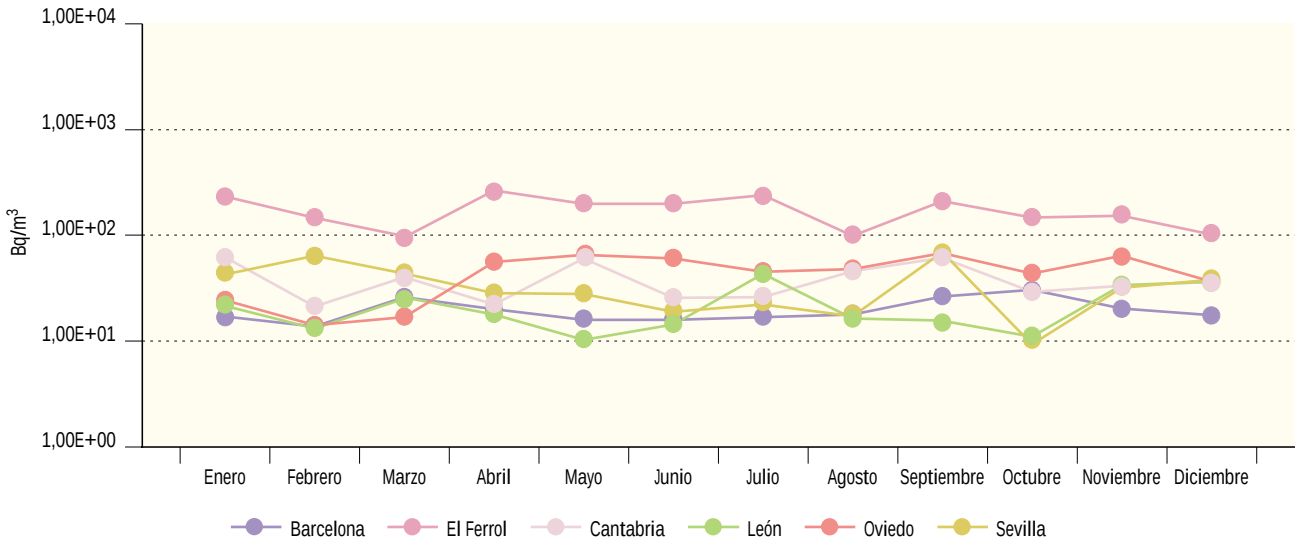
Figura 3.15. Agua potable. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)

Valores de la campaña de 2001



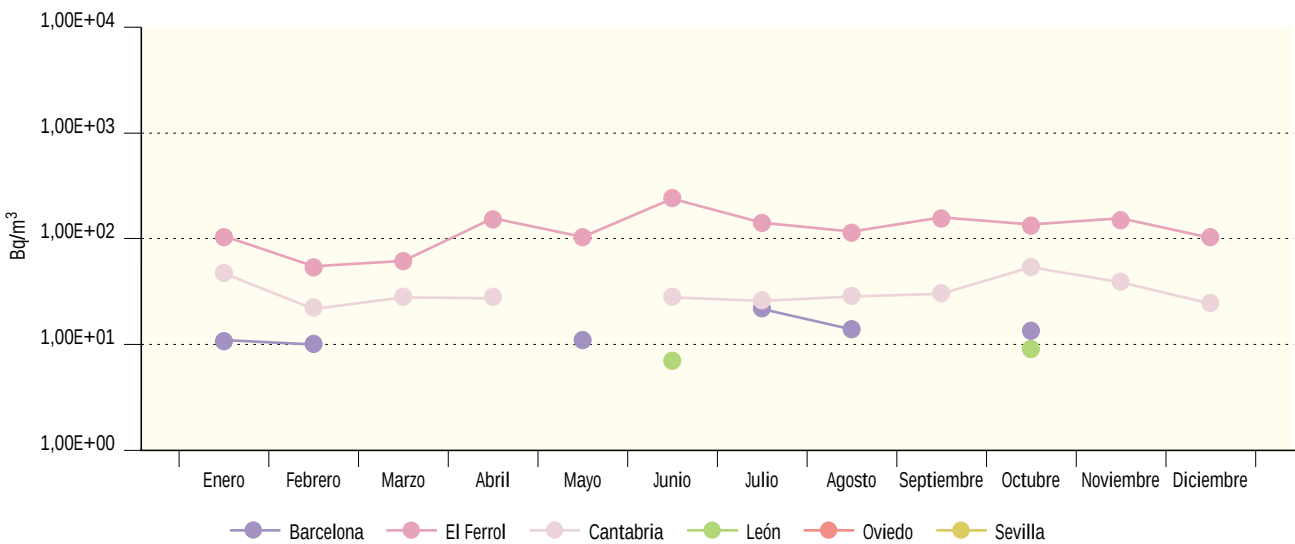
Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	1,61E-02			2,33E-02	
Valor máximo	1,61E-02			2,77E-02	
Valor mínimo	1,61E-02			1,90E-02	
LID máximo	2,50E-01	1,50E-02	1,53E-01	2,33E-02	1,31E+00
LID mínimo	1,22E-02	9,41E-03	1,14E-01	1,52E-02	1,31E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	1
Nº de análisis > LID	1	0	0	3	0
Nº de análisis > LID	11	12	12	9	1

Figura 3.16. Leche. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



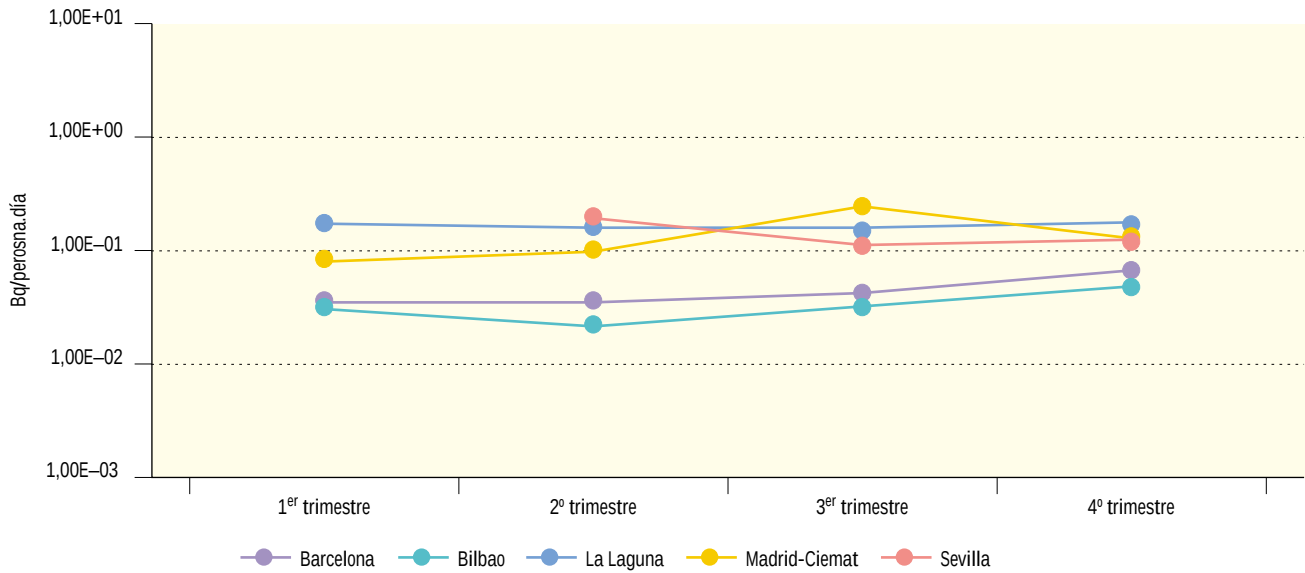
Laboratorios	Barcelona	El Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	2,02E+01	1,79E+02	3,66E+01	2,13E+01	4,64E+01	3,69E+01
Valor máximo	2,83E+01	2,66E+02	6,10E+01	3,60E+01	8,03E+01	6,41E+01
Valor mínimo	1,52E+01	1,18E+02	2,20E+01	1,14E+01	1,58E+01	1,08E+01
LID máximo	9,00E+00	1,97E+01	5,20E+01	2,01E+01	1,19E+01	2,46E+00
LID mínimo	4,60E+00	6,44E+00	9,00E+00	3,00E+00	2,46E+00	1,44E+00
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	12	12	12	11	12	12
Nº de análisis < LID	0	0	0	1	0	0

Figura 3.17. Leche. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



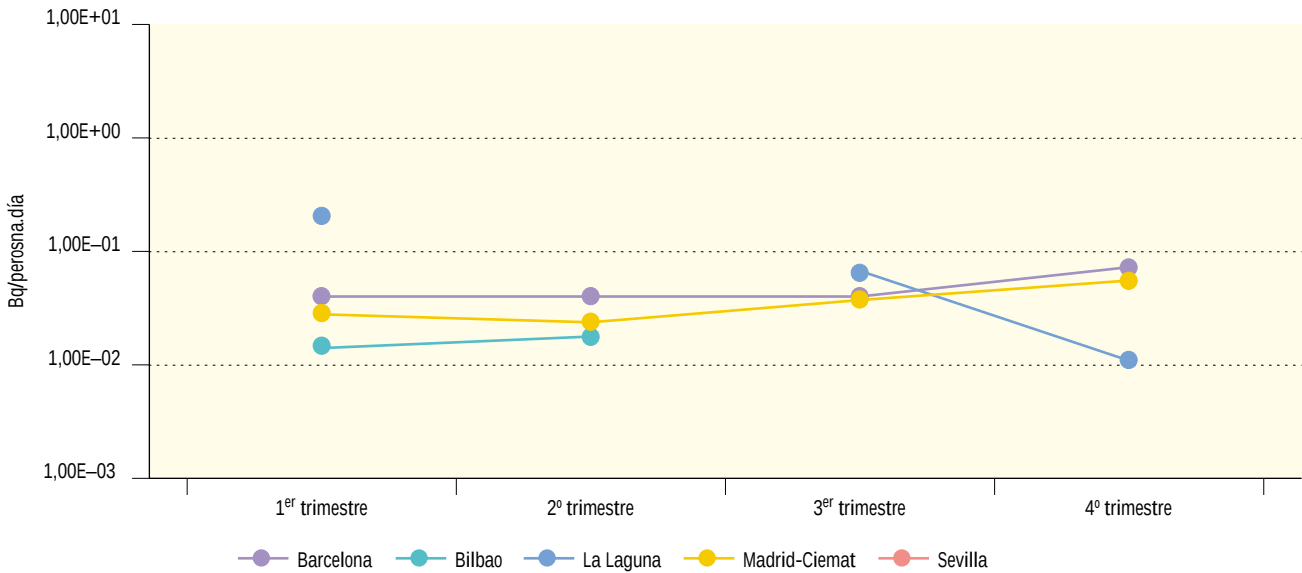
Laboratorios	Barcelona	El Ferrol	Cantabria	León	Oviedo	Sevilla
Valor medio	1,23E+01	1,01E+02	2,55E+01	7,94E+00		
Valor máximo	1,78E+01	1,55E+02	4,19E+01	9,02E+00		
Valor mínimo	1,03E+01	4,96E+01	1,79E+01	6,86E+00		
LID máximo	1,01E+01	5,18E+01	1,43E+01	1,47E+01	8,68E+01	2,17E+02
LID mínimo	5,40E+00	3,47E+01	1,30E+01	5,50E+00	8,03E+01	1,11E+02
Nº total de análisis	12	12	12	12	12	12
Nº de análisis > LID	6	12	11	2	0	0
Nº de análisis < LID	6	0	1	10	12	12

Figura 3.18. Dieta tipo. Concentración de actividad de Sr-90 (Bq/persona.día)
Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciemat	Sevilla
Valor medio	5,73E-02	4,45E-02	1,99E-01	1,47E-01	2,37E-01
Valor máximo	8,40E-02	6,10E-02	2,22E-01	2,16E-01	2,98E-01
Valor mínimo	4,70E-02	2,99E-02	1,78E-01	9,80E-02	1,99E-01
LID máximo	1,40E-02	2,81E-02	4,13E-02	5,80E-03	7,56E-02
LID mínimo	1,25E-02	1,05E-04	1,49E-02	4,70E-03	6,96E-02
Nº total de análisis	4	4	4	4	3
Nº de análisis > LID	4	4	4	4	3
Nº de análisis > LID	0	0	0	0	0

Figura 3.19. Dieta tipo. Concentración de actividad de Cs-137 (Bq/persona.día)
Valores de la campaña de 2001



Laboratorios	Barcelona	Bilbao	La Laguna	Madrid-Ciema	Sevilla
Valor medio	4,50E-02	1,71E-02	9,89E-02	3,51E-02	
Valor máximo	6,00E-02	1,86E-02	2,20E-01	4,41E-02	
Valor mínimo	4,00E-02	1,56E-02	1,23E-02	2,59E-02	
LID máximo	3,00E-02	1,85E-02	5,72E-02	2,47E-02	4,08E-01
LID mínimo	2,00E-02	6,85E-03	1,22E-02	1,46E-02	1,22E-01
Nº total de análisis	4	4	4	4	3
Nº de análisis > LID	4	2	3	4	0
Nº de análisis > LID	0	2	1	0	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 3.20).

Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

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

En la tabla 3.3 se indican las cuencas hidrográficas, el número de estaciones consideradas en cada una de ellas y el total de muestras recogidas en la campaña del año 2001.

Las determinaciones efectuadas en las muestras recogidas son las siguientes:

- Índice de actividad alfa total.

- Índice de actividad beta total.

- Índice de actividad beta resto.

- Tritio.

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

El Cedex realiza el muestreo con la colaboración del personal de las confederaciones hidrográficas y efectúa el análisis de las muestras. Aplica sus propios programas de garantía de calidad a las actividades que desa-

Figura 3.20. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales



Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña 2001

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo	Número de muestras analizadas
Miño y norte de España	9	84
Duero	13	122
Tajo	22	180
Guadiana	5	20
Guadalquivir	12	86
Ebro	11	161
Júcar	6	40
Cuencas hidrográficas catalanas	7	27
Segura	4	24

rolla y participa en las campañas anuales de intercomparación organizadas por el CSN.

Anualmente el Cedex presenta un informe de resultados al CSN.

El CSN evalúa los resultados obtenidos y facilita anualmente a la Unión Europea la información requerida en cumplimiento del artículo 36 del Tratado de Euratom, junto con los datos de la vigilancia de ámbito nacional del aire y del medio terrestre.

Resultados

En este documento se presentan gráficamente, por cuencas hidrográficas, los valores medios anuales obtenidos en las estaciones de muestreo consideradas durante el período 1990 a 2001 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes (ver publicaciones anteriores para resultados de los años 1984 a 1990). Se incorporan en esta edición resultados gráficos de las cuencas hidrográficas catalanas y otras cuencas del norte de España distintas al Miño; el análisis y recogida de estas aguas comenzó respectivamente en los años 1995 y 1996, disponiendo actual-

mente de suficientes datos para representar su evolución temporal, con la excepción de los resultados del índice de actividad beta resto en las estaciones del río Llobregat, que debido al elevado contenido salino de las muestras ha sido necesario el desarrollo de un nuevo método analítico, que el Cedex aplicará a las muestras recogidas a partir del año 2002. De forma genérica, en el caso de que en un determinado período y punto de muestreo no aparezcan datos implica que los valores obtenidos han estado por debajo del límite inferior de detección, excepto en casos excepcionales como el señalado para el río Llobregat u otros en que la falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

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

- Los valores de las concentraciones de actividad alfa y beta total, reflejan las características del terreno de la cuenca receptora, así como la existencia en sus márgenes de zonas de cultivos, cuyos abonos podrían ser arrastrados al cauce de los ríos y,

ocasionalmente, detectarse los isótopos que acompañan a los fertilizantes como potasio-40 y descendientes de la serie del uranio-238.

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

brera 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.

Destaca el incremento observado en el río Tajo en la estación agua abajo de Trillo, que refleja la elevada actividad medida en la muestra del mes de noviembre debida a un vertido puntual, recogido por tratarse de un punto adyacente al punto de vertido, cuya incidencia se limita a ese momento y ese tramo del río, ya que no se aprecia incremento en la siguiente estación aguas abajo del río, y tampoco en la misma estación en la muestra correspondiente al mes de diciembre, en la que ni siquiera se detecta actividad de tritio por encima del valor de LID.

