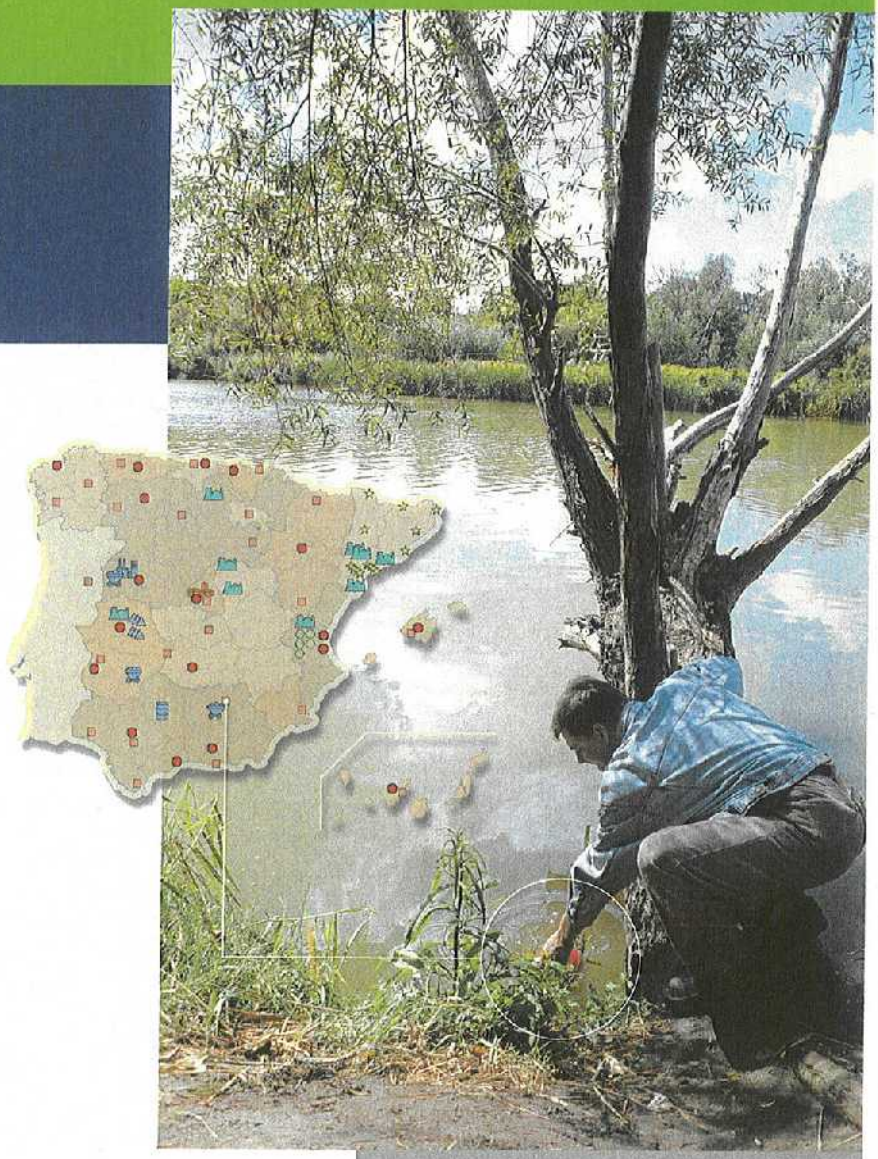
La vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España

CSN



Colección
Informes Técnicos
4.1999

La vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España

La vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España

Autora: Inmaculada Marugán Tovar
Coordinadora: Lucila Mª Ramos Salvador

Colección
Informes Técnicos
4. 1999

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección Informes Técnicos
Referencia INT-04.01

Colaboradoras:

- Carmen Rey del Castillo
- Rosario Salas Collantes
- Agustina Sterling Carmona

© Copyright 1999, 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: Rodil&Herraiz diseño y comunicación
Impresión: Artegraf, S.A.

ISBN: 84-95341-07-7
Depósito legal: M: 4.031-2000

Introducción

La exposición de las personas a las radiaciones ionizantes puede tener su origen en la propia naturaleza o ser el resultado de la contaminación radiactiva del medio ambiente por efecto de las actividades humanas. El hombre ha soportado desde siempre la exposición tanto a las radiaciones ionizantes de extraordinaria energía que alcanzan nuestro planeta provenientes del espacio exterior, como aquellas otras que forman parte de los ecosistemas procedentes de los elementos radiactivos existentes en la corteza terrestre. Al conjunto de las radiaciones exteriores y del material radiactivo presente en la biosfera se le conoce habitualmente como *fondo radiactivo* y su cuantificación es, y ha sido, objeto de numerosos programas de investigación en todo el mundo.

Las explosiones de armas atómicas en la atmósfera y algunos accidentes ocurridos en instalaciones que manejan materiales radiactivos han contribuido también a elevar el fondo radiactivo del medio ambiente introduciendo en éste isótopos radiactivos que no existen de forma natural; las primeras, de un modo global por toda la biosfera, los segundos, principalmente de modo local. Otras actividades humanas, como la producción de energía eléctrica de origen nuclear, las aplicaciones de isótopos radiactivos en medicina, agricultura, industria e investigación, los residuos que se originan en los grandes movimientos de tierras para la explotación de yacimientos de minerales de uranio y torio, la minería de sales de potasio, la explotación de rocas fosfóricas, etc. , contribuyen también a incrementar la presencia de elementos radiactivos en el medio ambiente, en especial en la zona bajo su influencia.

Ante esta situación surge la necesidad de realizar una vigilancia radiológica ambiental con objeto de detectar y vigilar la presencia de elementos radiactivos en el medio ambiente y seguir su evolución en el tiempo para estimar el posible riesgo radiológico de la población y determinar la necesidad de tomar, si procede, alguna precaución o establecer alguna medida correctora.

En las instalaciones susceptibles de producir vertidos radiactivos significativos, los límites y condiciones para su vigilancia y control, y los requisitos para la vigilancia

radiológica ambiental, se establecen durante el proceso de licenciamiento de las mismas. Además de la vigilancia radiológica ambiental asociada a instalaciones, se llevan a cabo otros programas de vigilancia fuera de su zona de influencia a fin de conocer el fondo radiológico en el ámbito nacional y poder determinar el posible incremento sobre el mismo.

En España, los titulares de las instalaciones son los responsables de implantar los programas de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de éstas; el diseño de los programas se basa en las directrices del CSN y tiene en cuenta el tipo de instalación y las características del emplazamiento, tales como demografía, usos de la tierra y el agua y hábitos de la población. Esta vigilancia empezó a implantarse en los comienzos del programa nuclear español, a finales de la década de los 60, y se ha desarrollado según las diferentes etapas de la vida de las instalaciones.

La red de vigilancia radiológica fuera de la zona de influencia de las instalaciones empezó a desarrollarse en 1985 ante la inminente entrada de España en la Unión Europea. El Consejo de Seguridad Nuclear lleva a cabo la vigilancia del medio ambiente a nivel nacional, contando con la colaboración de otras instituciones.

Esta red está integrada por estaciones automáticas para la medida en continuo de la radiactividad de la atmósfera y por estaciones de muestreo donde se recogen, para su análisis posterior, muestras de aire, suelo y agua, disponiéndose de resultados de todas estas medidas desde el año 1993. Los programas de vigilancia se han desarrollado según los acuerdos alcanzados por los países miembros de la Unión Europea, para dar cumplimiento a los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom.[1,2]

El CSN realiza una evaluación detallada de los resultados de todos los programas de vigilancia, de los cuales incluye información resumida en los informes semestrales al Congreso y al Senado y remite anualmente los resultados de la vigilancia a nivel nacional.

En el presente documento se exponen brevemente las principales características de las redes y programas de vigilancia radiológica ambiental en España, y los resultados de los mismos, considerando en primer lugar la evolución histórica de los parámetros más representativos desde 1980 a 1997 y analizando a continuación con mayor detalle los valores correspondientes al año 1997, últimos datos disponibles.

---

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

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

Sumario

Introducción 7

Objetivos, alcance y desarrollo de la vigilancia radiológica ambiental 11

Programas de Vigilancia Radiólogica Ambiental (PVRA) de las centrales nucleares y otras instalaciones nucleares y radiactivas 17

Programas de vigilancia radiológica ambiental a nivel nacional 101

Red de Estaciones Automáticas (REA) 139

Indice de contenidos 145

OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

1

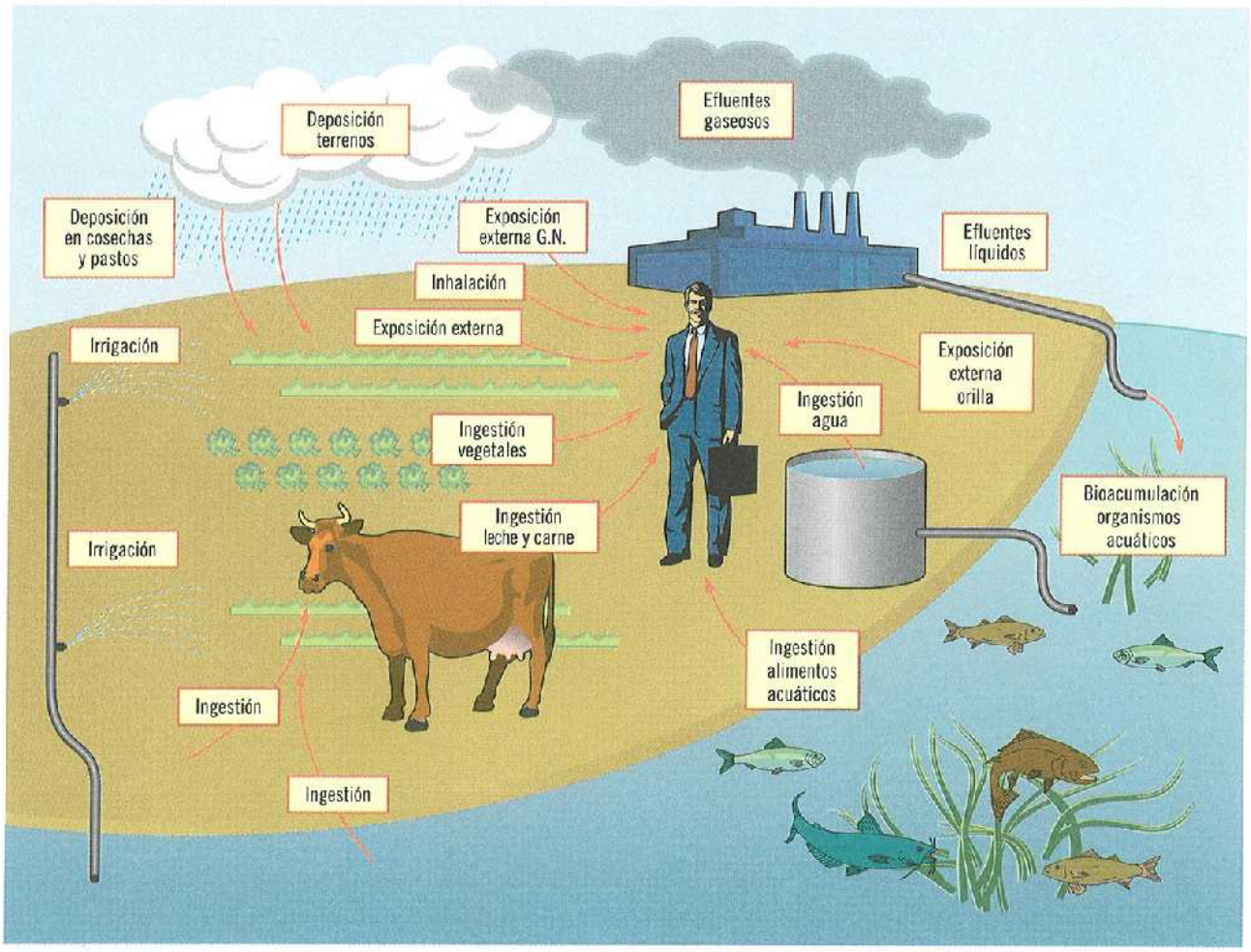
Los objetivos básicos de la vigilancia radiológica ambiental son los siguientes:

- 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

El Sistema de Redes de Vigilancia Radiológica Ambiental (sistema Revira), 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.

Figura 1.1. Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos



- La red de vigilancia nacional, 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. Actualmente, ante las distintas prácticas seguidas por los estados miembros, la Comisión de la Unión Europea está elaborando una recomendación sobre el alcance mínimo de estos programas.

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

En términos generales estas vías se pueden clasificar como:

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

- 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.

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

Tabla 1.1. Vías de exposición consideradas en el sistema Revira

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

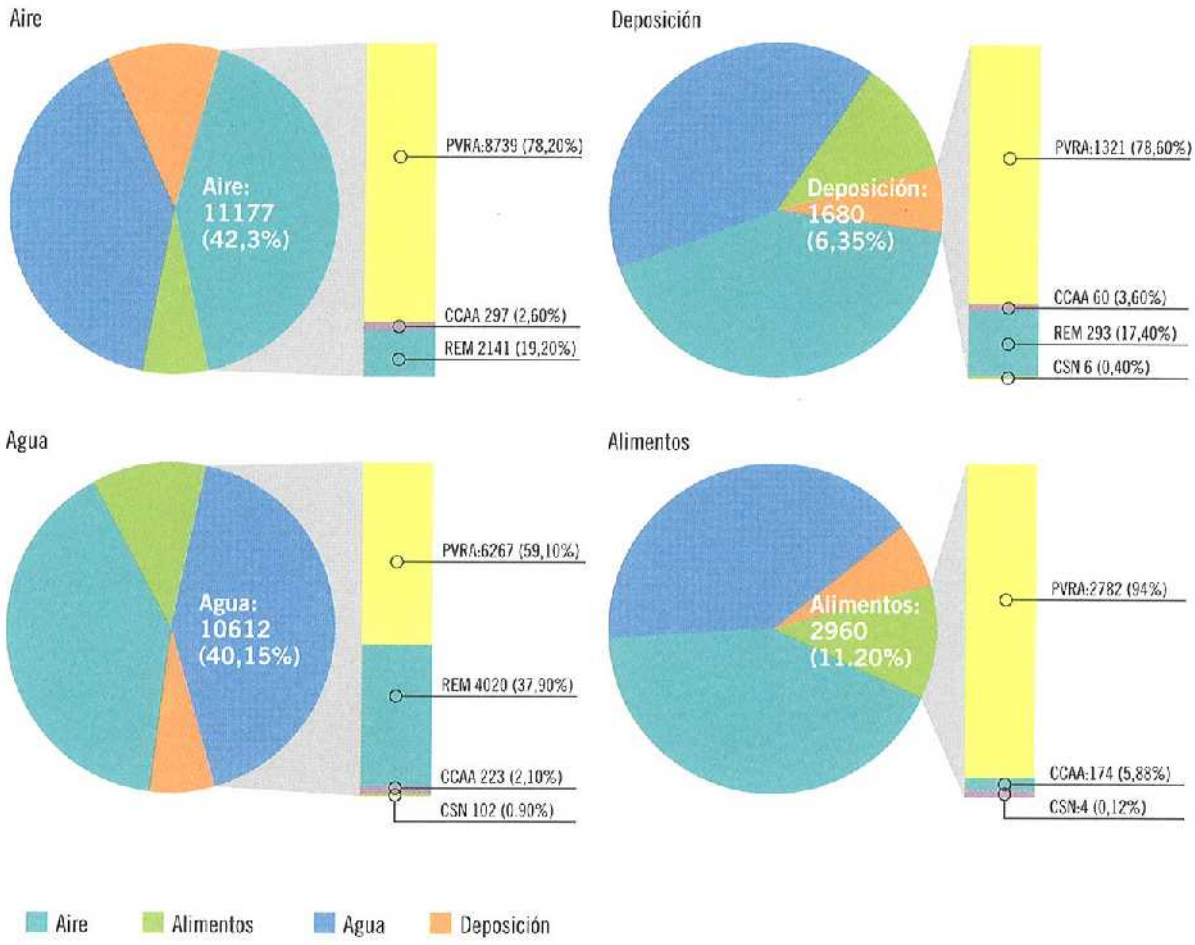
En la figura 1.2 se indica el número total de análisis que se realizan en las distintas vías de exposición así como su distribución porcentual en función de los distintos tipos de vigilancia a los que se asocian.

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 mas de 800.000 registros que corresponden a los distintos programas de vigilancia.

Figura 1.2. Programas de vigilancia radiológica ambiental. Campaña de 1997

Numero de análisis realizados en cada vía



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

2

Objetivo de los PVRA

La legislación española establece que la vigilancia para la protección del público frente a las radiaciones ionizantes debe basarse fundamentalmente en la evaluación de las dosis que pudieran ser recibidas como resultado del funcionamiento de la instalación, y que en la autorización administrativa correspondiente se indicará si se debe disponer de un sistema específico de vigilancia para controlar, durante el ejercicio de la actividad, las dosis que pudieran ser recibidas por el público.

Al evaluar las dosis susceptibles de ser recibidas por la población se presenta la dificultad de que, a diferencia de lo que sucede en el caso de las personas profesionalmente expuestas, no resulta viable un control dosimétrico directo para los individuos del público. Esta realidad obliga a que dicha valoración deba ser realizada mediante estimaciones, utilizando modelos de evolución del comportamiento de los efluentes emitidos por la instalación en los diferentes elementos del ecosistema, que permitan cuantificar, con un conjunto adicional de hipótesis sobre el posible comportamiento del individuo-modelo, el impacto radiológico en las personas. Los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) deben permitir verificar que dichos modelos físico-matemáticos reflejan adecuadamente el comportamiento real de los efluentes emitidos y que no se producen emisiones incontroladas de dichos efluentes.

De acuerdo con lo anterior, los objetivos fundamentales de los PVRA son proporcionar datos sobre los niveles de radiactividad en las vías potenciales de exposición más importantes para las personas en cada emplazamiento, y verificar la idoneidad de los programas de vigilancia de efluentes y de los modelos de transferencia de los radionucleidos en el medio ambiente.

Fases

De acuerdo con las diferentes etapas de la vida de una instalación se distinguen las siguientes fases temporales y complementarias en los PVRA.

- Fase preoperacional, con una duración mínima de dos años, tiene como objetivo la caracterización de la situación radiológica del emplazamiento (fondo radiológico) antes de que éste se vea afectado por la emisión de efluentes desde la instalación. Su objetivo es disponer de una información de referencia con la que comparar los niveles medidos durante la fase operacional y determinar posibles incrementos de ese fondo radiológico como consecuencia del funcionamiento de la instalación. En esta fase se lleva a cabo la selección del número y situación de los puntos de muestreo que se incluyen en un PVRA, el tipo de muestras a recoger y la instrumentación a utilizar.

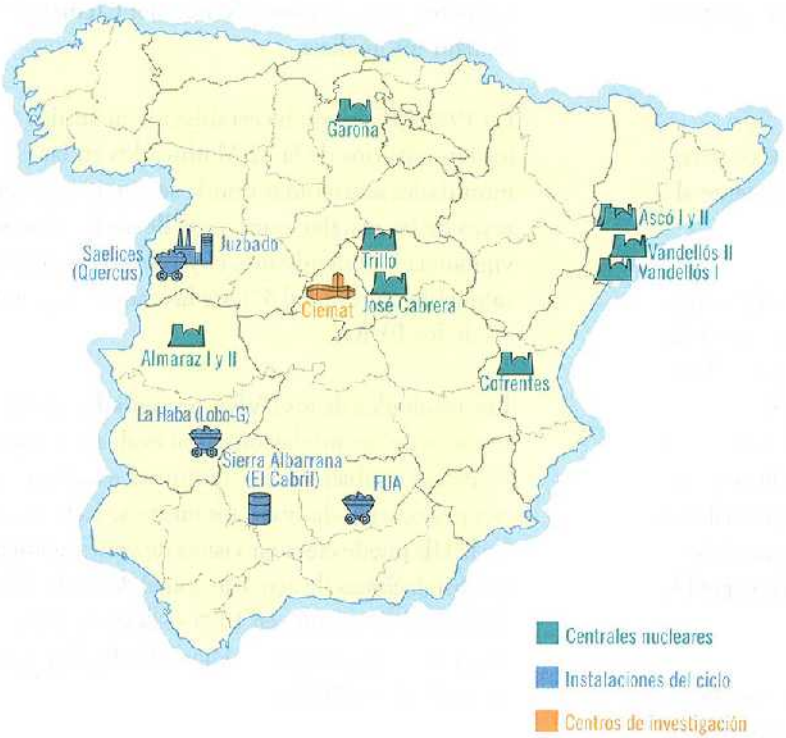
- Fase operacional, se inicia con la entrada en funcionamiento de la instalación y se desarrolla a lo largo de su explotación y operación normal.

- Fase de desmantelamiento y clausura, se desarrolla a partir de la finalización de la vida útil de las instalaciones.

- Fase de postclausura, se inicia una vez finalizadas las operaciones de desmantelamiento y clausura de la central. El objetivo de esta fase es estudiar la evolución de los niveles de radiación existentes en el medio ambiente después de la clausura de la instalación.

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 están llevando a cabo PVRA en alguna de sus distintas fases.

Figura 2.1



En operación

Centrales nucleares	Tipo (MWe)	Fecha
José Cabrera	W-PWR (160)	1968
Garoña	GE-BWR (460)	1970
Almaraz I y II	W-PWR (973/982)	1980/83
Ascó I y II	W-PWR (973/966)	1982/85
Cofrentes	GE-BWR (1025)	1984
Vandellós II	W-PWR (1009)	1987
Trillo	KWU-PWR(1066)	1987

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

En desmantelamiento y/o clausura

Instalación	Tipo	Fecha
Vandellós I	Magnox-CGR	1972
Lobo-G	Tratamiento de minerales	1997
Ciemat	Investigación	1951
FUA	Fábrica de concentrados de uranio	1959

Diseño y desarrollo de los PVRA

El CSN define, de acuerdo con la práctica internacional, el alcance de los programas de vigilancia según el tipo de instalación y las características del emplazamiento, tales como demografía, usos de la tierra y el agua y hábitos de la población. Todos los aspectos relativos a esta vigilancia se recogen en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, documentos oficiales de explotación incluidos en los permisos de explotación de las instalaciones. Los programas de vigilancia se desarrollan luego en detalle en otros documentos según el tipo de instalación.

El desarrollo práctico de un PVRA constituye un amplio proceso que incluye desde la recogida y preparación de muestras representativas y el análisis químico de las mismas hasta la calibración de los equipos de medida.

- Toma de muestras.
  La recogida de muestras es responsabilidad del titular de la instalación; el muestreo se debe llevar a cabo de acuerdo con procedimientos escritos y los métodos empleados deben garantizar la obtención de muestras representativas del medio considerado.

- Análisis de las muestras.
  El análisis de las muestras se realiza en laboratorios propios o concertados por la instalación, con amplia experiencia en el desarrollo de las técnicas analíticas que se requieren para estos programas y de acuerdo con procedimientos escritos. Los laboratorios que realizan estos análisis quedan sometidos a un régimen de supervisión y auditorías por el CSN.

- Programa de Garantía de Calidad por el titular.
  Con el fin de garantizar la necesaria fiabilidad de los resultados, siempre se aplica en el PVRA un programa de garantía de calidad; dentro de este programa son de especial interés los aspectos relativos al control de calidad aplicable a los

análisis de muestras ambientales, según el cual una fracción significativa (5%-15%) de las muestras se toma por duplicado, realizándose el análisis de la segunda muestra en un laboratorio diferente al primero.

- Informes requeridos por el CSN.
  La información sobre los PVRA que los titulares de las instalaciones deben remitir anualmente al CSN consta de:

  - Informe de resultados, en el que se incluye el grado de cumplimiento del programa en el período correspondiente, las incidencias ocurridas, los resultados obtenidos y su interpretación.
    La información facilitada es evaluada por el CSN debiendo ser adecuada para el cumplimiento de los objetivos del PVRA. Los resultados analíticos se facilitan en soporte informático y papel, de acuerdo con un formato establecido compatible con la base de datos KEEPER.

  - Previsión del programa de muestreo y análisis a desarrollar en el año siguiente. Esta información tiene que ser facilitada al CSN para su evaluación antes de finalizar el año anterior. En esta previsión además de incluir el calendario de detalle de las actividades a realizar (muestreo, análisis, programa de control de calidad analítico) se deben justificar, cuando se produzcan, las modificaciones introducidas en relación con el período anterior.

    Como complemento de la información anual, los titulares remiten en los Informes Mensuales de Explotación (IMEX) datos sobre el grado de cumplimiento e incidencias, si las hubiera, en el desarrollo del PVRA así como resultados de tasa de dosis en aire.

- Control regulador.
  El CSN lleva a cabo un control independiente de los PVRA de las instalaciones mediante programas de vigilancia propios. Los puntos de muestreo, el tipo de muestras y los análisis realizados coinciden con los efectuados por los titulares. En las centrales de Vandellós I y II, Ascó y Cofrentes, esta vigilancia ha sido encomendada a las comunidades autónomas de Cataluña y Valencia respectivamente. En el resto de instalaciones, el CSN ha contado tradicionalmente con el apoyo técnico del Ciemat para realizar los análisis.

  En 1999 el Consejo ha establecido acuerdos con los laboratorios de la REM ubicados en las comunidades autónomas donde se encuentran el resto de las instalaciones, para llevar a cabo esta vigilancia independiente, cuyo alcance se ha establecido en torno al 5% de las muestras y análisis de los PVRA.

  Los resultados de los PVRA presentados por los titulares de las instalaciones son evaluados por el CSN que también realiza auditorías e inspecciones periódicas relativas a los mismos. La Comisión de la UE puede efectuar visitas de verificación a las instalaciones de acuerdo con el Artículo 35 del Tratado de Euratom; en 1995 se llevó a cabo una de estas verificaciones en Vandellós II, con resultados muy satisfactorios.

  El CSN proporciona una amplia información sobre los resultados obtenidos en los PVRA implantados en las instalaciones nucleares y radiactivas españolas en sus Informes Semestrales al Congreso de los Diputados y al Senado.

1. Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares

1.1 Centrales nucleares en operación

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

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

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

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

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

1.2 Diseño de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental

El Estudio Analítico Radiológico (EAR) es la base para el diseño del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental. El EAR es uno de los documentos reglamentarios exigidos en el proceso de licenciamiento de las centrales nucleares y tiene como doble objeto justificar que la central no representará un riesgo indebido para la población durante su funcionamiento normal y aportar información básica para utilizar en el desarrollo del PVRA. Para ello incluye el conjunto de estudios realizados con parámetros de la central y de la zona donde se ubica ésta (o en su defecto hipótesis conservadoras), y la aplicación de modelos físico matemáticos encaminados a estimar teóricamente el impacto radiológico potencial de la central sobre la población y el medio ambiente. El EAR debe permitir definir las poblaciones, grupos de edad, vías de exposición y radionucleidos potencialmente críticos que puedan tener una contribución significativa a la dosis estimadas.

En el diseño del PVRA, y según los resultados del EAR se distinguen las siguientes etapas:

- Identificación de los puntos de muestreo que van a formar parte de la red de vigilancia, de modo que representen adecuadamente las diferentes vías consideradas.

- Establecimiento de los tipos de muestras en las diferentes vías de exposición, las frecuencias de los muestreos y el instrumental necesario para la realización de los mismos.

Tabla 2.1 Características de las centrales nucleares

Central nuclear	Localidad (Provincia)	Tipo de reactor	Potencia eléctrica (*)	Puesta en marcha
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 Unidad II PWR	973 MW 982 MW	Año 1980 Año 1983
Ascó (ASC)	Ascó (Tarragona)	Unidad I PWR Unidad II PWR	973 MW 966 MW	Año 1982 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

- Establecimiento de la metodología a seguir en las técnicas de muestreo, de análisis, de detección y en el tratamiento de los resultados obtenidos, mediante los procedimientos adecuados.

- Establecimiento de un Programa de Garantía de Calidad sobre las diversas fases del PVRA.

Tal y como se pone de manifiesto en la tabla 2.1, la entrada en operación de las distintas centrales nucleares abarca un período de veinte años en los que la normativa vigente en relación con los PVRA se ha ido actualizando. Las primeras recomendaciones aplicadas fueron las contenidas en la normativa del país de origen de la tecnología de la instalación, *Regulatory Guide 4.8 de la USNRC y las Guías de Seguridad de la Junta de Energía Nuclear,* nº3 (GS/JEN-3) "Guía para el establecimiento de un Programa de Vigilancia Radiológica ambiental en las zonas de influencia de las centrales nucleares" y nº9 (GS/JEN-9) "Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares de potencia", publicadas en los años 1976 y 1978 respectivamente. En la actualidad está vigente la Guía de Seguridad del CSN publicada en el año 1993 (GSG-04.01).

Las centrales nucleares han ido actualizando sus PVRA a lo largo de los años teniendo en cuenta las características propias del emplazamiento, los resultados obtenidos y la experiencia acumulada, pero siempre haciendo compatibles estas modificaciones con las recomendaciones vigentes en cada caso y tratando de modificar lo menos posible la distribución de las estaciones de muestreo, con el objeto de mantener la continuidad de los resultados de forma que se disponga de información histórica de referencia lo más precisa posible, para comprobar la evolución de los niveles de radiactividad en zona de influencia de las centrales nucleares.

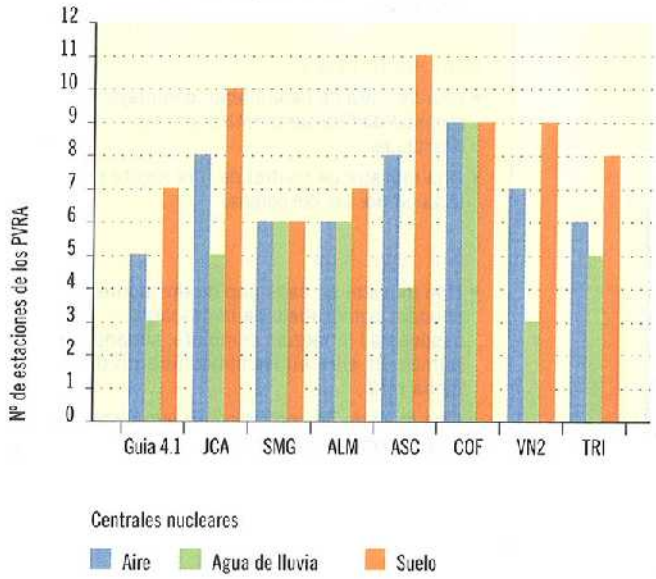
El contenido de estos programas se define en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento y se desarrolla en detalle en el Manual de Cálculo de Dosis en el Exterior de cada central. Este manual contiene el propio programa de vigilancia, el programa de control de calidad analítico y el requerimiento de la actualización del censo del uso de la tierra y el agua, para asegurar que se identifican los cambios producidos en la zona vigilada y que se introducen, si procede, en el PVRA las modificaciones acordes con los mismos.

En las figuras 2.2 a 2.7 se compara, para cada vía de exposición, el número de estaciones de muestreo consideras en los PVRA de cada una de las centrales nucleares con el número de estaciones recomendado teniendo en cuenta los criterios establecidos en la guía GSG-04.01, que se trascriben 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, como ya se ha comentado, estas adaptaciones son debidamente justificadas por la instalación para su evaluación y aprobación en su caso por el CSN.

Figura 2.2. Número de estaciones de muestreo consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Aire y deposición



Criterios Guía 4.1

Aire (Partículas de polvo y radioyodos)

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

Deposición (Agua de lluvia y suelo)

Agua de lluvia (deposición húmeda)

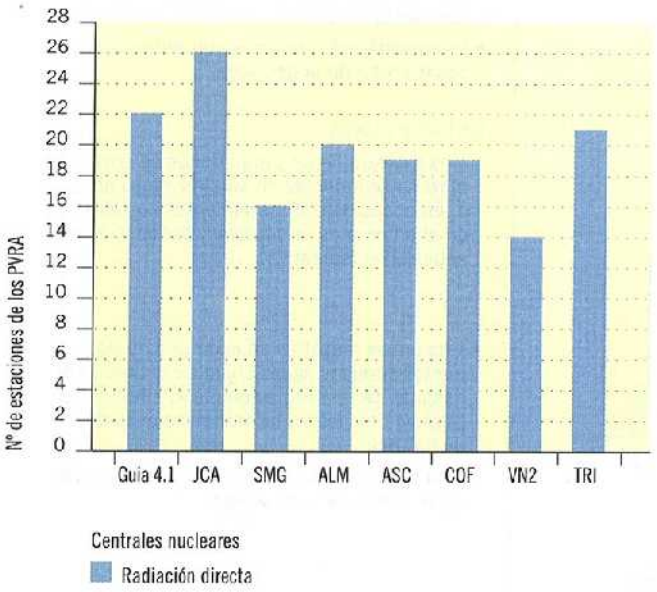
- Una muestra de cada punto donde se recogen partículas en los puntos con la máxima concentración prevista a nivel de suelo.
- Una muestra en el punto de control donde se recogen partículas.

Suelo (deposición total)

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

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

Radiación directa



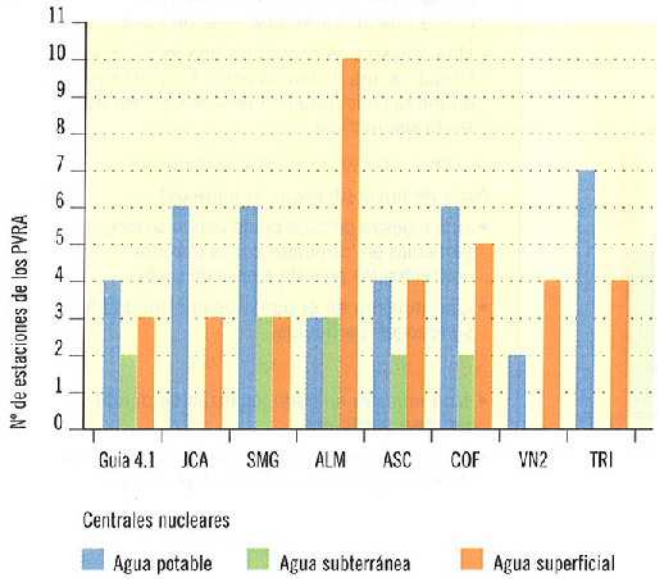
Criterios Guía 4.1

Radiación directa

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

Figura 2.4. Número de estaciones de muestreo consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Agua potable, superficial y subterránea



Criterios Guía 4.1

Agua potable

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

Agua subterránea

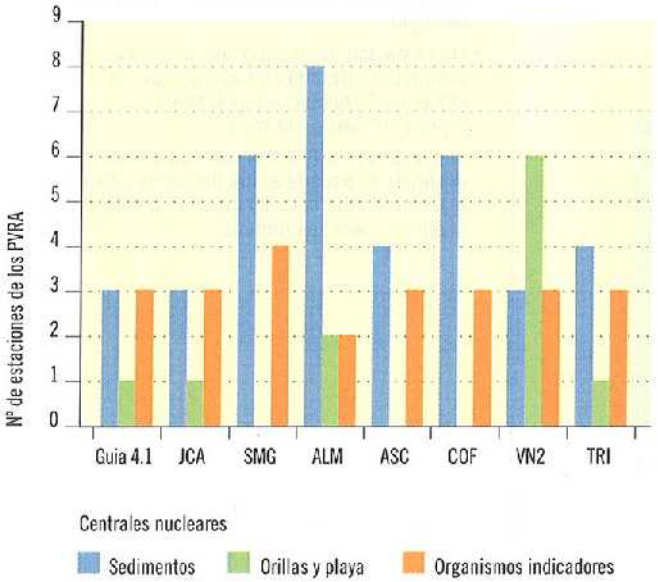
- Una muestra de cada fuente con mayor probabilidad de ser afectada por las descargas.
- Una muestra de control de una fuente no influida por las descargas.

Agua superficial

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

Figura 2.5. Número de estaciones de muestreo consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Sedimetos de fondo, de orilla y organismos indicadores



Criterios Guía 4.1

Sedimentos

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

Orillas y playas

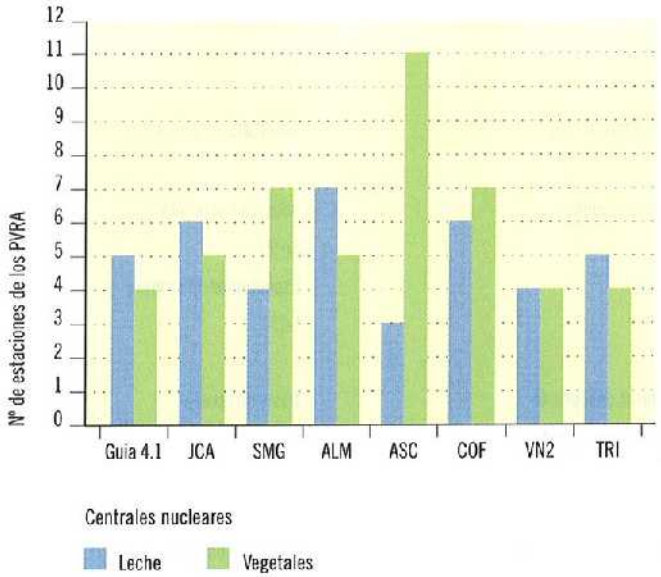
- Una muestra de un punto donde se prevea máxima sedimentación situado aguas abajo o, en el caso de emplazamientos costeros, en el entorno de la descarga, donde existan actividades recreativas.