Cuencas del norte de España

Figura 3.21. Cuencas del norte de España
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

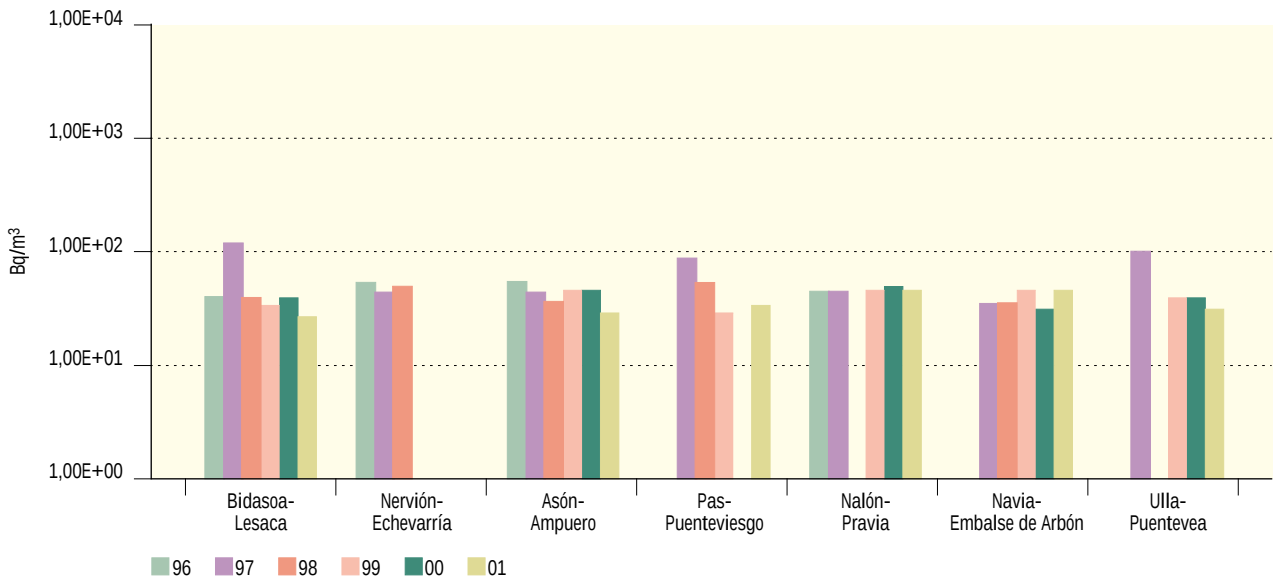


Figura 3.22. Cuencas del norte de España
Evolución temporal del índice de actividad beta total

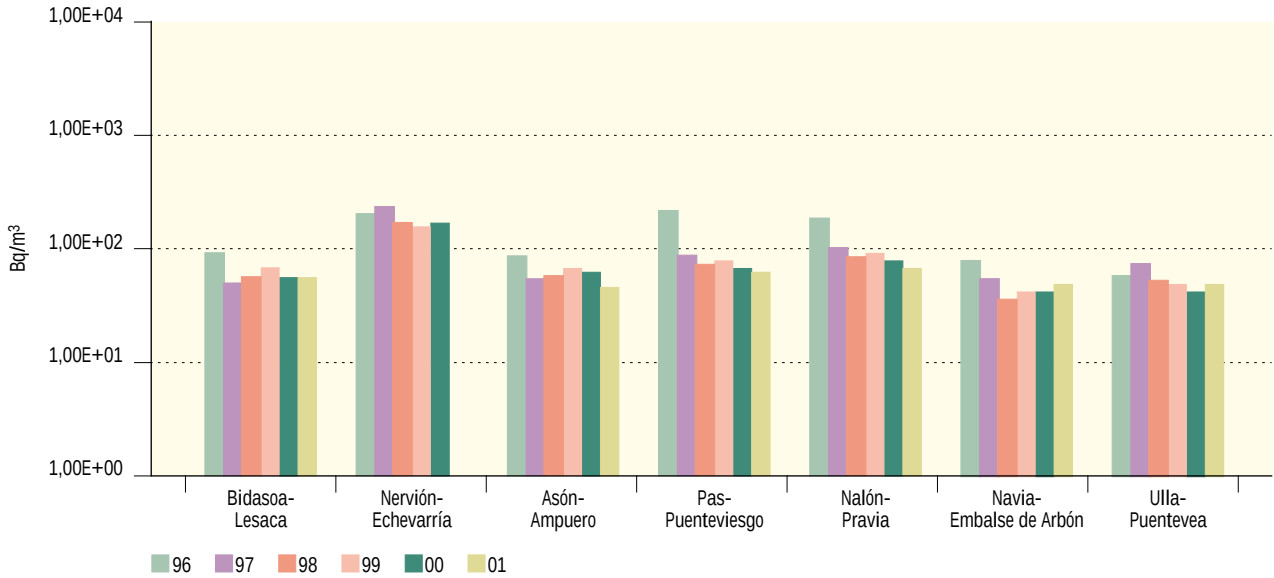


Figura 3.23. Cuencas del norte de España

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

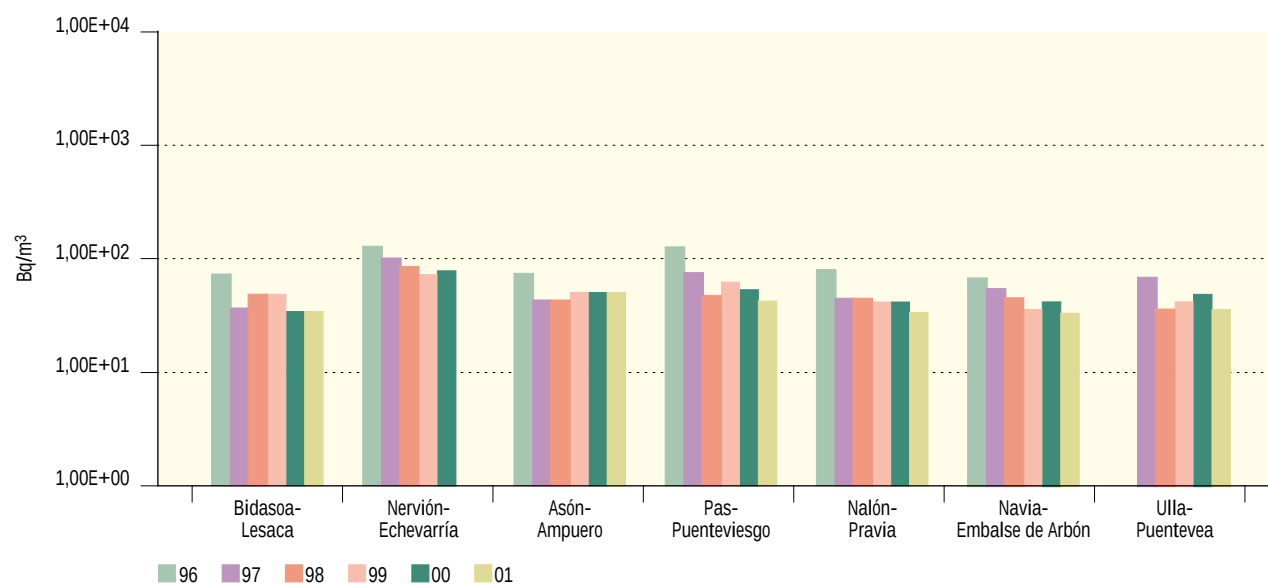
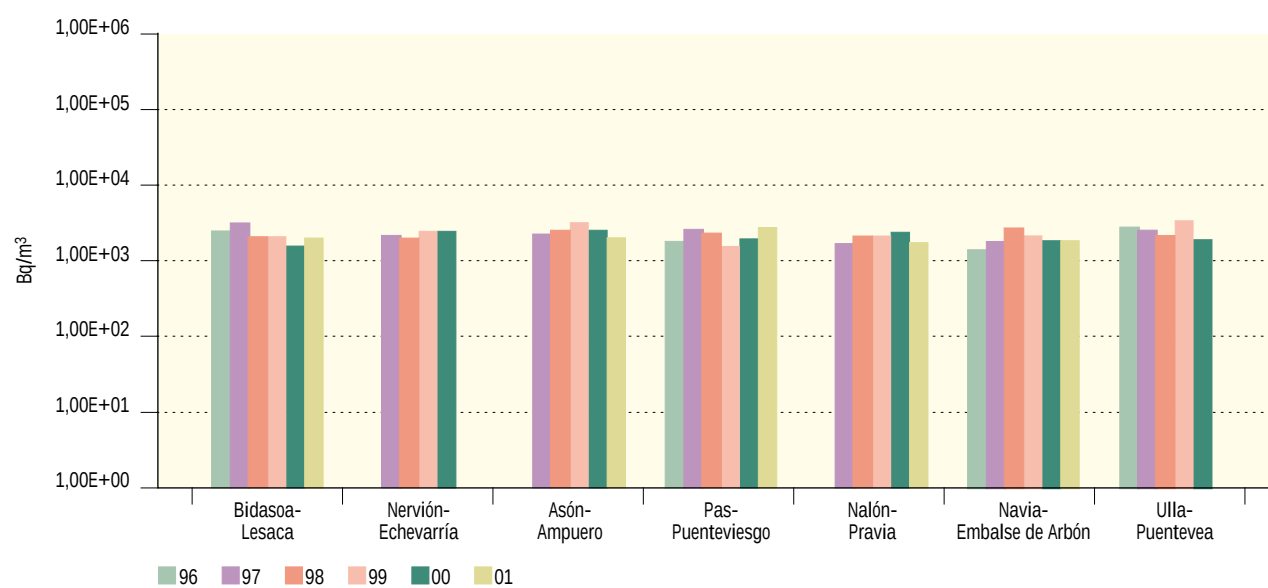


Figura 3.24. Cuencas del norte de España

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Miño

Figura 3.25. Río Miño
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

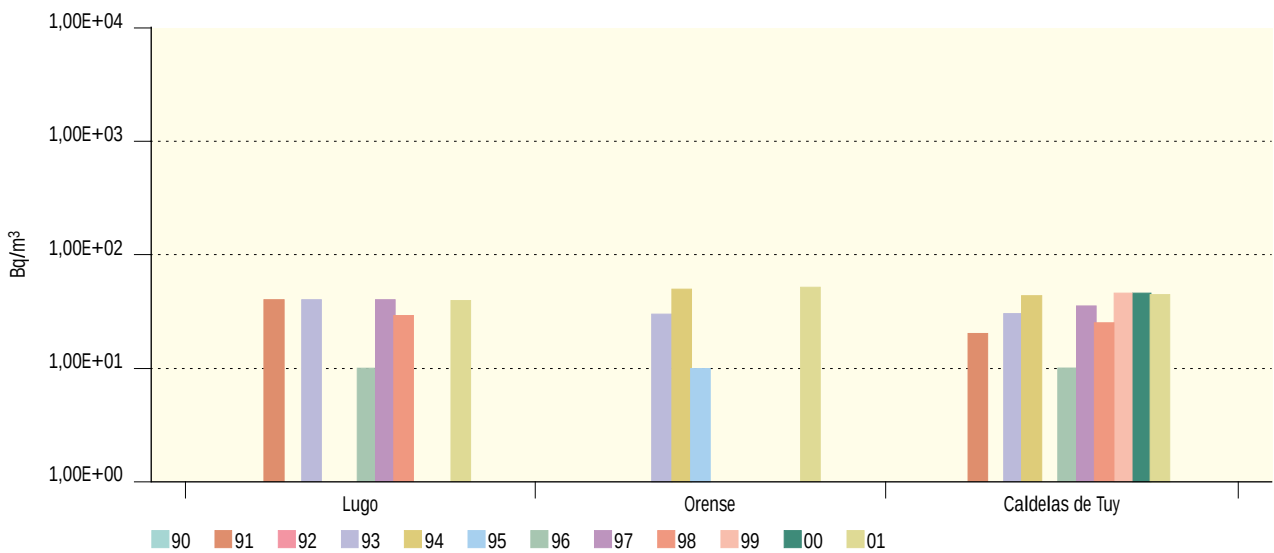


Figura 3.26. Río Miño
Evolución temporal del índice de actividad beta total

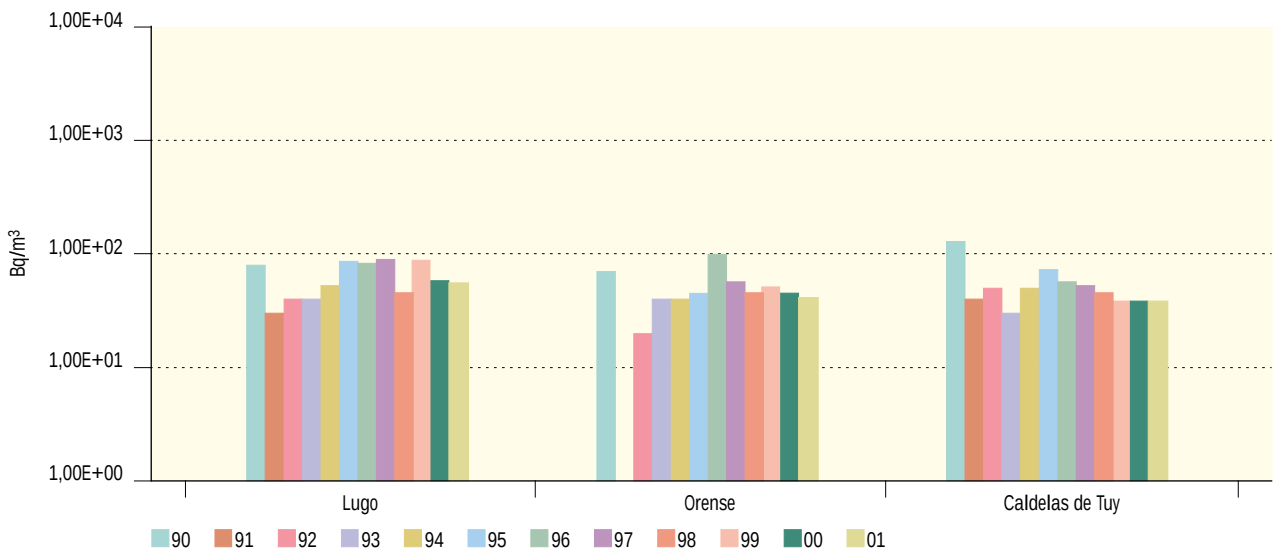


Figura 3.27. Río Miño
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

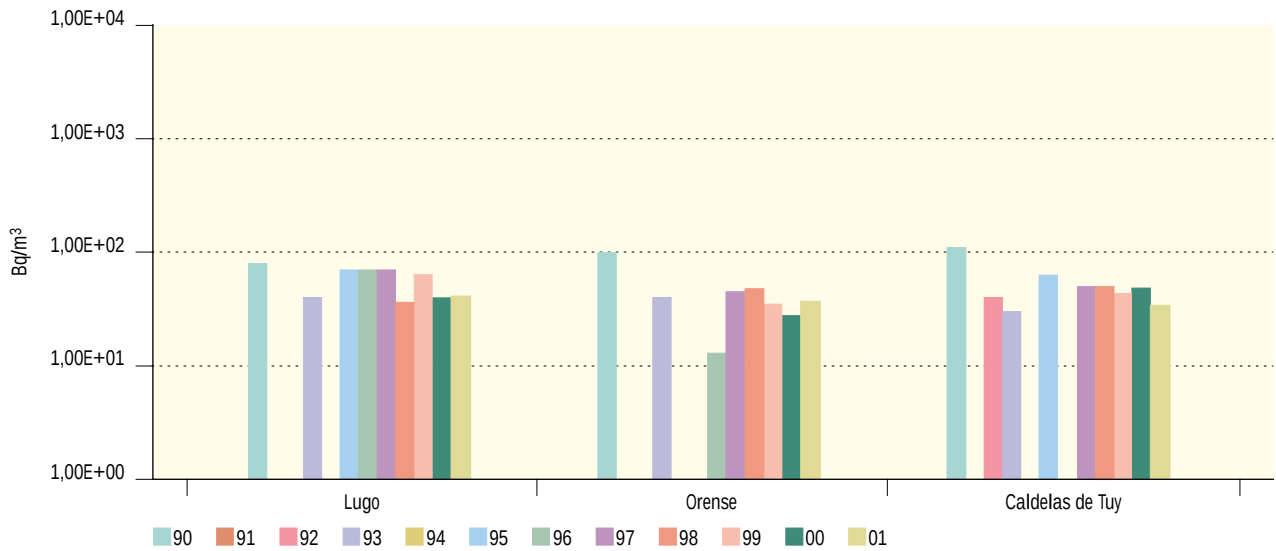
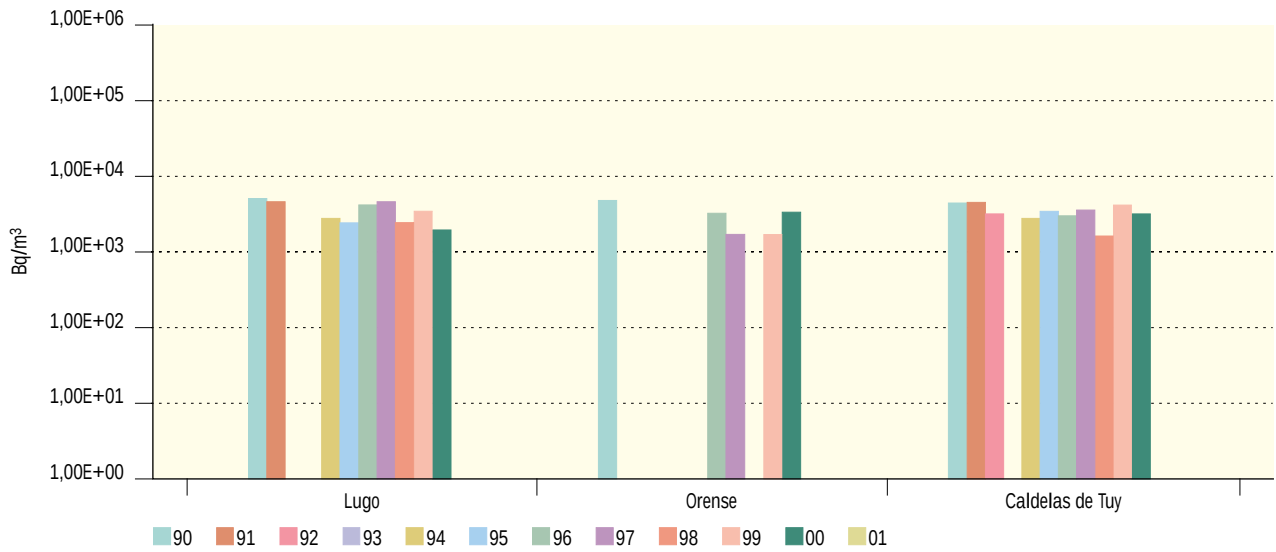