Organismos indicadores

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

Figura 2.6. Número de estaciones de muestreo consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (leche y vegetales)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Leche

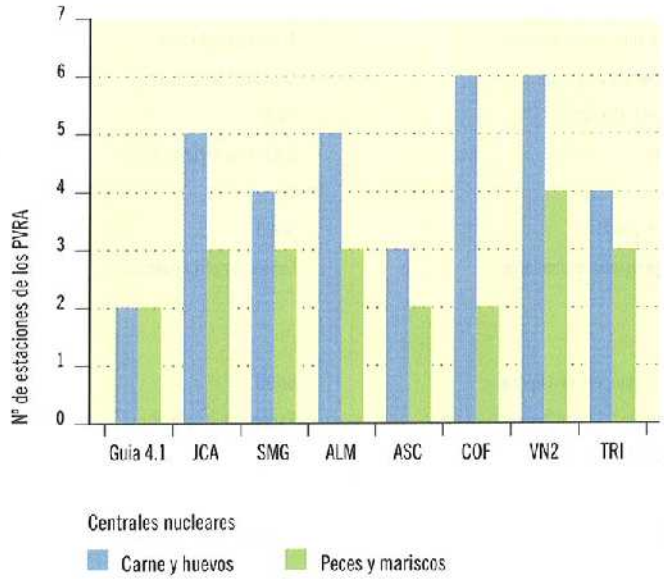
- Una muestra de granjas lecheras o animales individuales situados en cada una de las tres localizaciones seleccionadas entre aquellas donde se prevea la máxima deposición.
- Una muestra de cada central lechera que recoja la producción de la zona.
- Una muestra de control de granjas lecheras o animales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

Vegetales

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

Figura 2.7. Número de estaciones de muestreo consideradas en los PVRA de las centrales nucleares. Comparación con lo establecido en la Guía 4.1

Alimentos (carne, huevos, peces y mariscos)



Criterios Guía 4.1

Alimentos

Carnes y huevos

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

Peces y mariscos

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

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

Tabla 2.2. Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental alrededor de las centrales nucleares

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

1.3 Resultados

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

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

- Se han considerado únicamente los valores que han superado los Límites Inferiores de Detección (LID), por lo tanto cuando existe discontinuidad entre períodos anuales, en las representaciones gráficas de los valores históricos incluidos en el presente documento, significa que los resultados obtenidos han sido inferiores al LID.

- 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.

- Para la campaña del año 1997 (última recogida en este documento), se proporciona una información más detallada indicando para las distintas muestras:
  - Número total de análisis realizados.
  - Número de resultados que han sido superiores e inferiores al LID correspondiente.
  - Valores medios de concentración de actividad obtenidos en esta campaña.

En líneas generales existe una gran similitud entre los resultados obtenidos en las diferentes campañas, por lo que la información facilitada para el año 1997 puede ser considerada como un patrón de comportamiento aplicable al resto de las campañas.

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 1997. Puede ocurrir, en algunos casos, que sólo figure la gráfica con la evolución temporal de los resultados, es decir las del grupo (a), esto se debe a que en la campaña del año 1997, 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.

Aire

El aire constituye una vía de exposición primaria y transitoria para el hombre, como consecuencia de los vertidos realizados a la atmósfera. El muestreo de aire permite evaluar la dosis potencial recibida por la población a causa de la inhalación.

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. El muestreo es continuo y los filtros se cambian y analizan semanalmente.

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 tanto del poso radiactivo como de los efluentes emitidos por las centrales. El muestreo es continuo y los filtros se retiran semanalmente; el análisis se realiza con una periodicidad trimestral sobre el conjunto de filtros acumulados semanalmente para cada estación de muestreo.

El número de muestras que presentan valores superiores al LID es inferior al 10%. Entre las posibles causas de la detección de estos valores hay que considerar principalmente la resuspensión, como consecuencia de la presencia de éste isótopo en muestras de suelo (poso radiactivo).

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

Valores medios en la zona vigilada

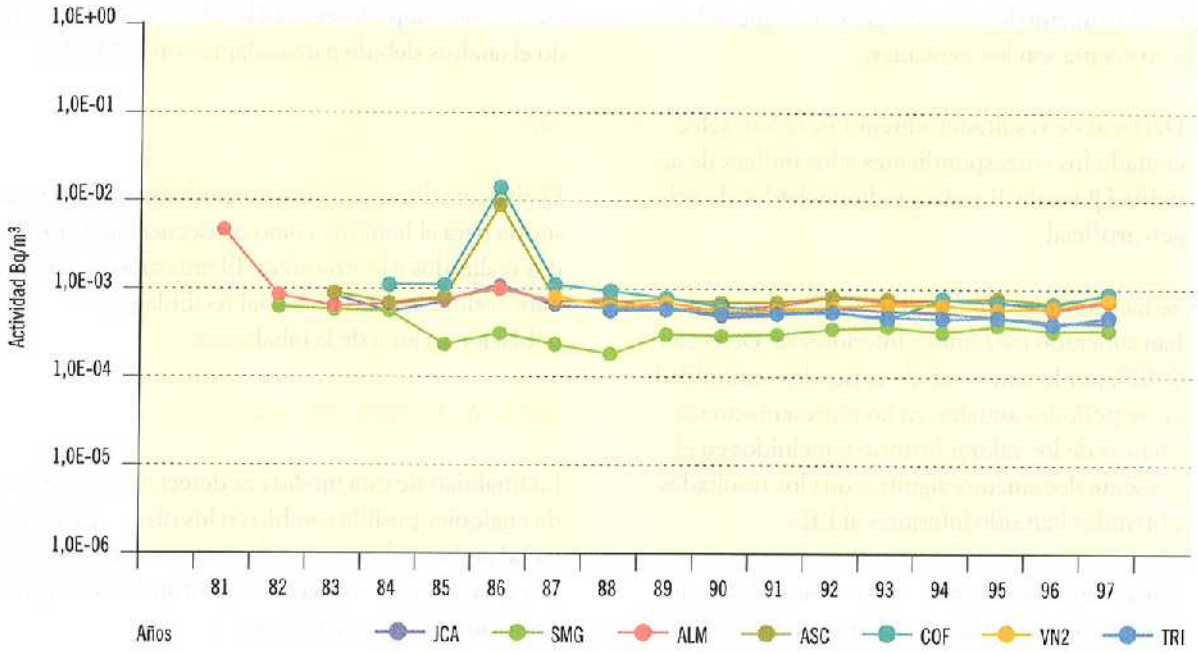
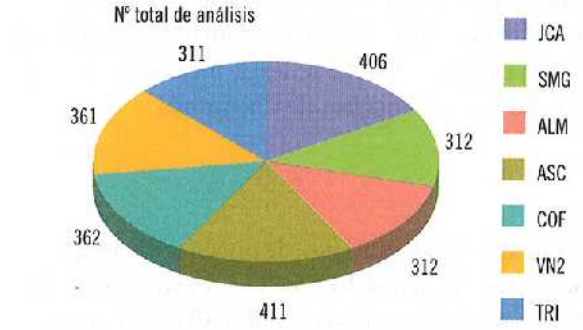
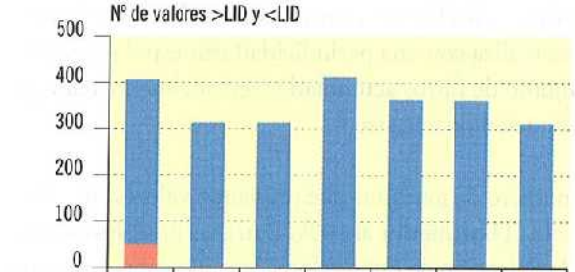


Figura 2.8b. Partículas de polvo en el aire. Índice de actividad beta total

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	355	310	312	411	362	361	310
<LID	51	2	0	0	0	0	1

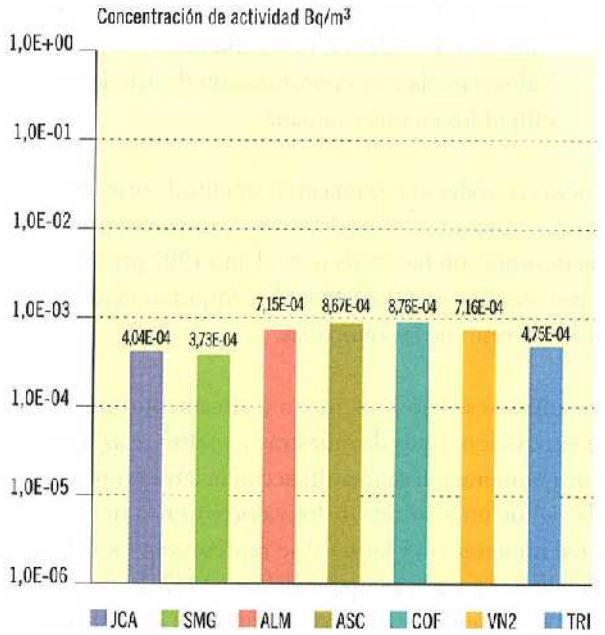


Figura 2.9a. Partículas de polvo en el aire. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

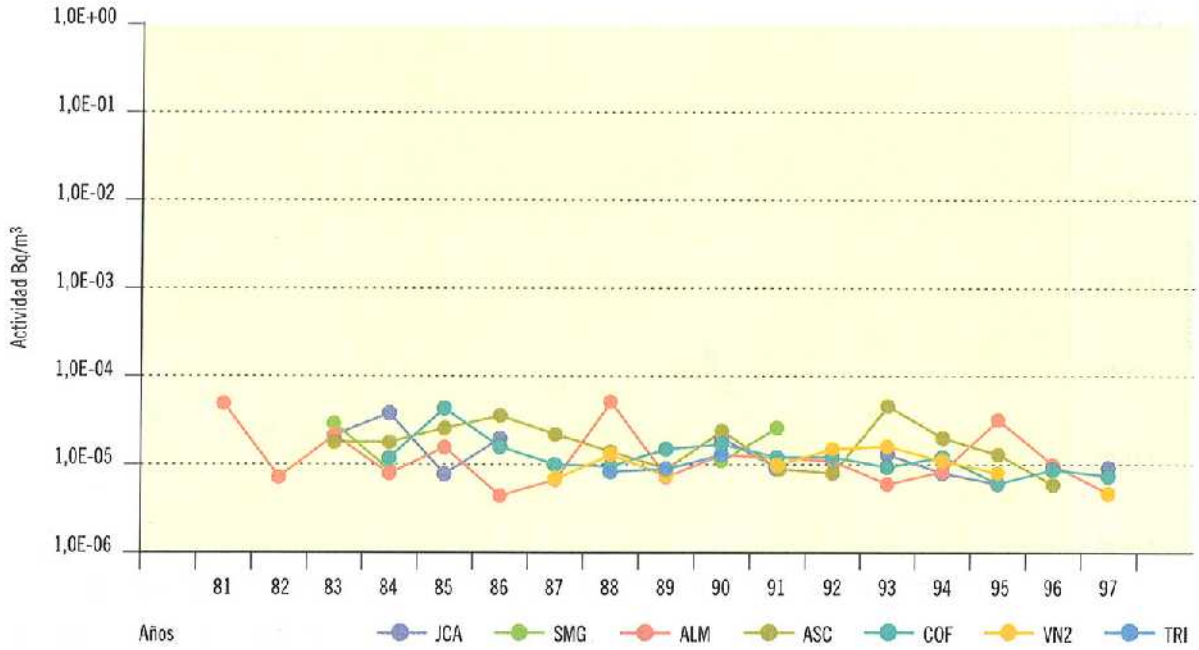
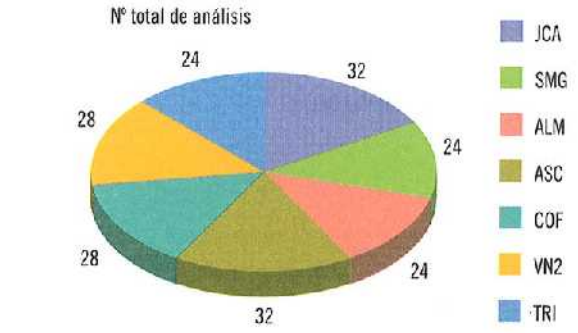
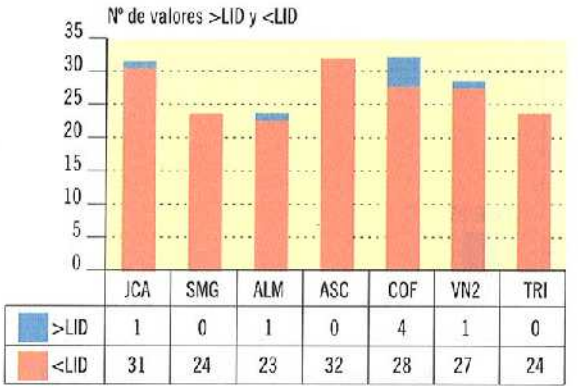


Figura 2.9b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	0	1	0	4	1	0
<LID	31	24	23	32	28	27	24

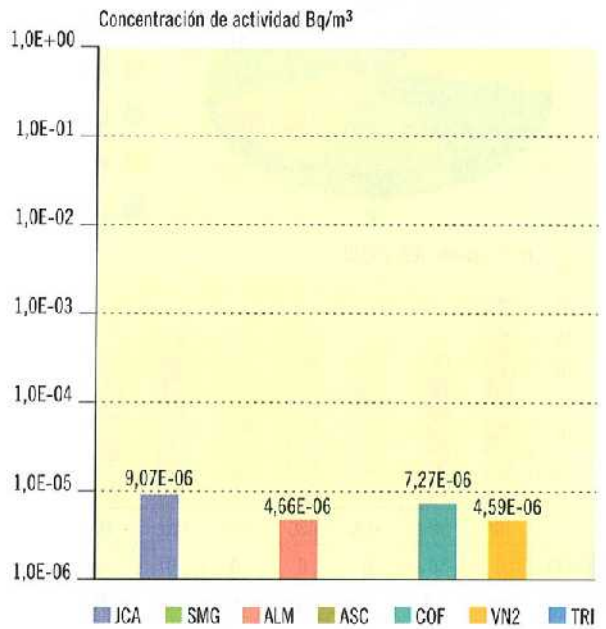


Figura 2.10a. Partículas de polvo en el aire. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

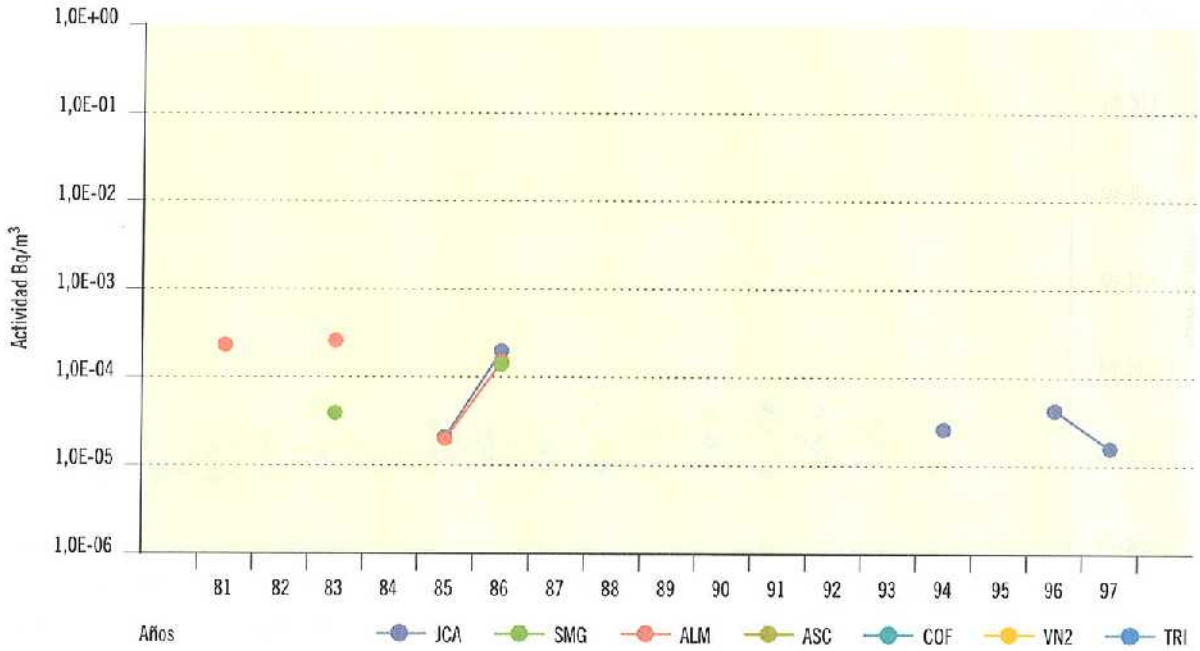
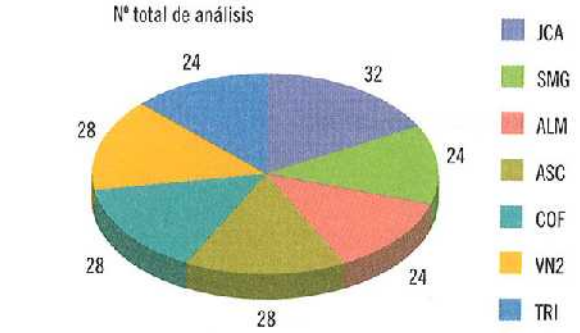
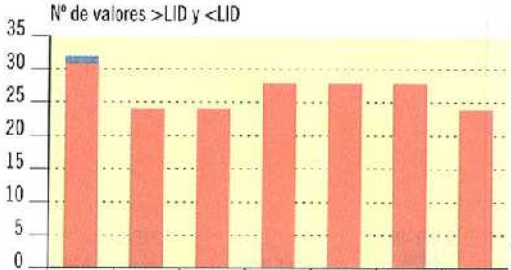


Figura 2.10b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997



Nº de valores >LID y <LID



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	0	0	0	0	0	0
<LID	31	24	24	28	28	28	24

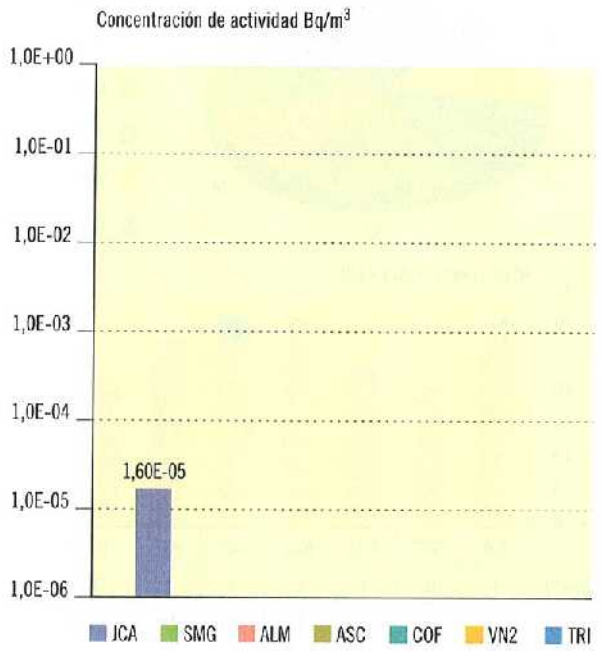


Figura 2.11a. Aire. Evolución temporal de I-131

Valores medios en la zona vigilada

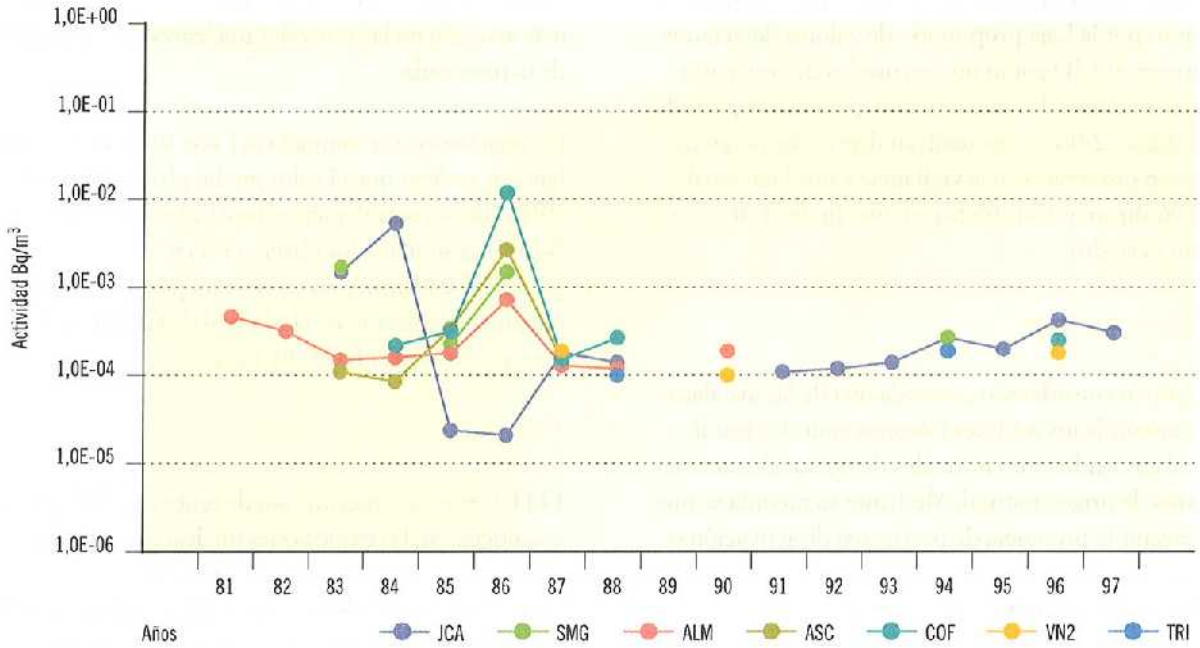
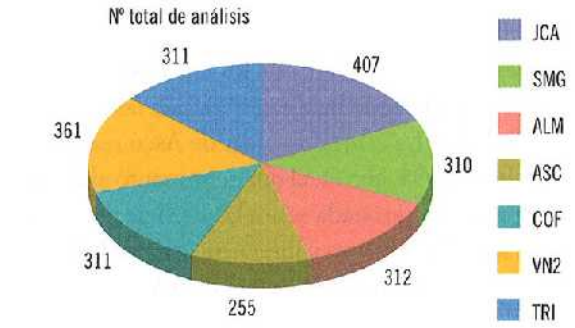
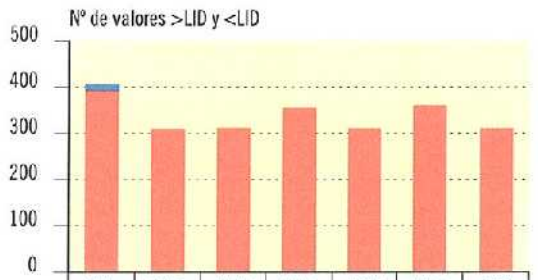


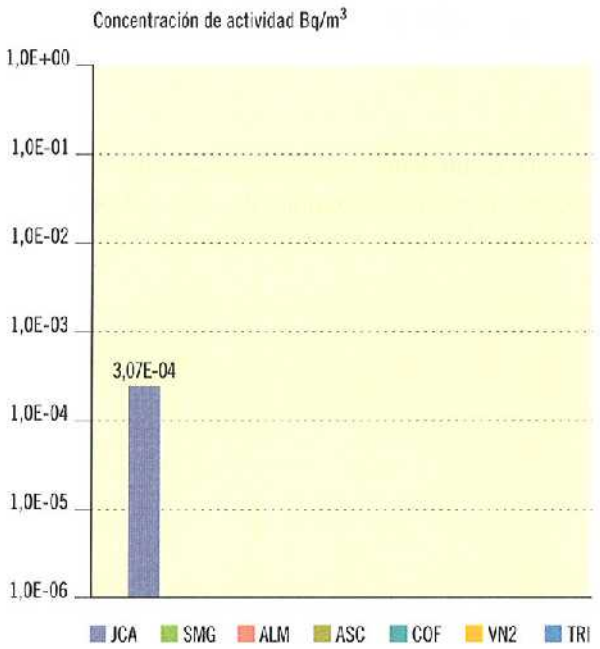
Figura 2.11b. Aire. Concentración de actividad de I-131

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	14	0	0	0	0	0	0
<LID	393	310	312	255	311	361	311



Como se observa en la figura 2-9a los valores históricos se mantienen dentro de un estrecho margen de variación y son coherentes con los niveles de fondo radiactivo, tanto por la baja proporción de valores detectados superiores al LID como por los niveles de concentración. Los valores de concentración para la campaña de 1997 (figura 2-9b) se encuentran dentro del rango de variación observado en la vigilancia a nivel nacional, 2,0E-06 Bq/m³ y 2,1E-05 Bq/m³ (ver figura 3-4b para el mismo período).

Espectrometría gamma

El espectro considerado por cada una de las instalaciones contempla los posibles isótopos emitidos por la central en condiciones normales de operación, además de otros de origen natural. Mediante su medida se puede detectar la presencia de productos de activación o de fisión presentes en la atmósfera como consecuencia del funcionamiento de la instalación.

La presencia de isótopos de origen artificial es totalmente esporádica y siempre con valores próximos al LID (figura 2-10a), como ha sido el caso del Cs-137 observado en la campaña del año 1997 en una única muestra recogida en la estación testigo del PVRA de la central nuclear José Cabrera. El resultado de dicha muestra, 1,60E-05 Bq/m³ (ver figura 2-10b), es inferior al valor promedio de los LID de las restantes muestras de este mismo programa, 1,86E-05 Bq/m³.

Yodo

El control y seguimiento de los halógenos se lleva a cabo mediante el muestreo continuo de yodo, y el posterior análisis de I-131 con frecuencia semanal. En la gráfica 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.

En relación con la campaña del año 1997 (figura 2-11b) hay que indicar que el valor medio observado en el PVRA de la central nuclear José Cabrera (3,07E-04 Bq/m³) es similar a los observados en la estación testigo, 1,71E-04 Bq/m³, y a su vez está por debajo del LID máximo establecido en el Manual de Cálculo de Dosis para este isótopo (1,10E-03 Bq/m³).

Vapor de agua: tritio

El H-3 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.

Carbono 14

La presencia de C-14 obedece a los mismos orígenes que el H-3 justificando también su origen las oscilaciones observadas. La central nuclear de Ascó realizó este análisis hasta 1995, año en el que se presentó al CSN una justificación razonada sobre la ausencia de éste isótopo en los efluentes y en consecuencia dejó de realizarse el análisis correspondiente en el PVRA.

Figura 2.12a. Vapor de agua. Evolución temporal de H-3

Valores medios en la zona vigilada

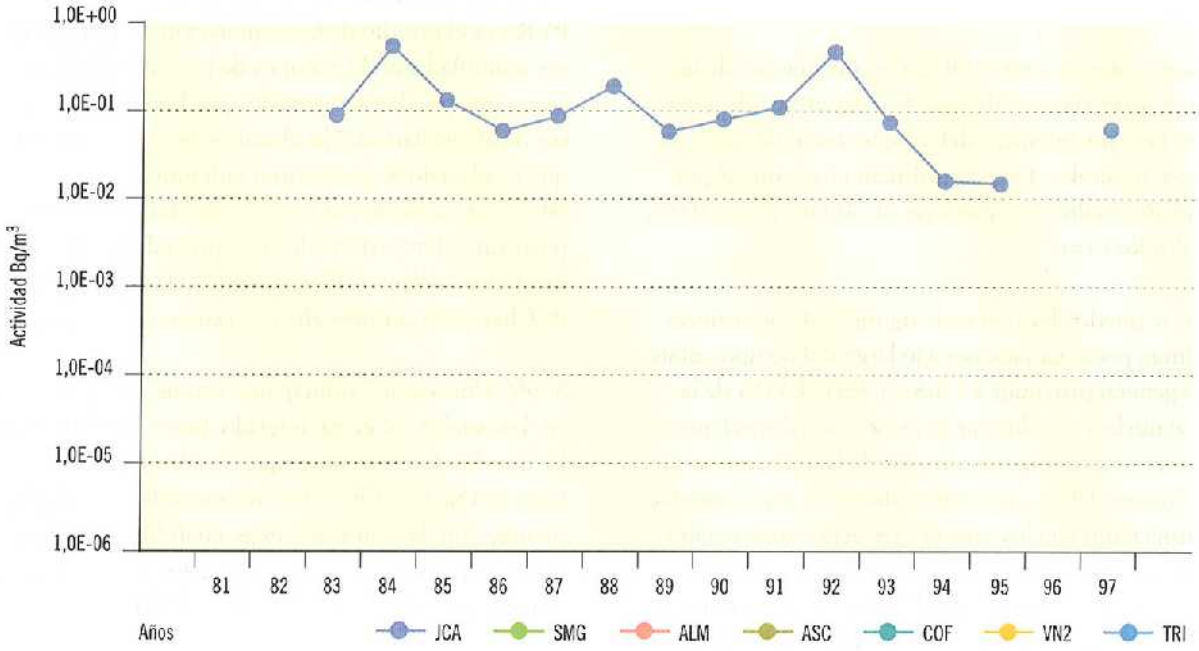
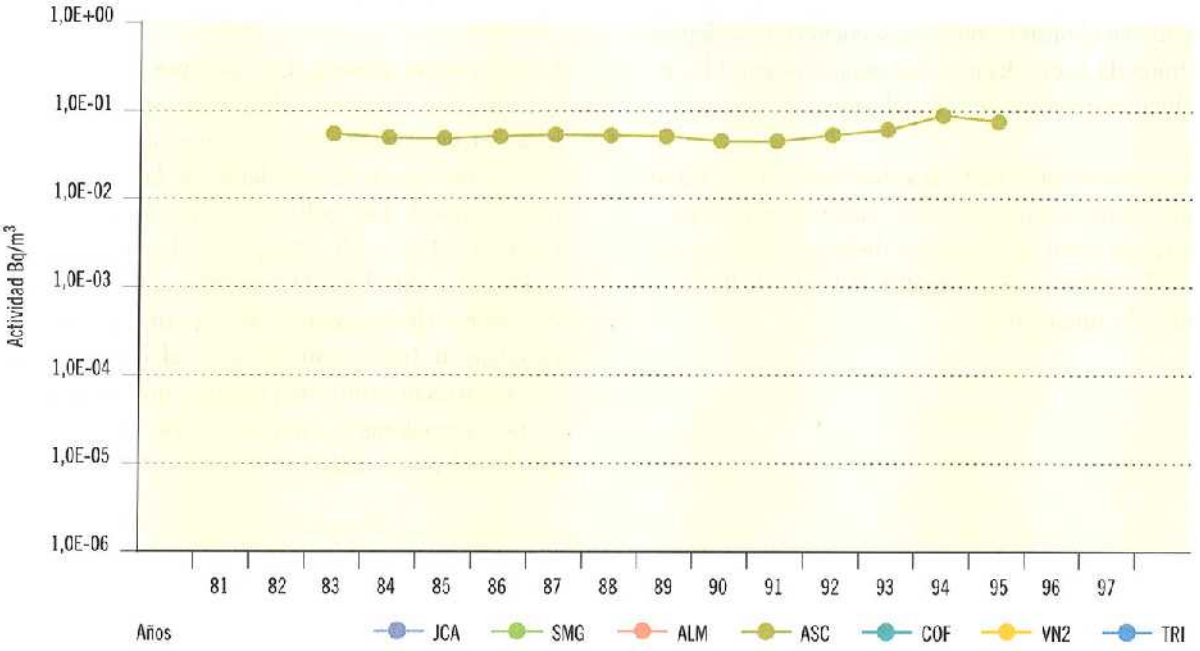


Figura 2.13a. Aire. Evolución temporal de C-14

Valores medios en la zona vigilada



Radiación directa

Dosímetros de termoluminiscencia

Radiación gamma ambiental. En los dosímetros de termoluminiscencia se mide tasa de dosis, muy relacionada 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 2-14a, los valores presentan pocas variaciones a lo largo del tiempo, estando en general próximos a 1 mSv/a. En el PVRA de la central nuclear de Almaraz se presentan valores ligeramente superiores que son propios de las características edafológicas del área geográfica donde se sitúa, como se confirma tanto con los valores preoperacionales como con los obtenidos en la estaciones testigo. En la figura 2-14b se observa que la central nuclear de Santa María de Garoña realiza un mayor número de análisis debido a que dispone de dosímetros expuestos mensual y trimestralmente mientras que en el resto de las centrales este período de exposición es únicamente trimestral.

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 o 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 período 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 Sr-90 y el Cs-137, es el fenómeno de la deposición del material radiactivo procedente de las explosiones nucleares. El accidente de la central nuclear 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 2-15a y 2-15b están relacionadas, fundamentalmente, con las características edafológicas de cada emplazamiento que condicionan los procesos de migración de los distintos radionucleidos.

De acuerdo con lo anterior estas variaciones se observan igualmente en los resultados obtenidos en la vigilancia a nivel nacional, realizada fuera de la zona de influencia de las instalaciones (figuras 3-6a y 3-6b), los resultados de esta vigilancia para el año 1997 han estado comprendidos entre 0,37 Bq/kg seco y 22,0 Bq/kg seco, rango en el que se encuentran los valores medios representados en la figura 2-15b.

Espectrometría gamma. Los isótopos de origen artificial se han detectado de forma esporádica y en bajas proporciones, estando vinculada su aparición, en muchos casos, al accidente de la central nuclear de Chernóbil. Las gráficas se centran en los valores de Cs-134 y Mn-54, que se detectan de forma ocasional y en el Cs-137 en el que el porcentaje de valores de concentración superior al LID es próximo al 100%; este isótopo, al igual que el Sr-90, se detecta tanto en períodos preoperacionales como operacionales, siendo una de sus causas originales el poso radiactivo.

Figura 2.14a. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)

Valores medios en la zona vigilada

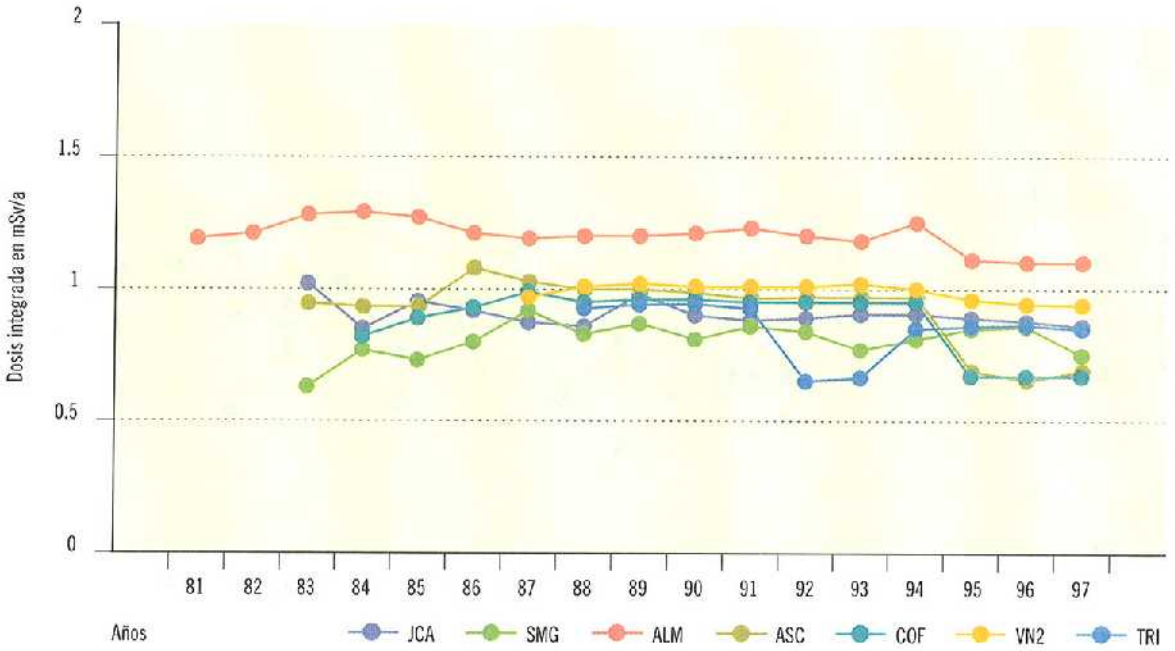
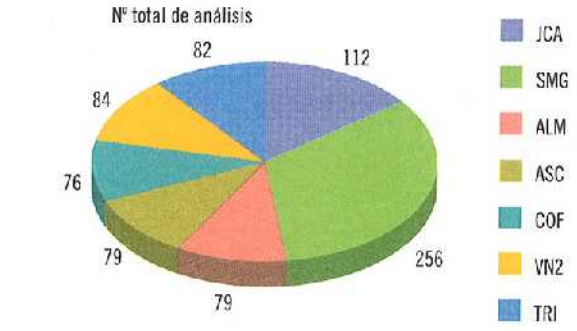
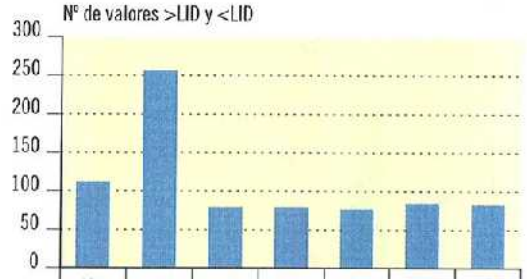


Figura 2.14b. Radiación directa. Dosis integrada (DTL)



Nº de valores >LID y <LID



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	112	256	79	79	76	84	82
<LID	0	0	0	0	0	0	0

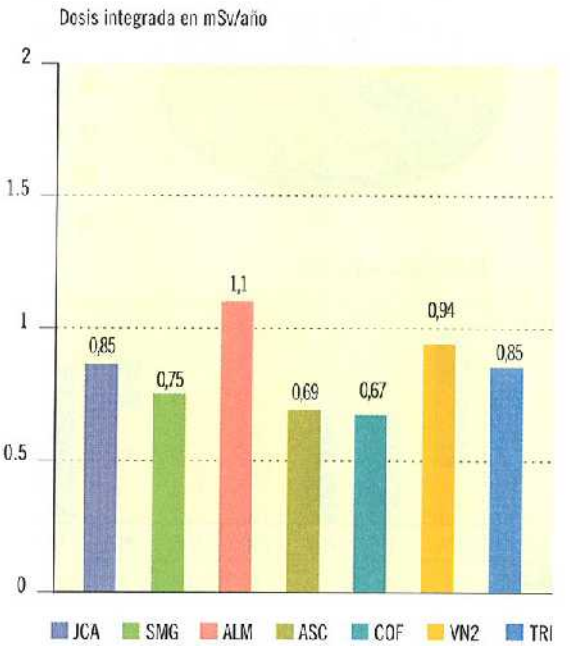


Figura 2.15a. Muestras de suelo. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

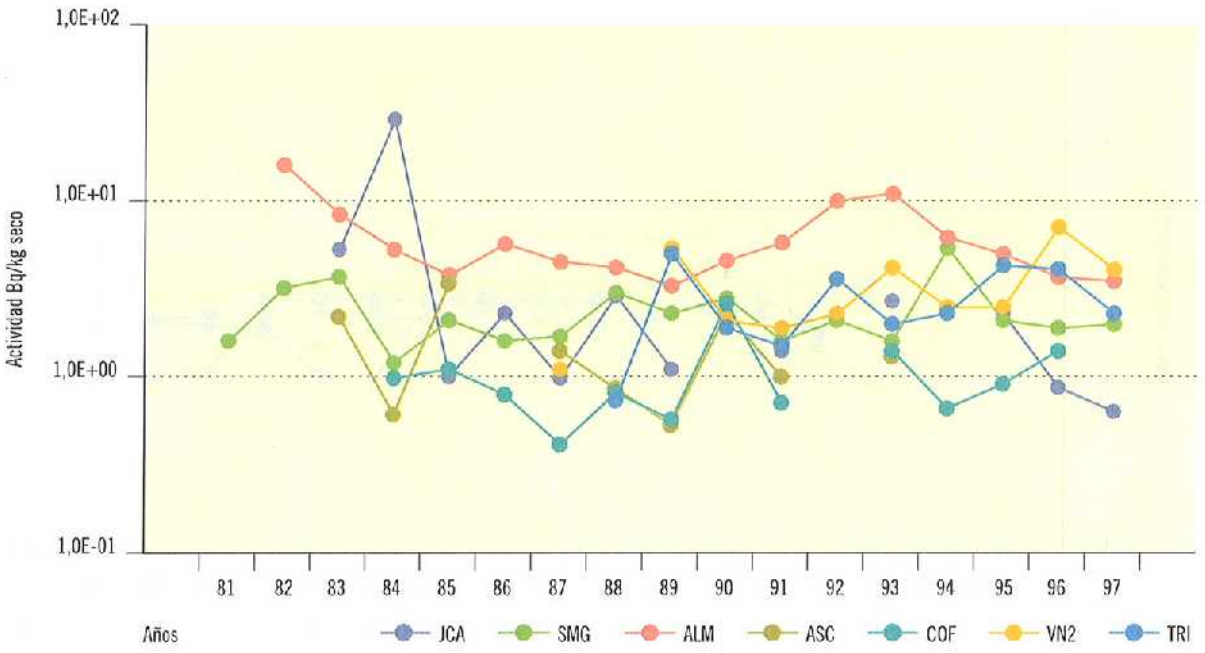
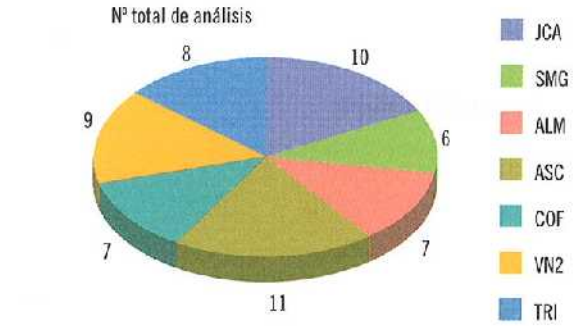
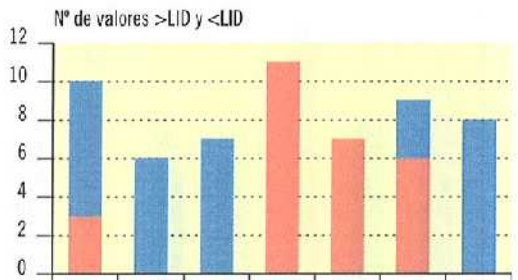


Figura 2.15b. Suelo. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	7	6	7	0	0	3	8
<LID	3	0	0	11	7	6	0

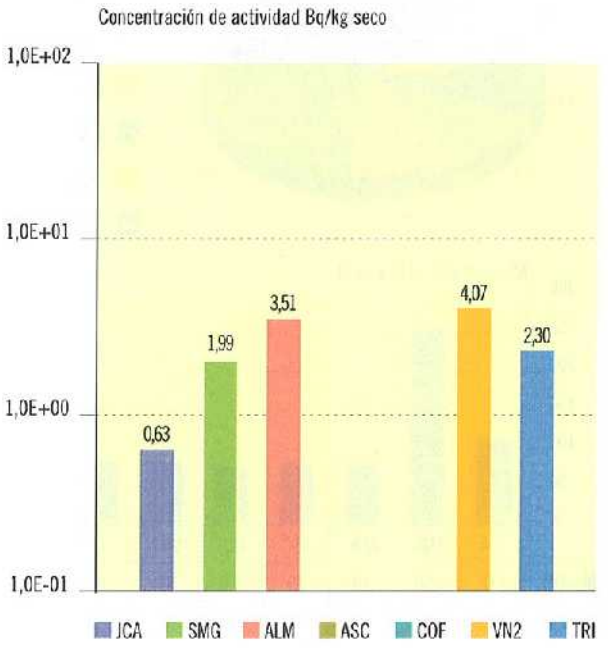


Figura 2.16a. Muestras de suelo. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

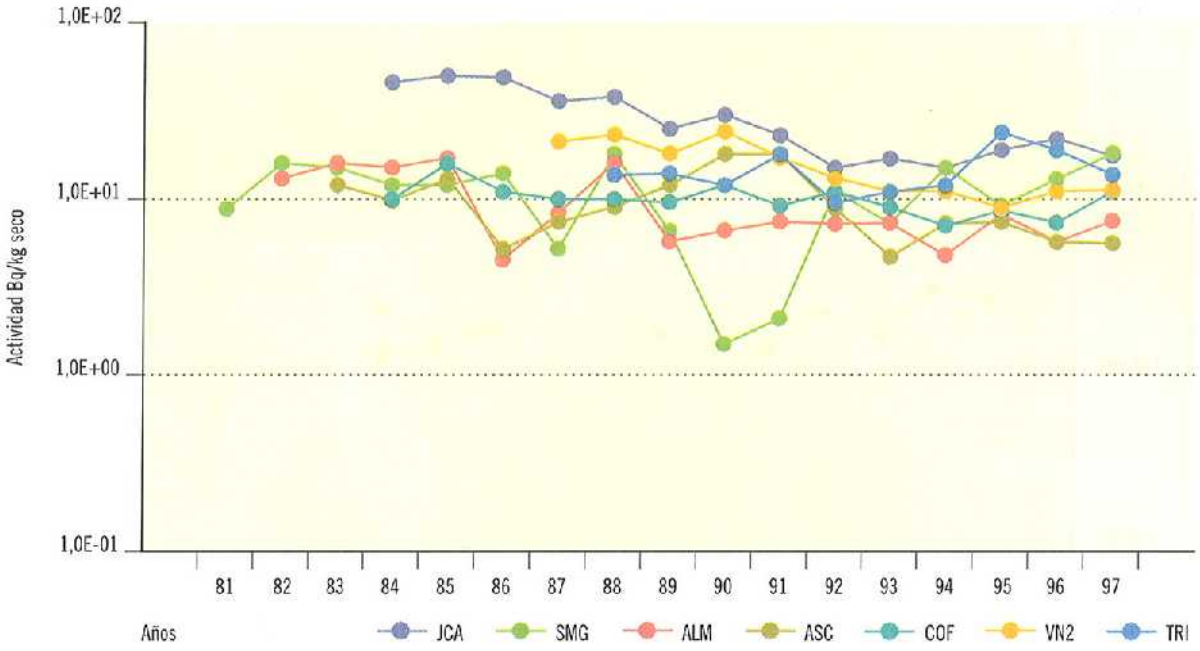
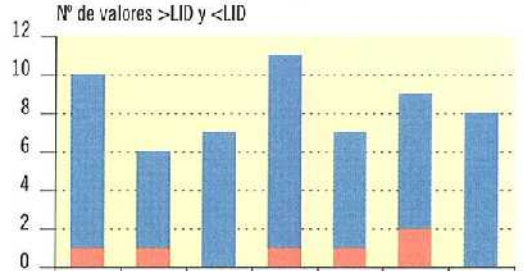


Figura 2.16b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	9	5	7	10	6	7	8
<LID	1	1	0	1	1	2	0

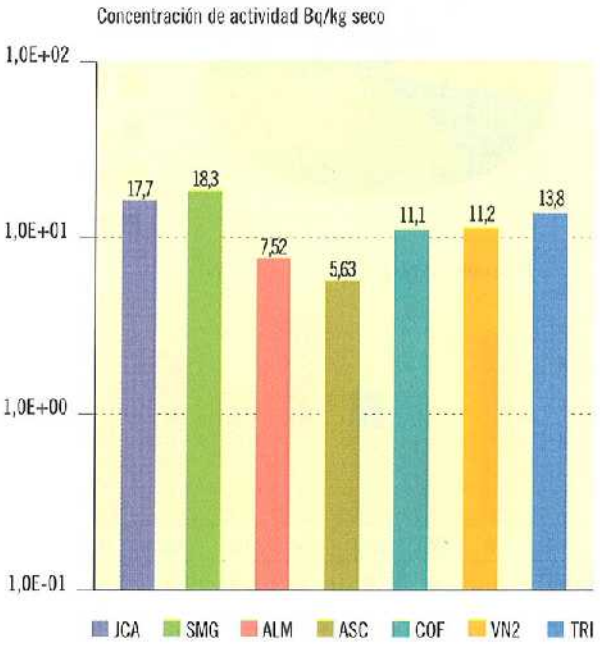


Figura 2.17a. Muestras de suelo. Evolución temporal de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

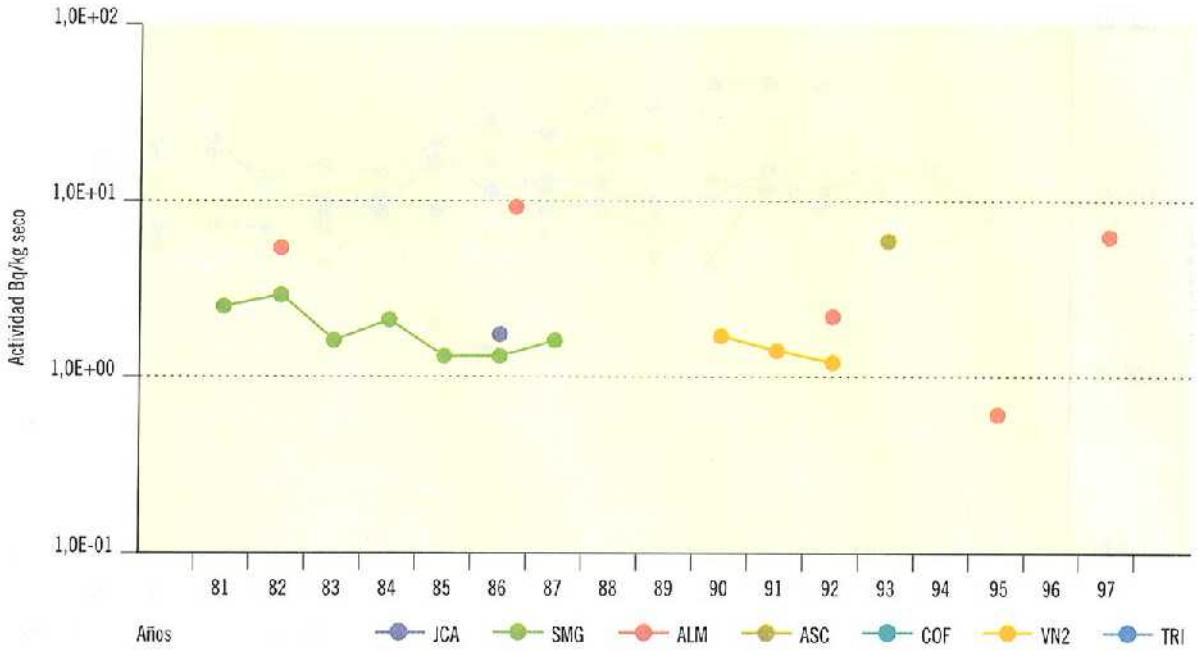
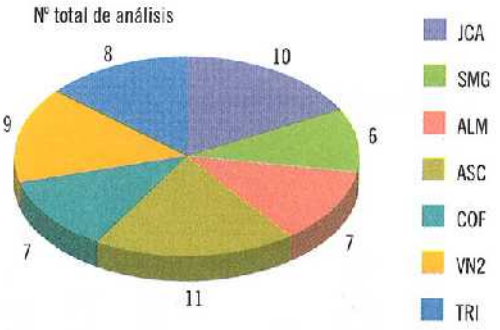
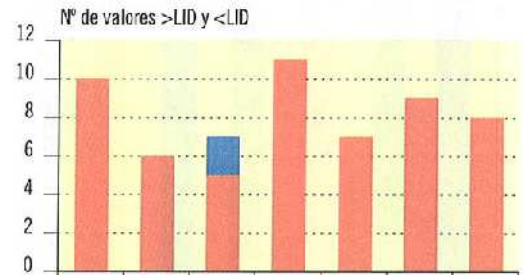


Figura 2.17b. Suelo. Concentración de actividad de Cs-134

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	0	0	2	0	0	0	0
<LID	10	6	5	11	7	9	8

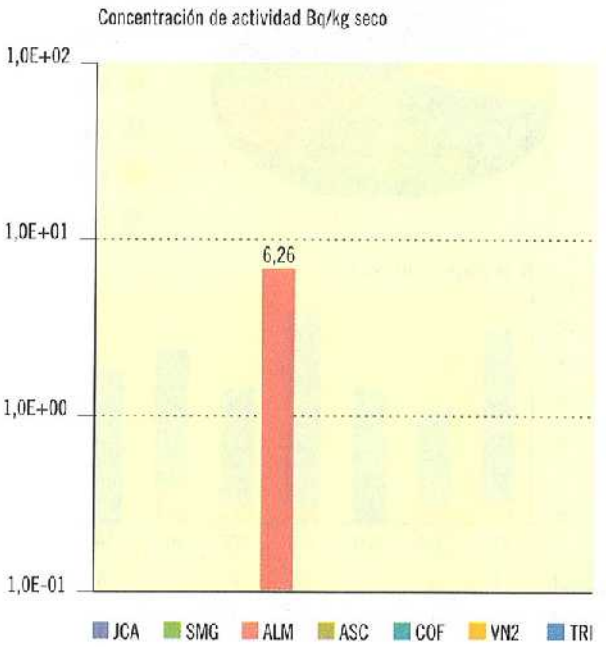


Figura 2.18a. Muestras de suelo. Evolución temporal de Mn-54

Valores medios en la zona vigilada

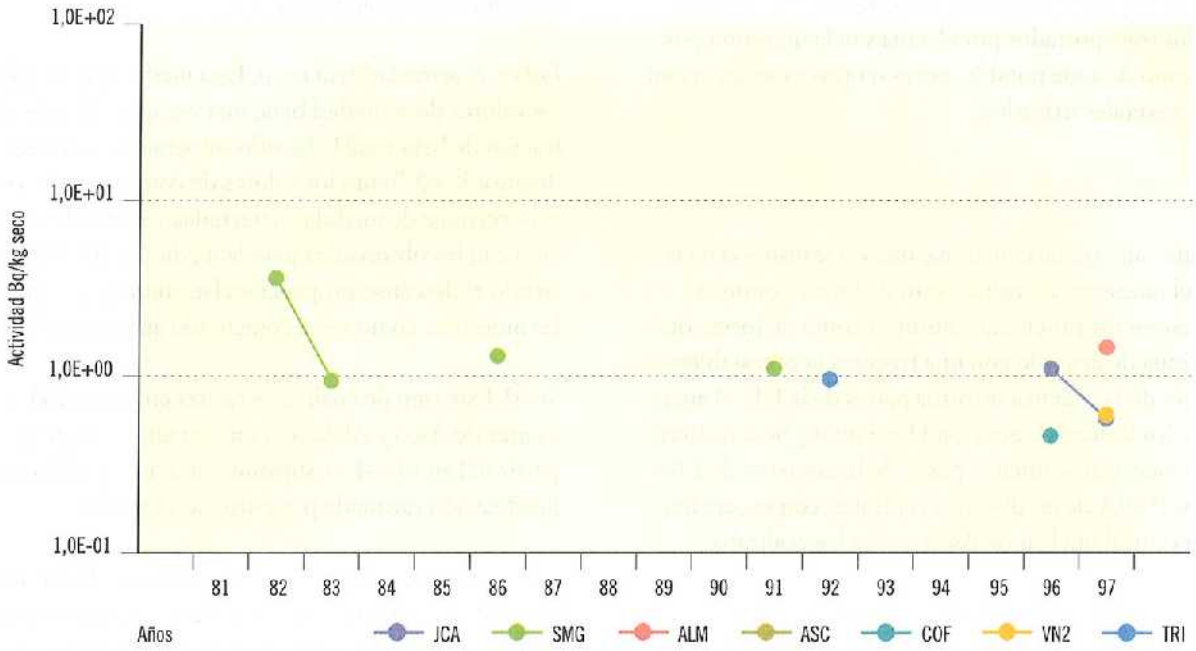
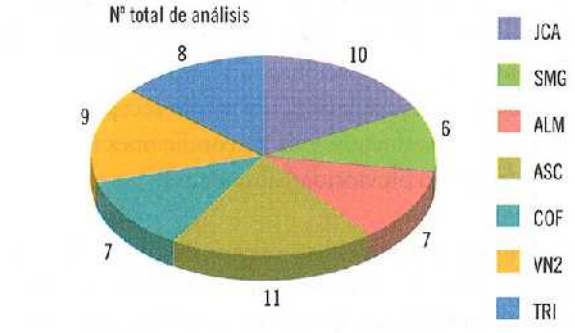
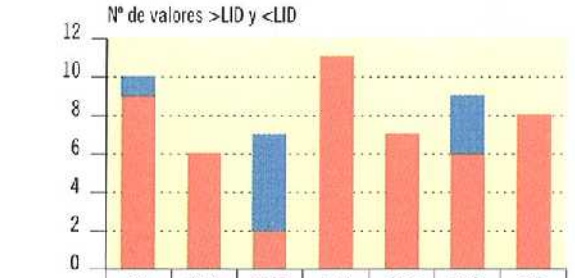


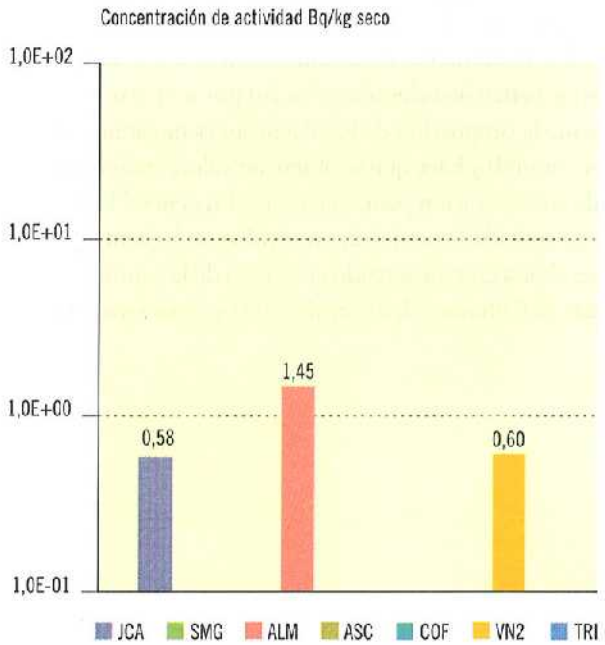
Figura 2.18b. Suelo. Concentración de actividad de Mn-54

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	0	2	0	0	3	0
<LID	9	6	5	11	7	6	8



Agua

Los principales caminos de exposición a los radionucleidos transportados por el agua son la ingestión por consumo de agua potable, peces u otras especies acuáticas y vegetales irrigados.

Agua superficial

El agua superficial constituye una vía transitoria en la que el muestreo se realiza tanto de forma continua (muestreo proporcional continuo) como de forma discontinua de acuerdo con una frecuencia preestablecida. Siguiendo la práctica de otros países de la UE, el análisis de los índices de actividad beta total y beta resto en estas muestras se inició a partir de la campaña de 1988 en los PVRA de las distintas centrales, con excepción de la central nuclear de Ascó que ya los realizaba.

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 2-19a 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 por lo que se incrementa la proporción de K-40 (emisor beta-gamma de origen natural) y hace que se obtengan valores más elevados de concentración para este índice. En general los valores de actividad mantienen una evolución bastante uniforme; el descenso observado en el caso de la central nuclear de Cofrentes desde el año 1995 se relaciona con la sustitución de un punto de muestreo en la desembocadura del río Júcar precisamente para evitar la influencia de la intrusión de aguas marinas.

Índice de actividad beta resto. Esta medida proporciona los valores de actividad beta, una vez que a la concentración de beta total le ha sido substraída la correspondiente a K-40. Tanto los valores de concentración como el porcentaje de medidas detectadas, desciende en relación con los observados para la medida de beta total, siendo el descenso proporcional al contenido salino de las muestras, como se ha comentado anteriormente.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza en las centrales nucleares de Ascó y Almaraz y en esta última central, a partir del año 1994, se suprimió de acuerdo con una justificación razonada por parte de su titular.

En la campaña del año 1997 este análisis sólo ha sido realizado por la central nuclear de Ascó, razón por la cual no se incluye representación gráfica de tipo (b). El número de medidas realizadas ha sido de 10 y la proporción de medidas con valores superiores al LID está en torno a un 50%.

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 (río o embalse) de los efluentes y de las condiciones meteorológicas (sequía o pluviosidad abundante).

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

Figura 2.19a. Muestras de agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta total

Valores medios en la zona vigilada

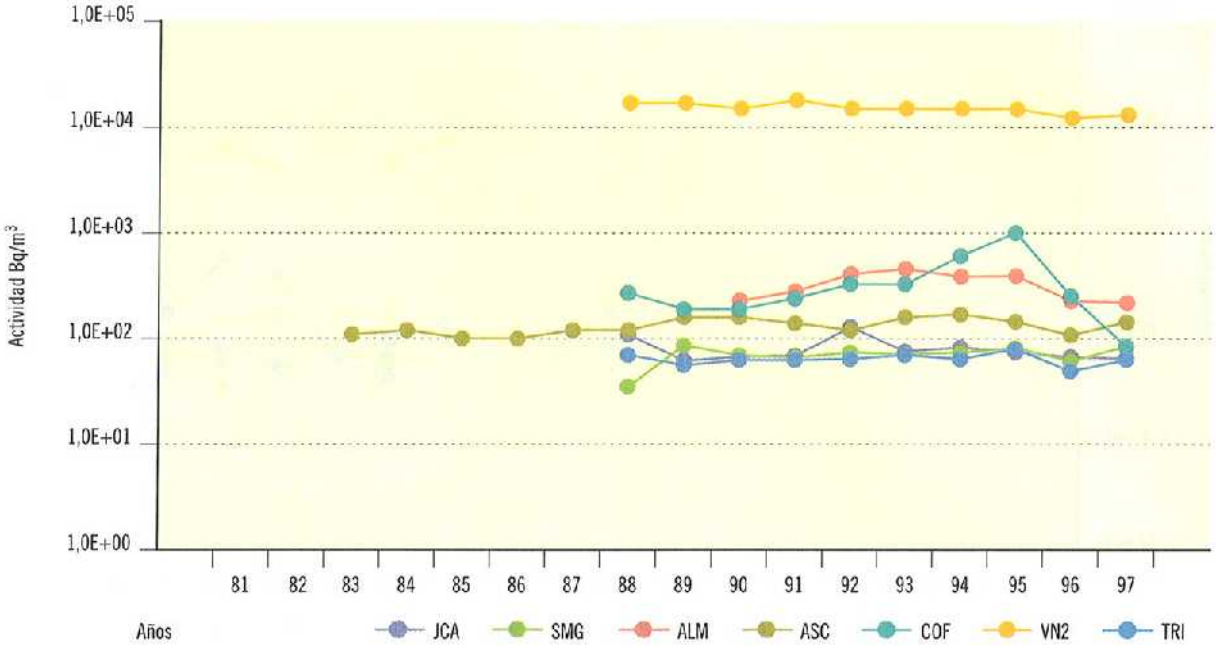
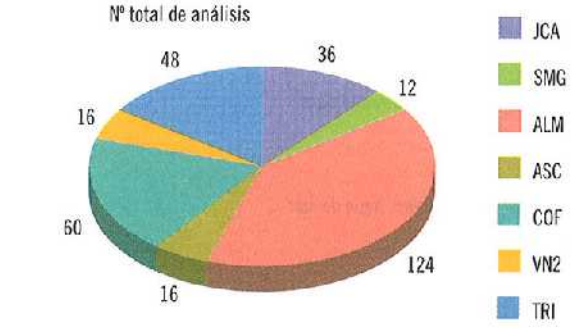
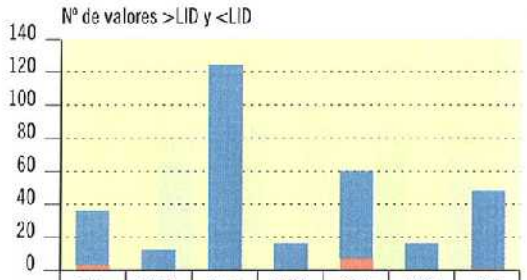


Figura 2.19b. Agua superficial. Índice de actividad beta total

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	33	12	124	16	53	16	47
<LID	3	0	0	0	7	0	1

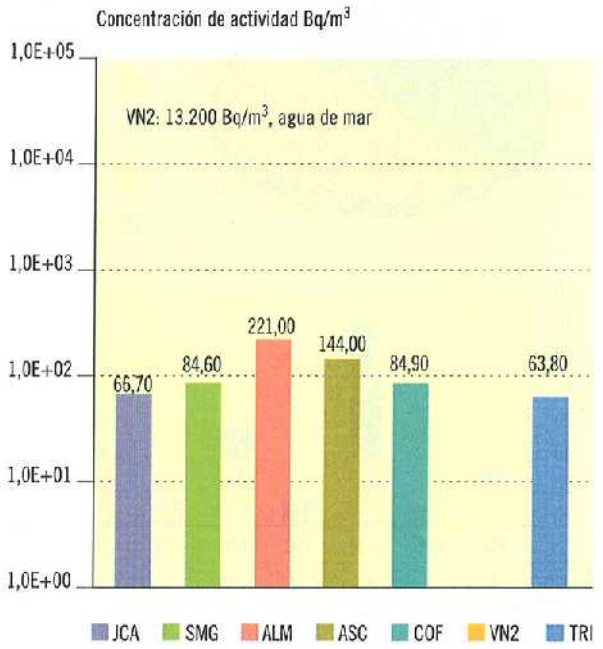


Figura 2.20a. Muestras de agua superficial. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

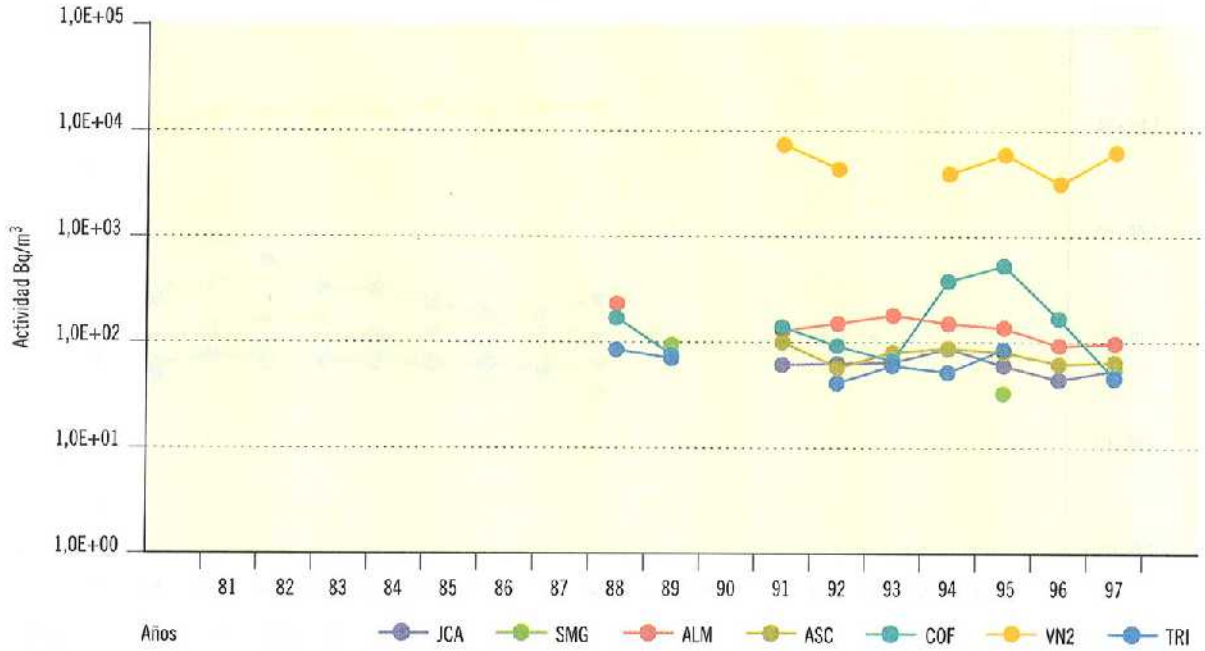
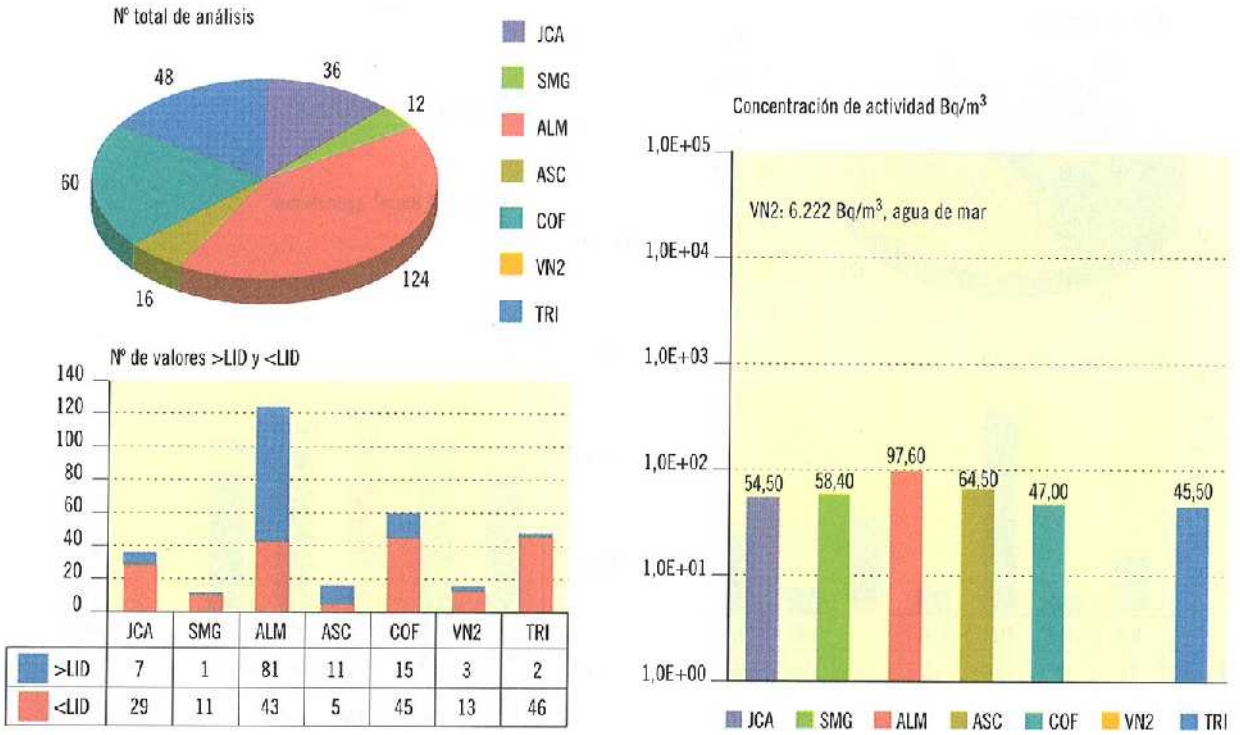


Figura 2.20b. Agua superficial. Índice de actividad beta resto

Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	7	1	81	11	15	3	2
<LID	29	11	43	5	45	13	46

Figura 2.21a. Muestras de agua superficial. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

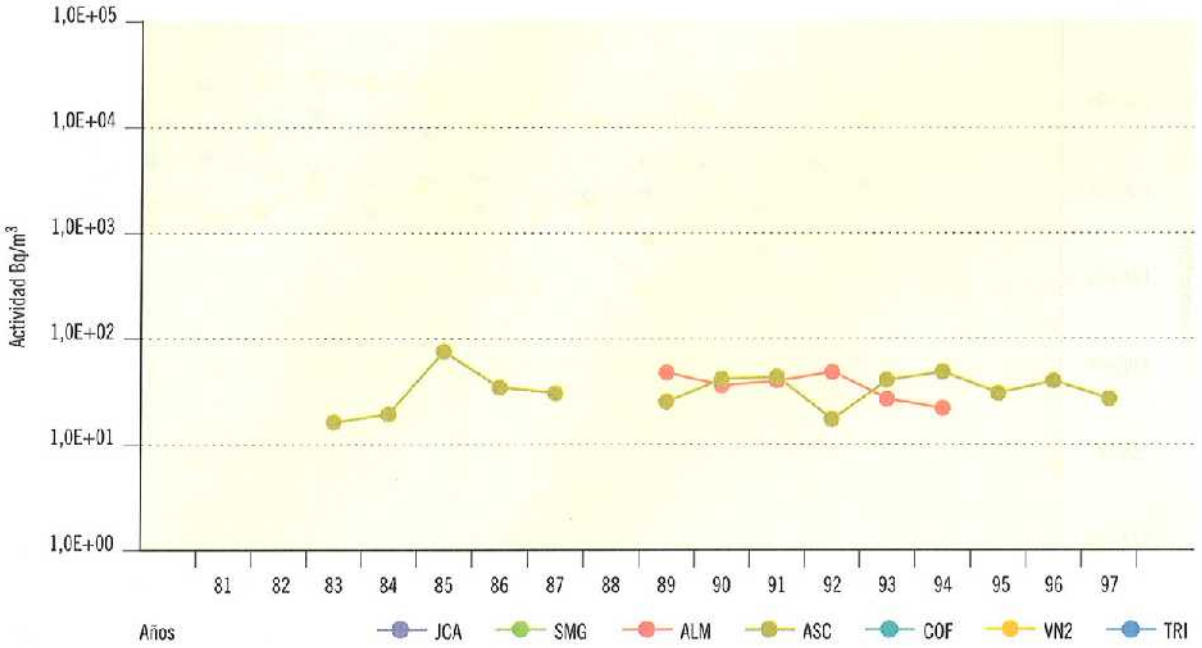


Figura 2.22a. Muestras de agua superficial. Evolución temporal de H-3

Valores medios en la zona vigilada

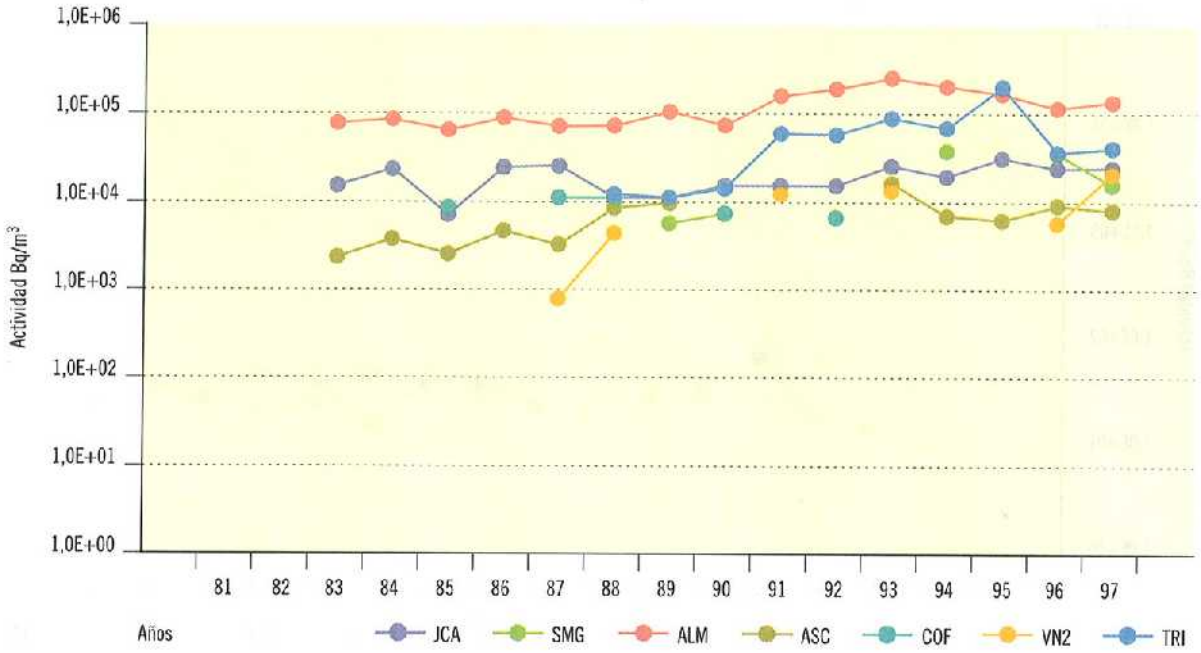
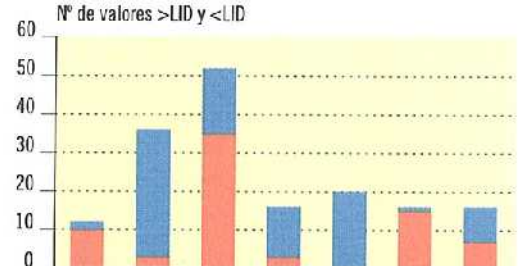
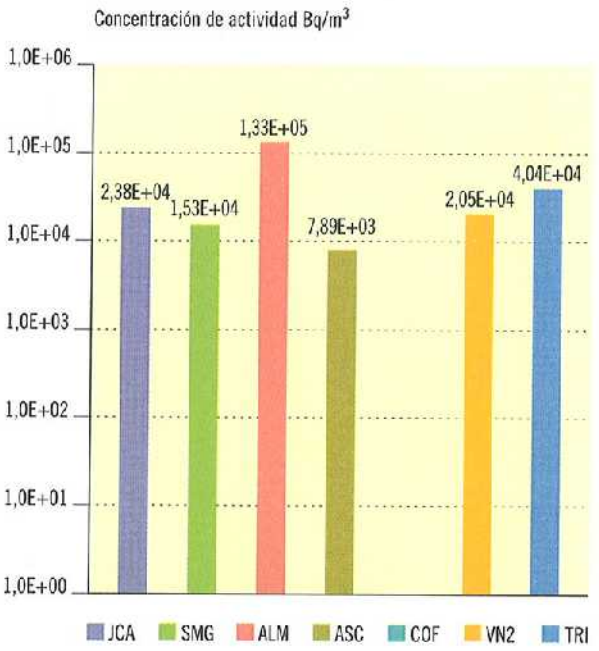


Figura 2.22b. Agua superficial. Índice de actividad de H-3

Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	10	3	35	3	0	15	7
<LID	2	33	17	13	20	1	9



Agua potable

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

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

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

Índice de actividad beta total. Tal y como se observa en las gráficas siguientes, se produce homogeneidad entre los resultados para las distintas instalaciones y períodos de muestreo. Las concentraciones de actividad beta total detectadas son debidas, fundamentalmente, a la concentración de K-40 presente en las muestras.