Figura 3.28. Río Miño
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Duero

Figura 3.29. Río Duero
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

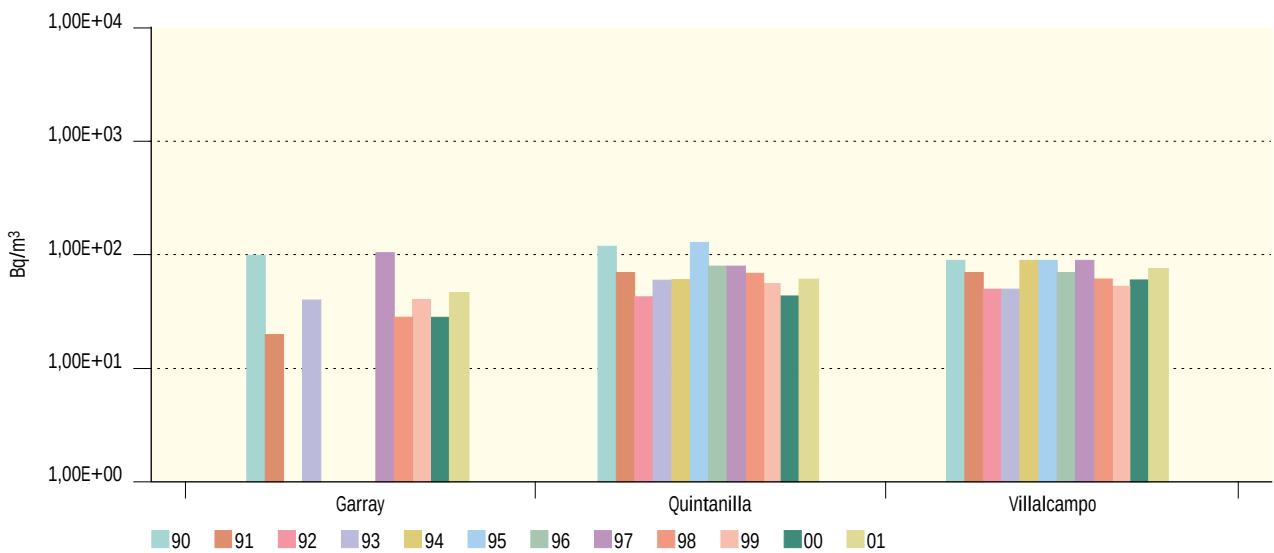


Figura 3.30. Río Duero
Evolución temporal del índice de actividad beta total

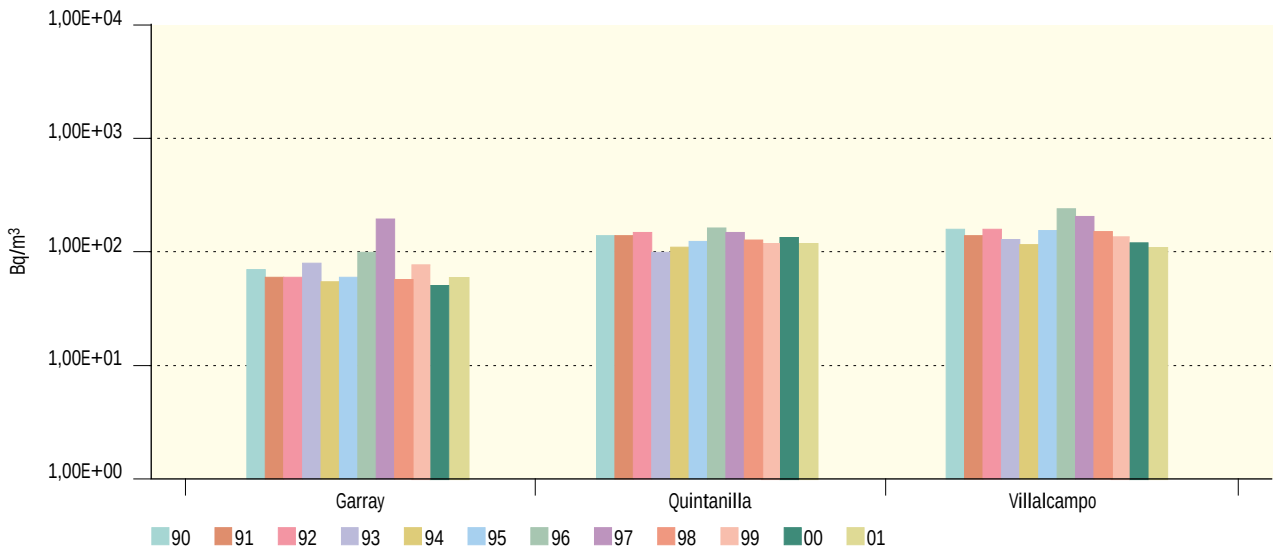


Figura 3.31. Río Duero
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

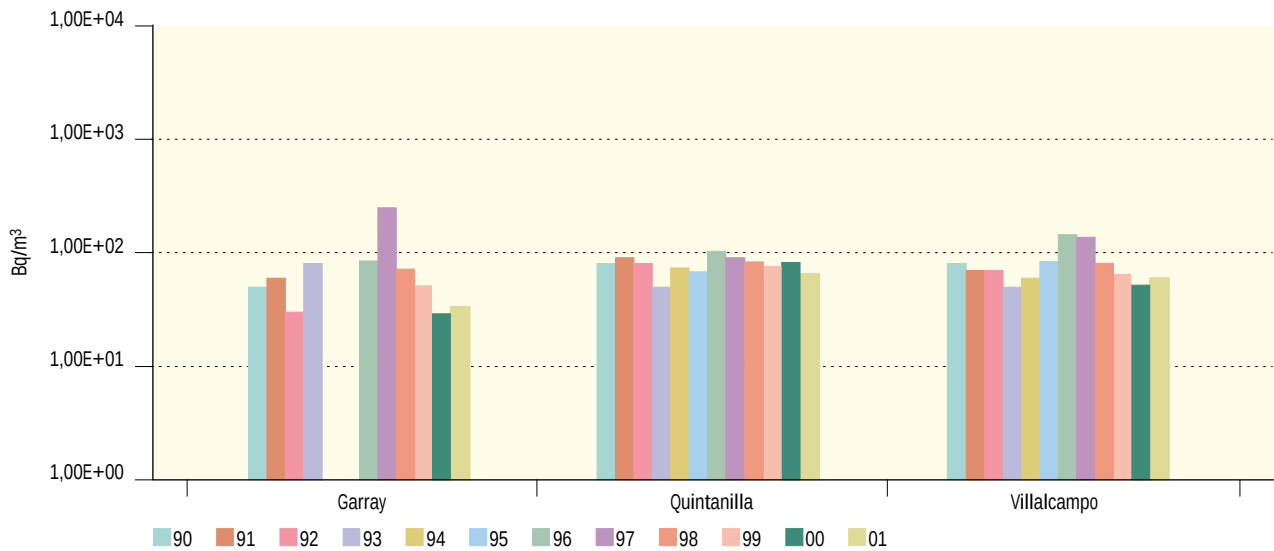
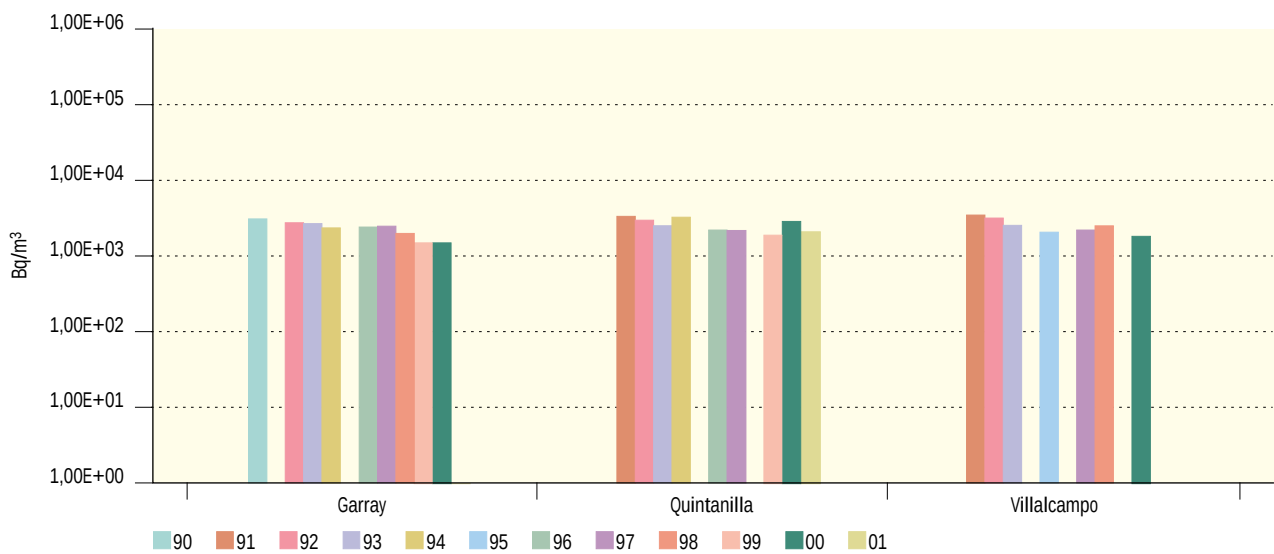