Índice de actividad beta resto. En esta medida como ya se ha indicado, se determina el contenido de actividad beta, una vez sustraído el aporte correspondiente al K-40. Como se puede observar en las gráficas adjuntas, los valores disminuyen en relación con los datos obtenidos para el índice de actividad beta total, tanto en los niveles de actividad como en el número de resultados superiores al LID.

Sr-90. Este tipo de análisis se realiza en los distintos PVRA, con excepción de las muestras correspondientes a la central nuclear Vandellós II.

Tritio H-3. Los porcentajes de muestras que superan los LID son variables al igual que los valores medios anuales de concentración. Estos valores, como se puede ver en las figuras 2-26a y 2-26b, no han superado en ningún caso el recomendado en la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, que para tritio es de 1.10^5 Bq/m^3.

Figura 2.23a. Muestras de agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta total
Valores medios en la zona vigilada

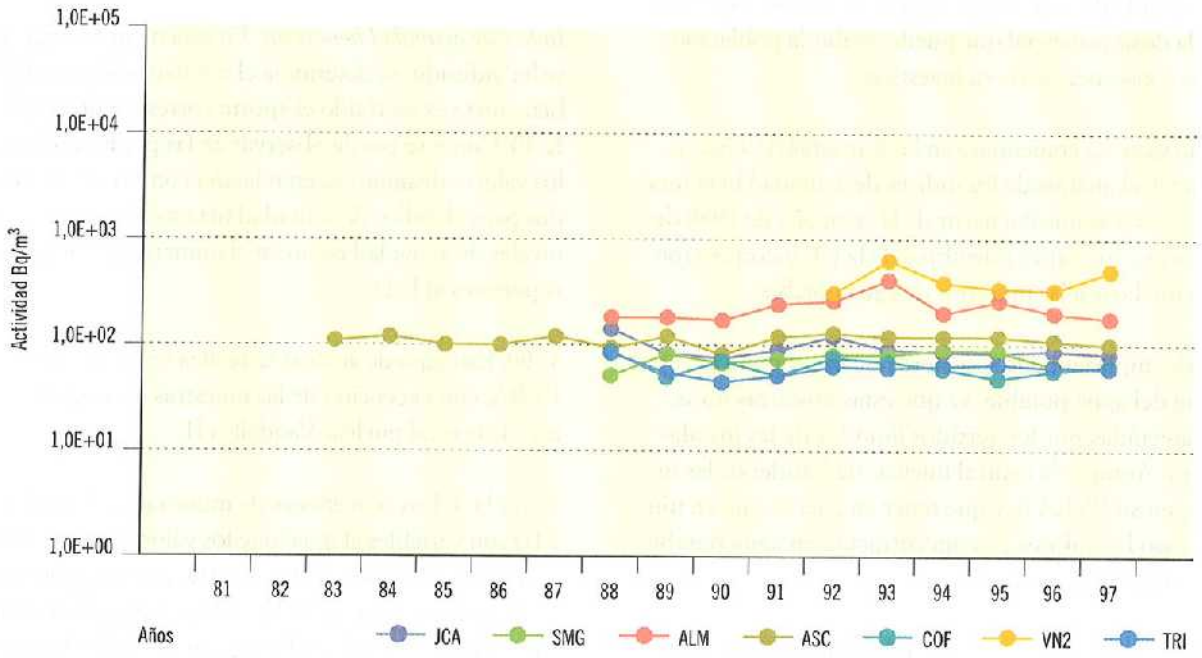
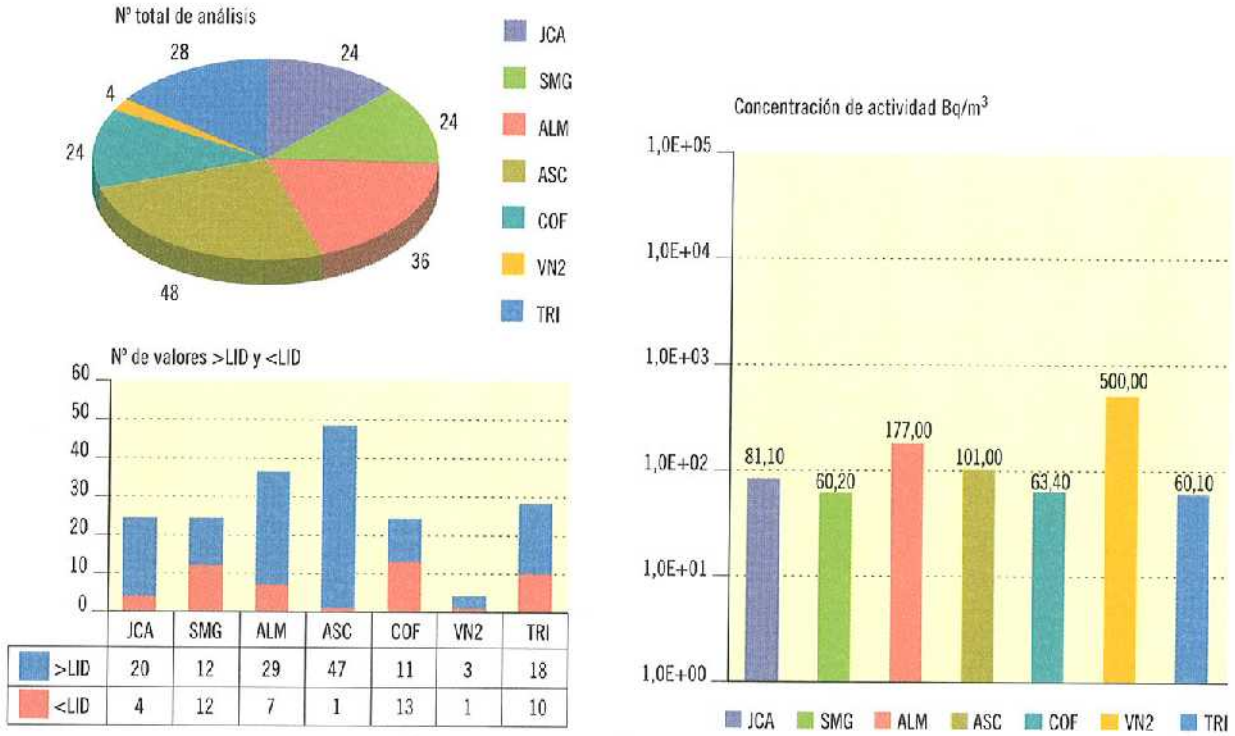


Figura 2.23b. Agua potable. Índice de actividad beta total
Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	20	12	29	47	11	3	18
<LID	4	12	7	1	13	1	10

Figura 2.24a. Muestras de agua potable. Evolución temporal del índice de actividad beta resto

Valores medios en la zona vigilada

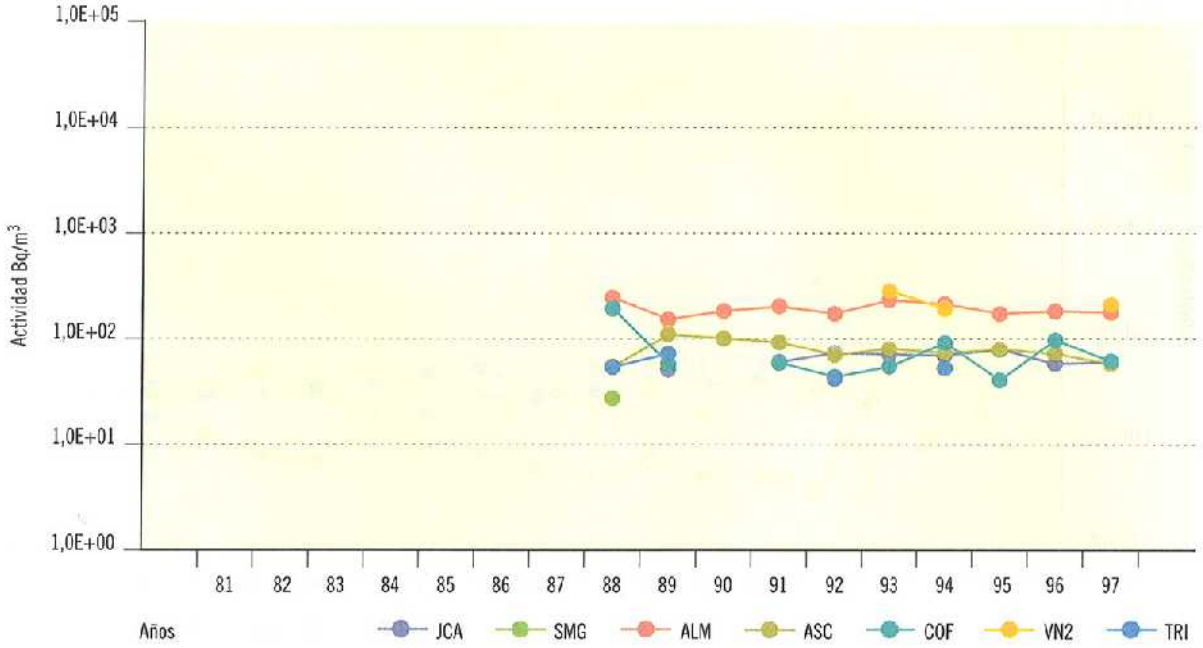
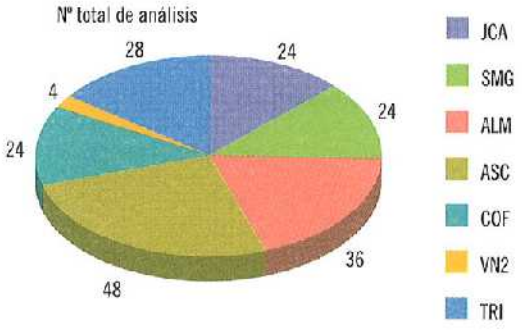
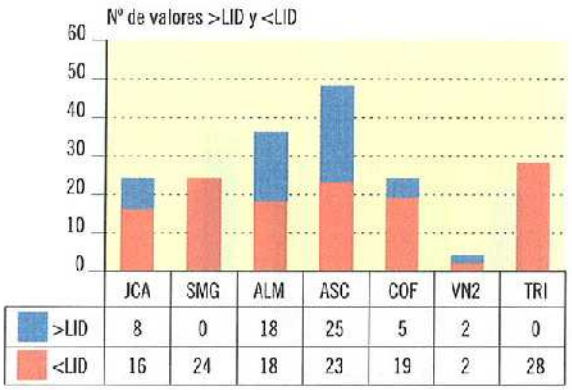


Figura 2.24b. Agua potable. Índice de actividad beta resto

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	8	0	18	25	5	2	0
<LID	16	24	18	23	19	2	28

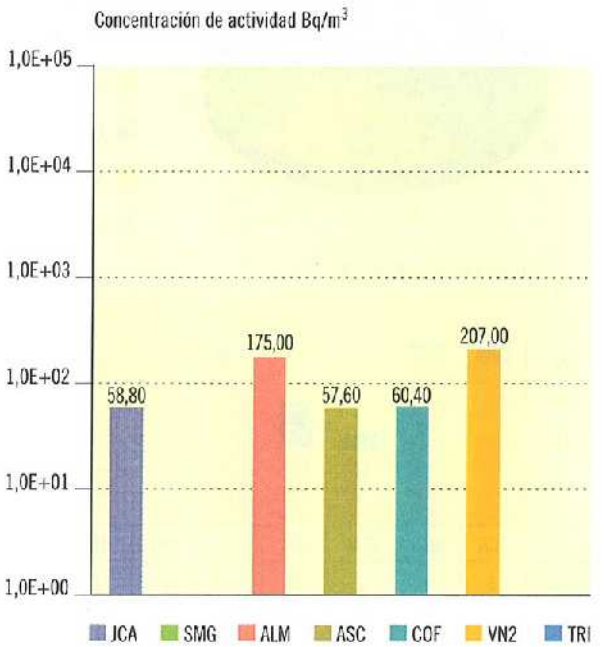


Figura 2.25a. Muestras de agua potable. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

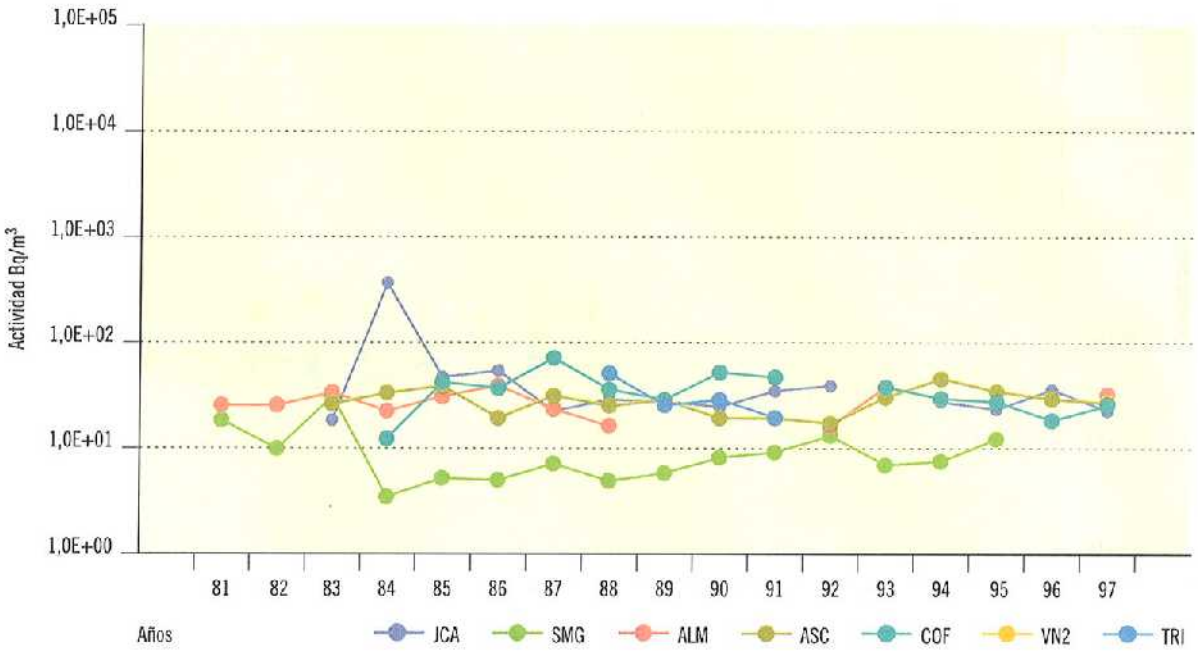
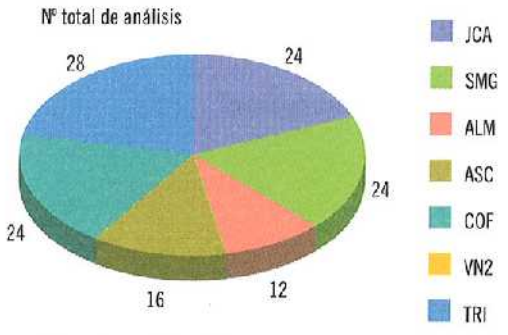
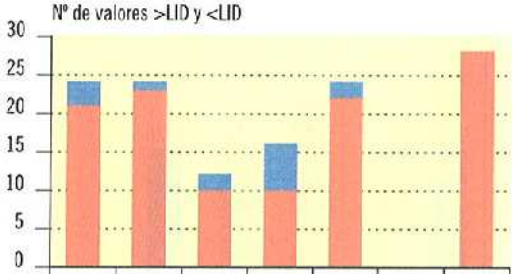


Figura 2.25b. Agua potable. Índice de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	3	1	2	6	2	0	0
<LID	21	23	10	10	22	0	28

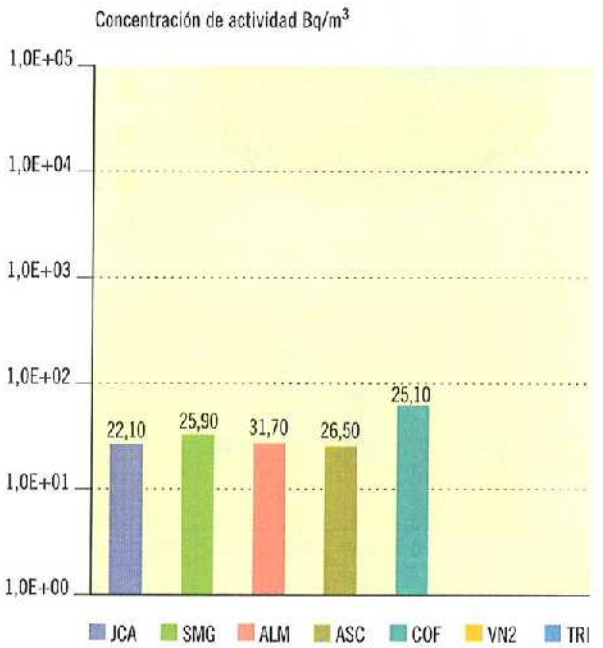


Figura 2.26a. Muestras de agua potable. Evolución temporal de H-3

Valores medios en la zona vigilada

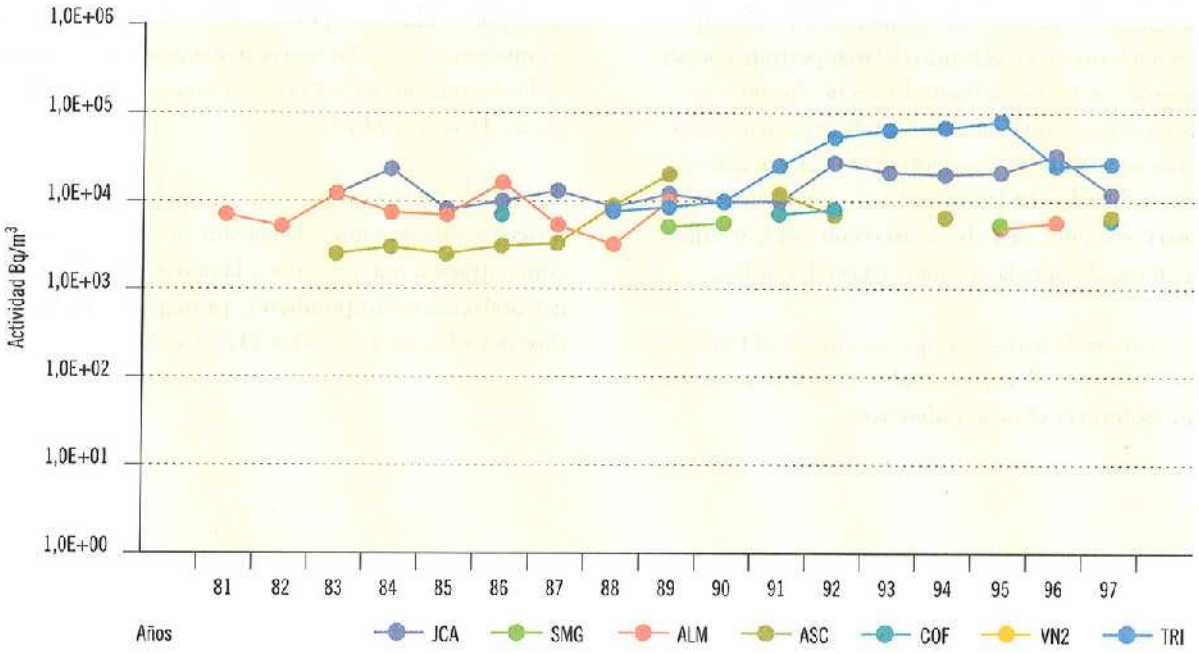
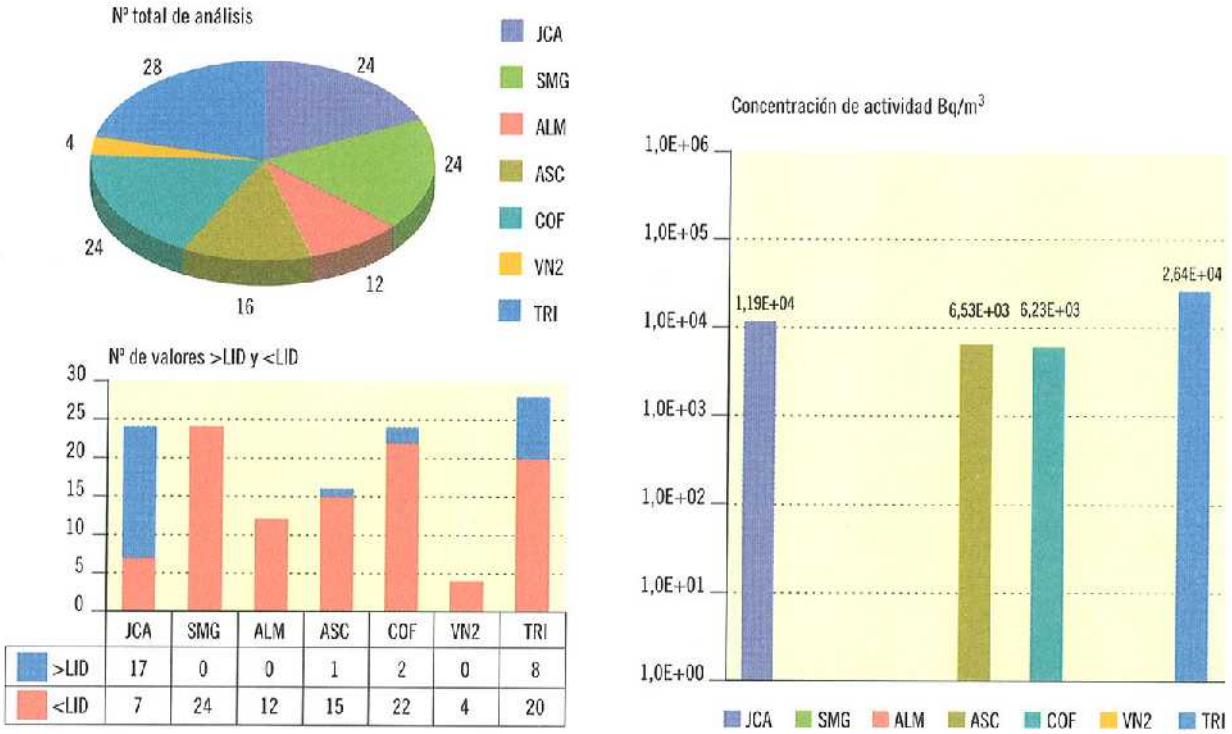


Figura 2.26b. Agua potable. Índice de actividad de H-3

Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	17	0	0	1	2	0	8
<LID	7	24	12	15	22	4	20

Sedimentos de fondo

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

Sr-90. Además de la posible aportación por el funcionamiento de la central, el principal origen de la presencia de éste isótopo es el poso radiactivo.

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

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

Figura 2.27a. Muestras de sedimentos de fondo. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

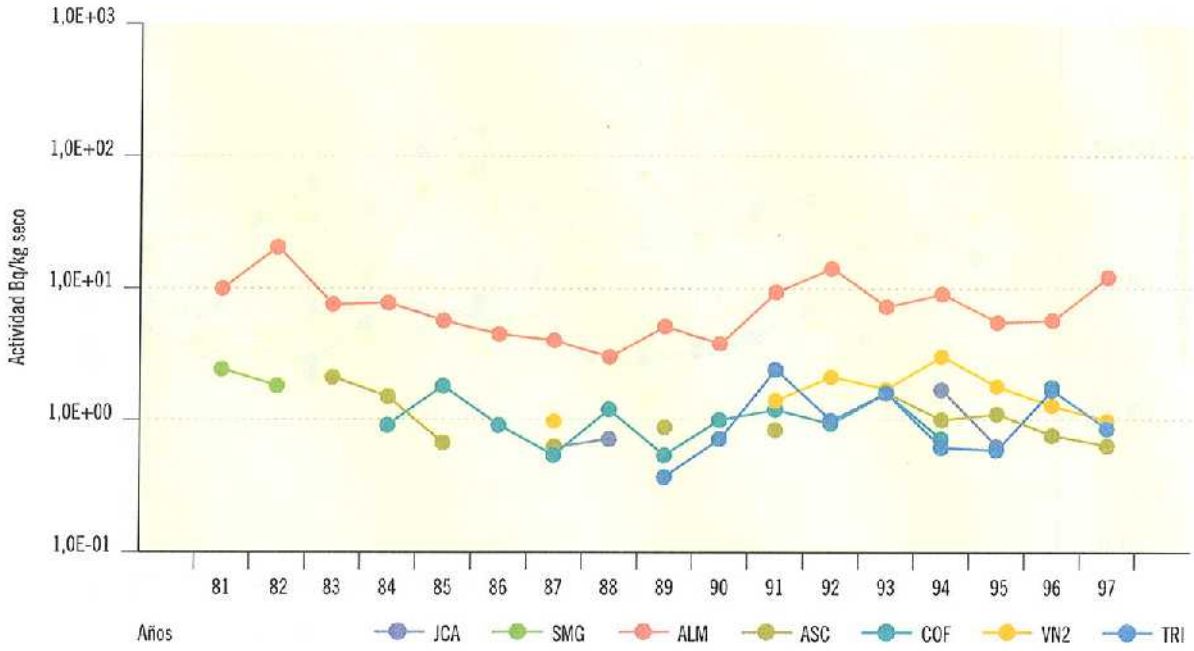
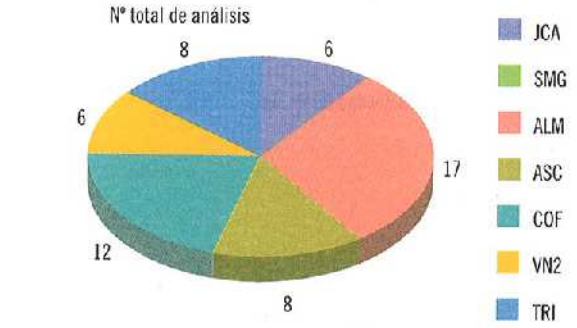
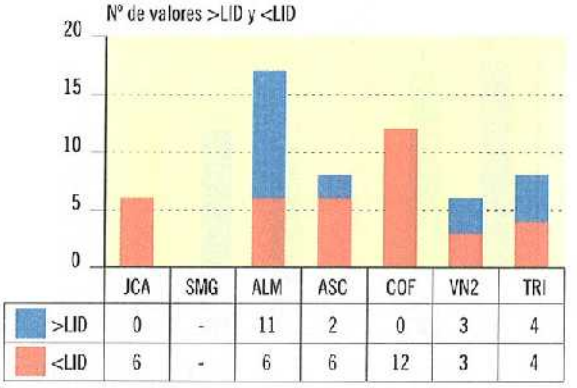


Figura 2.27b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	0	-	11	2	0	3	4
<LID	6	-	6	6	12	3	4

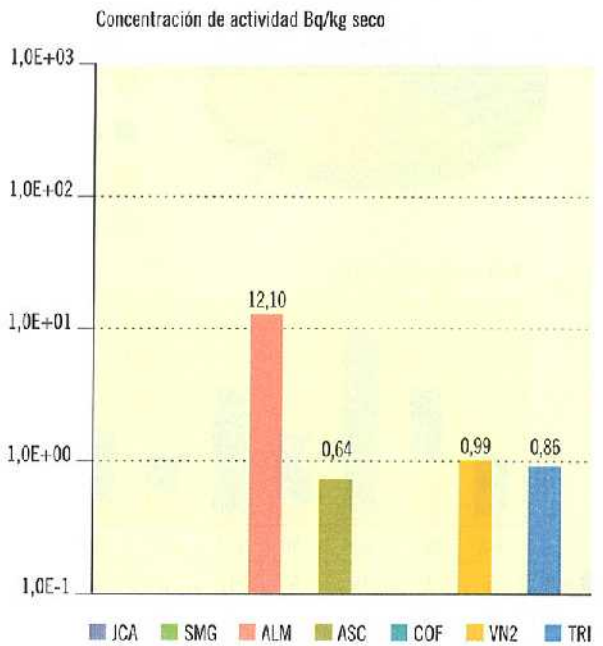


Figura 2.28a. Muestras de sedimentos de fondo. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

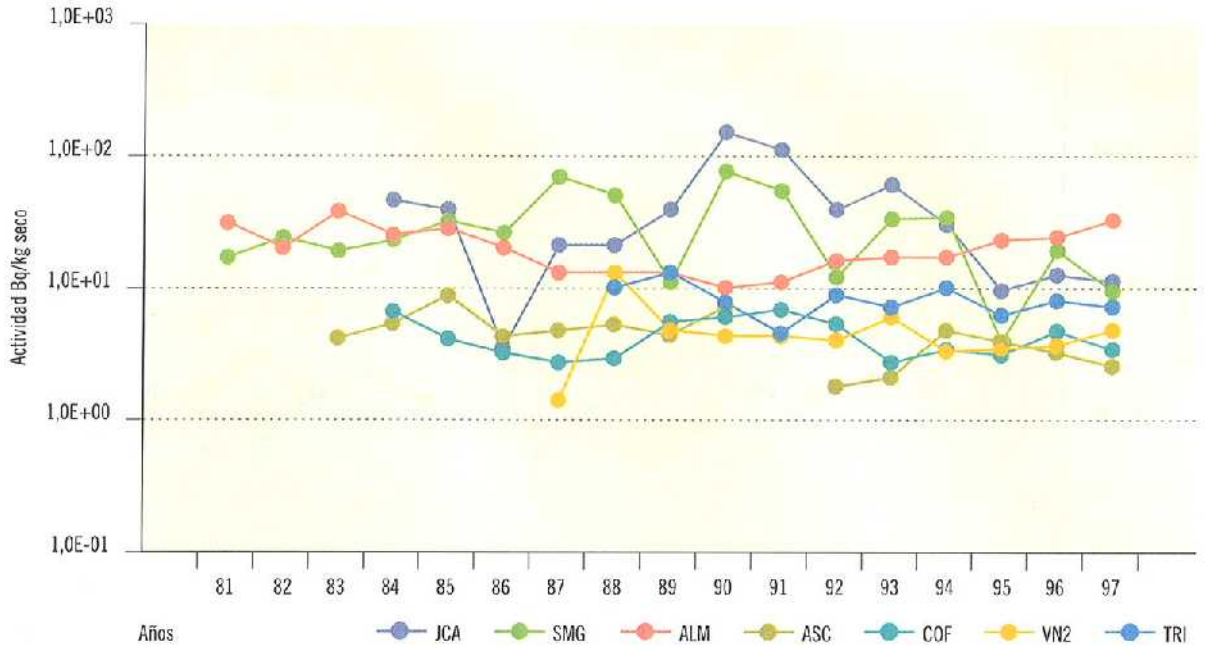
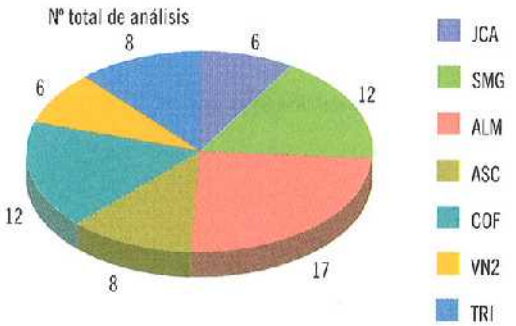
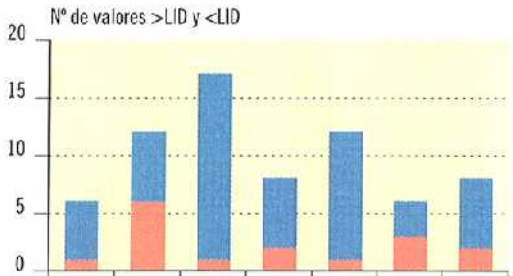


Figura 2.28b. Sedimentos de fondo. Concentración de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	5	6	16	6	11	3	6
<LID	1	6	1	2	1	3	2

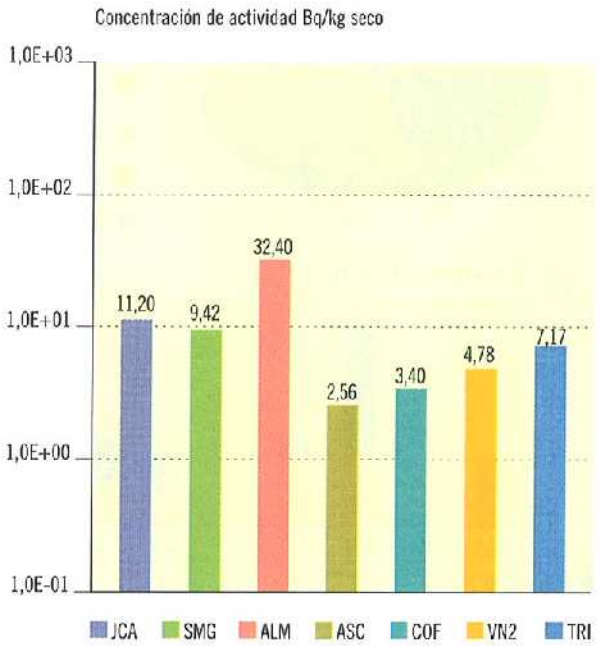


Figura 2.29a. Muestras de sedimentos de fondo. Evolución temporal de Cs-134

Valores medios en la zona vigilada

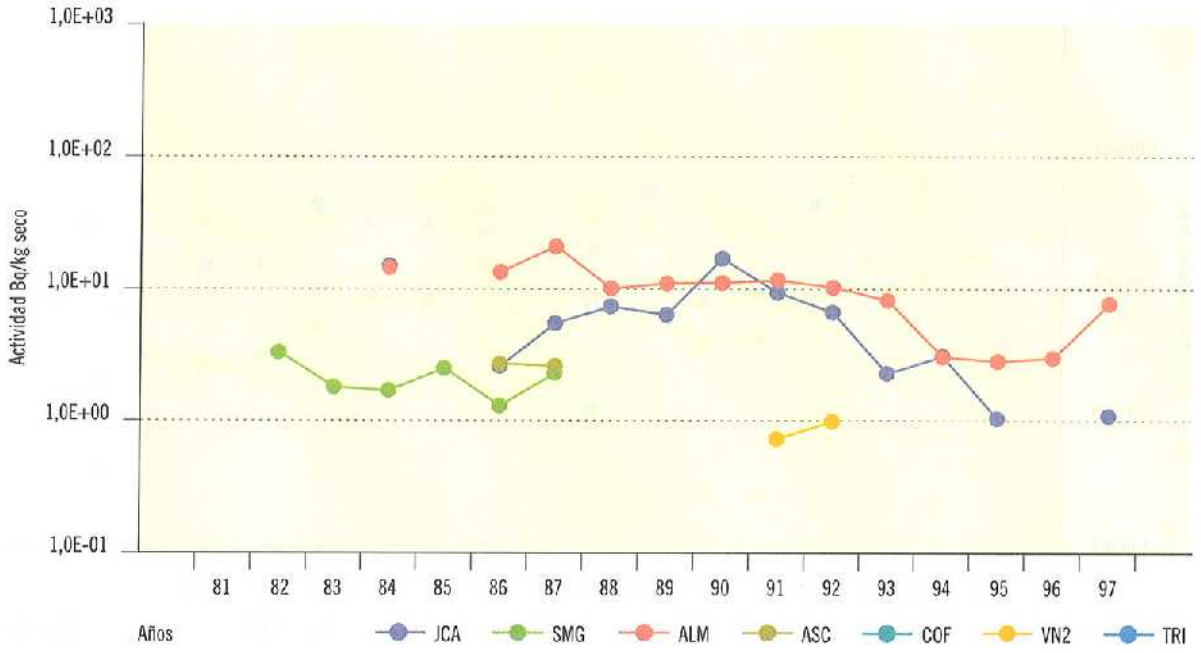
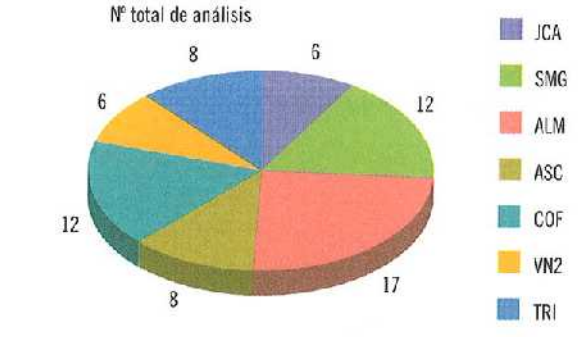
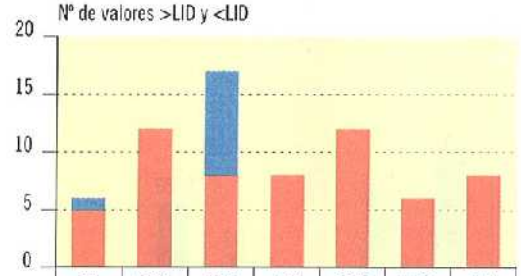


Figura 2.29b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Cs-134

Valores medios de la campaña de 1997



Nº de valores >LID y <LID



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	0	9	0	0	0	0
<LID	5	12	8	8	12	6	8

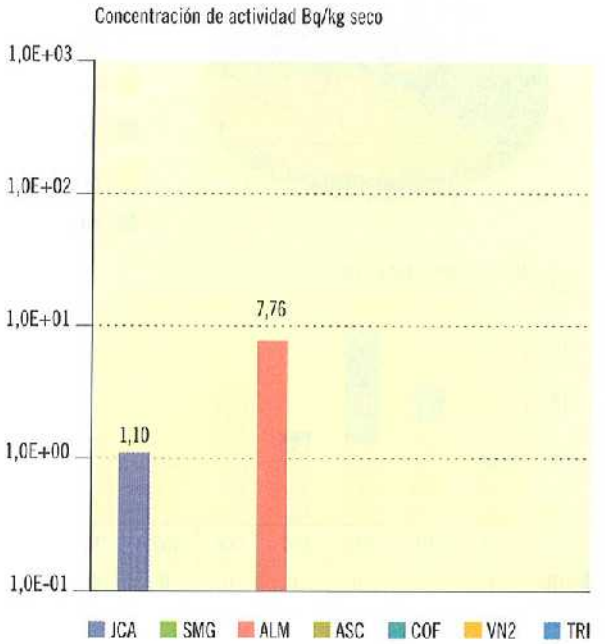


Figura 2.30a. Muestras de sedimentos de fondo. Evolución temporal de Co-60.

Valores medios en la zona vigilada

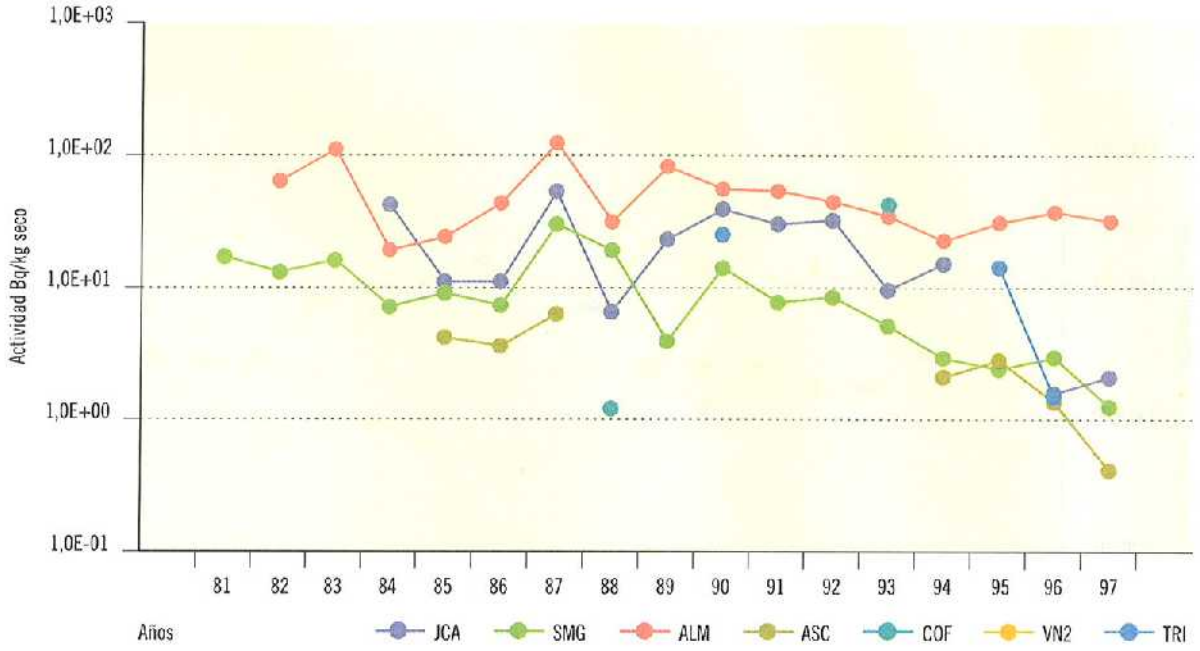
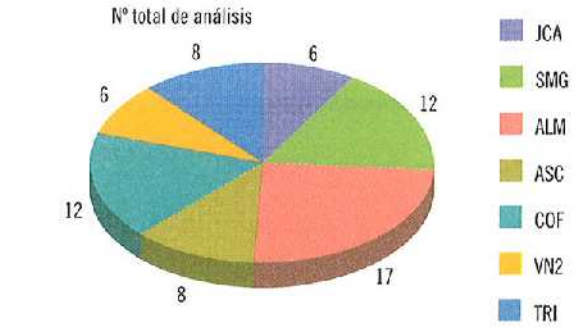
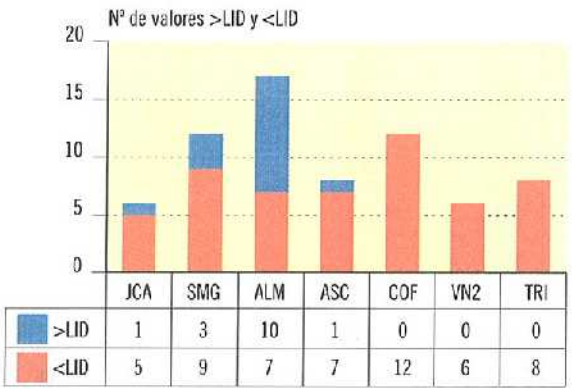


Figura 2.30b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Co-60.

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	3	10	1	0	0	0
<LID	5	9	7	7	12	6	8

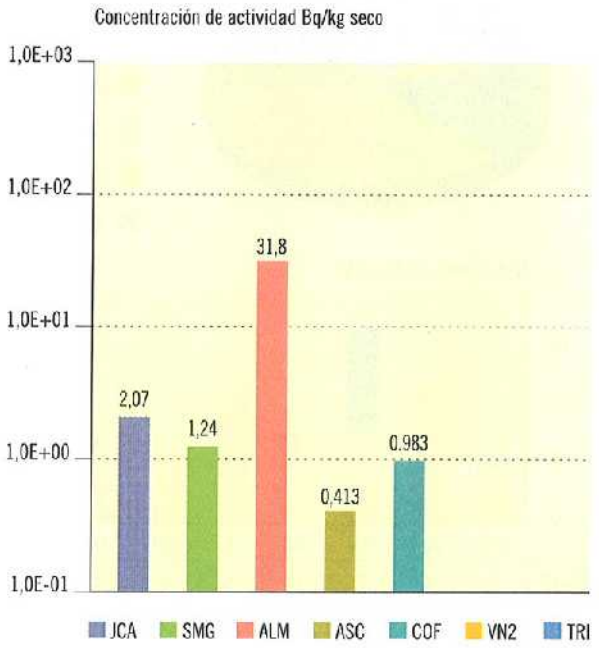


Figura 2.31a. Muestras de sedimentos de fondo. Evolución temporal de Mn-54

Valores medios en la zona vigilada

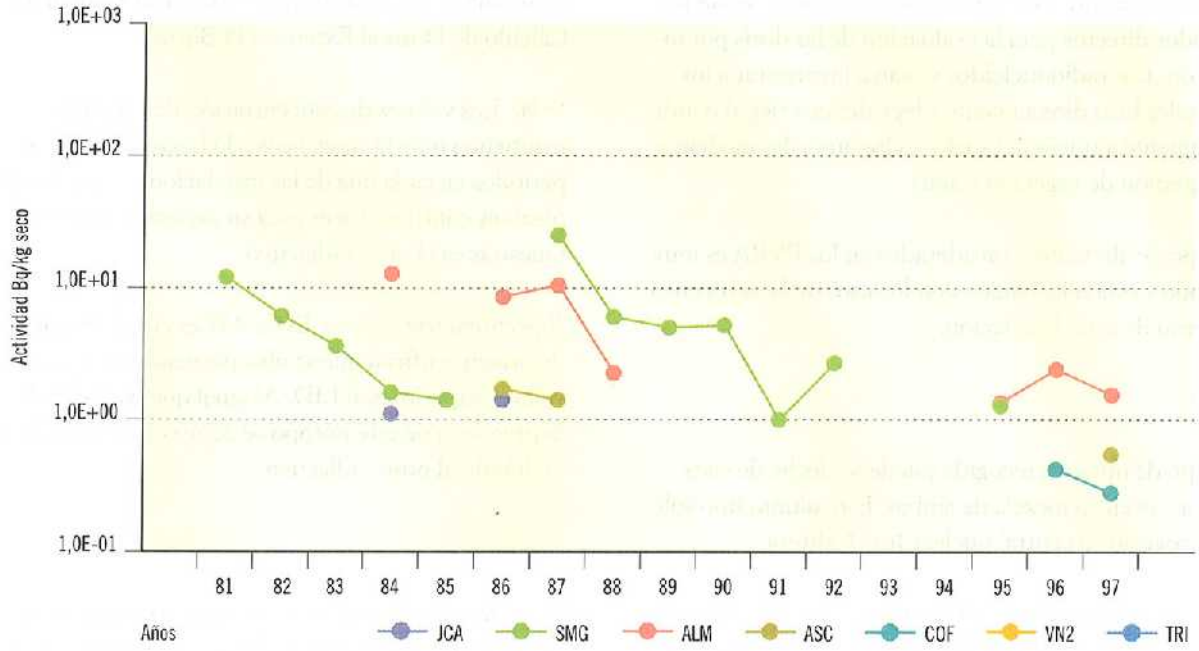
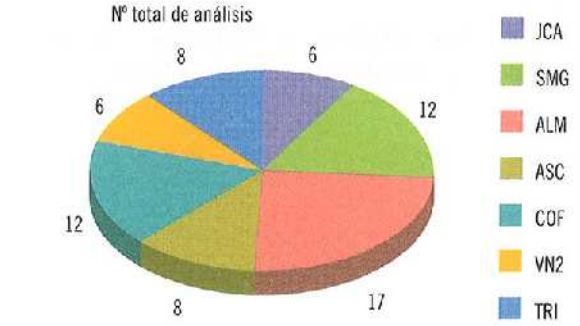
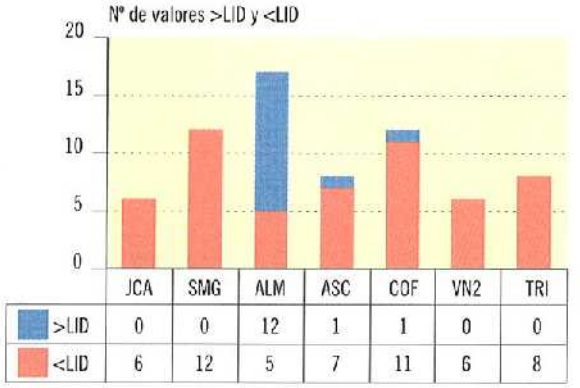


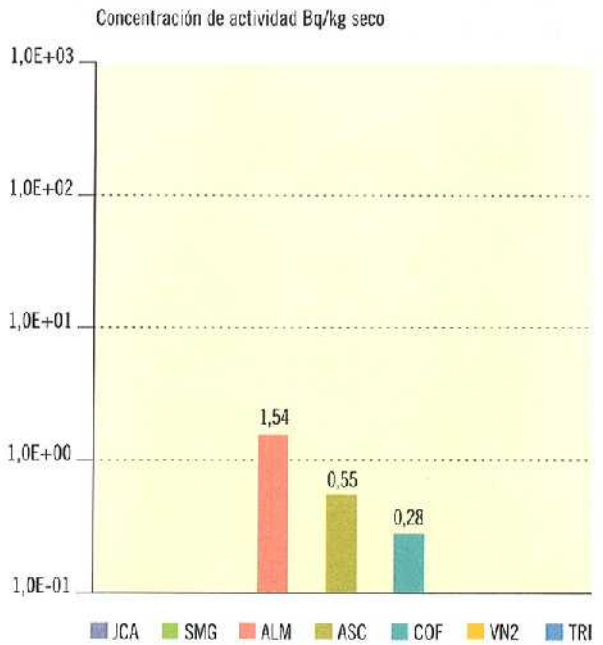
Figura 2.31b. Sedimentos de fondo. Concentración de actividad de Mn-54

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	0	0	12	1	1	0	0
<LID	6	12	5	7	11	6	8



Alimentos

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

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

Leche

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

I-131. Este análisis se realiza con una frecuencia quincenal si la leche procede de animales que pastan, y en aquellos 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 observa un incremento en los valores de concentración (figura 2-32a).

En los resultados de la campaña del año 1997 (figura 2-32 b), se han observado valores superiores al LID únicamente en las muestras del PVRA de la central nuclear José Cabrera, con concentraciones muy bajas, incluso inferiores al LID establecido en su Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (35 Bq/m^3).

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

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

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.

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

Figura 2.32a. Muestras de leche. Evolución temporal de I-131

Valores medios en la zona vigilada

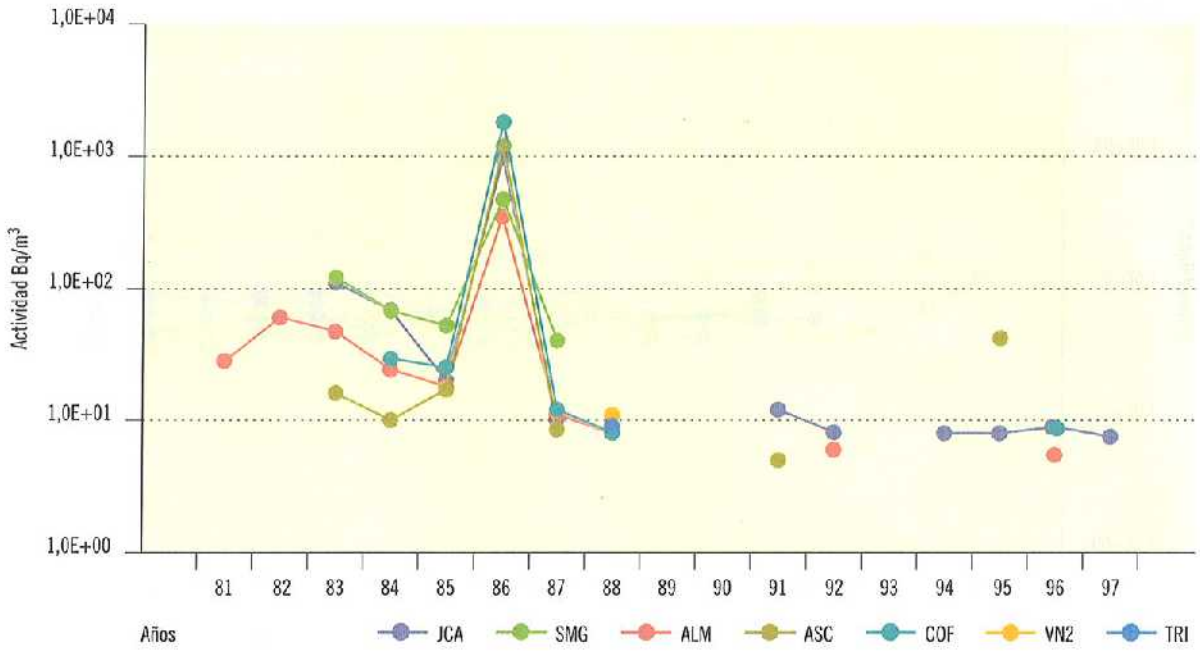
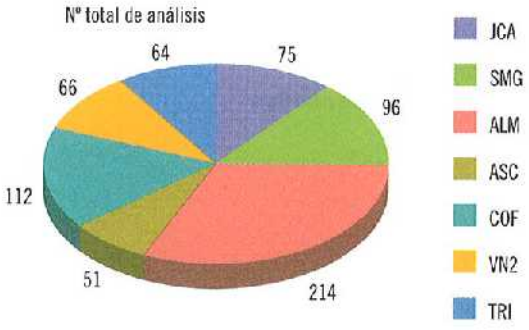
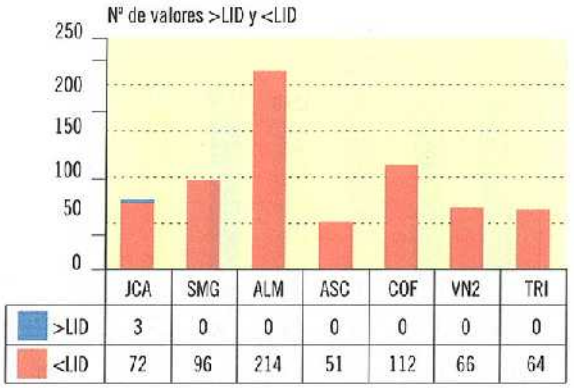


Figura 2.32b. Leche. Concentración de actividad de I-131

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	3	0	0	0	0	0	0
<LID	72	96	214	51	112	66	64

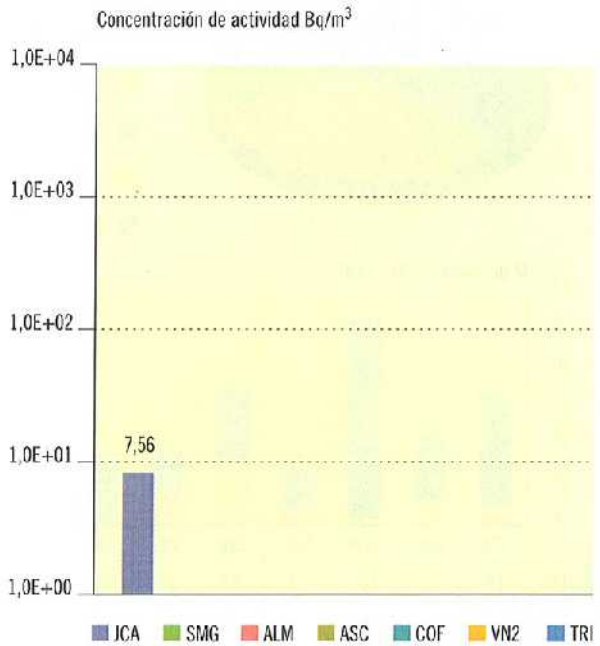


Figura 2.33a. Muestras de leche. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

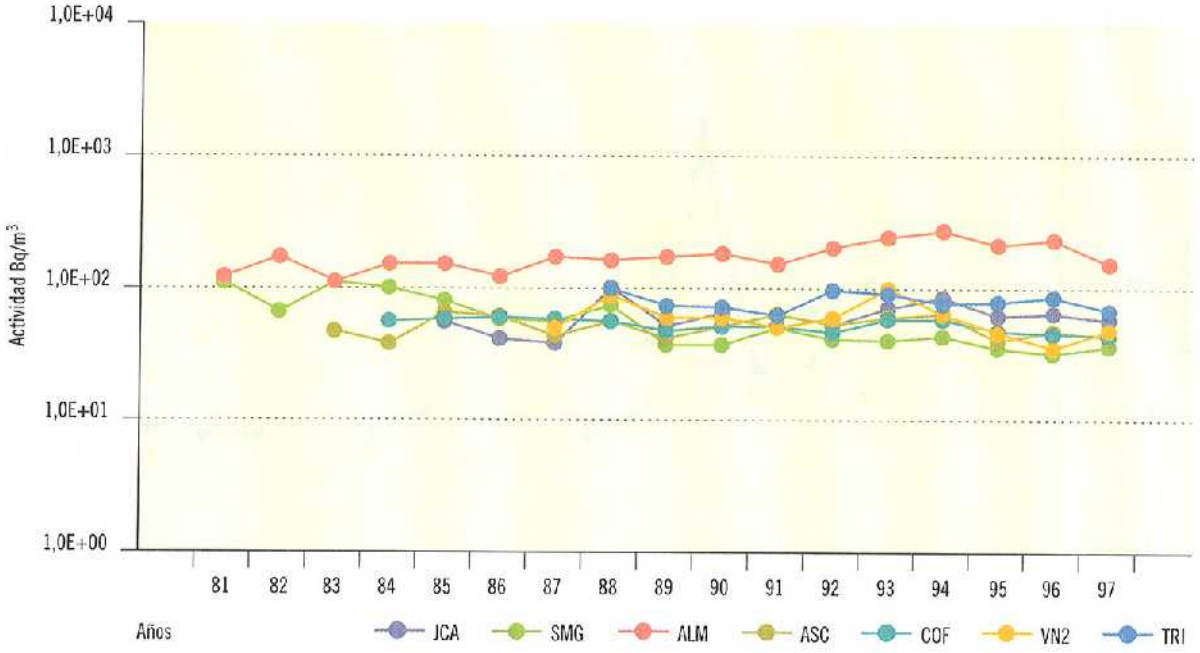
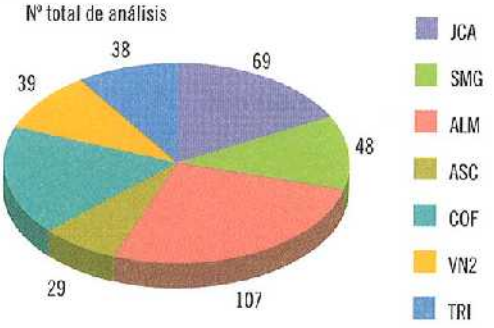
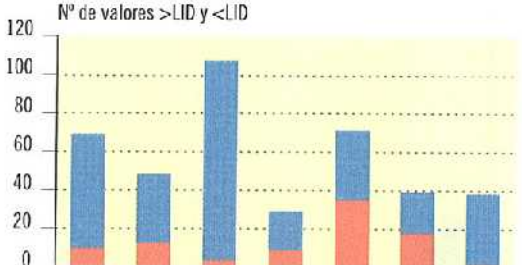


Figura 2.33b. Leche. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	59	35	103	20	36	21	36
<LID	10	13	4	9	35	18	2

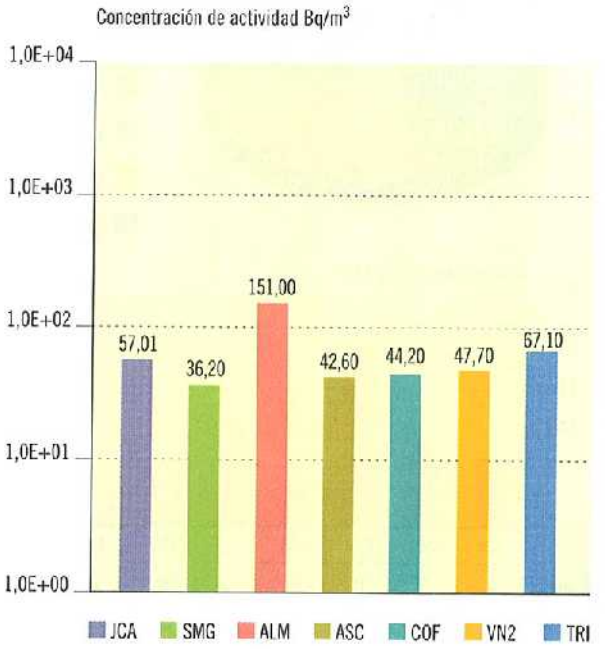


Figura 2.34a. Muestras de leche. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

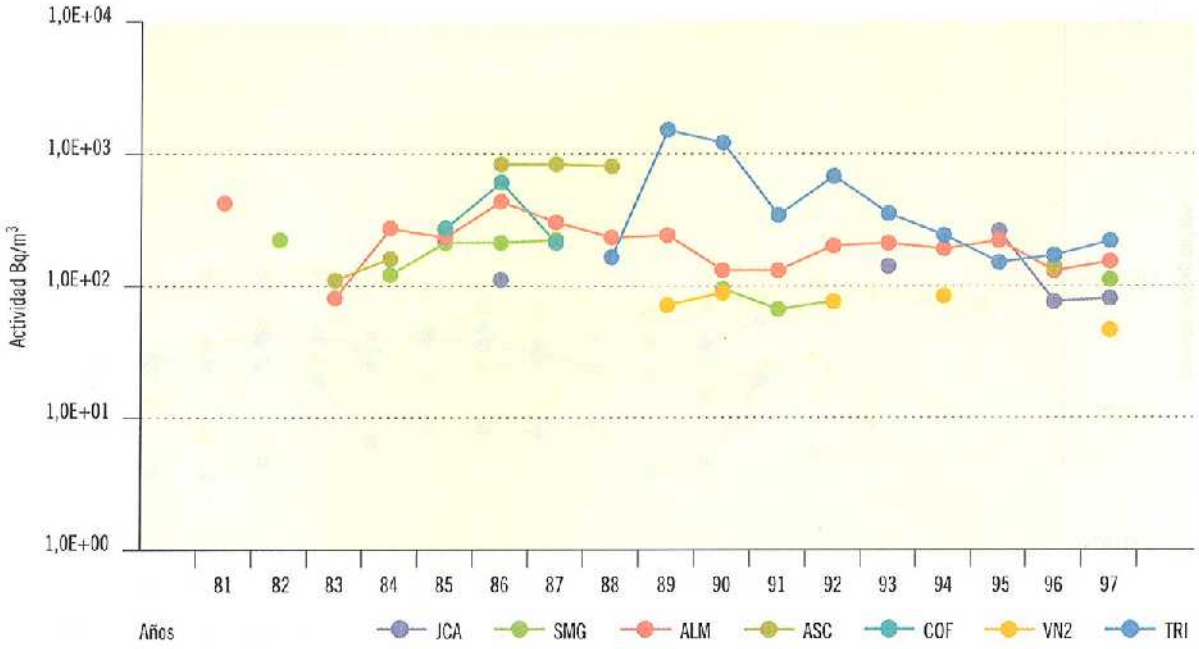
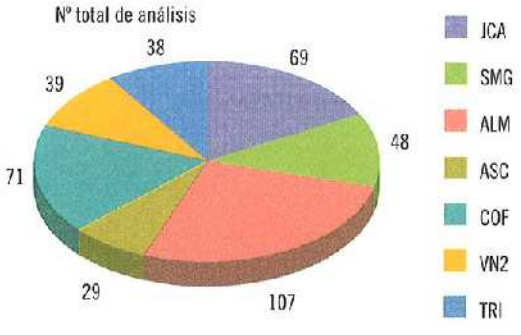
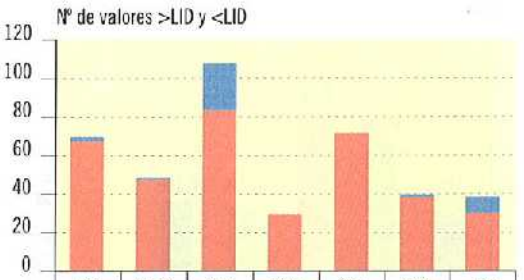


Figura 2.34b. Leche. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	2	1	24	0	0	1	8
<LID	67	47	83	29	71	38	30

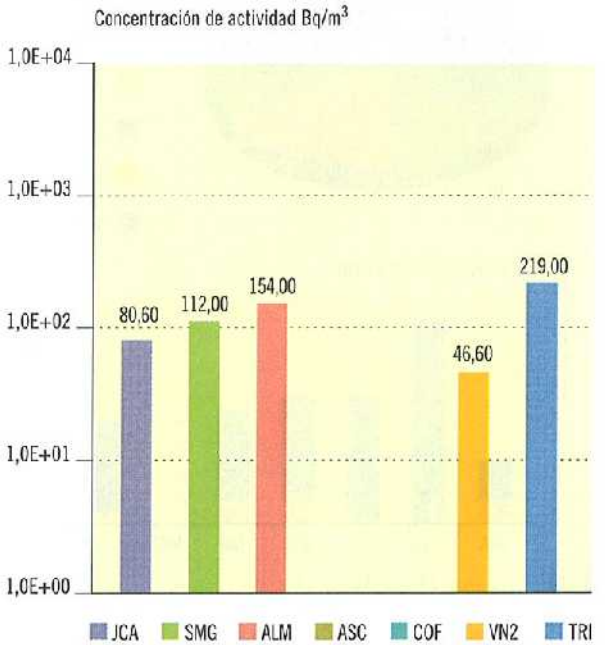


Figura 2.35a. Muestras de vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

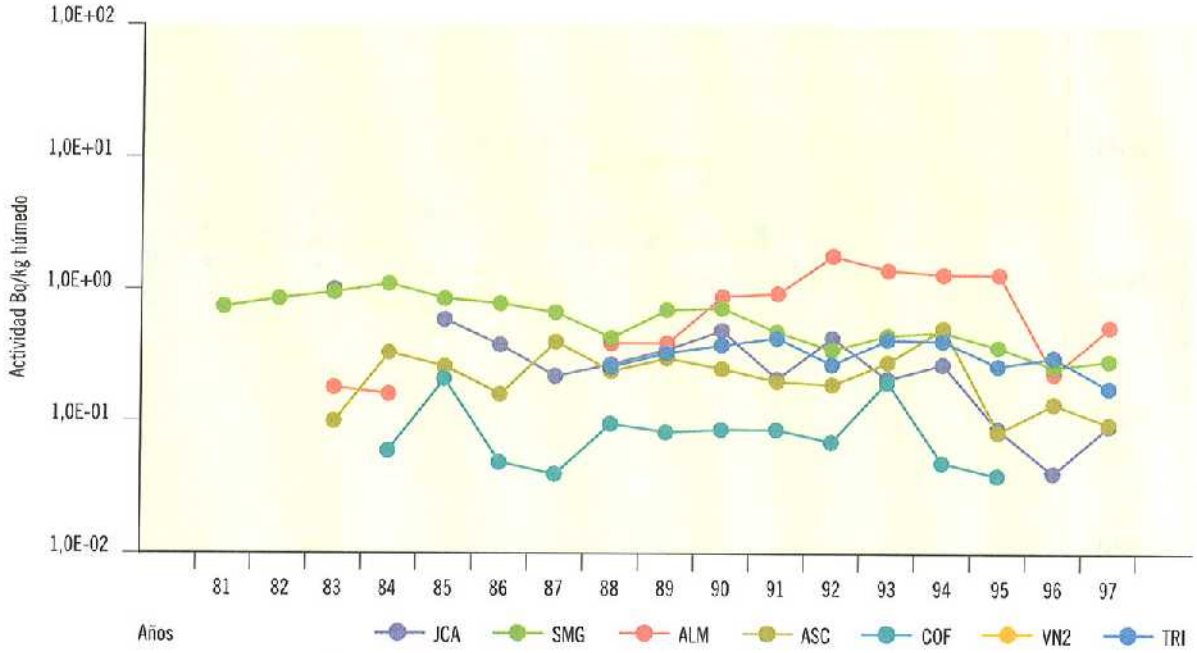
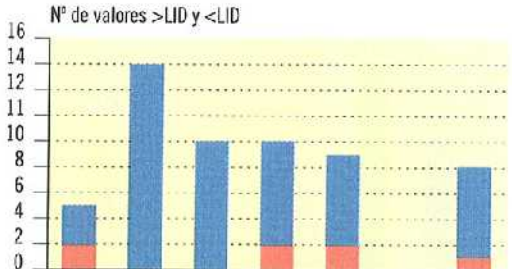


Figura 2.35b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997



	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	3	14	10	8	7	-	7
<LID	2	0	0	2	2	-	1

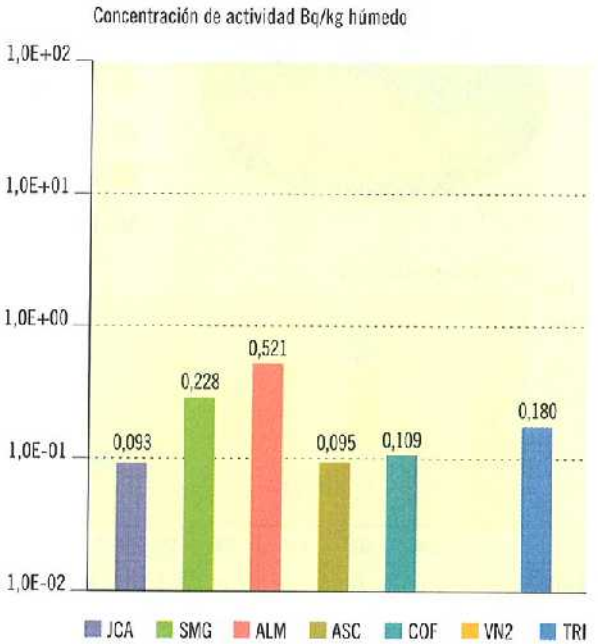


Figura 2.36a. Muestras de vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

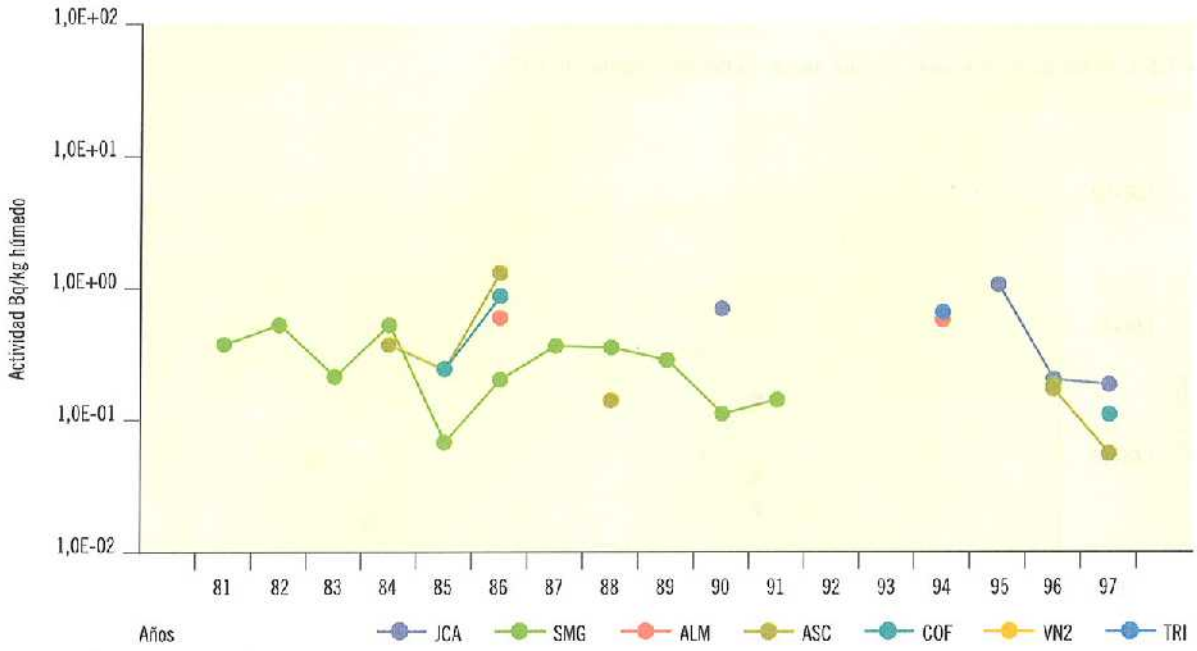
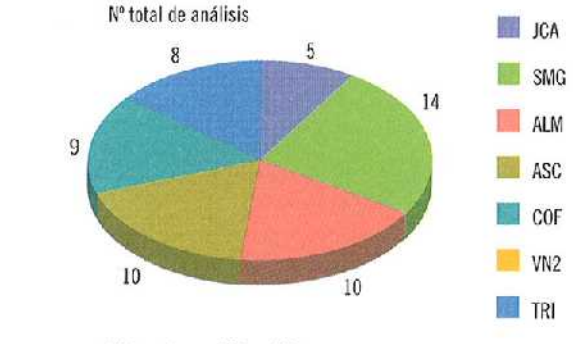
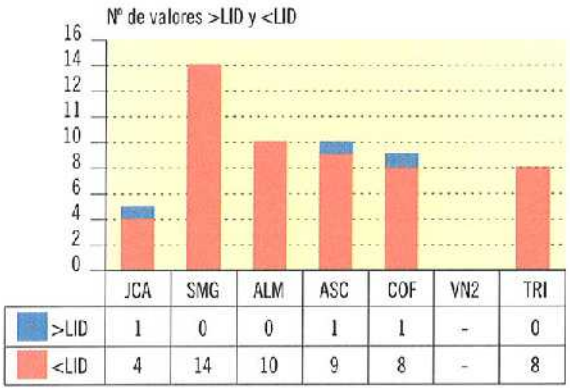


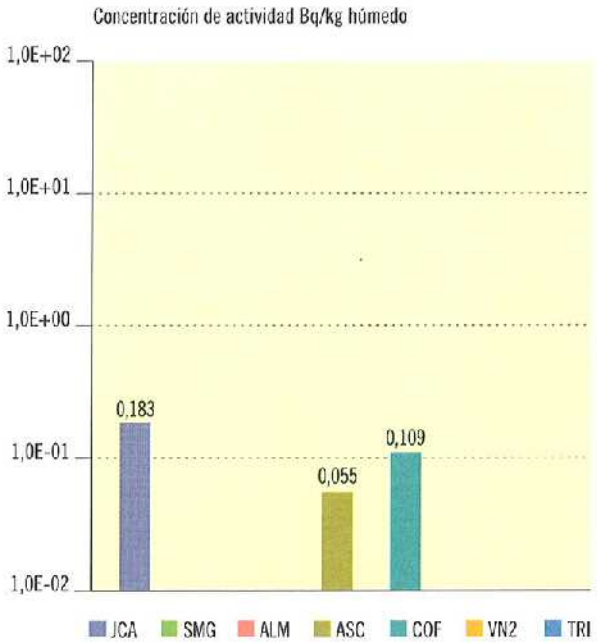
Figura 2.36b. Vegetales de hoja ancha. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	1	0	0	1	1	-	0
<LID	4	14	10	9	8	-	8



El análisis de I-131 se realiza únicamente en los vegetales de hoja ancha. Su detección es totalmente esporádica.