Figura 3.32. Río Duero
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Tajo

Figura 3.33. Río Tajo
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

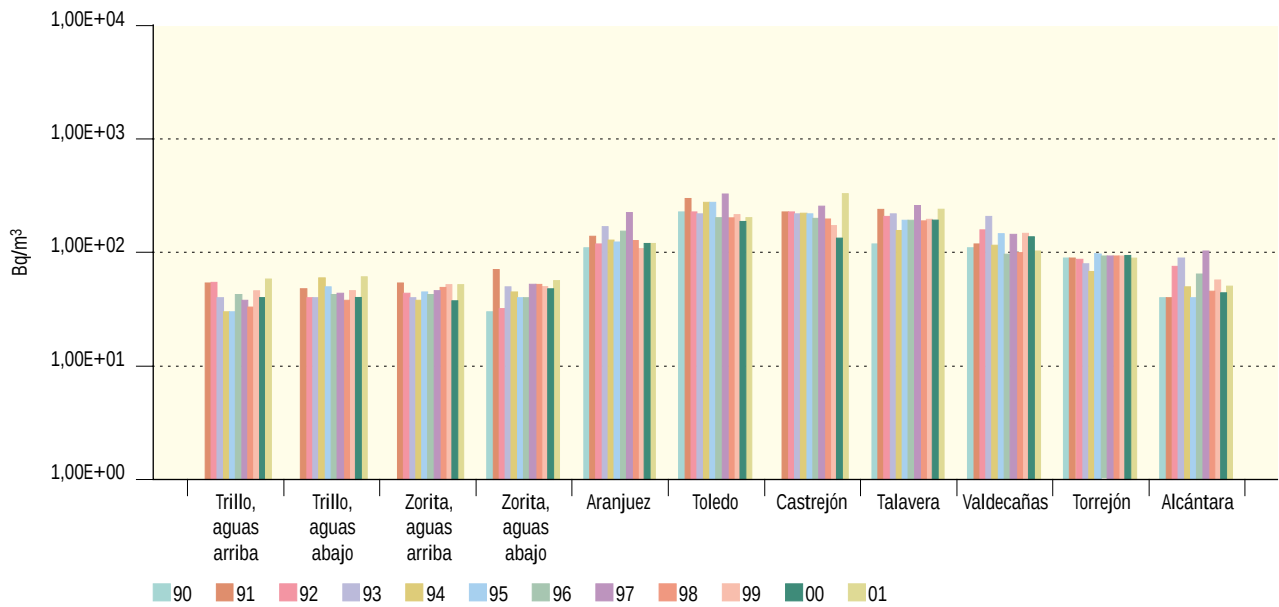


Figura 3.34. Río Tajo
Evolución temporal del índice de actividad beta total

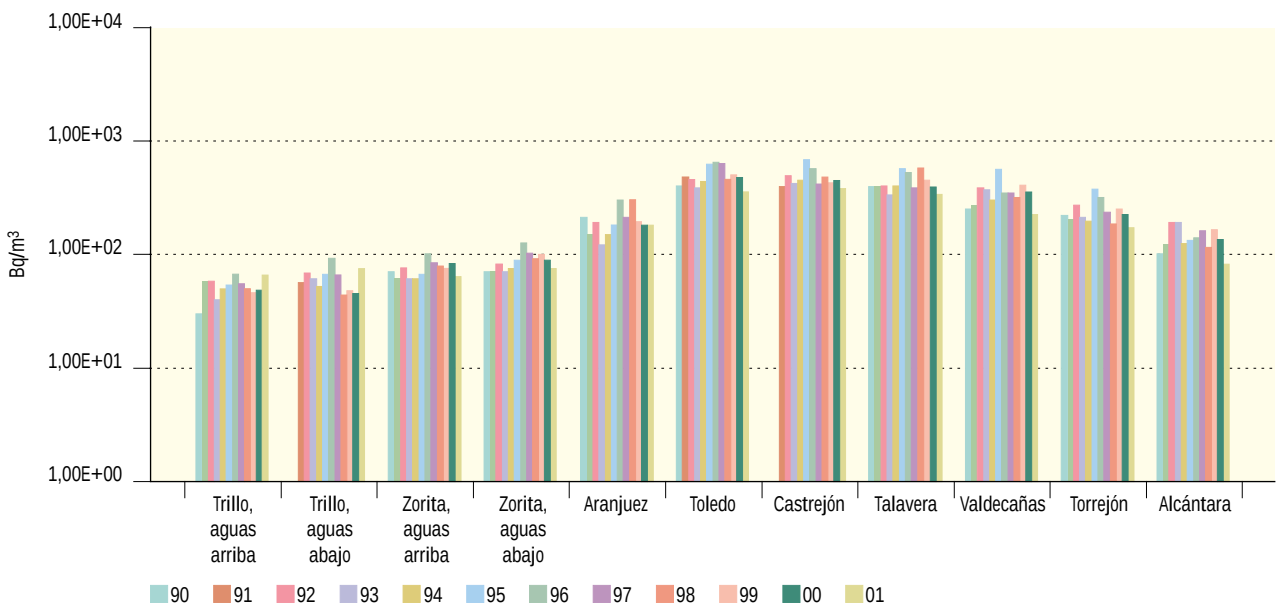


Figura 3.35. Río Tajo
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

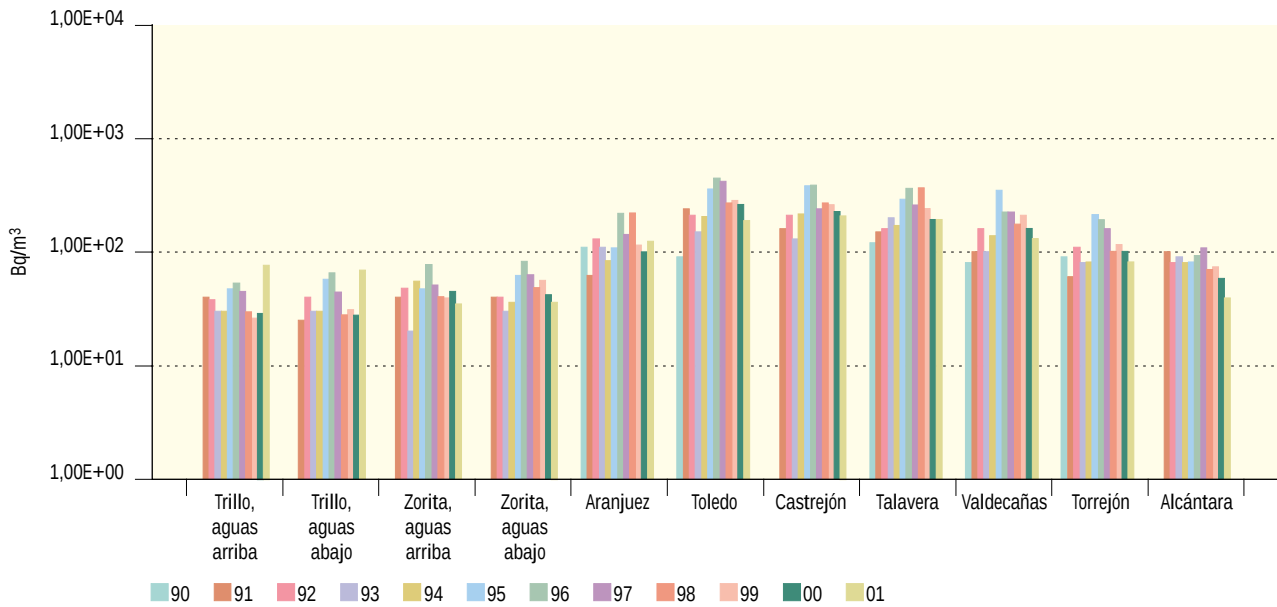
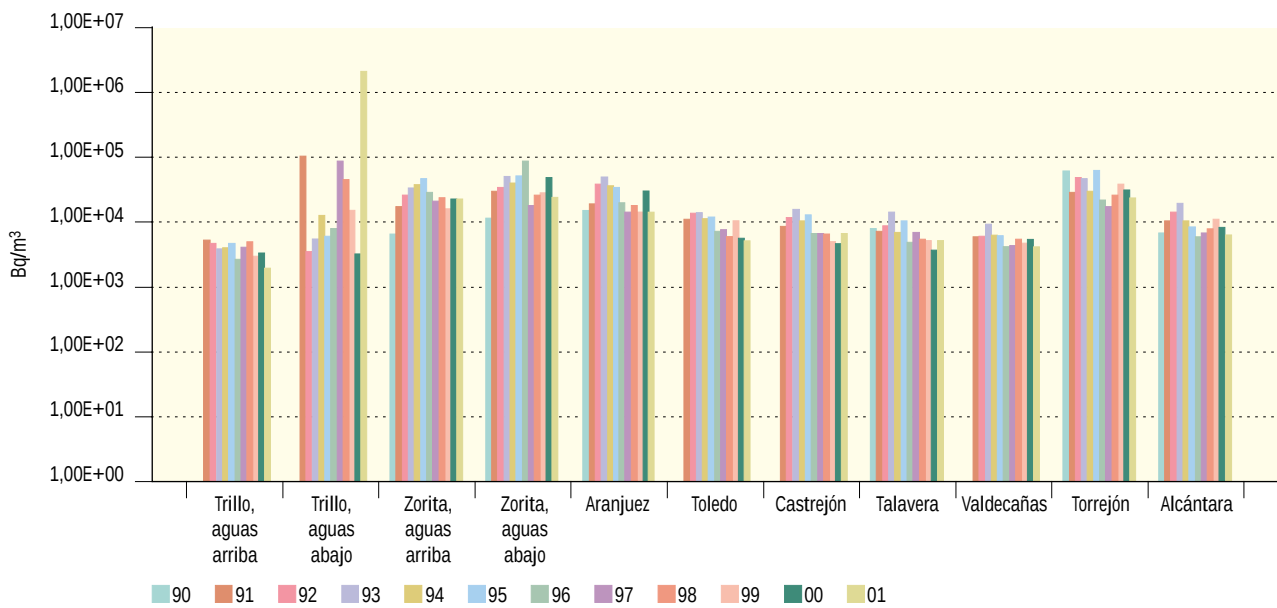


Figura 3.36. Río Tajo
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadiana

Figura 3.37. Río Guadiana
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

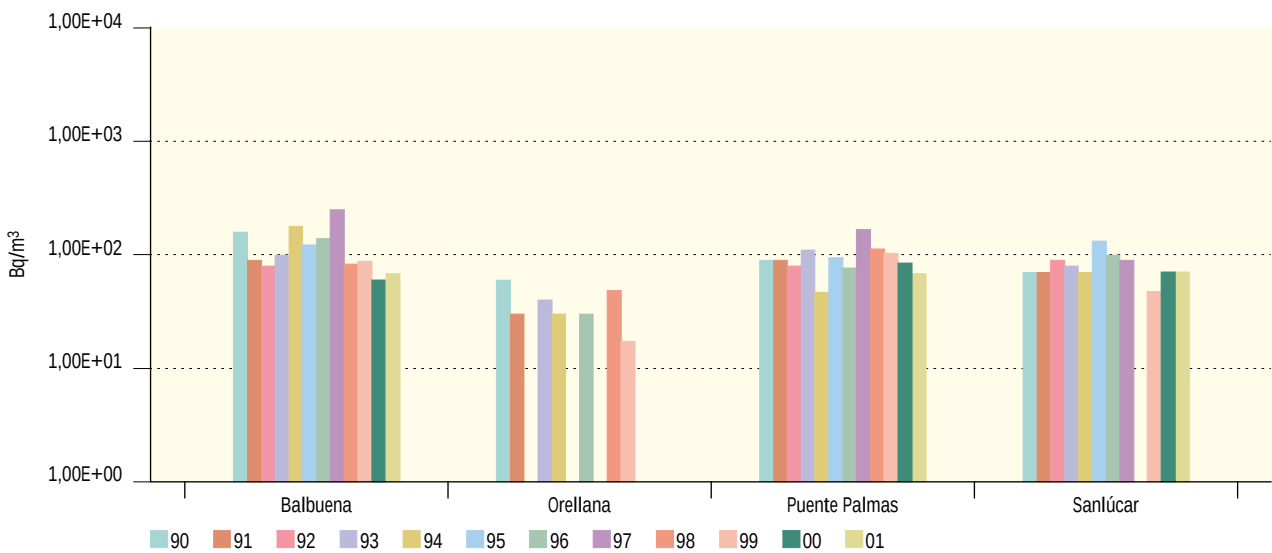


Figura 3.38. Río Guadiana
Evolución temporal del índice de actividad beta total

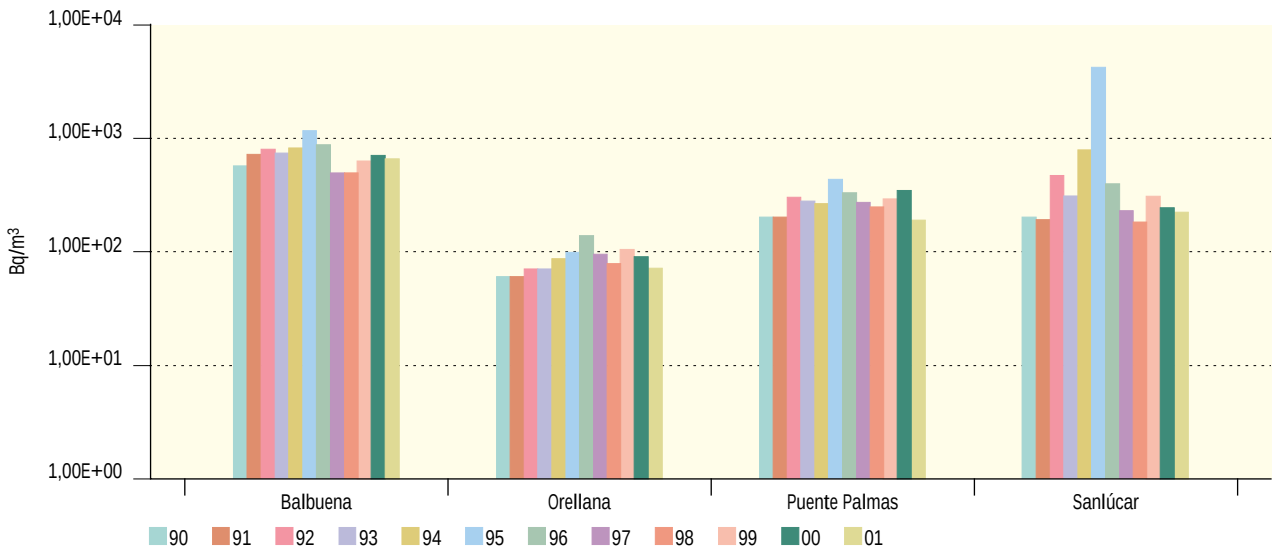


Figura 3.39. Río Guadiana
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

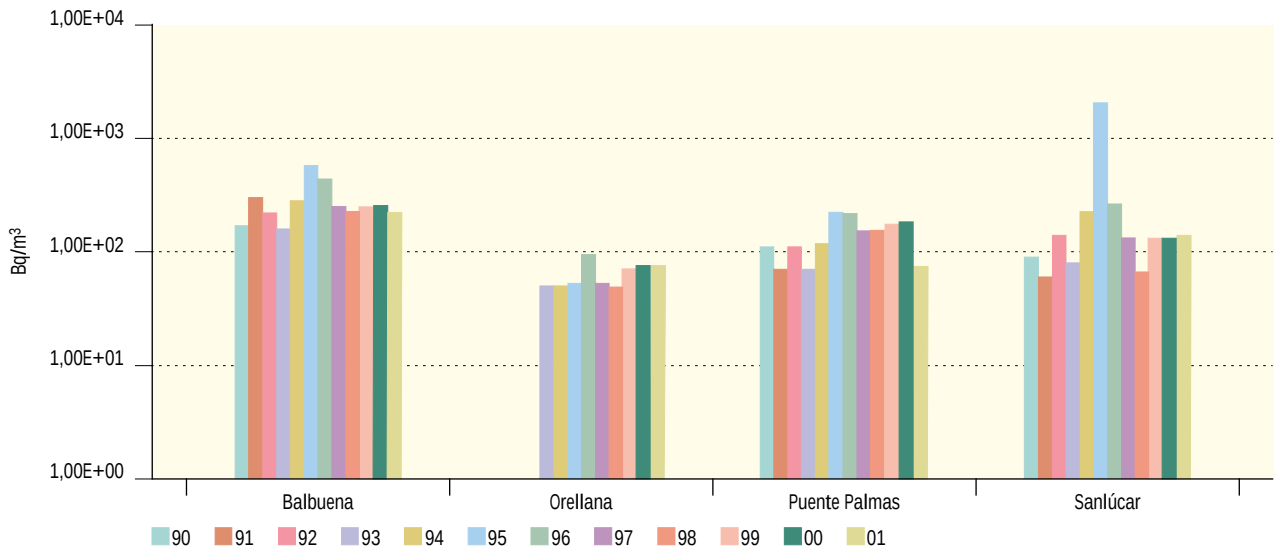
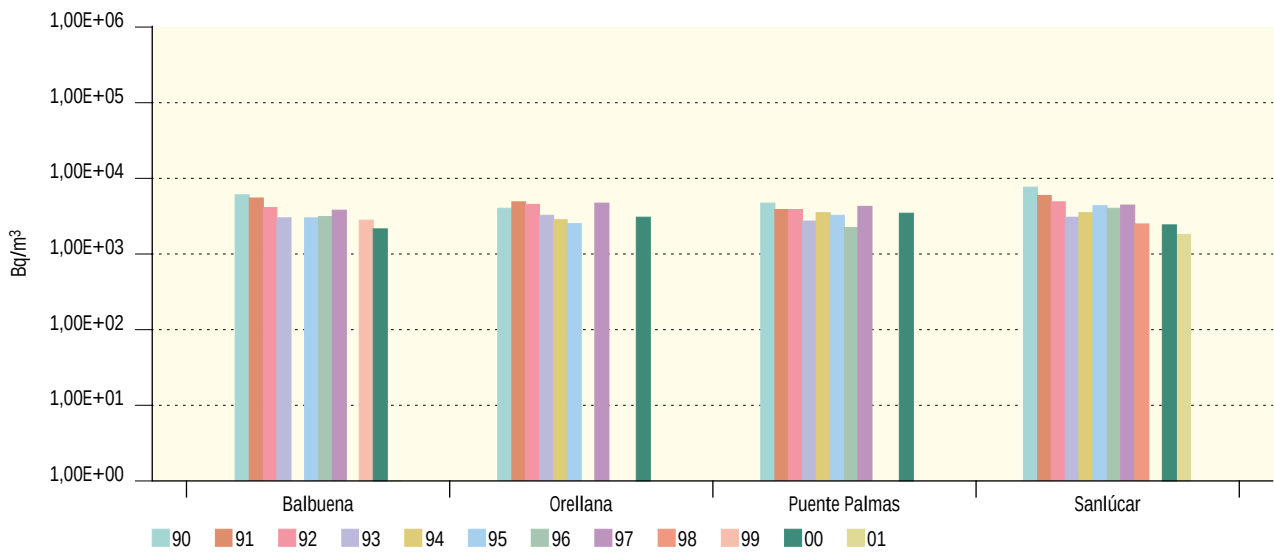


Figura 3.40. Río Guadiana
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Guadalquivir

Figura 3.41. Río Guadalquivir
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

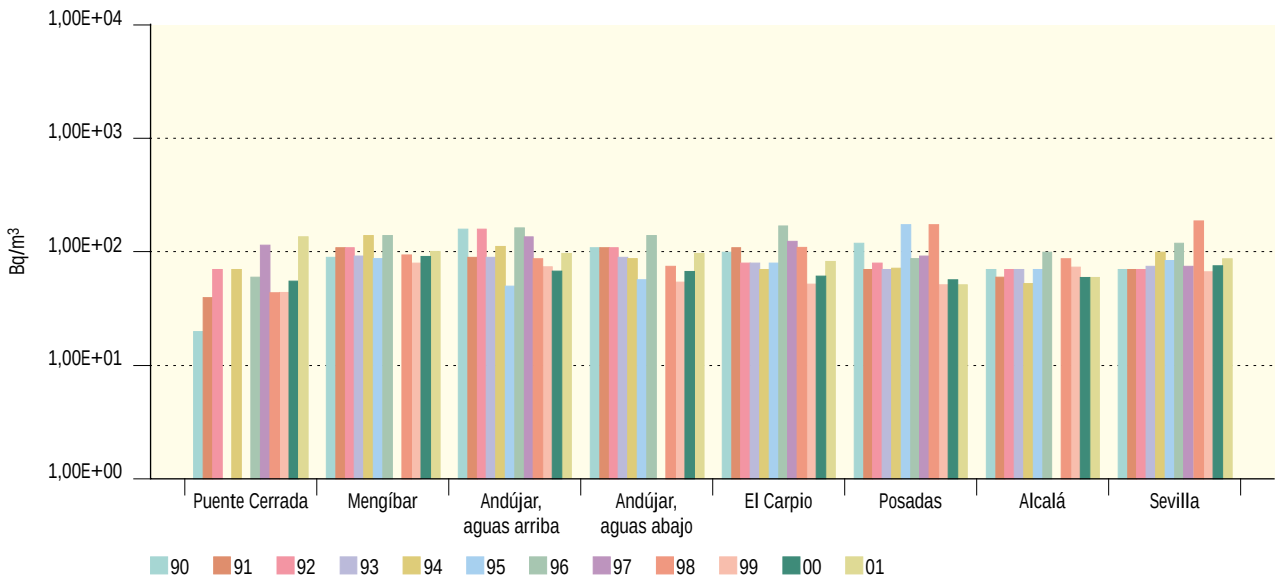


Figura 3.42. Río Guadalquivir
Evolución temporal del índice de actividad beta total