Figura 2.37a. Muestras de vegetales de hoja ancha. Evolución temporal de I-131
Valores medios en la zona vigilada

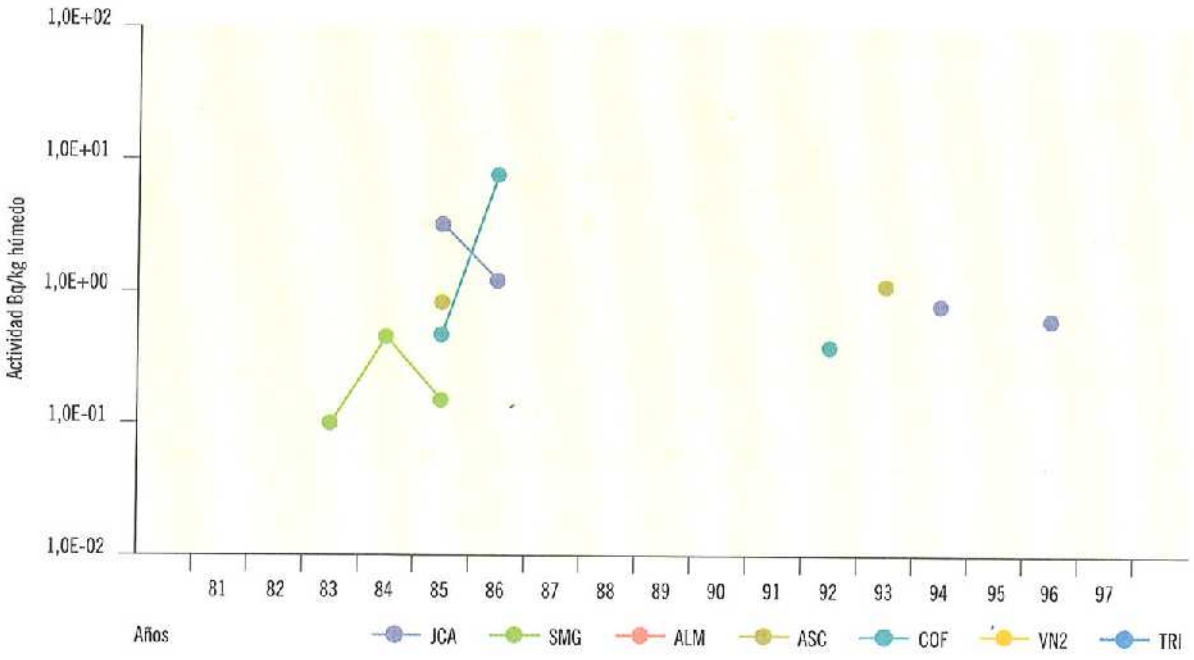


Figura 2.38a. Muestras de vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de Sr-90

Valores medios en la zona vigilada

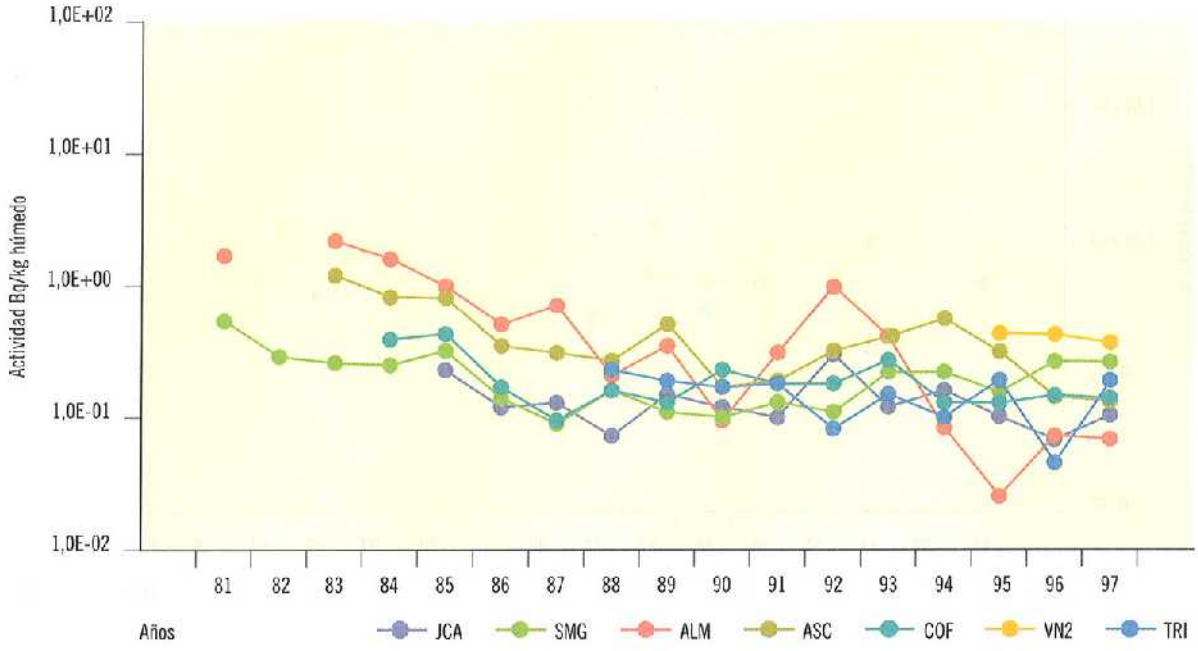
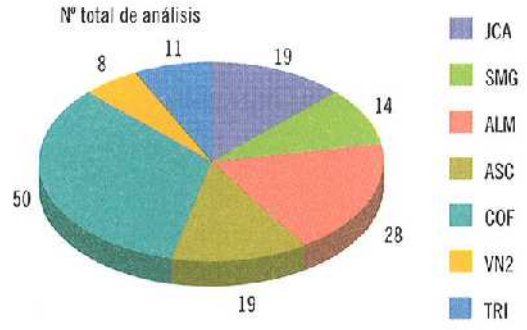
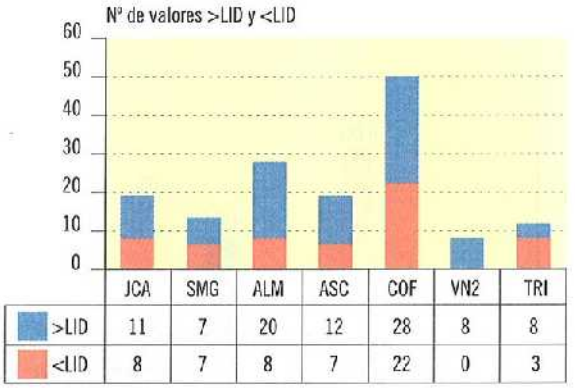


Figura 2.38b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	11	7	20	12	28	8	8
<LID	8	7	8	7	22	0	3

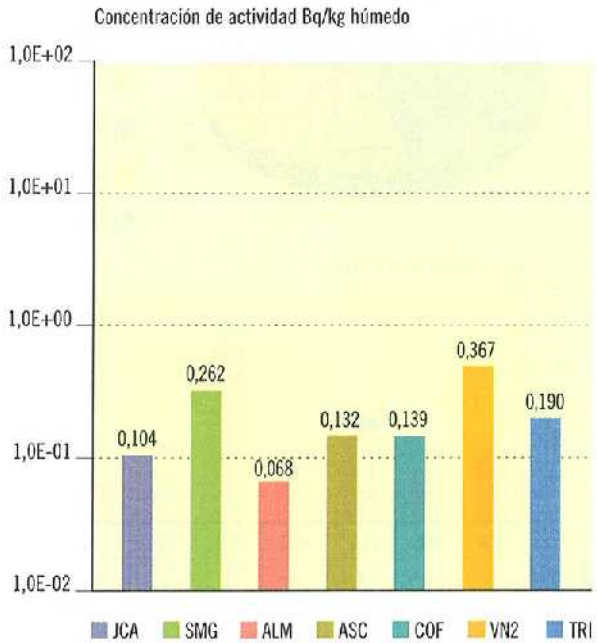


Figura 2.39a. Muestras de vegetales de hoja no ancha. Evolución temporal de Cs-137

Valores medios en la zona vigilada

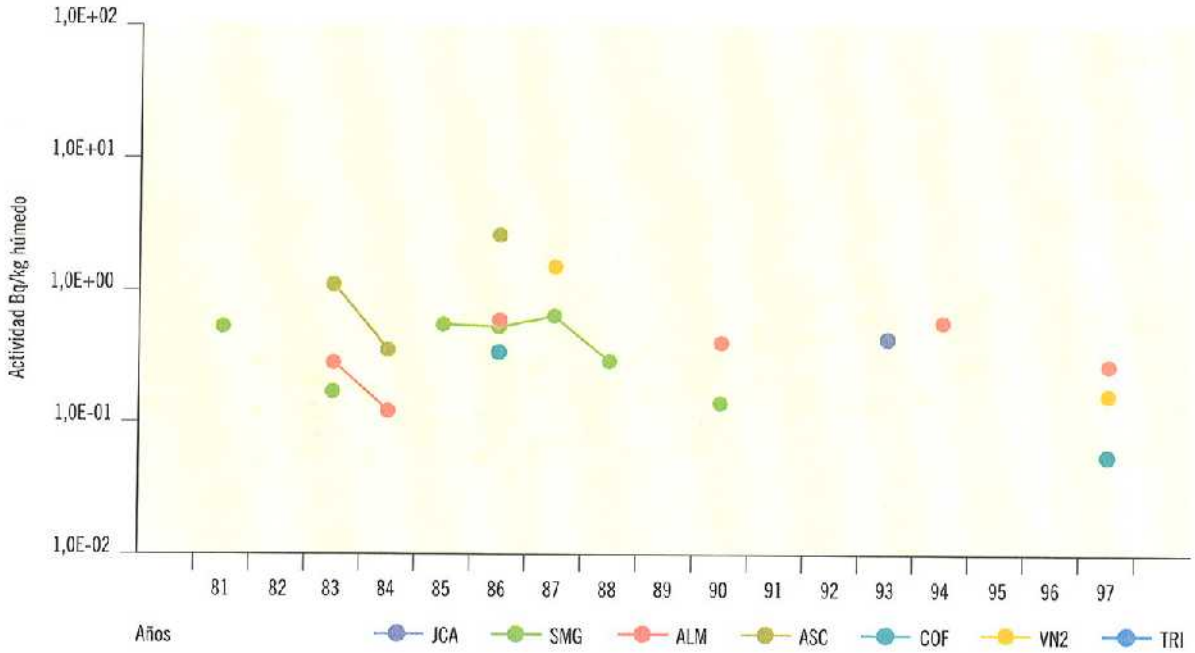
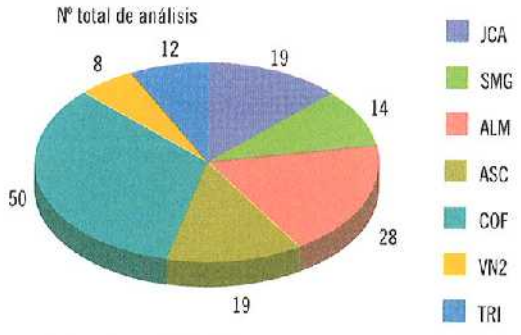
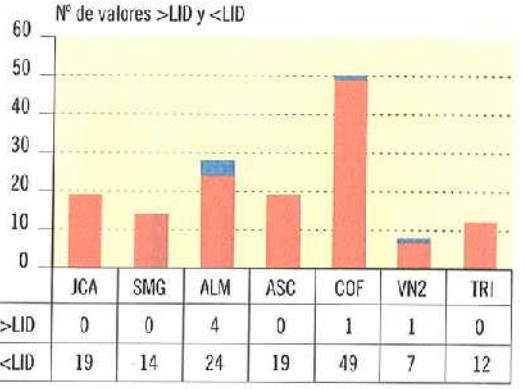


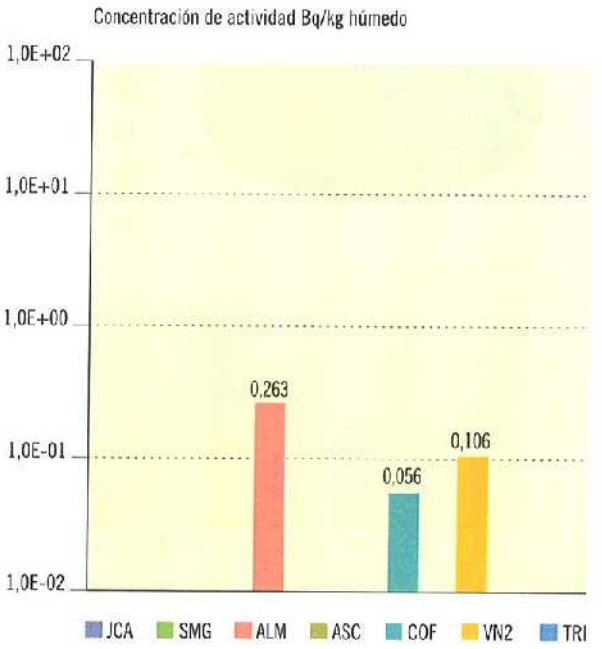
Figura 2.39b. Vegetales de hoja no ancha. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997





	JCA	SMG	ALM	ASC	COF	VN2	TRI
>LID	0	0	4	0	1	1	0
<LID	19	14	24	19	49	7	12



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. En esta misma tabla, junto al nombre de la instalación y entre paréntesis, figura el código de identificación que se ha utilizado en la figuras.

2.2. Diseño de los programas

El Estudio Analítico Radiológico (EAR) ha sido la base para el diseño de los PVRA de la Fábrica de Elementos Combustibles de Juzbado y de la Instalación para el Almacenamiento de Residuos Radiactivos de El Cabril, ya que por tratarse de instalaciones nucleares su desarrollo es un requisito reglamentario cuyo objetivo se comentó en el apartado 1.2 de este documento. En el caso de El Cabril esta información se incluía en el Estudio de Impacto Ambiental de la instalación.

La Planta Quercus al ser una instalación radiactiva de primera categoría no precisa la realización de dicho estudio; no obstante y de acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, dentro del Estudio de Seguridad se debe presentar un análisis y evaluación de los riesgos derivados del funcionamiento de la instalación, tanto en régimen normal como en condiciones de accidente.

Para el diseño de estos programas de vigilancia se ha tenido en cuenta la normativa nacional adaptada al tipo específico de estas instalaciones (GS/JEN-3) (GS/JEN-9) y (GS/CSN-4.1) y otra normativa internacional más específica como la Regulatory Guide 4.14 *Radiological Effluent and Enviromental Monitoring at Uranium Mills*, para la Planta Quercus, el NUREG/CR-5054 *Recommendations to the NCR for alternative Methods of Low-Level Radioactive Waste Disposal. Environmental Monitoring and Surveillance Programs* para Sierra Albarrana y para Juzbado, documentación relativa a instalaciones análogas de los EEUU.

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

Instalación (código identificación)	Localidad (Provincia)	Tipo de Instalación	Actividad	Puesta en marcha
Fábrica de elementos combustibles Juzbado (JUZ)	Juzbado (Salamanca)	Nuclear	Fábrica de elementos combustibles de óxido de uranio para reactores de agua ligera	PEP O.M. de 14/1/85. Vigente 6ª prórroga del PEP por 10 años O.M. 5/7/96
Planta Quercus (QUER)	Ciudad Rodrigo (Salamanca)	Radiactiva de 1ª categoría	Producción de concentrados de uranio	PEP para 4 años por O.M.10/92. Obtiene el PED por O.M. de 25/4/97
El Cabril (CABR)	Sierra Albarrana (Córdoba)	Nuclear	Almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de media y baja actividad	PEP O.M. de 9/10/92. Vigente 2ª prorroga del PEP por 5 años por O.M. 8/10/96

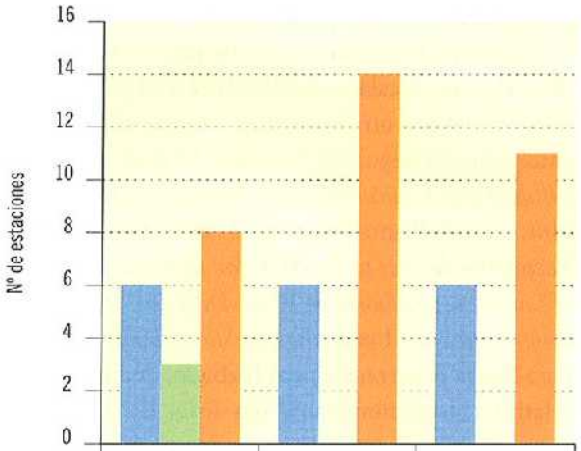
Como en el caso de las centrales nucleares, los PVRA de estas instalaciones se han ido actualizando en función de los resultados obtenidos, la experiencia acumulada y teniendo en cuenta los cambios producidos en los usos de la tierra y el agua en el emplazamiento.

En las figuras 2-40 a 2-42 se presenta el número de estaciones de muestreo seleccionadas para cada instalación y vía de exposición.

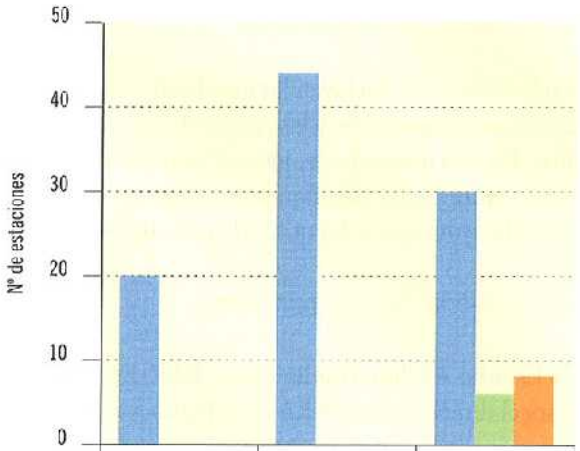
En la tabla 2.4 se incluyen los tipos de muestras y los análisis realizados en cada una de ellas.

Figura 2.40. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Aire y deposición húmeda y seca



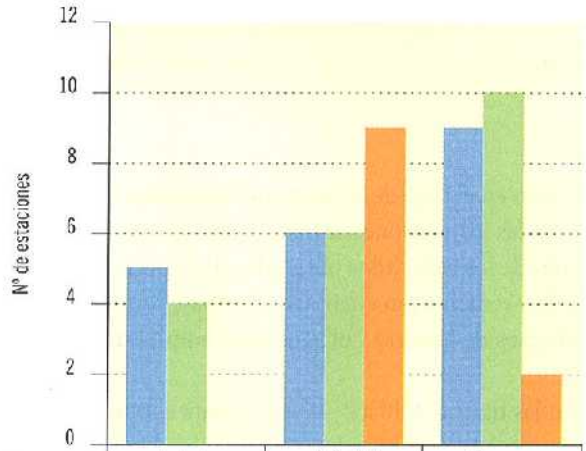
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Aire	6	6	6
Agua/Lluvia	3	-	-
Suelo	8	14	11



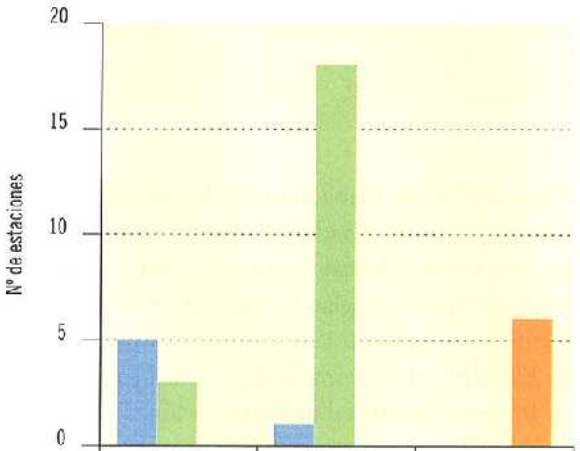
	Juzbado	El Cabril	Quercus
Radiación Directa	20	44	30
Radón	-	-	6
D. Radón	-	-	8

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

Medio acuático



	Juzbado	El Cabril	Quercus
Agua superficial	5	6	9
Sedimentos	4	6	10
Organismos indicadores	-	9	2

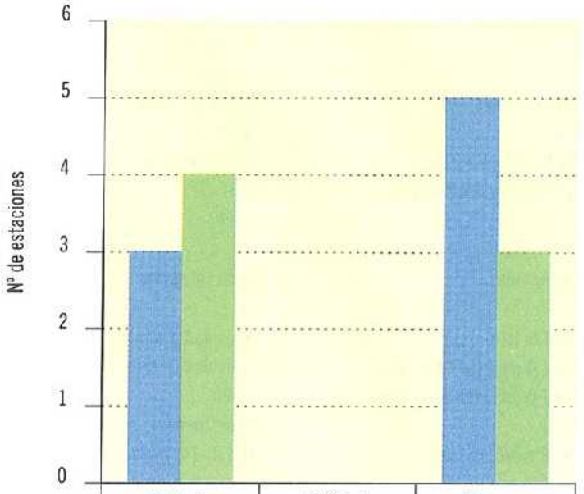


	Juzbado	El Cabril	Quercus
Agua subterranea	5	1(pozo)	-
Agua de sondeos	3	18	-
Agua potable	(*)	-	6

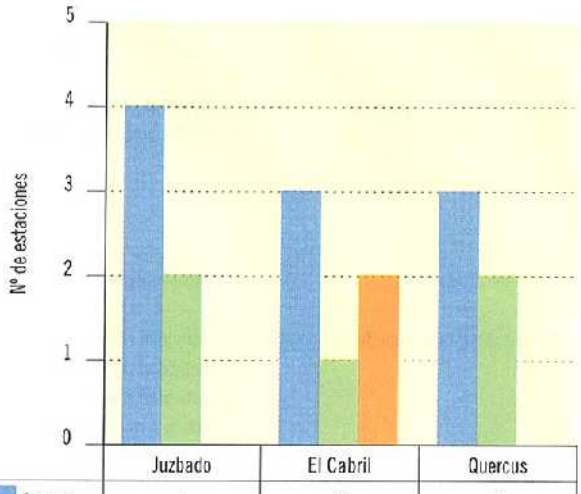
(*) Consideran como potable dos muestras, una de agua superficial y otra de agua subterranea

Figura 2.42. Número de estaciones de muestreo en los PVRA de las instalaciones del ciclo de combustible

Alimentos



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



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

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

Tipo de muestra	Análisis realizados		
	Juzbado	Quercus	El Cabril
Aire	Actividad α total Espectrometría α de uranio	Actividad α total U natural Th-230, Ra-226, Pb-210 Radón (Rn-222 y descendientes)	Actividad β total Sr-90 Espectrometría γ H-3 C-14
Radiación directa	Dosis integrada	Dosis integrada	Dosis integrada
Aguas 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. Cuando el análisis es específico de una sola instalación y muestra, se representa la evolución histórica de los valores medios y se incluye dentro de la misma figura una tabla con los datos correspondientes a la campaña de 1997.

Para facilitar la comparación del alcance del PVRA realizado por cada una de las instalaciones, en las figuras que contienen los resultados históricos de los PVRA se toma como fecha origen la correspondiente

a la instalación más antigua (Juzbado), y en la leyenda aparecen referidas todas las instalaciones, hagan o no un determinado tipo de análisis. La discontinuidad entre dos períodos 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 de lo realizado para las centrales nucleares, no se incluyen comentarios sobre la finalidad que tiene la elección de unas vías de exposición y análisis específicos en los PVRA ya que, en términos generales, es la misma que la indicada en el apartado 1.3 para dichas instalaciones, teniendo en cuenta que para la selección de los tipos de análisis se considera el tipo de instalación, los efluentes líquidos y gaseosos emitidos y las características del emplazamiento.

La instalación de El 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.

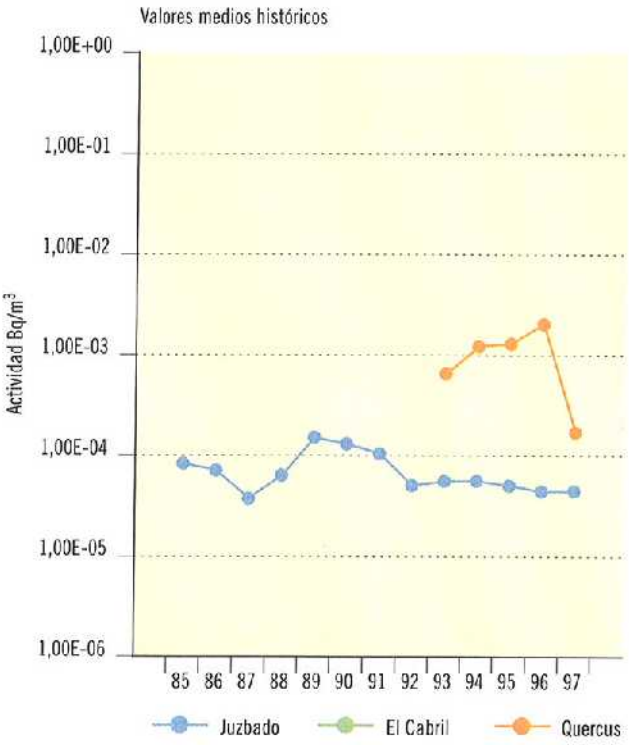
La valoración global de los resultados que se incluyen a continuación permite concluir que en aquellas vías de exposición que pueden, potencialmente, verse afectadas por la emisión de los efluentes de la instalación no se detectan incrementos radiológicamente significativos, sobre dicho fondo radiológico.

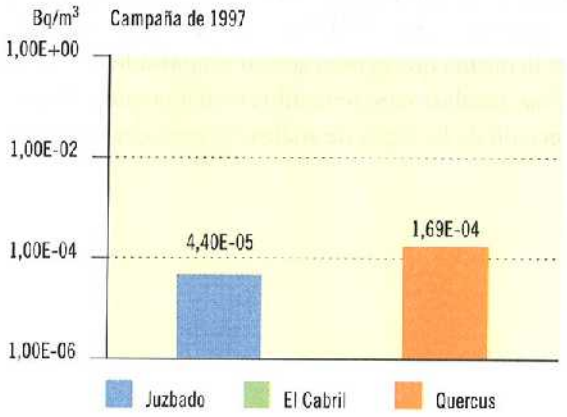
Aire

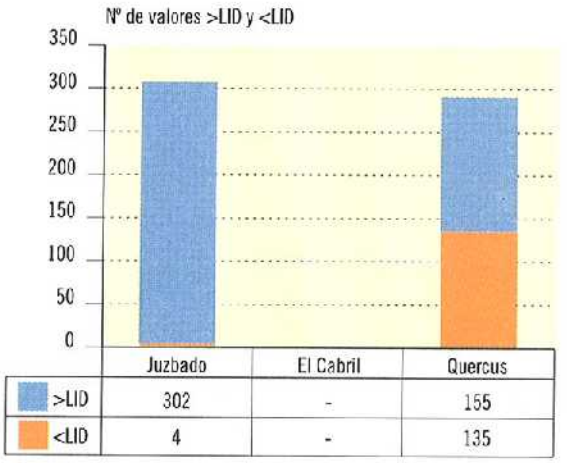
Partículas de polvo

Índice de actividad alfa total. En los resultados obtenidos en el PVRA de la Planta Quercus se observa una disminución de los valores a partir de la campaña del año 1997, que obedece a una modificación introducida en el procedimiento de análisis que permite al disminuir el límite inferior de detección obtener un mayor número de medidas superiores a dicho límite y en consecuencia aumenta la proporción de medidas detecta detectadas.

Figura 2.43. Partículas de polvo en el aire
Índice de actividad alfa total







	Juzbado	El Cabril	Quercus
>LID	302	-	155
<LID	4	-	135

Figura 2.44. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

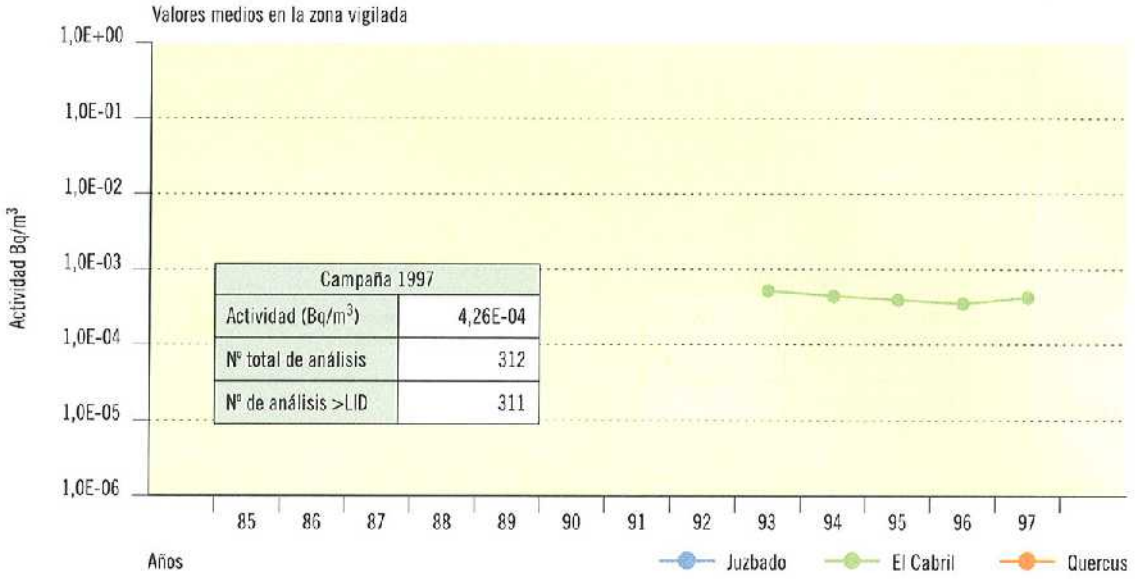


Figura 2.45. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de Sr-90

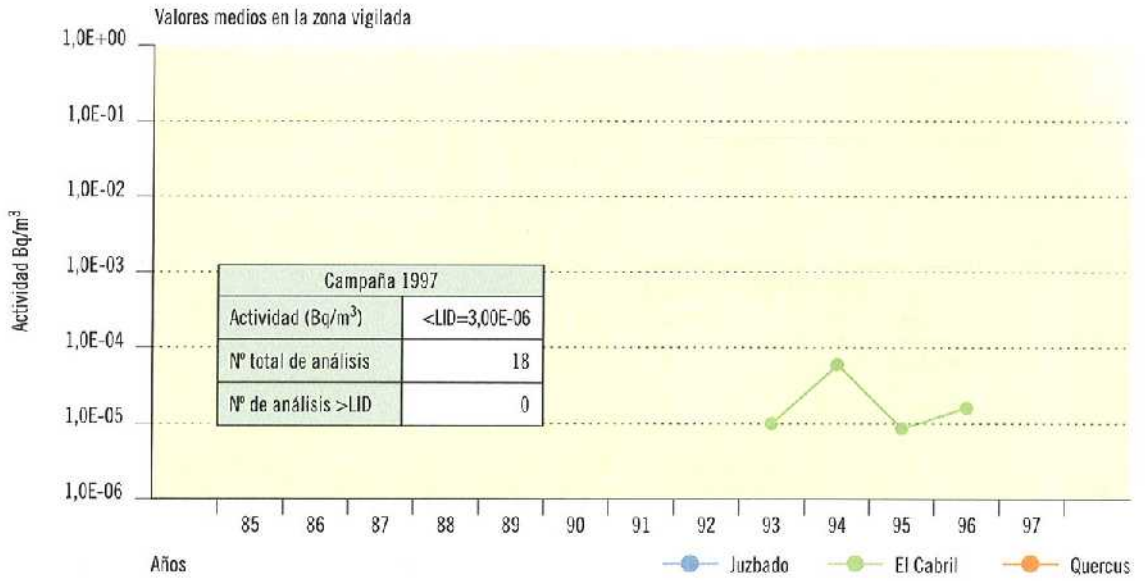


Figura 2.46. Vapor de agua en el aire

Evolución temporal del índice de actividad de tritio

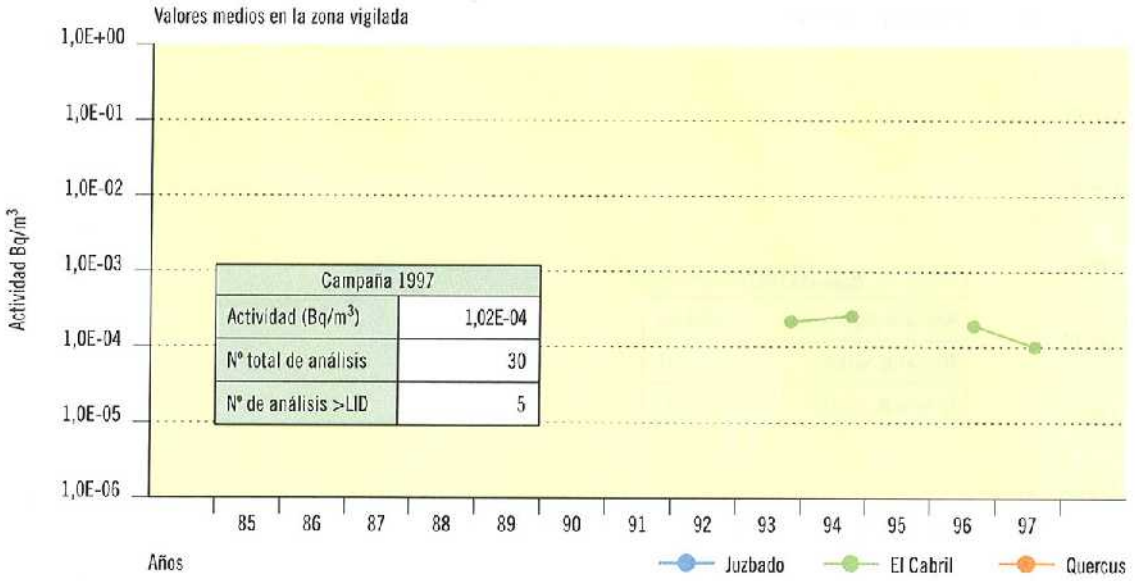


Figura 2.47. Aire

Evolución temporal de C-14

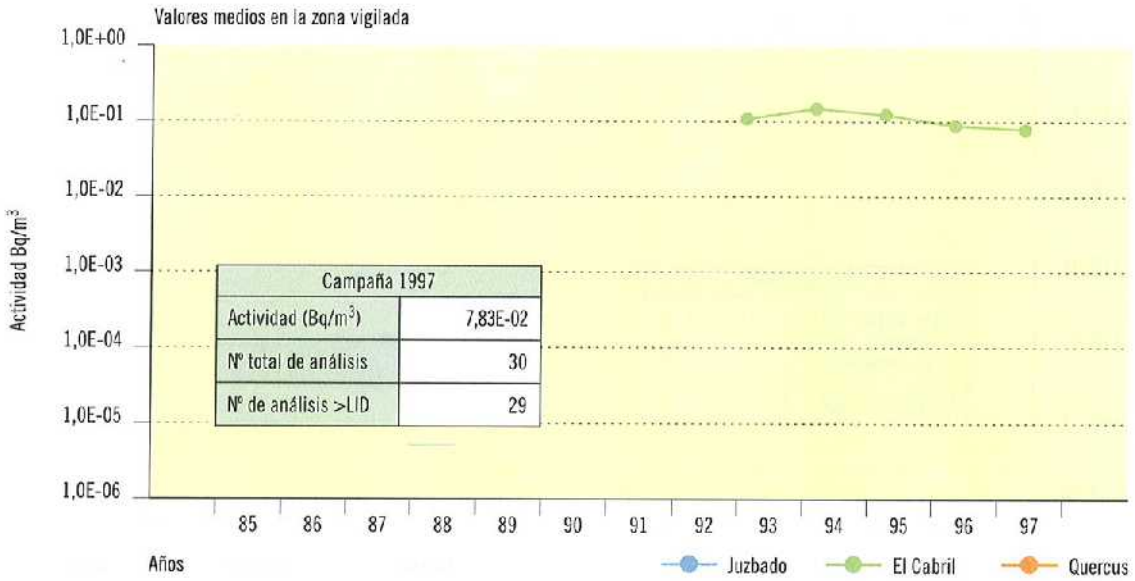


Figura 2.48. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de uranio total

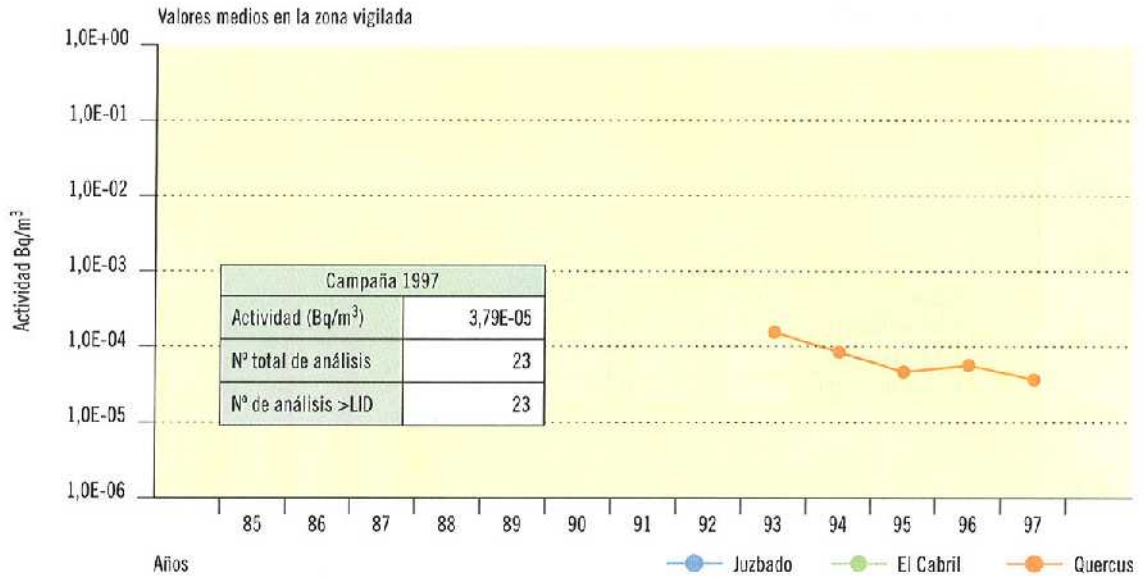


Figura 2.49. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal isótopos de uranio (U-234, U-235, U-238)

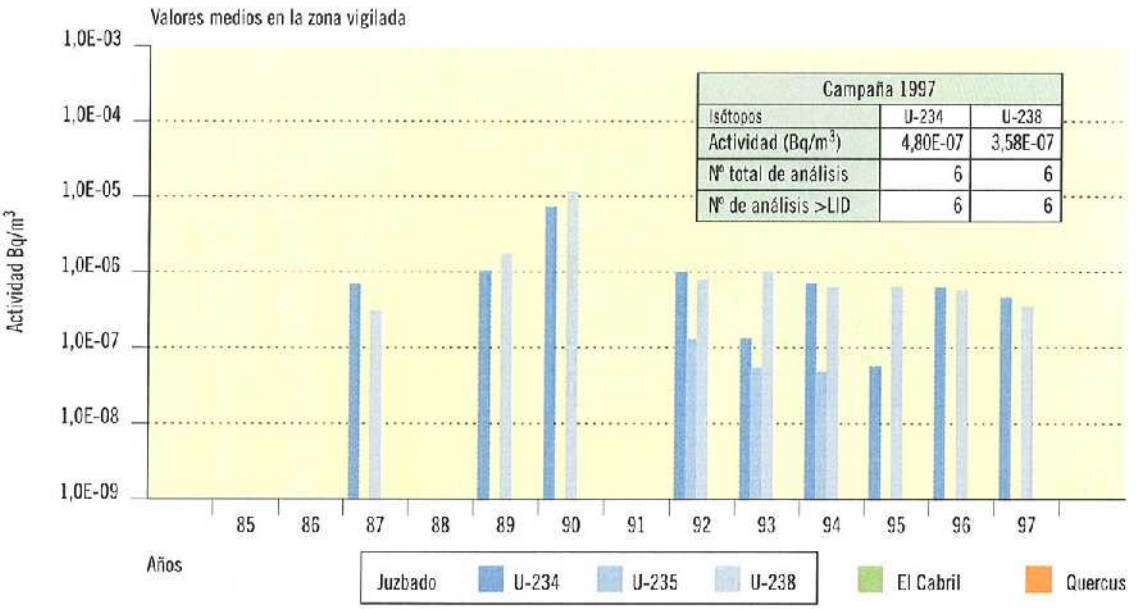


Figura 2.50. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal de isótopos Pb-210, Ra-226 y Th-230

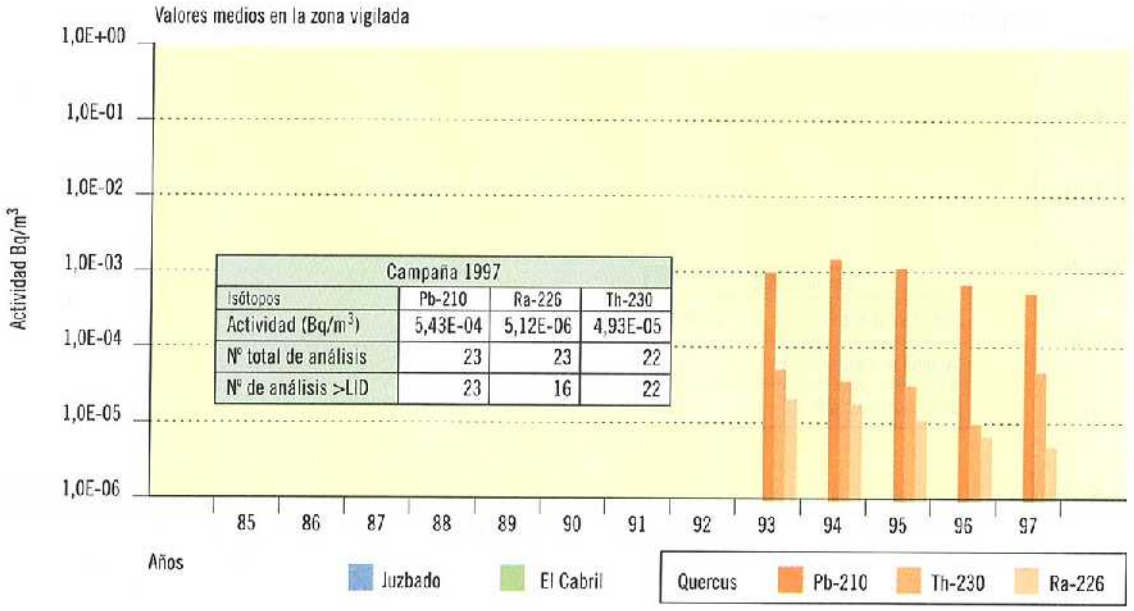
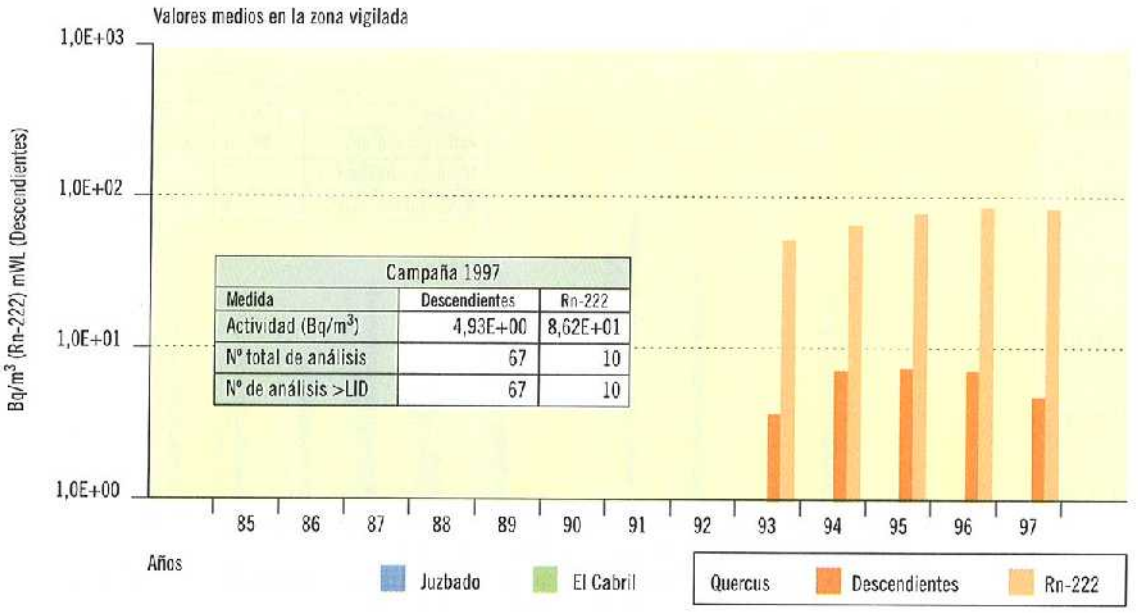


Figura 2.51. Aire-Radón

Evolución temporal de radón (descendientes y Rn-222)

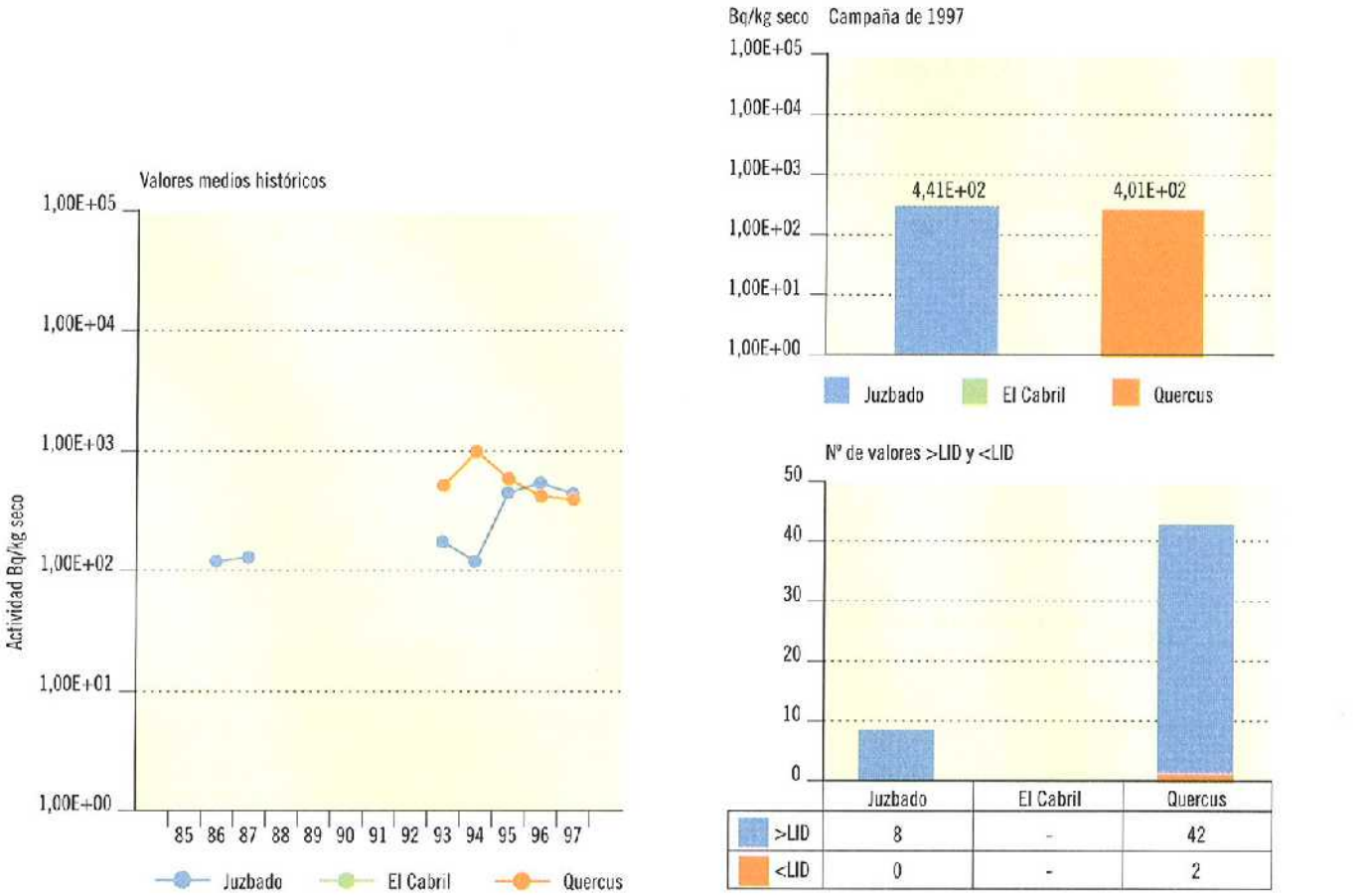


Deposición

Suelo: deposición total

Índice de actividad alfa total. En la figura 3-52 no se representan resultados para la instalación de Juzbado en los años 1988 a 1991, ya que en estos períodos sólo se dispone para esta instalación de datos en Bq/m², que no serían comparables con los que se representan en dicha figura expresados en Bq/kg seco.

Figura 2.52. Muestras de suelo
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



	Juzbado	El Cabril	Quercus
>LID	8	-	42
<LID	0	-	2

Figura 2.53. Muestras de suelo

Evolución temporal de Sr-90

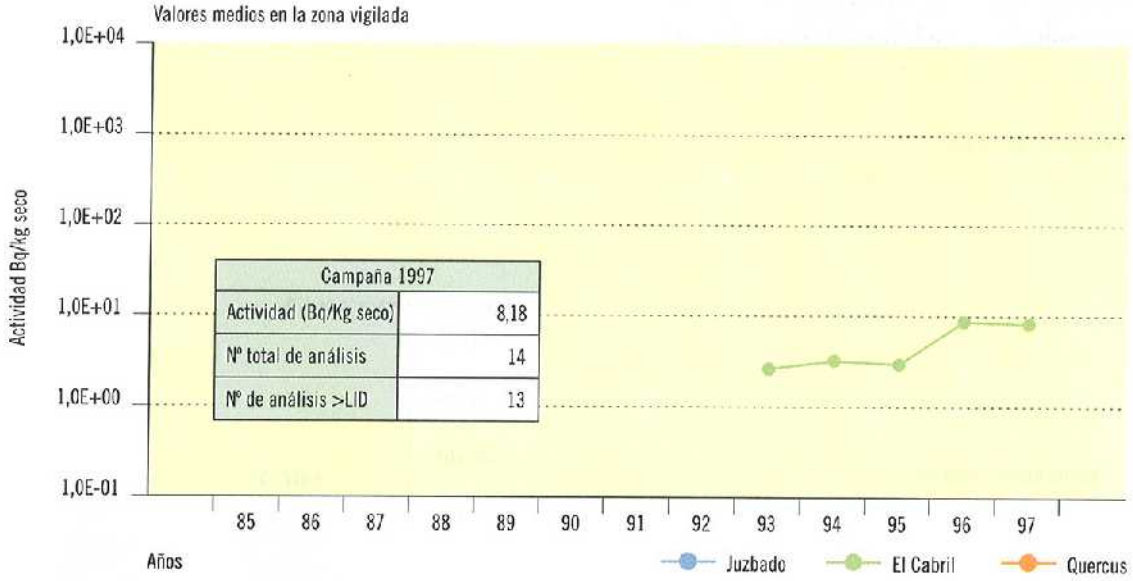


Figura 2.54. Muestras de suelo

Evolución temporal de Cs-137

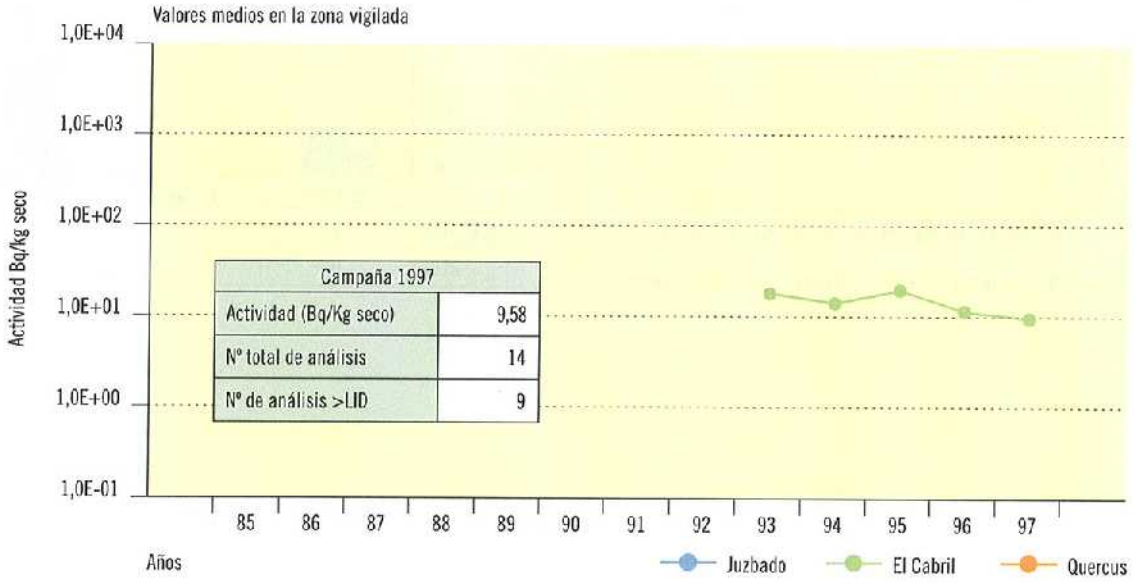


Figura 2.55. Muestras de suelo

Evolución temporal de uranio total

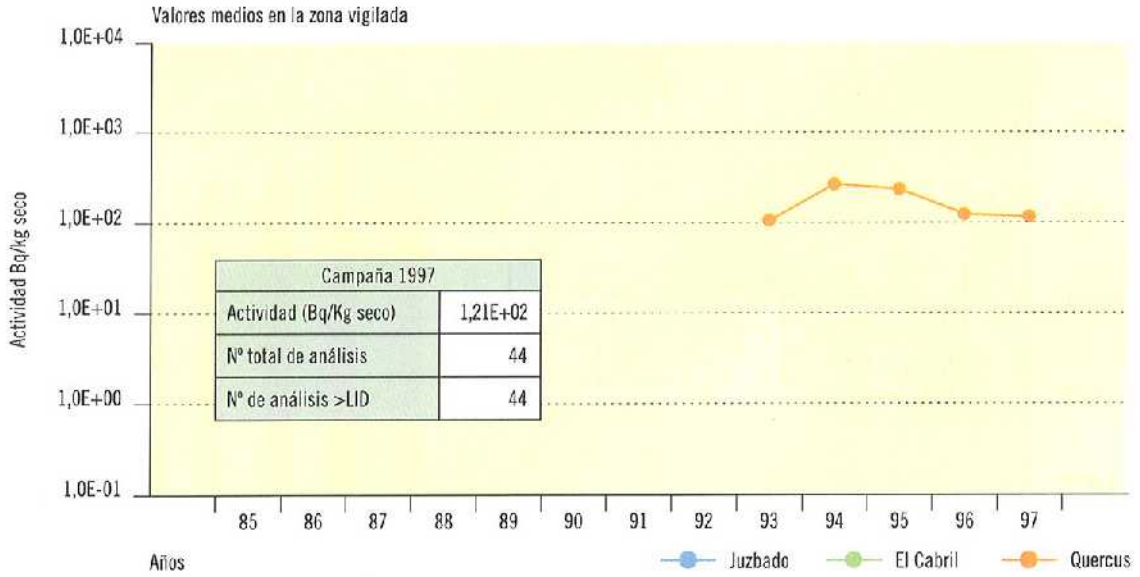


Figura 2.56. Muestras de suelo

Evolución temporal de isótopos de uranio (U-234, U-235, U-238)

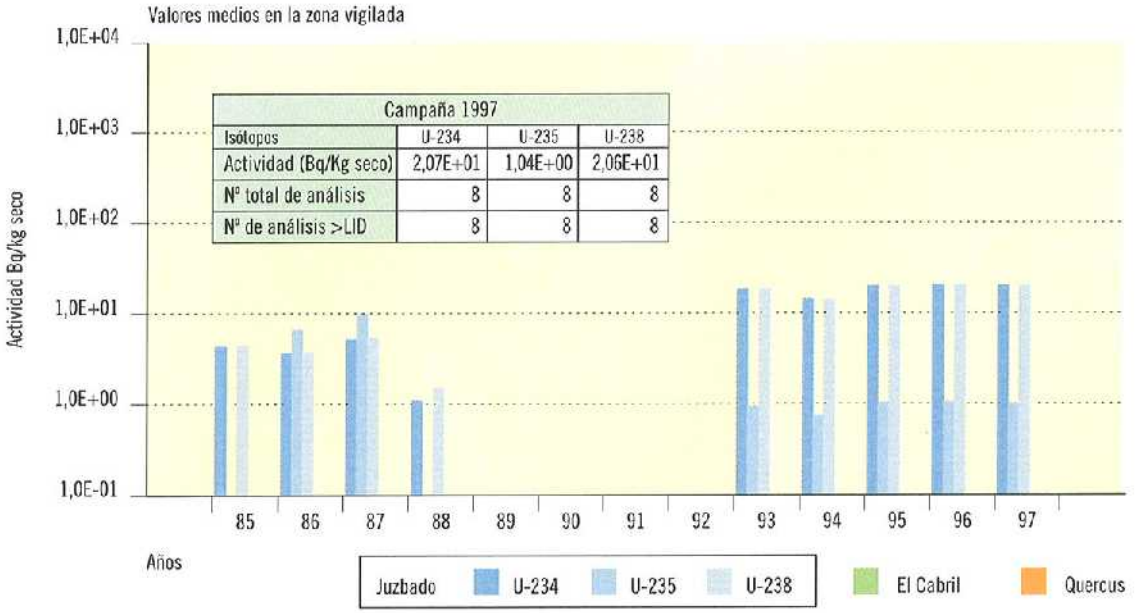
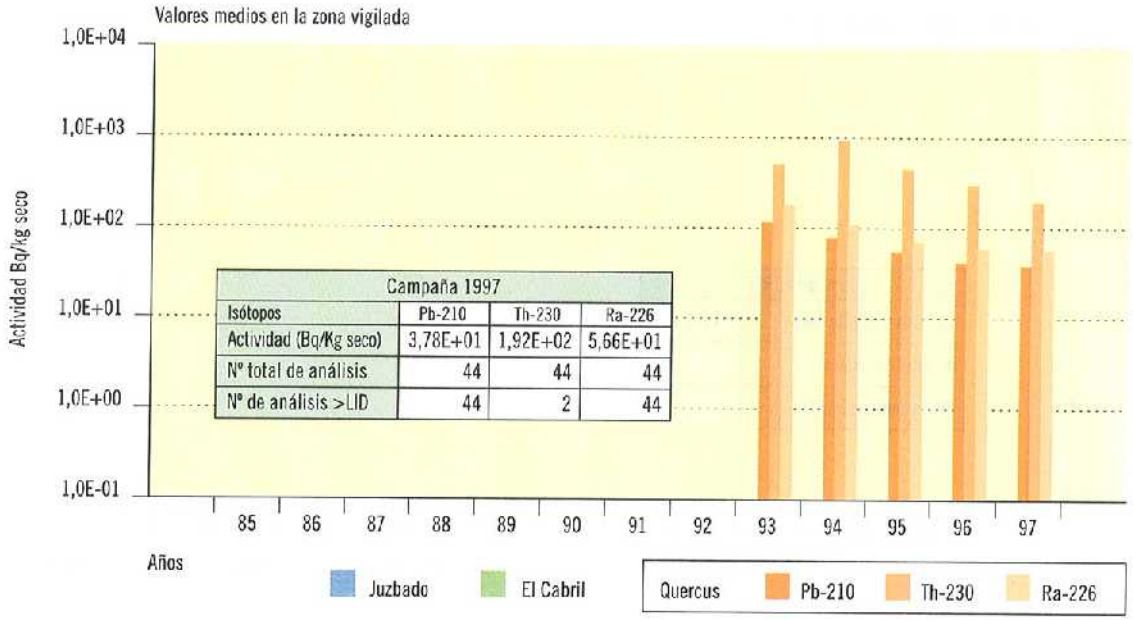


Figura 2.57. Muestras de suelo

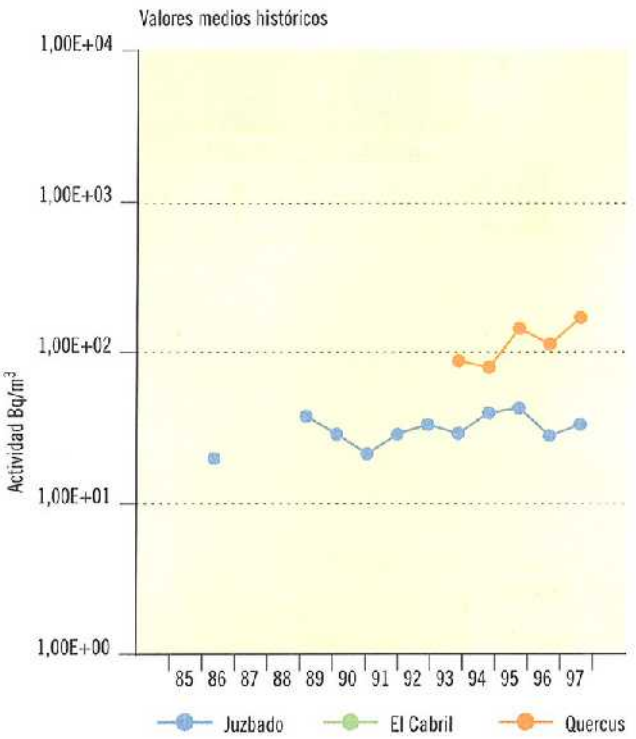
Evolución temporal de isótopos Pb-210, Ra-226 y Th-230

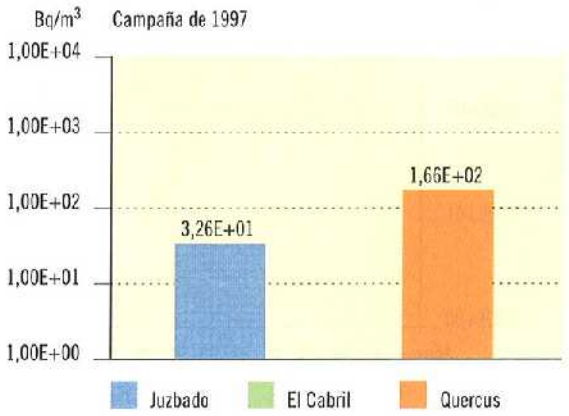


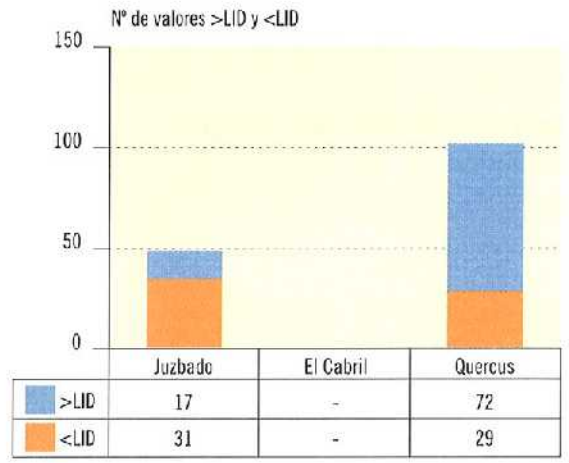
Agua

Agua superficial

Figura 2.58. Muestras de agua superficial
Evolución temporal del índice de actividad alfa total

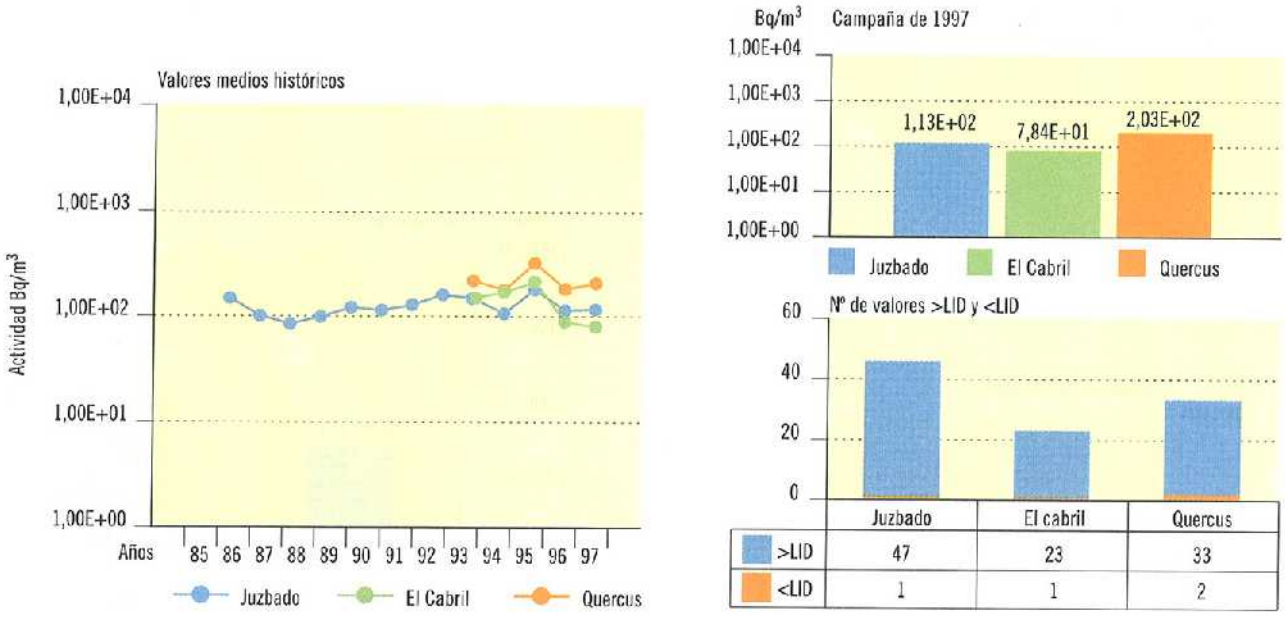






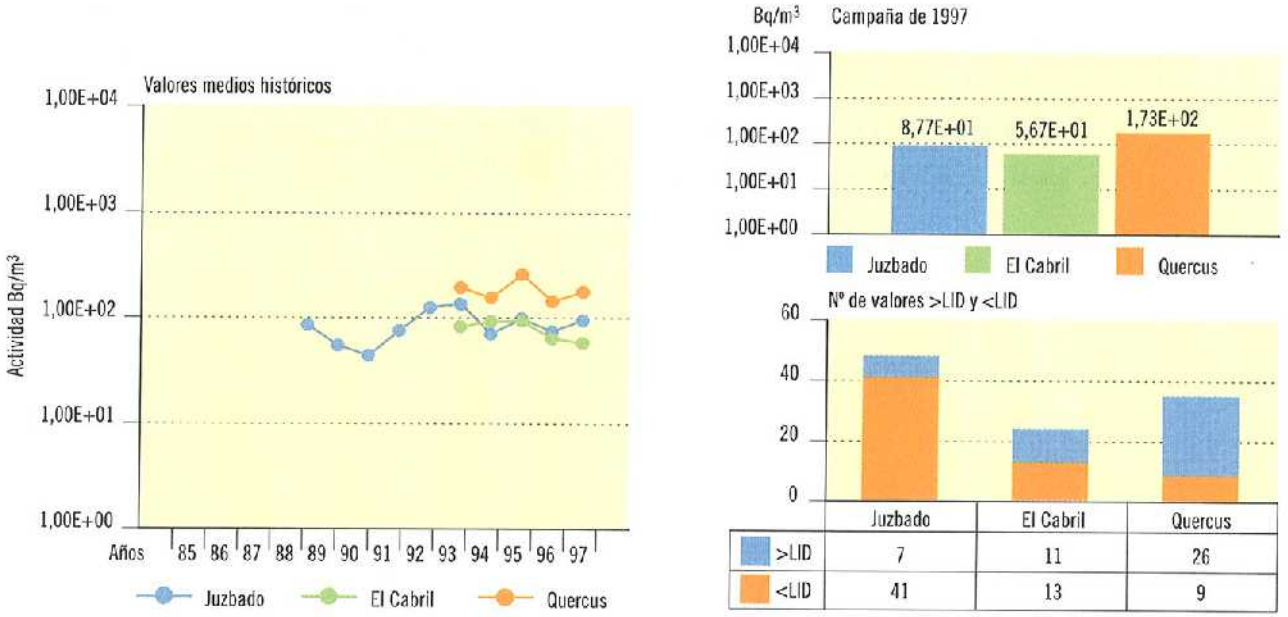
	Juzbado	El Cabril	Quercus
>LID	17	-	72
<LID	31	-	29

Figura 2.59. Muestras de agua superficial
Evolución temporal del índice de actividad beta total



	Juzbado	El cabril	Quercus
>LID	47	23	33
<LID	1	1	2

Figura 2.60. Muestras de agua superficial
Evolución temporal del índice de actividad beta resto



	Juzbado	El Cabril	Quercus
>LID	7	11	26
<LID	41	13	9

Figura 2.61. Muestras de agua superficial

Evolución temporal del índice de actividad uranio total

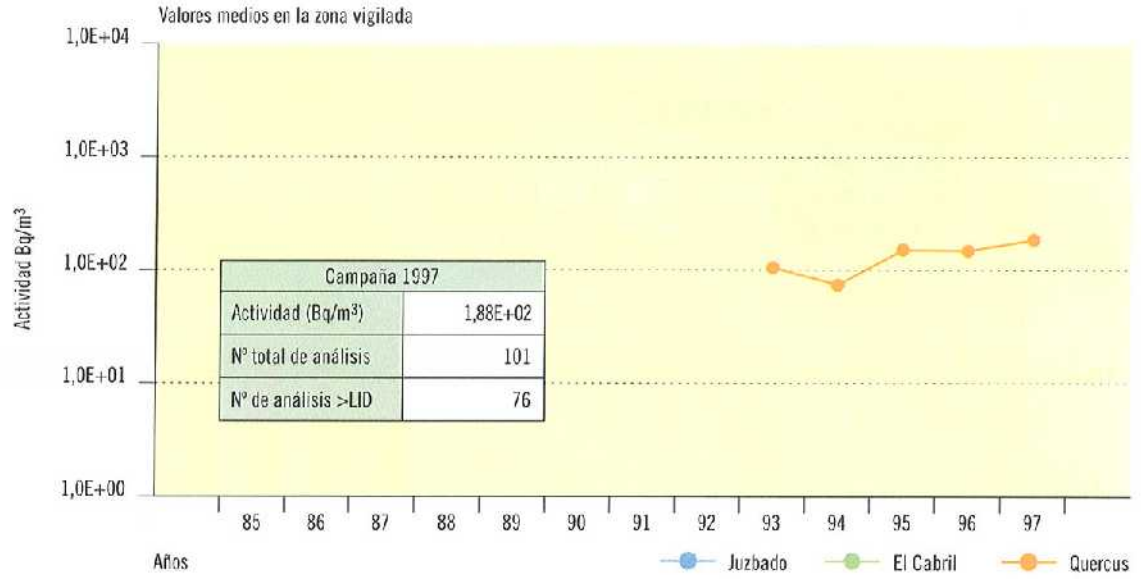


Figura 2.62. Muestras de agua superficial

Evolución temporal de isótopos de uranio (U-234, U-235, U-238)

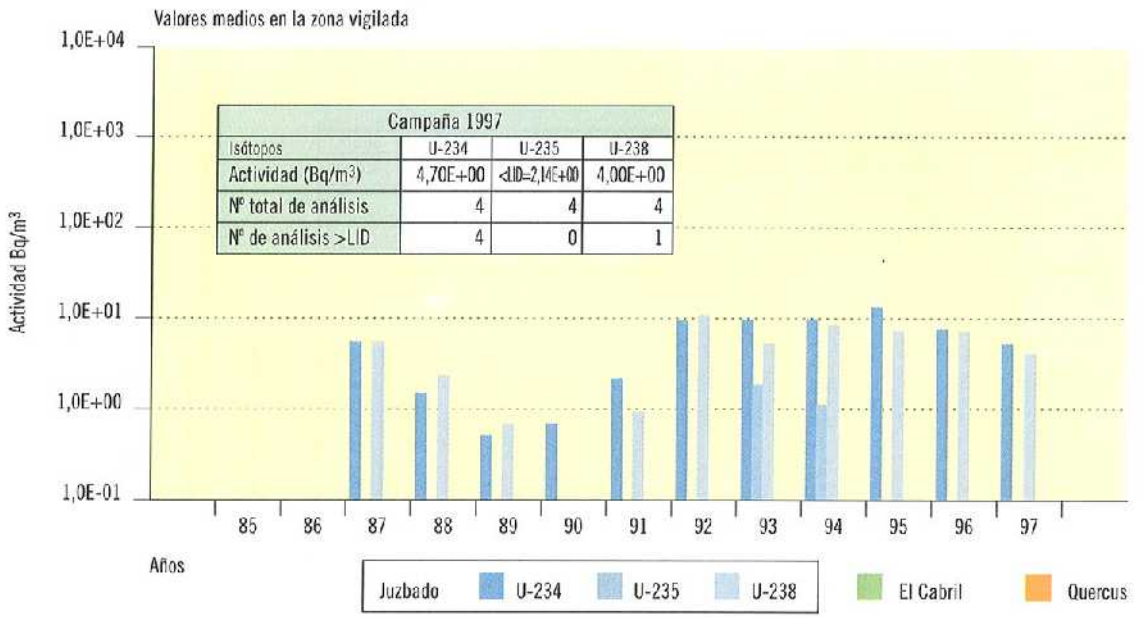


Figura 2.63. Muestras de agua superficial

Evolución temporal de isótopos Pb-210, Ra-226 y Th-230

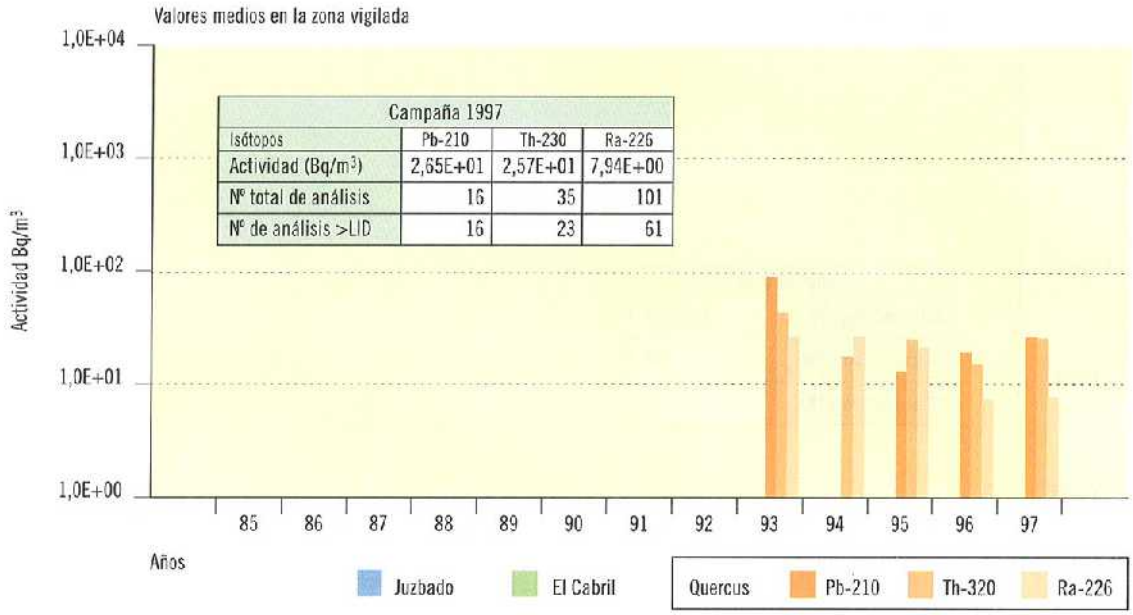


Figura 2.64. Muestras de agua superficial

Evolución temporal de isótopos C-14, Tc-99, H-3, I-129 y Sr-90

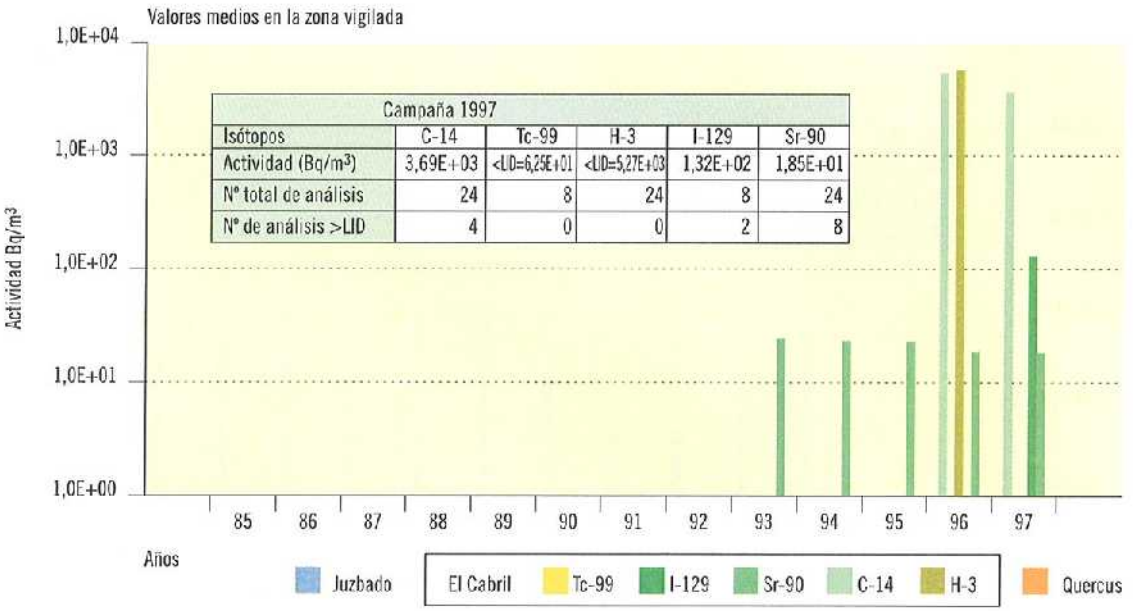
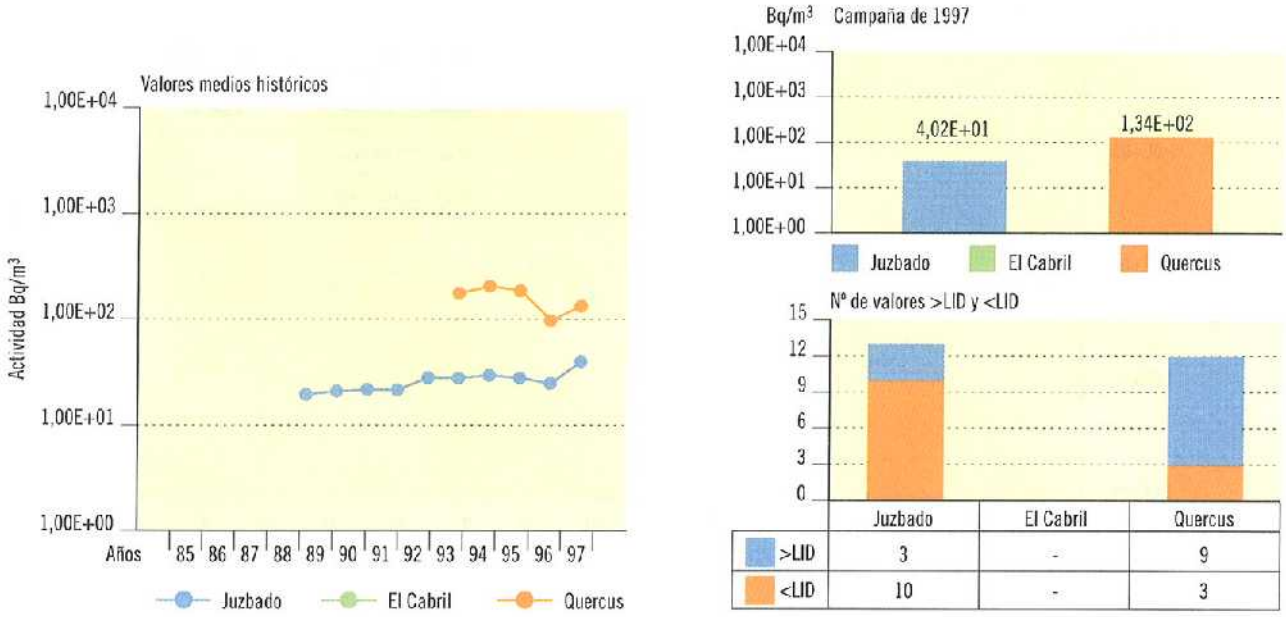