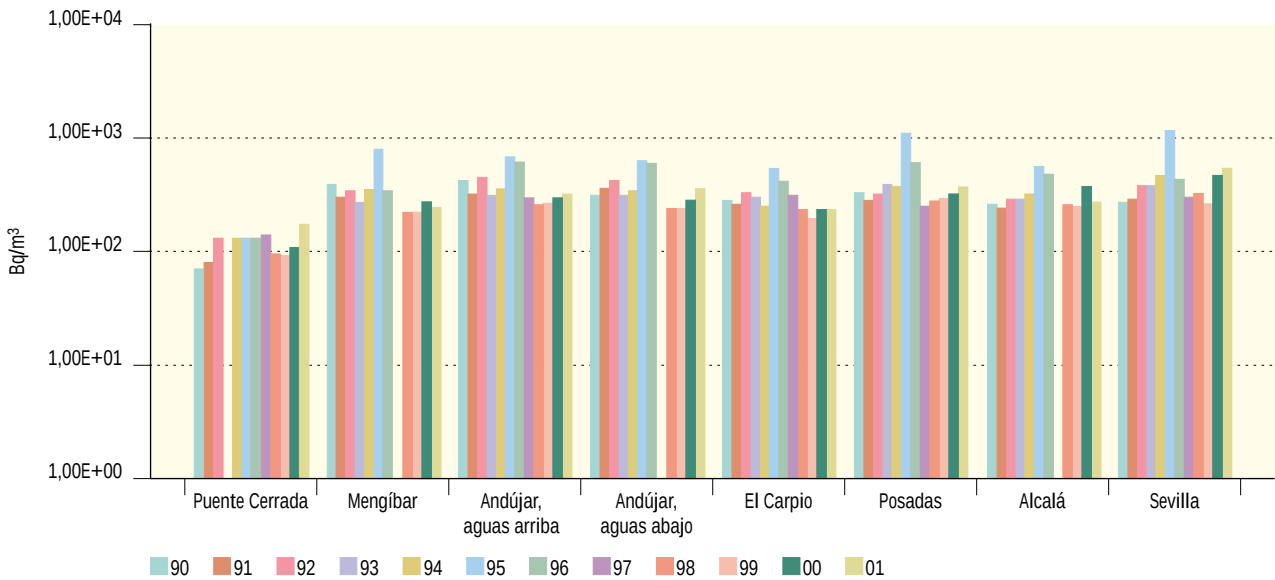


Figura 3.43. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

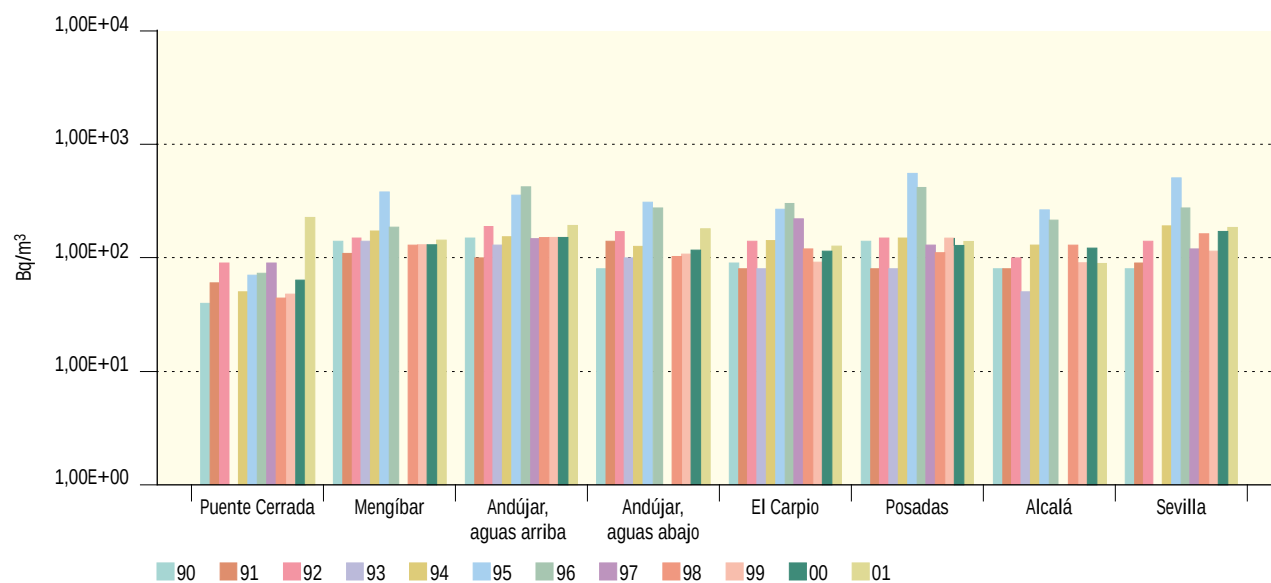
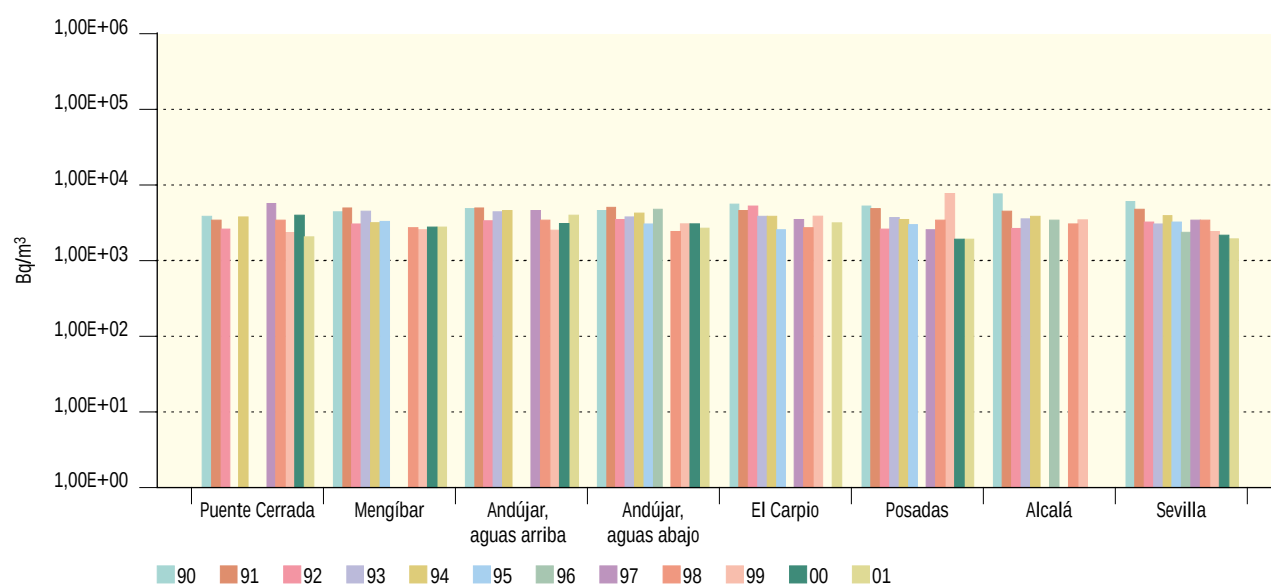


Figura 3.44. Río Guadalquivir

Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Segura

Figura 3.45. Río Segura
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

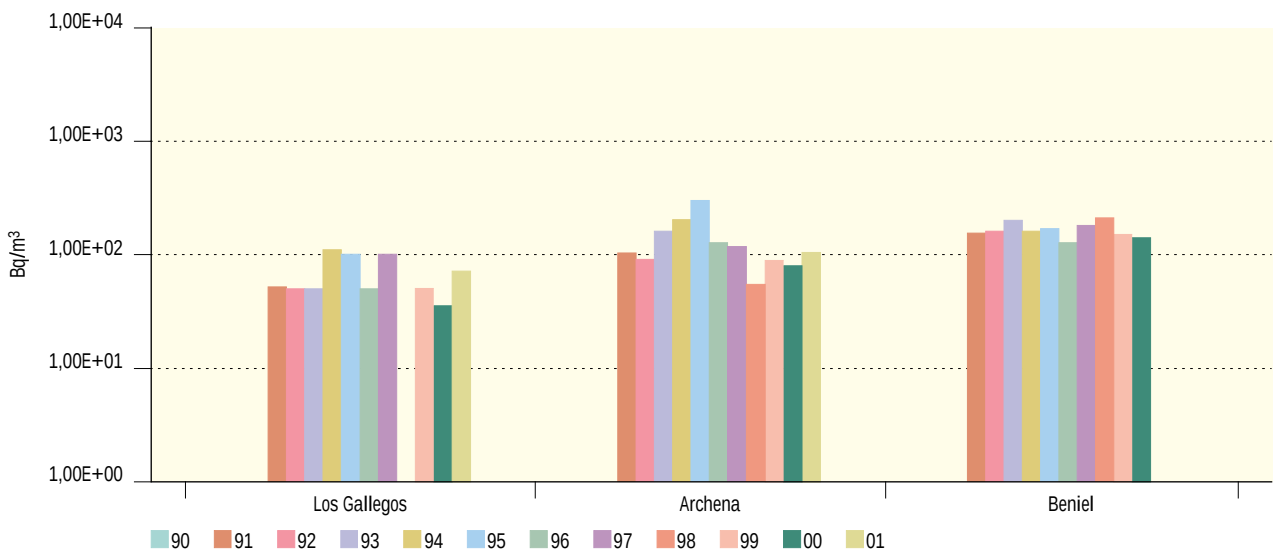


Figura 3.46. Río Segura
Evolución temporal del índice de actividad beta total

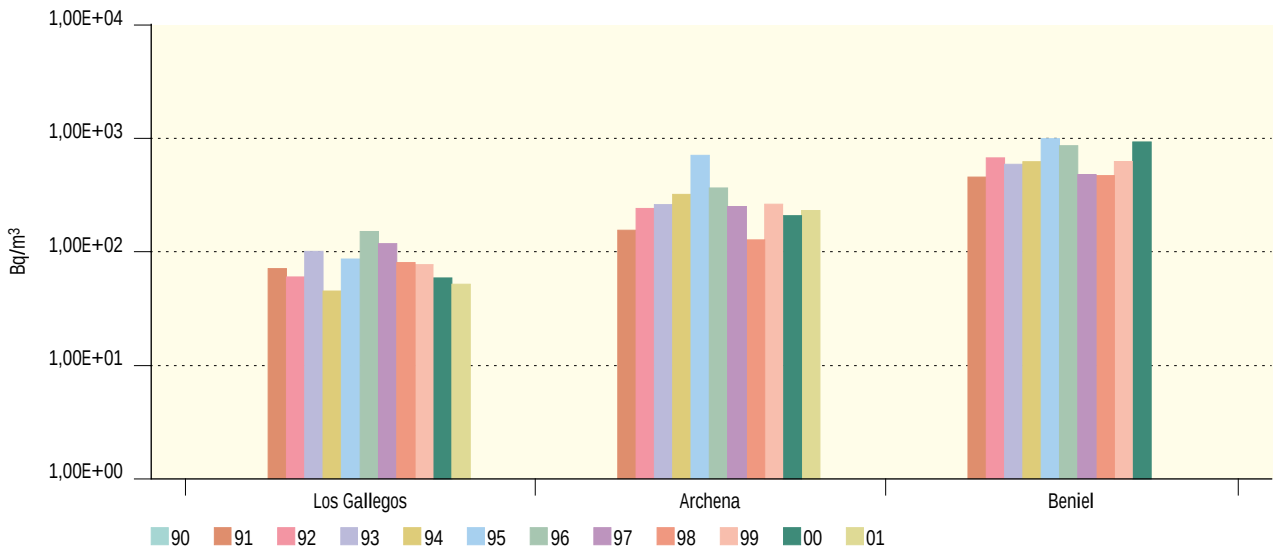


Figura 3.47. Río Segura
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

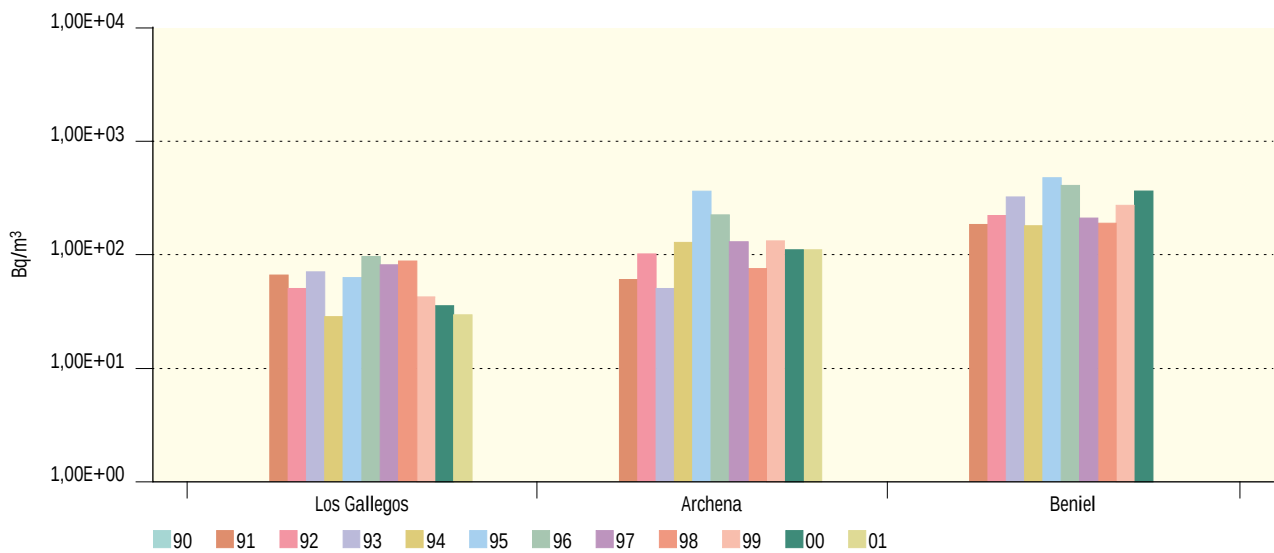
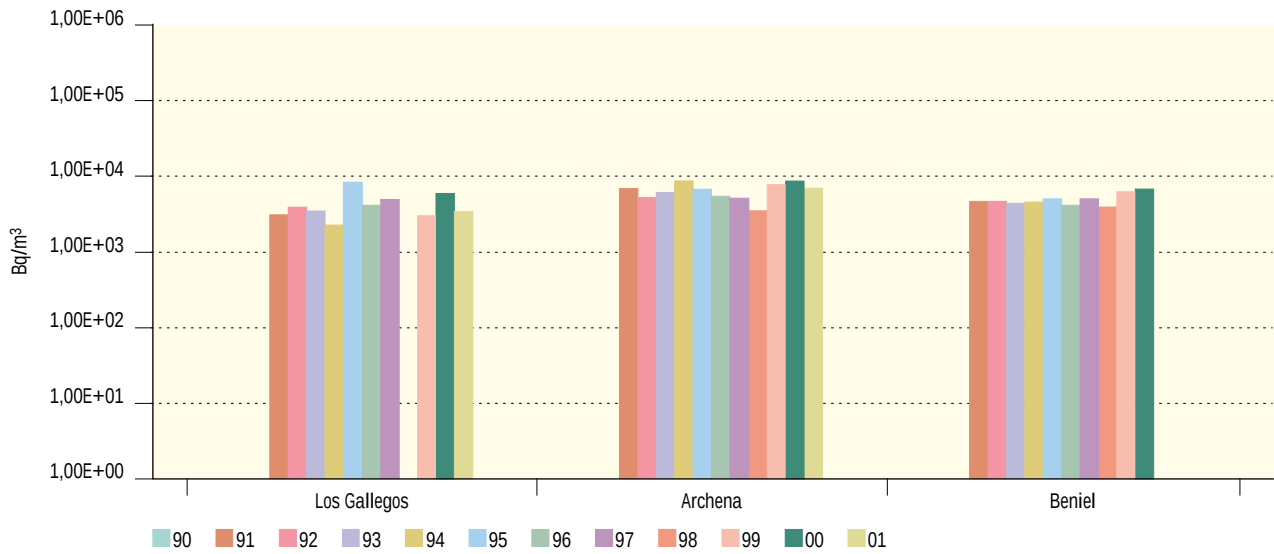


Figura 3.48. Río Segura
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Júcar

Figura 3.49. Río Júcar
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

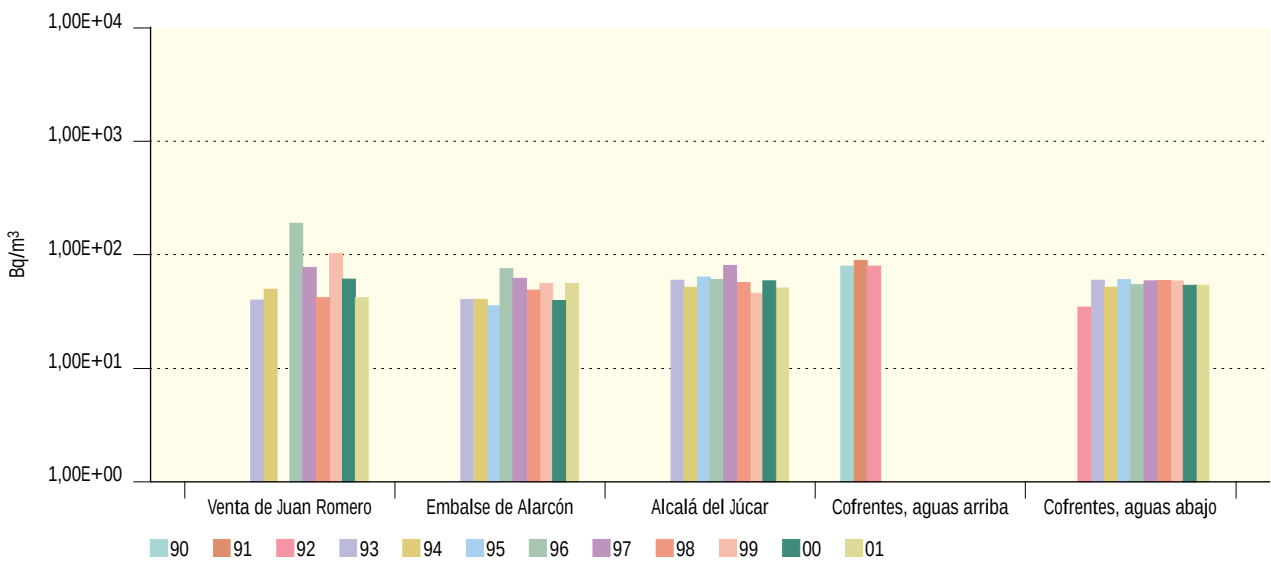


Figura 3.50. Río Júcar
Evolución temporal del índice de actividad beta total

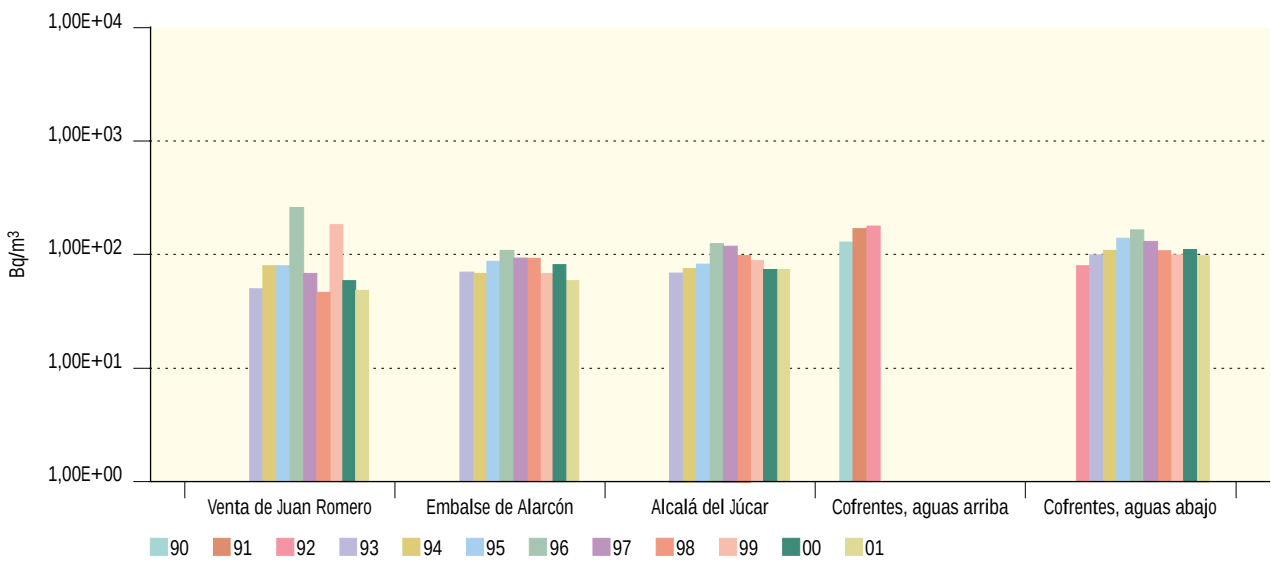


Figura 3.51. Río Júcar
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

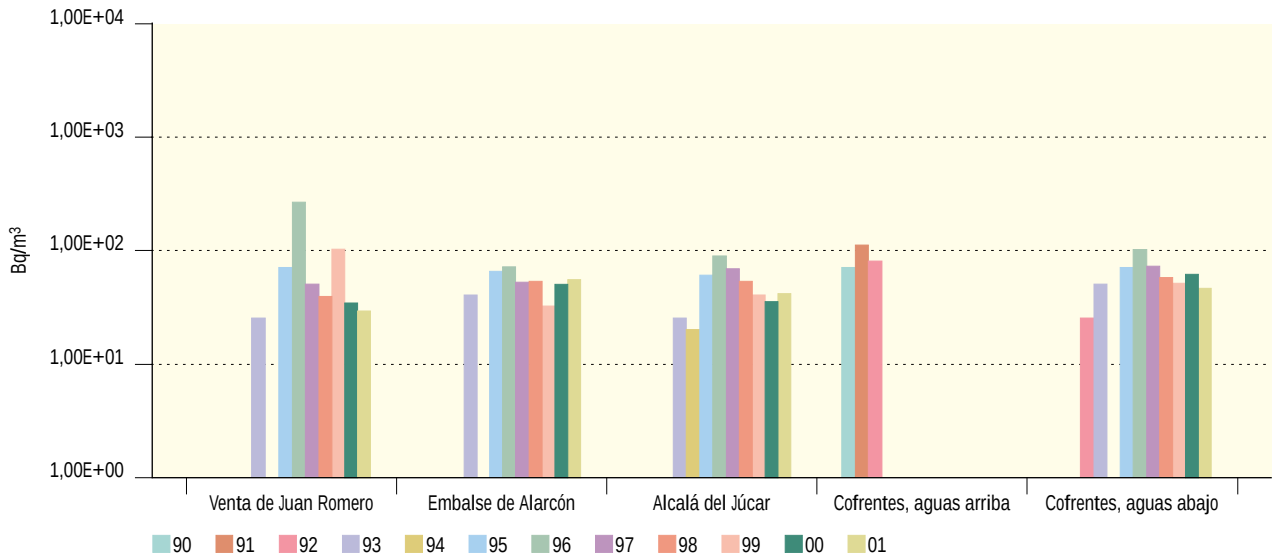
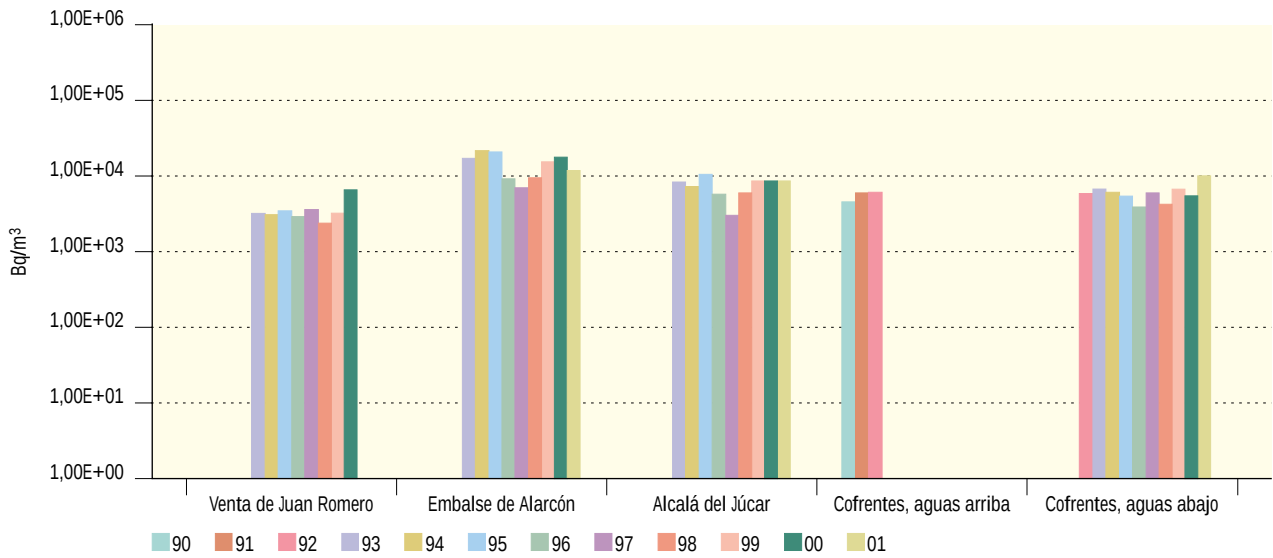


Figura 3.52. Río Júcar
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Río Ebro

Figura 3.53. Río Ebro
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

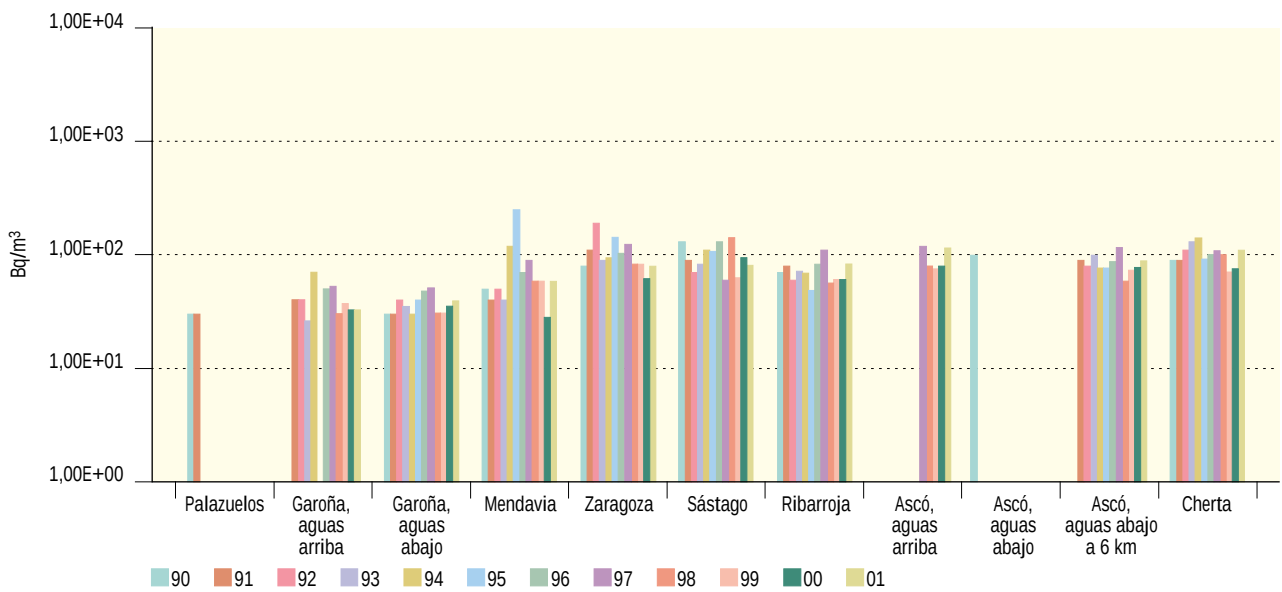


Figura 3.54. Río Ebro
Evolución temporal del índice de actividad beta total

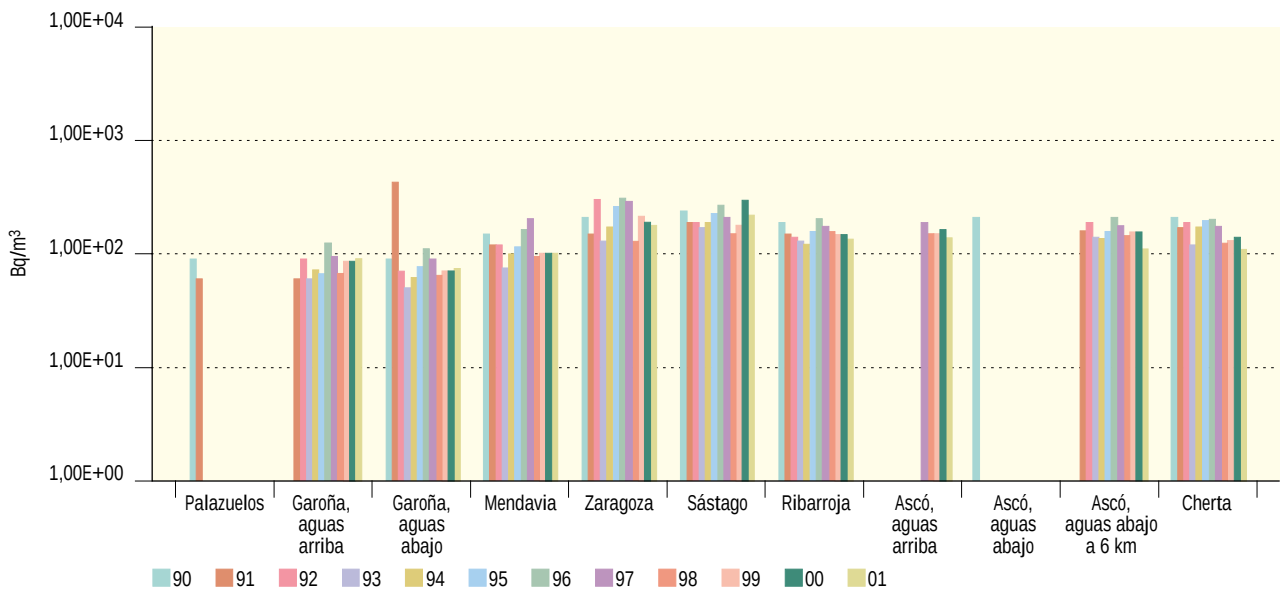


Figura 3.55. Río Ebro
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

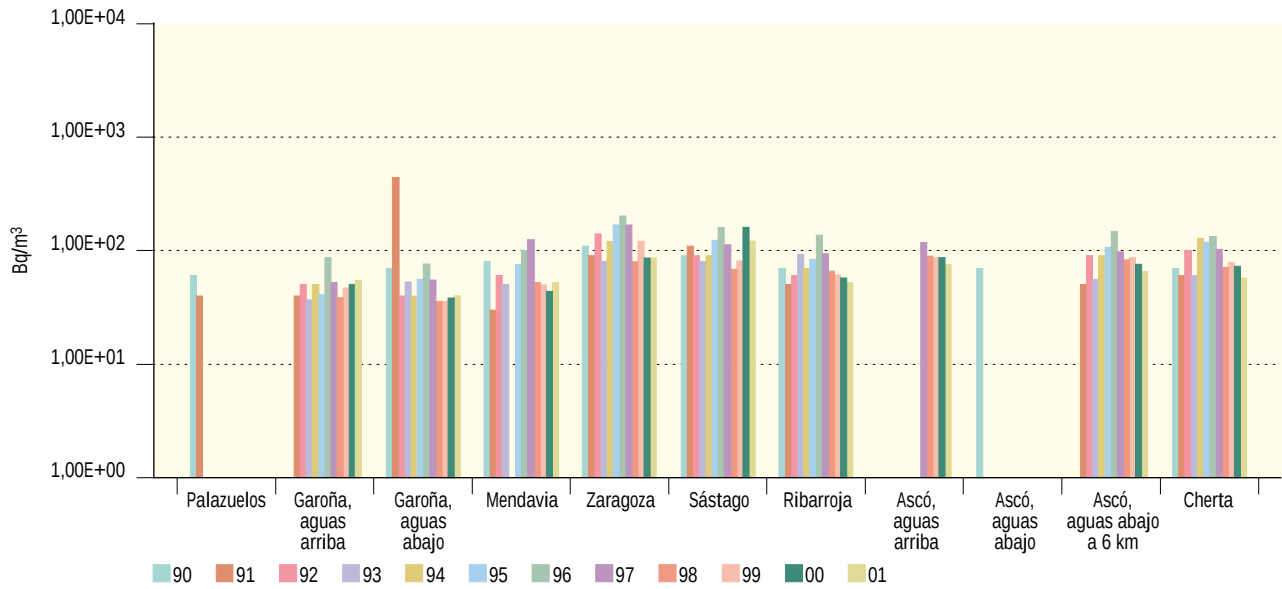
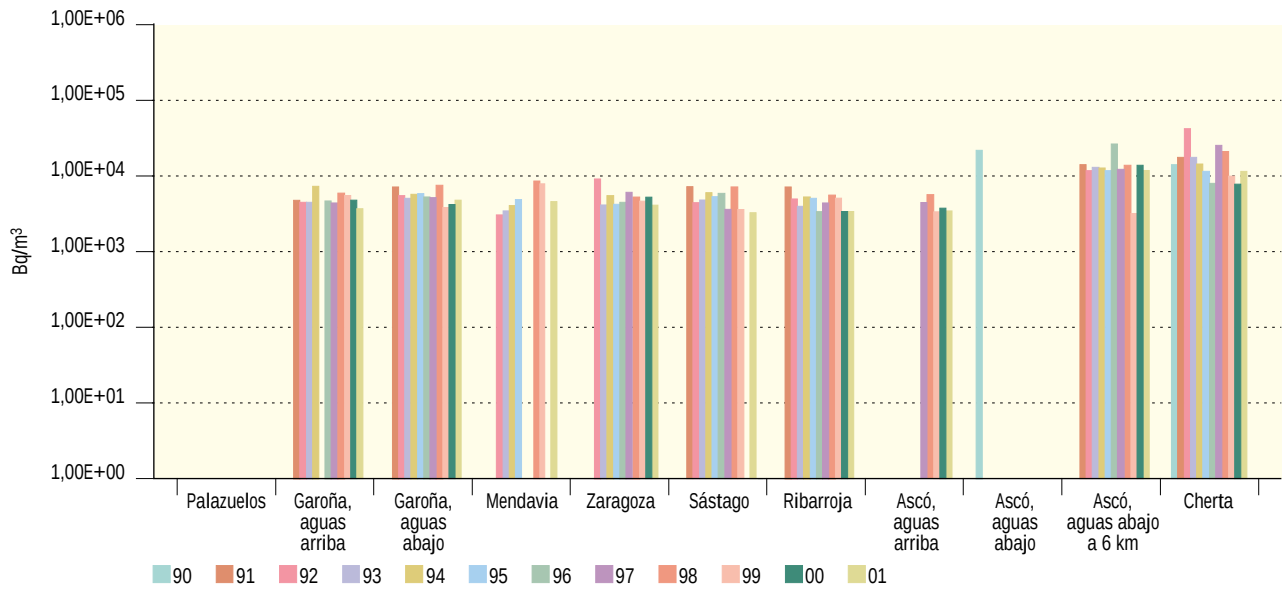


Figura 3.56. Río Ebro
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



Cuencas catalanas

Figura 3.57. Cuencas catalanas
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

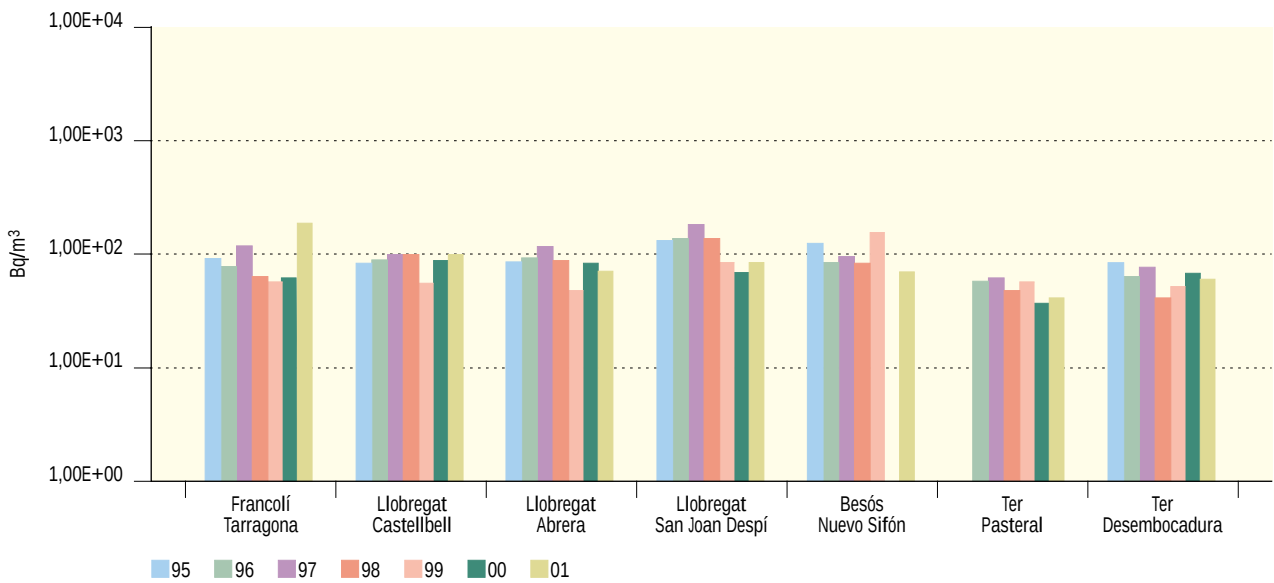


Figura 3.58. Cuencas catalanas
Evolución temporal del índice de actividad beta total

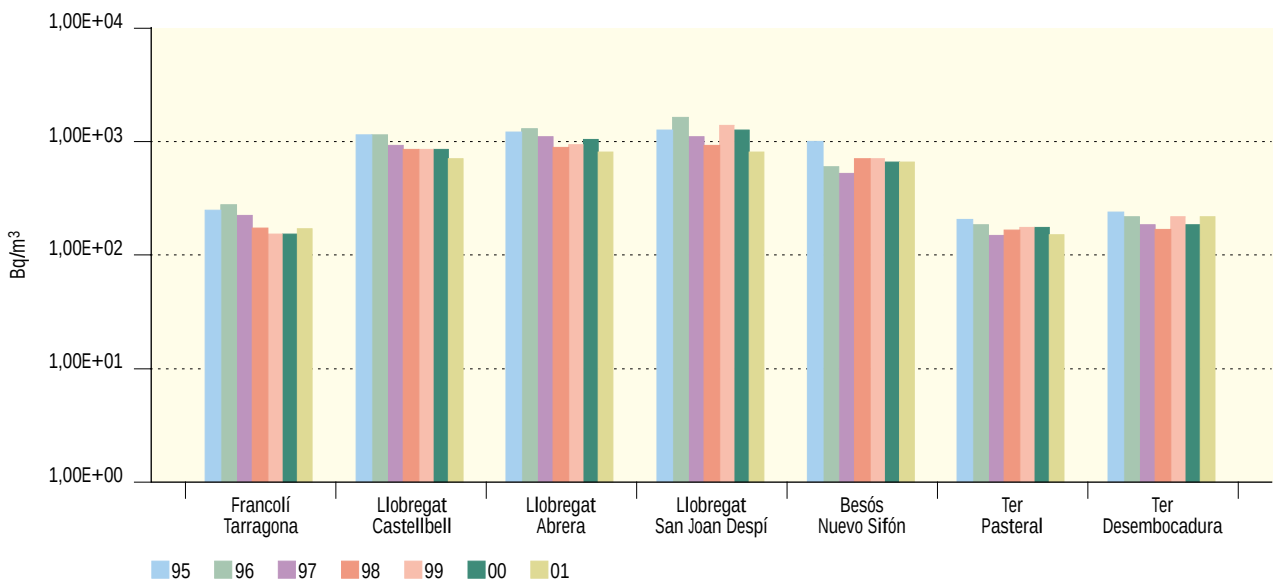


Figura 3.59. Cuencas catalanas
Evolución temporal del índice de actividad beta resto

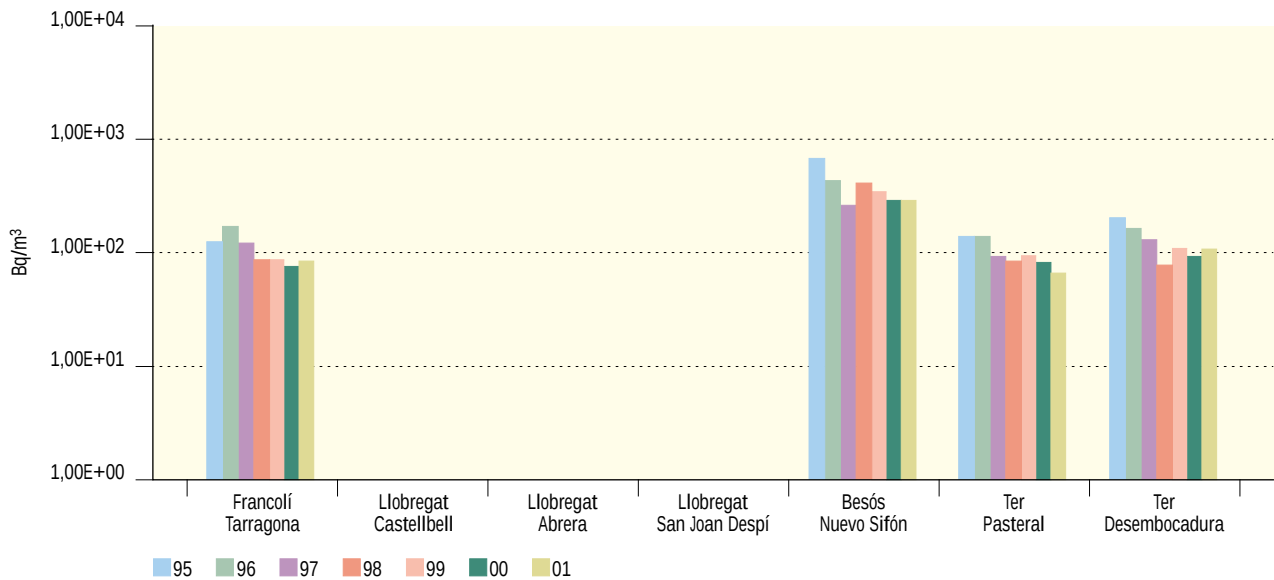
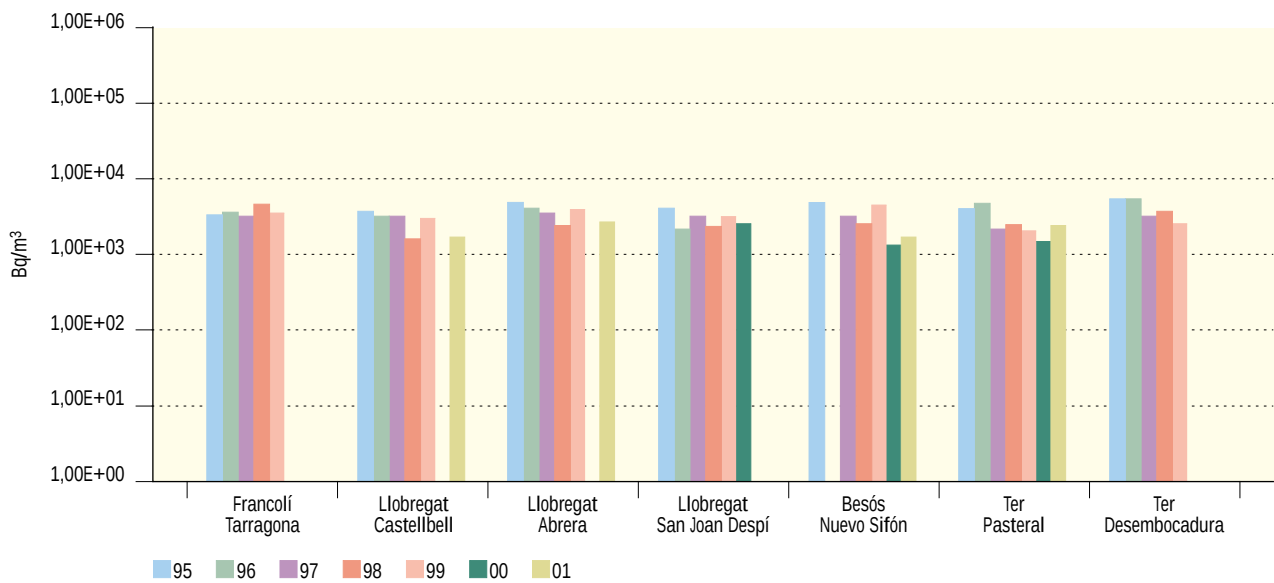


Figura 3.60. Cuencas catalanas
Evolución temporal de la concentración de actividad de H-3



1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras

Estaciones de muestreo

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

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 estable-

ció una red de estaciones integrada durante la campaña de 2001 por los puntos de muestreo que figuran en la tabla 3.4. El criterio empleado en su diseño es vigilar aquellas zonas costeras que por su localización y características pudieran ser representativas del litoral español (principales cabos, puertos y playas sometidas a corrientes marinas o situadas en desembocaduras fluviales).

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

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



Tabla 3.4. Estaciones de muestreo de agua de mar

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

des portuarias, Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima, etcétera. Las muestras de agua en superficie se toman a una distancia de 10 millas de la costa excepto en los puertos marítimos indicados donde las muestras se toman en la bocana.

El programa se puso en marcha en el año 1993, realizándose las mismas determinaciones analíticas que en las aguas continentales, y aplicándose inicialmente los procedimientos que se empleaban en ellas. Como consecuencia de las actividades desarrolladas para la mejora continua de la calidad de la red de vigilancia radiológica que lleva a cabo el Cedex, la metodología de análisis empleada en estas determinaciones se ha ido optimizando y adecuando a las características salinas de las muestras de agua de mar, de forma que aproximadamente desde el año 1998 se utiliza una metodología específica. Las modificaciones han sido:

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

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

Resultados

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

- Valores medios históricos, considerando el periodo 1998 a 2001, en el que la aplicación de los nuevos procedimientos analíticos específicos para el agua de mar garantiza la reproducibilidad y fiabilidad de los datos. La numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).
- Valores detallados para la campaña de 2001 se representan con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra (b).

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

En la campaña de 2001 para cada determinación analítica el conjunto de valores resulta bastante homogéneo en los puntos de muestreo y similares a anteriores campañas. La mayor variabilidad se da en el tritio donde se obtienen valores ligeramente más elevados en todos los puntos situados en el mar Mediterráneo, excepto en el puerto de Cartagena. En el índice de actividad beta resto se detectó un valor por encima del LID en una única muestra correspondiente al puerto de Cádiz. Como en años anteriores, tampoco se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguna de las muestras analizadas.

Figura 3.62a. Agua de mar
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

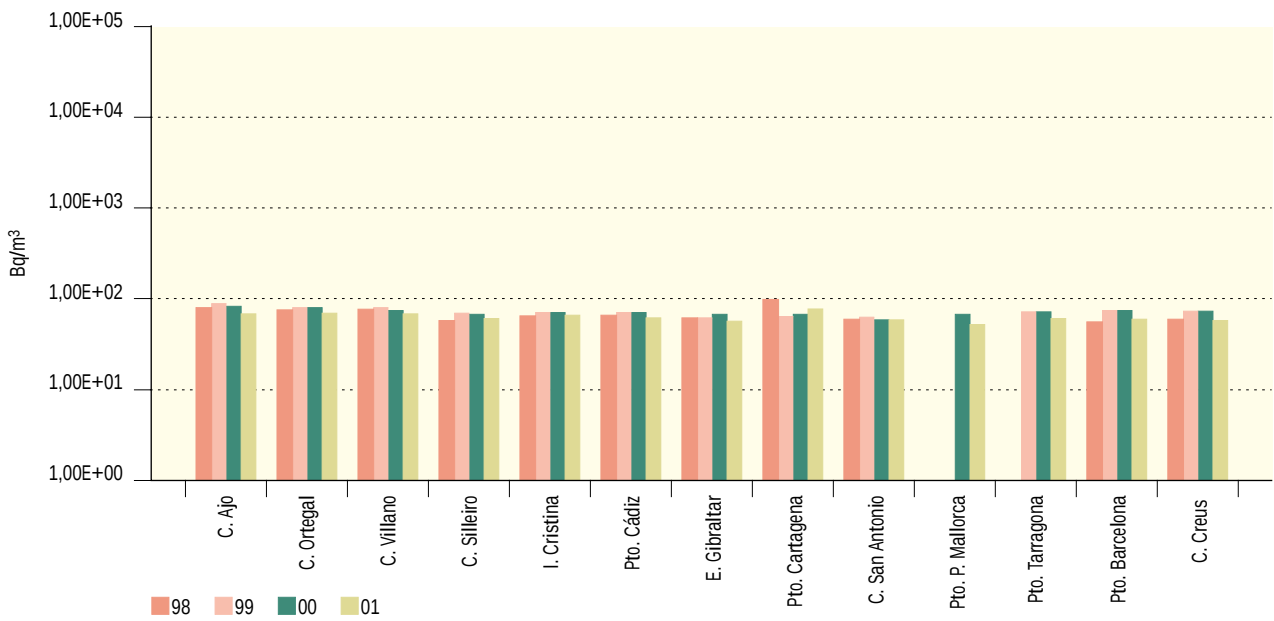


Figura 3.62b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad alfa total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

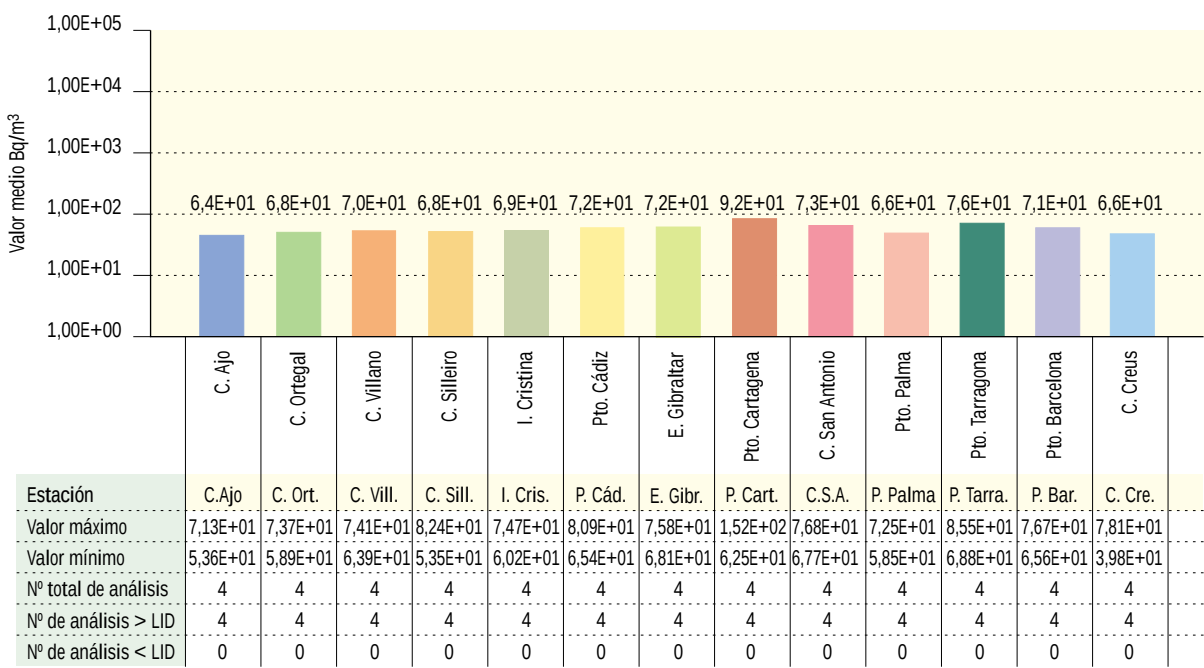


Figura 3.63a. Agua de mar
Evolución temporal del índice de actividad beta total

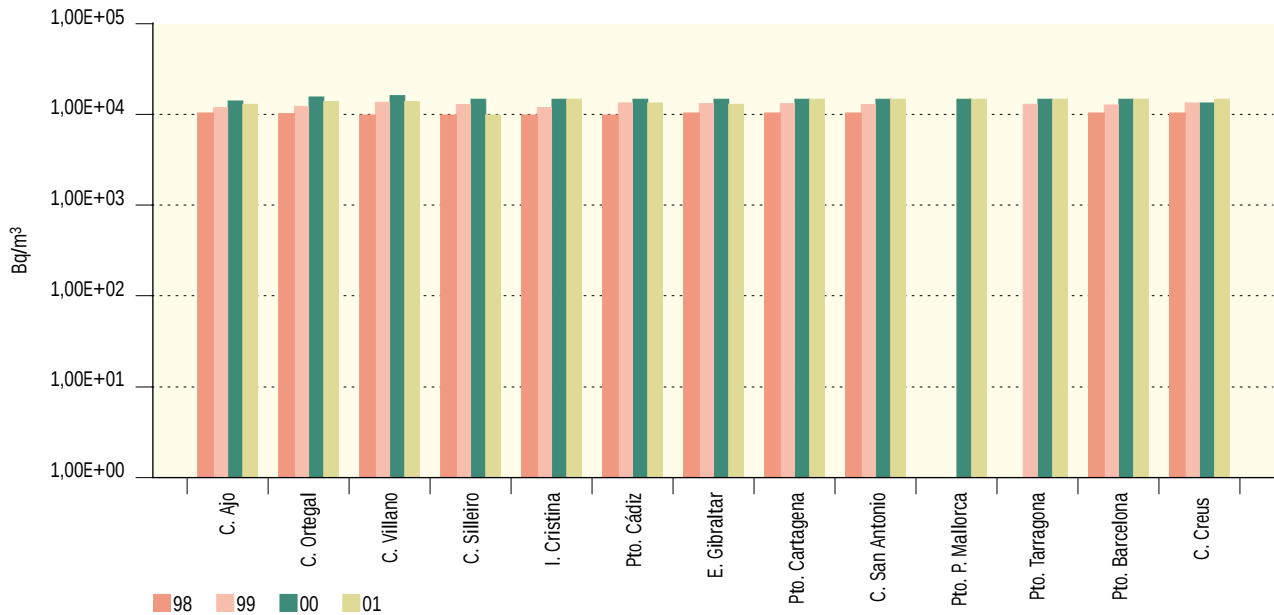


Figura 3.63b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad beta total (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001

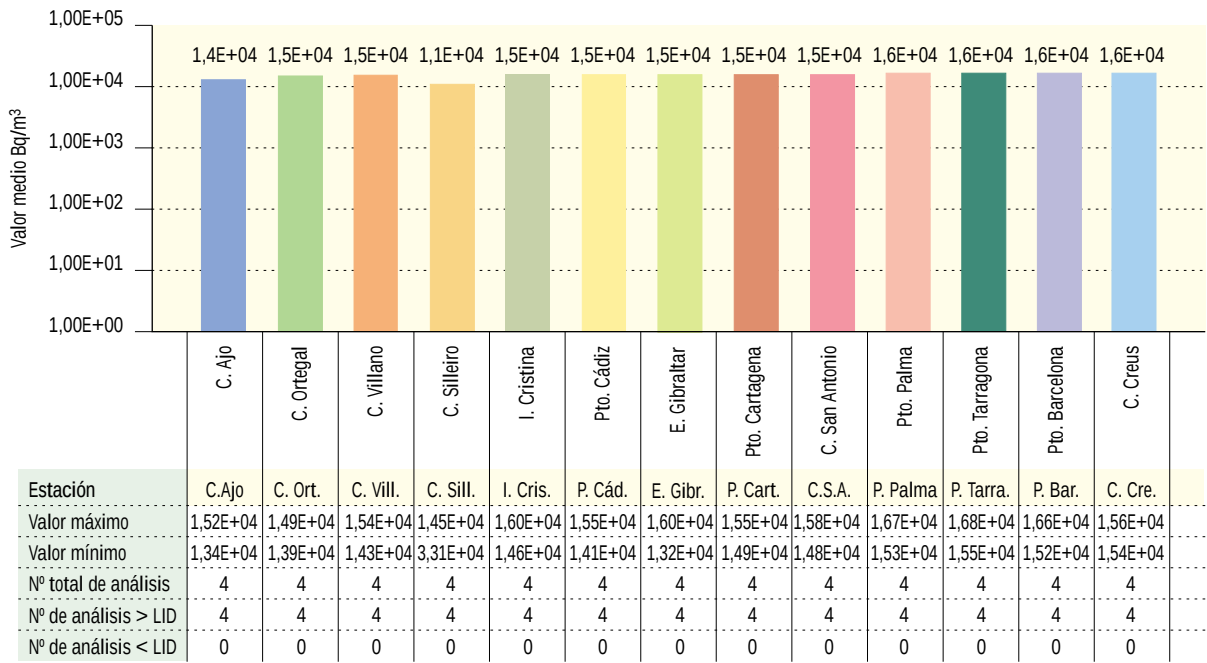


Figura 3.64a. Agua de mar
Evolución temporal del índice de actividad de H-3

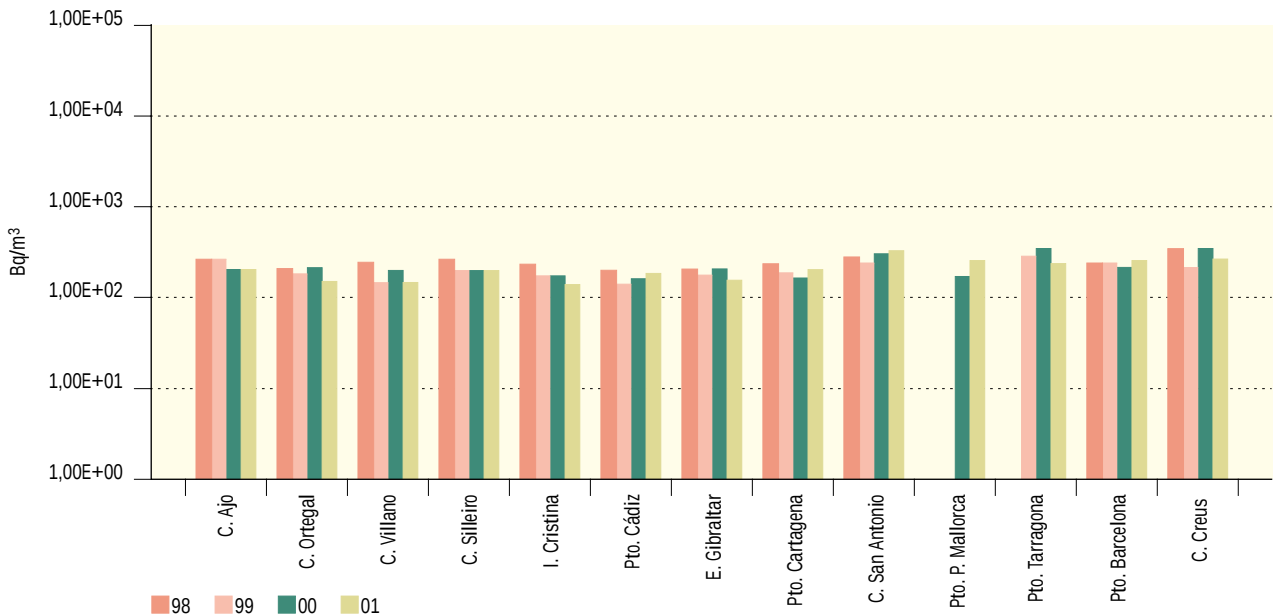
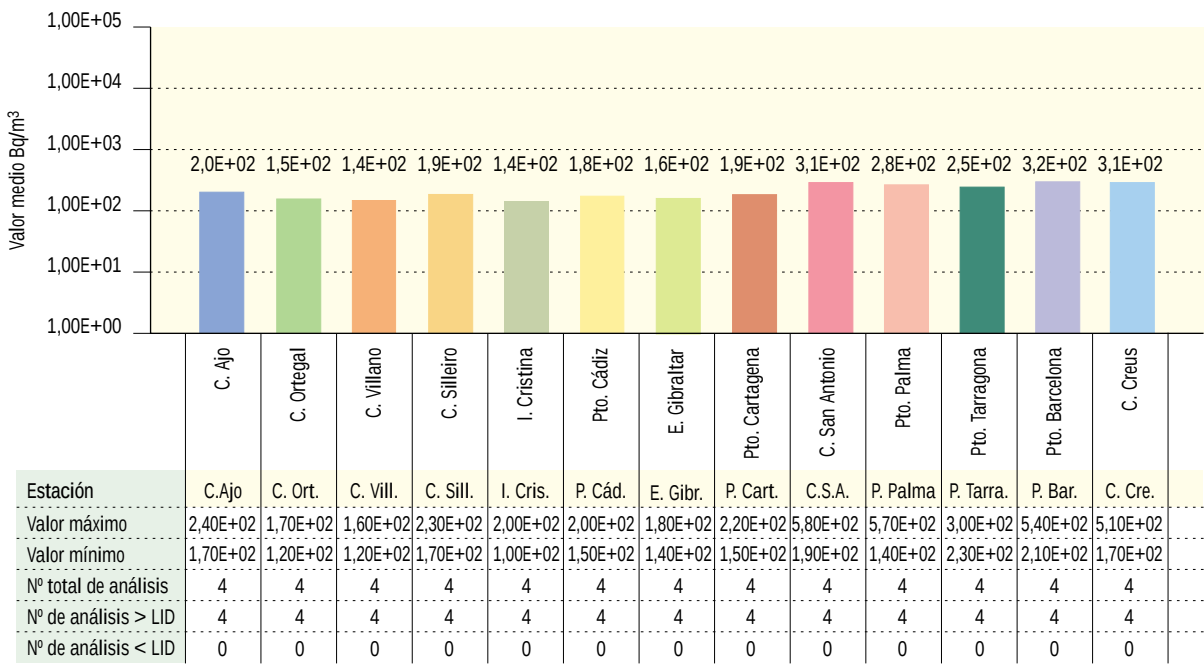


Figura 3.64b. Agua de mar. Concentración del índice de actividad de H-3 (Bq/m³)
Valores de la campaña de 2001



RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)



4

1. Estaciones automáticas

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

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

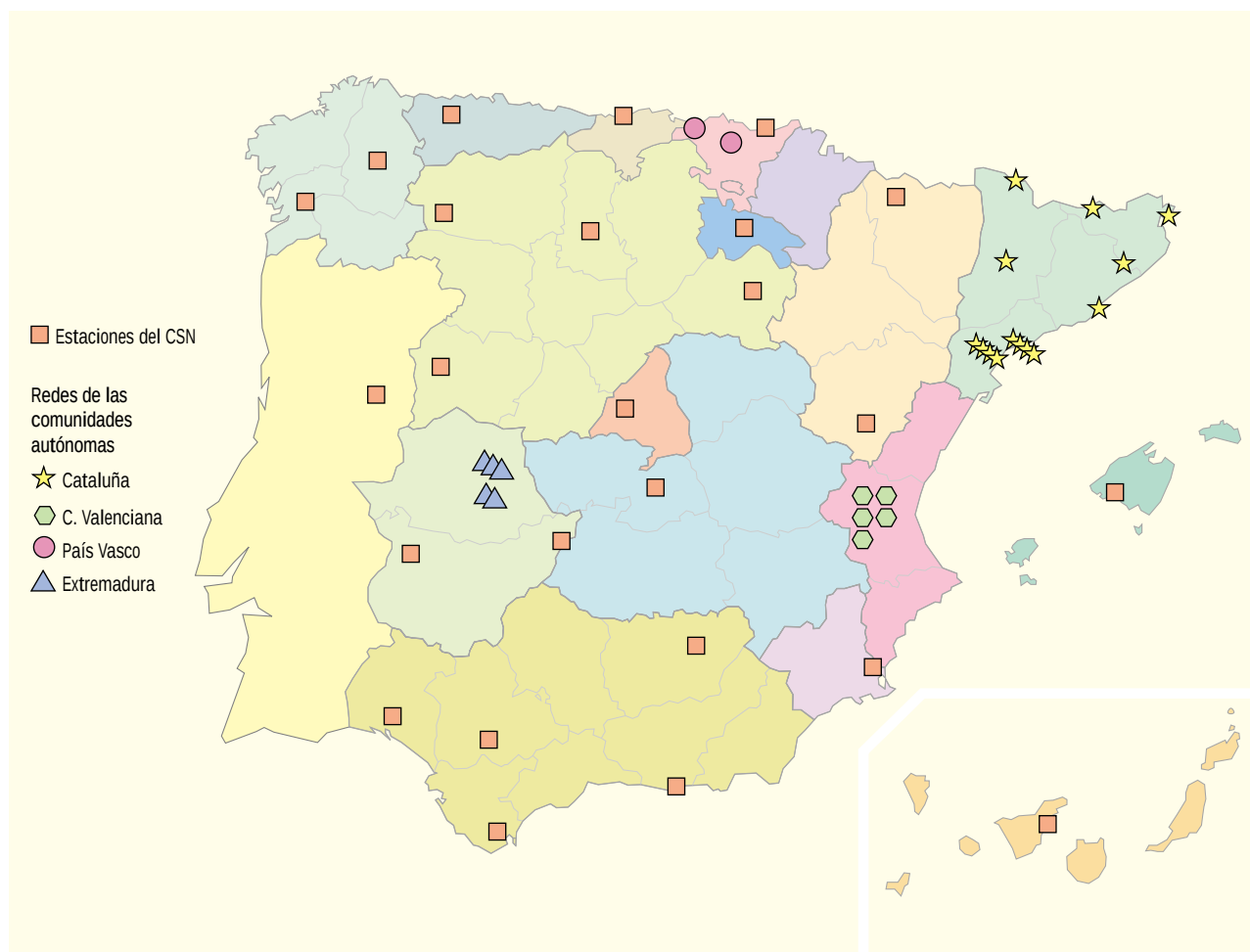
nente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por al REA, incluidas las alarmas que se generan.

A través de acuerdos específicos en esta materia, el CSN tiene acceso a los datos de estaciones de las redes automáticas de vigilancia de las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y el País Vasco. El acuerdo con el País Vasco se firmó en diciembre del año 2000 y la conexión se puso en marcha a finales del año 2001.

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

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental (REVIRA)

Red de estaciones automáticas (REA)



2. Diseño de la REA

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

Cada una de las estaciones se compone de:

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

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

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

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

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

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

3. Resultados

Los resultados de las medidas realizadas en todas las estaciones muestran valores característicos del fondo radiológico ambiental. En la tabla 4.2. se recogen los valores medios de tasa de dosis obtenidos en el año 2001 en cada una de las estaciones de la red.

El análisis de la operación y los resultados de la REA durante el año 2001 es objeto de la publicación “Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2000 y 2001”⁴.

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

⁴ CSN. Colección Informes Técnicos 8.2002.

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 2001

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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	7
SUMARIO	9
1. OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL ...	11
2. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS	17
1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares	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	64
2. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación	76
2.1. Tipos de instalaciones	76
2.2. Descripción de los programas de vigilancia radiológica ambiental	76
2.3. Resultados	79
2.3.1. Aire	79
2.3.2. Deposición	85
2.3.3. Agua	88
3. Otras instalaciones nucleares y radiactivas en desmantelamiento y/o clausura	99
3.1. Ciemat	99
3.1.1. Características de la instalación	99
3.1.2. Características y resultados del PVRA	99
3.2. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)	102
3.2.1. Características de la instalación	102
3.2.2. Características y resultados del PVRA	102

3.3. Vandellós I	104
3.3.1. Características de la instalación	104
3.3.2. Características y resultados del PVRA	104
3.4. Planta Lobo G	108
3.4.1. Características de la instalación	108
3.4.2. Características y resultados del PVRA	108
3. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL DE ÁMBITO NACIONAL	111
1. Red de Estaciones de Muestreo (REM)	112
1.1. Vigilancia de la atmósfera y del medio terrestre	112
1.1.1. Estaciones de muestreo	112
1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	113
1.1.3. Resultados	116
— Aire	116
— Deposición	117
— Agua	117
— Alimentos	118
1.2. Vigilancia del medio acuático	136
1.2.1. Vigilancia de las aguas continentales	136
— Estaciones de muestreo	136
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	137
— Resultados	138
1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras	160
— Estaciones de muestreo	160
— Diseño y desarrollo del programa de vigilancia	160
— Resultados	161
4. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)	165
1. Estaciones automáticas	166
2. Diseño y desarrollo del programa	167
3. Resultados	167

Programas de vigilancia radiológica ambiental

Resultados 2001

Colección Informes Técnicos
9.2003