Figura 2.65. Muestras de agua potable

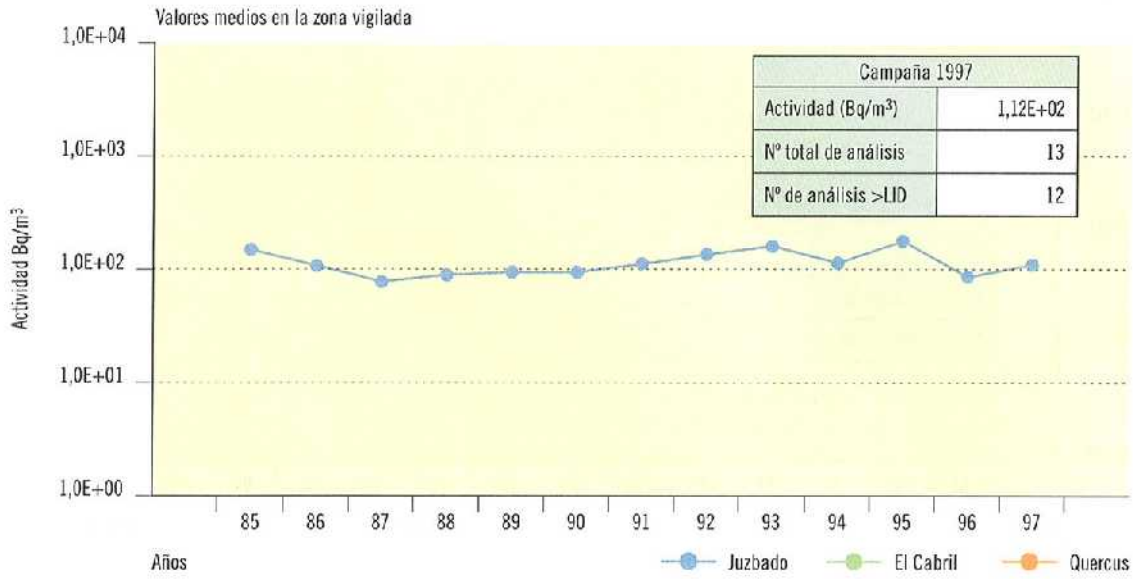
Evolución temporal del índice de actividad alfa total



	Juzbado	El Cabril	Quercus
>LID	3	-	9
<LID	10	-	3

Figura 2.66. Muestras de agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta total



Campaña 1997	
Actividad (Bq/m³)	1,12E+02
Nº total de análisis	13
Nº de análisis >LID	12

Figura 2.67. Muestras de agua potable

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

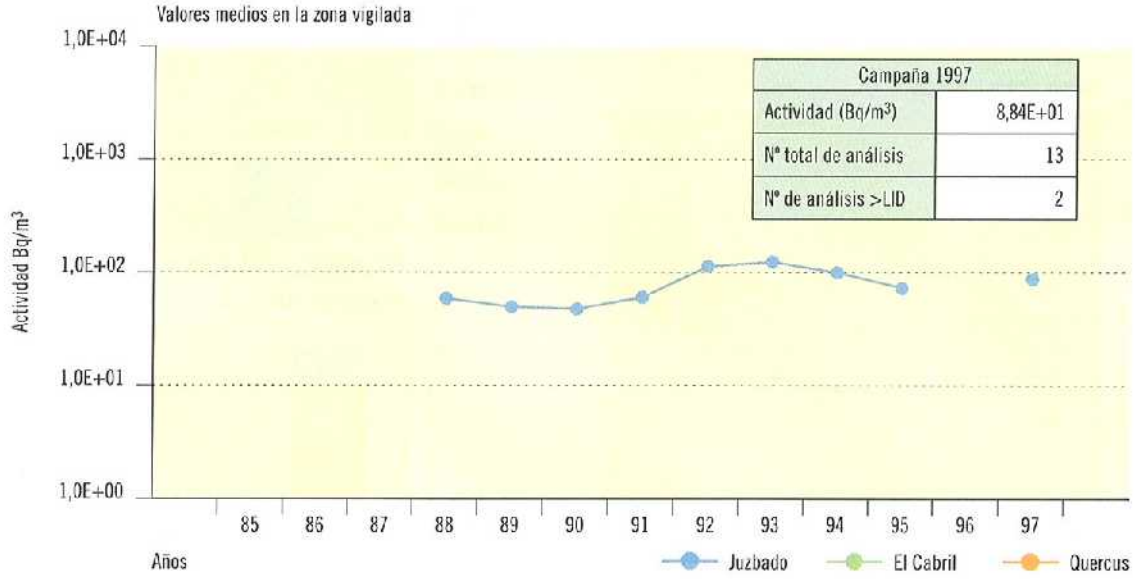


Figura 2.68. Muestras de agua potable

Evolución temporal de uranio total

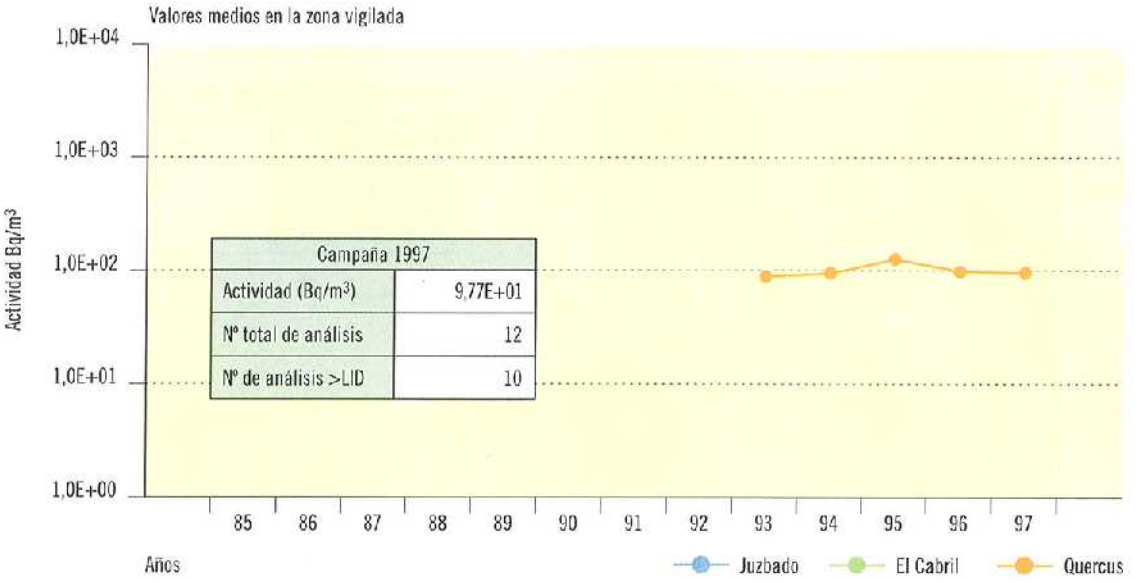


Figura 2.69. Muestras de agua potable

Evolución temporal de isótopos de uranio (U-234, U-235, U-238)

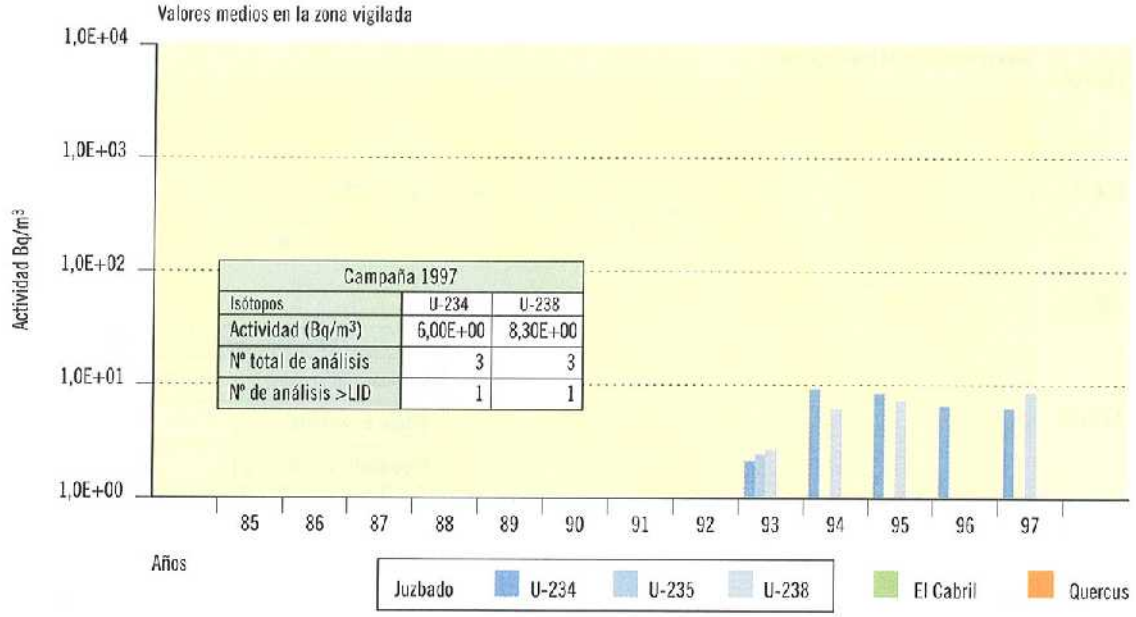


Figura 2.70. Muestras de agua potable

Evolución temporal de isótopos Pb-210, Ra-226 y Th-230

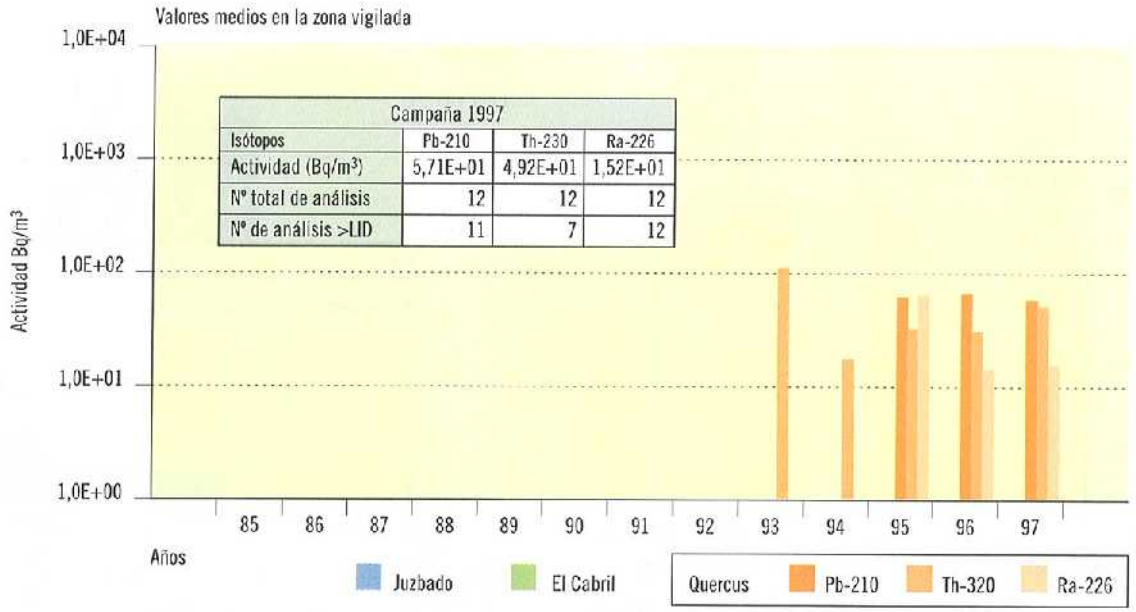


Figura 2.71. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal de alfa total

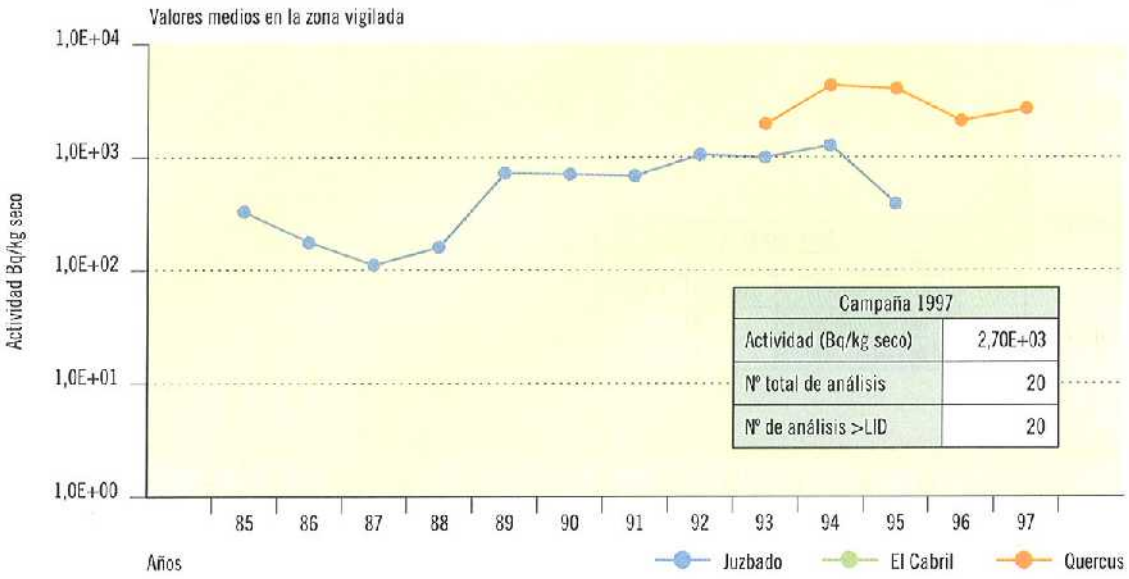
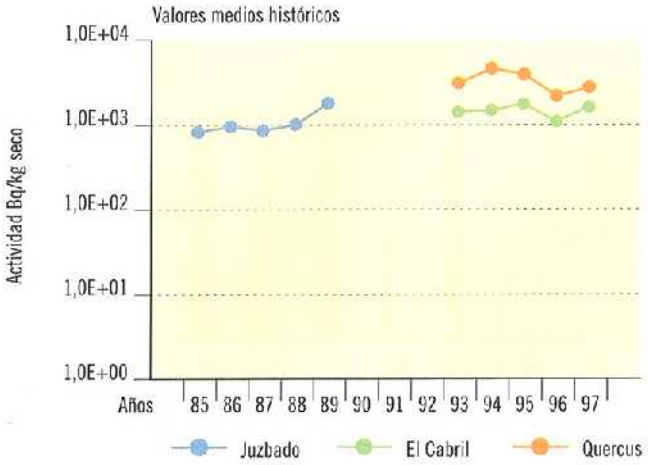


Figura 2.72. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal del índice de actividad beta total



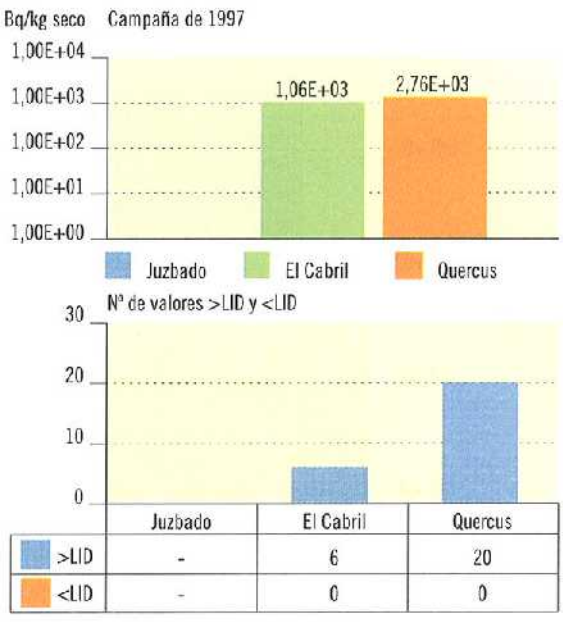


Figura 2.73. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal de Cs-137

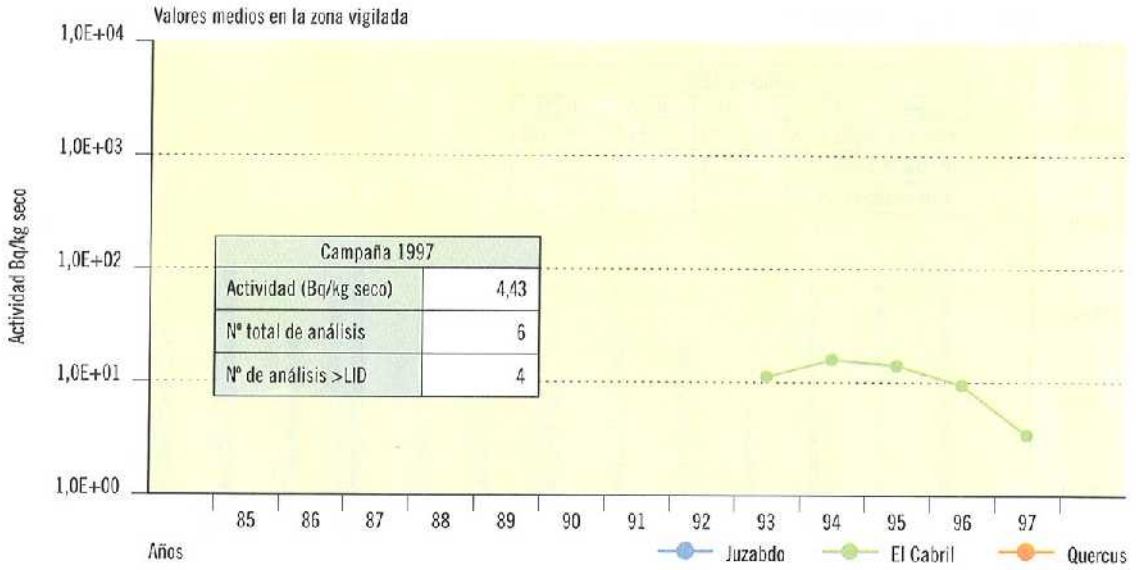


Figura 2.74. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal de uranio total

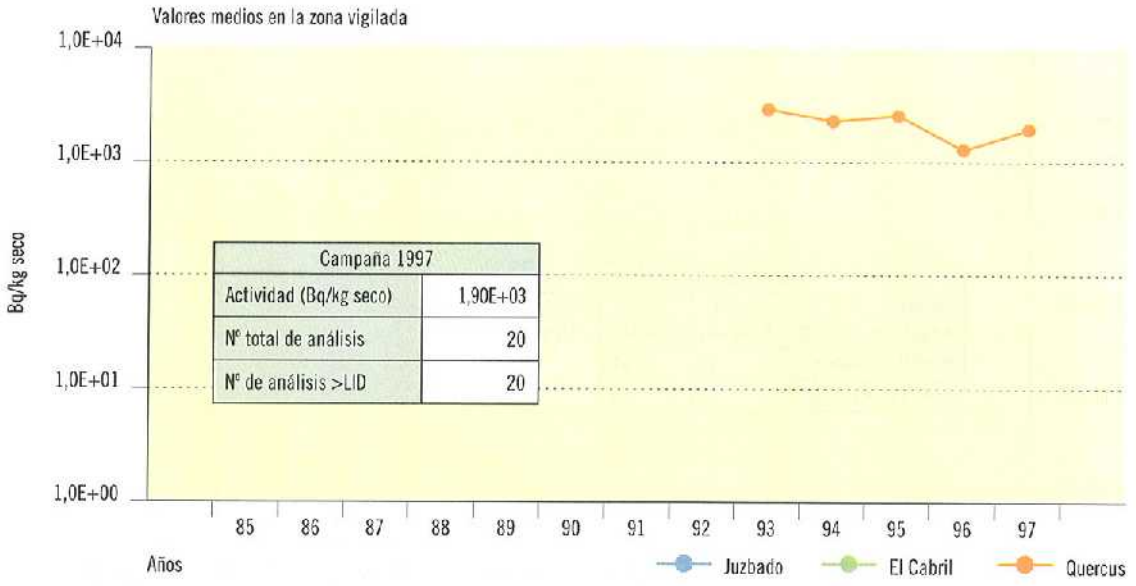


Figura 2.75. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal de isótopos de uranio (U-234, U-235, U-238)

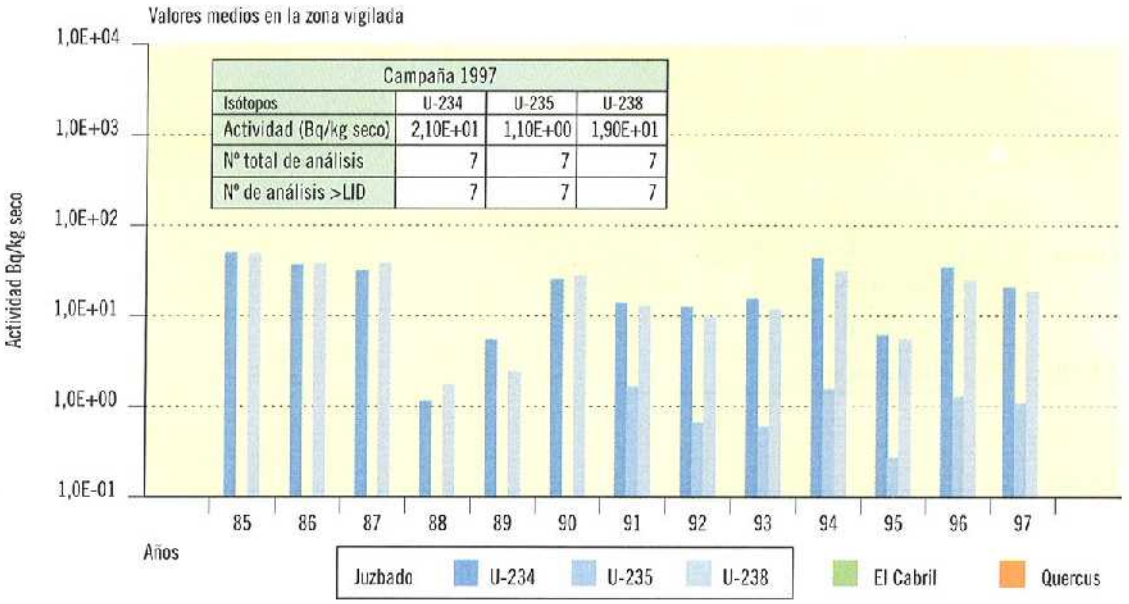
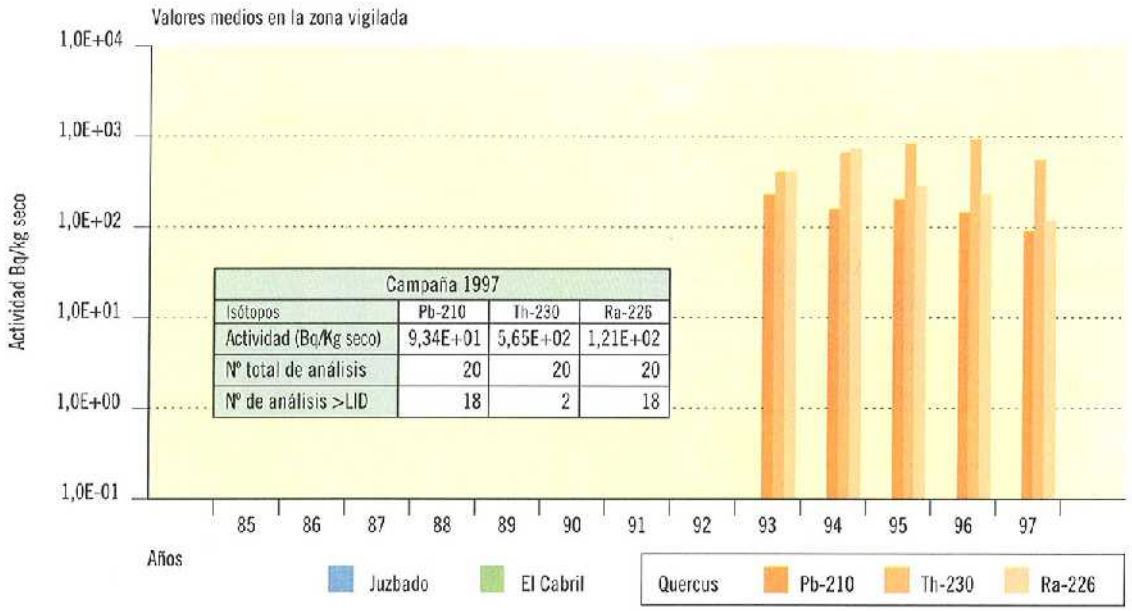


Figura 2.76. Muestras de sedimentos de fondo

Evolución temporal de isótopos Pb-210, Ra-226 y Th-230



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, es este organismo el que asume las competencias de vigilancia y control de estas instalaciones.

La información que a continuación se facilita se presenta agrupada para cada una de las instalaciones, proporcionando las características del PVRA que desarrollan y los resultados obtenidos en la campaña de 1997.

Ciemat

Características de la instalación

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

Características y resultados del PVRA

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

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

En las figuras que se incluyen a continuación se describen las características del PVRA y los resultados obtenidos en la campaña del año 1997.

Figura 2.77. Ciemat. Campaña 1997

Muestras de aire y suelo

Aire

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: semanal continuo y tritio mensual continuo
- Tipo de análisis (frecuencia)

  β total, α total, I-131 (semanal), Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (trimestral compuesta) H-3 (mensual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,12E-03	52	0
α total	9,53E-05	40	12
I-131	<LID	0	52
tritio	9,63E-03	1	7
Sr-89, Sr-90	<LID	0	4
Espectrometría γ	<LID	0	4

Suelo

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia)

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-89,Sr-90	<LID	0	1
Espectrometría γ			
Cs-137	1,64E+01	1	0

Figura 2.78. Ciemat. Campaña 1997

Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia)

  Sr-89, Sr-90, espectrometría γ y U-total (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-89	2,73E+00	1	4
Sr-90	2,33E+00	3	2
U-total	5,41E+01	5	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,24E+00	4	1

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 5 (nº de muestras variable en función de la disponibilidad)
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia)

  U-total y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
U-total	1,49E+00	27	2
Espectrometría γ			
Cs-137	1,35E-01	1	28

Figura 2.79. Ciemat- Campaña 1997

Muestras de agua superficial y leche

Agua superficial

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	4,82E+02	60	0
β resto	2,42E+02	56	4
α total	2,89E+02	60	0
tritio	<LID	0	20
I-131	2,39E+02	20	0
Sr-90	1,22E+02	4	16
Espectrometría γ	<LID	0	20

Leche

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
I-131	<LID	0	12
Sr-89	2,23E+01	1	11
Sr-90	6,76E+01	9	3
Espectrometría γ			
Cs-137	3,29E+01	1	11

Figura 2.80. Ciemat- Campaña 1997

Muestras de vegetales

Vegetales de hoja ancha

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia)
  Sr-89, Sr-90, I-131 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
I-131	<LID	0	4
Sr-90	2,17E-01	6	2
Espectrometría γ	<LID	0	8

Vegetales de hoja no ancha

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia)
  Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	7,29E-02	9	6
Espectrometría γ	<LID	0	15

Figura 2.81. Ciemat. Campaña 1997

Muestras de carnes, aves y huevos

Carnes y aves

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

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

Huevos

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

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

Fábrica de Uranio de Andújar (FUA)

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.

Características y resultados del PVRA

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

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

Para el establecimiento del Plan de vigilancia y mantenimiento se han tenido en cuenta las características del emplazamiento y la normativa internacional aplicable como *Guidance for UMTRA Project Surveillance and Maintenace* UMTRA-DOE/AL 3501240000. January 1986, Regulatory Guide 4.14 *Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills* Rev. 1 April 1980 y *Long-Term Surveillance and Monitoring of Decommisioned Uranium Procesing Sites and 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 1997.

Figura 2.82. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Campaña 1997
Muestras de agua de pozo y sondeos

Agua de pozo

- Número de estaciones: 10
  (un punto es agua de manantial)
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230,
  Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,47E+03	29	0
β resto	5,52E+02	15	14
α total	1,74E+03	29	0
Pb-210	<LID	0	29
Ra-226	9,50E+00	29	3
Th-230	2,53E+02	29	0
U-total	1,81E+03	29	0
Espectrometría α			
U-234	9,25E+02	29	0
U-235	5,28E+01	26	3
U-238	9,14E+02	29	0

Agua de sondeo

- Número de estaciones: 16
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230,
  Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio. (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	4,78E+03	59	0
β resto	5,06E+03	53	6
α total	3,28E+04	59	0
Pb-210	7,27E+00	1	58
Ra-226	1,13E+01	57	2
Th-230	3,25E+02	59	0
U-total	3,20E+04	59	0
Espectrometría α			
U-234	1,78E+04	59	0
U-235	9,58E+02	55	4
U-238	1,83E+04	59	0

Figura 2.83. Fábrica de Uranio de Andújar (FUA). Campaña 1997
Muestras de agua superficial y radón

Agua superficial

- Número de estaciones: 3 (en una de ellas se recoge agua de drenaje de la parcela)
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  α total, β total, β resto, Ra-226, Th-230, Pb-210, U-natural y espectrometría α de uranio (trimestral)

Exhalación de radón

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	2,79E+02	6	0
β resto	1,75E+02	1	5
α total	2,65E+02	6	0
Pb-210	<LID	0	6
Ra-226	4,97E+00	5	0
Th-230	1,35E+02	6	0
U-total	3,03E+02	6	0
Espectrometría α			
U-234	7,55E+01	6	0
U-235	5,40E+00	4	2
U-238	6,15E+01	6	0

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mBq/m².s	>LID	<LID
Flujo Rn-222	3,96E+01	20	0

Vandellós I

Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Central de uranio natural - grafito - gas, con una potencia eléctrica nominal de 480 MWe. Ha sido la única central en españa que ha utilizado uranio natural como combustible, grafito como moderador y CO_2 como fluido refrigerante.
- Inicio de la operación: 11 de febrero de 1972
- Parada de la operación: octubre de 1989
- Cierre y desmantelamiento: Por Orden Ministerial de 31 de julio de 1990 se establece su cierre y se determinan los términos en los que se desarrollará su clausura, en la que se fija el calendario completo de las fases del cierre definitivo y del desmantelamiento final. Por Orden Ministerial del 28 de enero de 1998 se autoriza la transferencia de titularidad de la central nuclear Vandellós I de la empresa Hifrensa a Enresa y se otorga a esta última autorización para la ejecución de las actividades de desmantelamiento de la central.

Características y resultados del PVRA

El PVRA desarrollado por Vandellós I desde que finalizó su operación ha sido el mismo en cuanto al tipo de muestras consideradas, pero ha sufrido modificaciones en el número de estaciones y análisis realizados. Las modificaciones han estado relacionadas con el tipo de emisiones previstas y la composición isotópica de estas en cada una de las fases por las que ha ido pasando desde su parada.

En las figuras que se incluyen a continuación, se describe el programa realizado para la campaña del año 1997 y los resultados obtenidos.

Figura 2.84. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997
Muestras de aire y radiación directa

Aire

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

Radiación directa

- Número de estaciones: 6 (4 cristales por punto)
- Frecuencia muestreo: bimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  radiación γ ambiental (bimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	8,75E-04	152	3
C-14	7,07E-02	5	1
tritio	<LID	0	3
Sr-90	<LID	0	2
Espectrometría γ	<LID	0	12

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
radiación γ ambiental	8,90E-01	144	0

Figura 2.85. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997
Muestras de suelo y agua de lluvia

Suelo

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia de muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia) espectometría γ (anual)

Agua de lluvia

- Número de estaciones: 1
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  espectrometría γ y H-3 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	8,10E+00	1	2
Espectrometría γ			
Cs-137	8,46E+00	3	0
Mn-54	5,38E-01	1	2

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
H-3	6,27E+03	1	3
Espectrometría γ	<LID	0	4

Figura 2.86. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997

Muestras de agua de mar y sedimentos de orilla

Agua de mar

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  β total, β resto, H-3 y espectrometría γ (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
β total	1,38E+04	12	0
β resto	3,00E+03	1	11
tritio	2,05E+04	1	9
Espectrometría γ	<LID	0	12

Sedimentos de orilla (zona de playa)

- Número de estaciones: 3
- Frecuencia muestreo: anual
- Tipo de análisis (frecuencia)
  Sr-90 y espectrometría γ (anual)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	2,33E+00	3	0
Espectrometría γ	<LID	0	3

Figura 2.87. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997

Muestras de sedimentos de fondo y organismos indicadores

Sedimentos de fondo

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
Sr-90	2,08E+00	8	0
Espectrometría γ			
Cs-137	3,89E+00	6	2

Organismos indicadores

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia muestreo: semestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  Sr-89, Sr-90 y espectrometría γ (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	5,57E-02	1	7
Espectrometría γ			
Cs-137	3,58E-01	5	3
Co-58	2,54E+00	3	5
Co-60	3,28E+00	4	4

Figura 2.88. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997

Muestras de mariscos y peces

Mariscos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	1,14E-01	1	3
Espectrometría γ	<LID	0	4

Peces

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húmedo	>LID	<LID
Sr-90	6,74E-02	1	3
Espectrometría γ			
Cs-137	3,08E-01	1	3

Figura 2.89. Central nuclear Vandellós I. Campaña 1997

Muestras de vegetales

Hoja no ancha

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia muestreo: anual (estacional), el tipo y número de muestras se ajustan a los cultivos existentes en la zona
- Tipo de análisis (frecuencia)
  espectrometría γ (anual)

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

Planta Lobo-G

Características de la instalación

- Tipo de instalación:
  Tratamiento de minerales de uranio de la zona en la que se encontraba ubicada esta instalación.
- Inicio de la operación: 21 de abril de 1977.
- Parada de la operación: en marzo de 1991 Enusa comunicó la parada definitiva.
- Cierre y desmantelamiento: Por Orden Ministerial de 15 de noviembre de 1995 se autoriza a Enusa a desarrollar las actividades de desmantelamiento y clausura del dique de estériles que finalizaron en junio de 1997. En julio de 1997 se inició el Período de cumplimiento.

Características y resultados del PVRA

El PVRA desarrollado durante la campaña del año 1997 coincide básicamente con el que se venía realizando durante el período de parada y desmantelamiento de la instalación.

Figura 2.90. Planta Lobo-G. Campaña 1997
Muestras de aire y radiación directa

Aire

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	1,38E-02	3	99
U-natural	9,72E-05	7	1
Th-230	2,44E-04	8	0
Ra-226	4,00E-05	2	6
Pb-210	6,00E-04	7	1

Radiación directa

- Número de estaciones: 19 (2 cristales por punto)
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  radiación γ ambiental (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mSv/año	>LID	<LID
Radiación γ ambiental	1,80E+00	152	0

Figura 2.91. Planta Lobo-G. Campaña 1997

Muestras de radón

Radón (muestreo activo)

- Número de estaciones: 2
- Frecuencia muestreo: semanal continuo
- Tipo de análisis (frecuencia)
  descendientes de Rn-222 (semanal)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	mWL	>LID	<LID
Radón	2,64E+00	30	74

Radón (muestreo pasivo)

- Número de estaciones: 5
- Frecuencia muestreo: semestral continuo
- Tipo de análisis (frecuencia)
  descendientes de Rn-222 (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
Radón	3,85E+01	10	0

Figura 2.92. Planta Lobo-G. Campaña 1997

Muestras de suelo y sedimentos

Suelo

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
U-natural	5,52E+01	4	0
Th-230	<LID	0	4
Ra-226	4,20E+01	4	0
Pb-210	3,11E+01	4	0

Sedimentos

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg seco	>LID	<LID
α total	1,79E+03	4	0
U-natural	5,99E+02	4	0
Th-230	4,96E+02	2	2
Ra-226	1,64E+02	4	0
Pb-210	1,67E+02	4	0

Figura 2.93. Planta Lobo-G. Campaña 1997

Muestras de agua superficial y subterranea

Agua de río y arroyo

- Número de estaciones: 7 (río) y 4 (arroyo)
- Frecuencia muestreo: quincenal (río) y trimestral (arroyo)
- Tipo de análisis (frecuencia)
  α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226, y Pb-210 (muestras de río trimestral- compuesta por muestras quincenales y trimestral-simple para muestras de arroyo)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	2,20E+02	32	6
β total	3,10E+02	38	0
U-natural	2,46E+02	32	6
Th-230	3,79E+01	36	2
Ra-226	1,58E+01	29	9
Pb-210	2,30E+01	15	4

Agua subterranea

- Número de estaciones: 7
- Frecuencia muestreo: trimestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  α total, β total, U-natural, Th-230, Ra-226, y Pb-210 (trimestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
α total	6,81E+02	26	2
β total	2,63E+02	27	1
U-natural	6,35E+02	26	2
Th-230	5,02E+01	28	0
Ra-226	1,86E+01	23	5
Pb-210	2,97E+01	24	4

Figura 2.94. Planta Lobo-G. Campaña 1997

Muestras de carne y leche

Carne

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

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/kg húm.	>LID	<LID
U-natural	2,70E-02	4	0
Th-230	<LID	0	4
Ra-226	3,60E-01	1	3
Pb-210	<LID	0	4

Leche

- Número de estaciones: 4
- Frecuencia muestreo:semestral
- Tipo de análisis (frecuencia)
  U-natural, Th-230, Ra-226, y Pb-210. (semestral)

Análisis	Actividad	Número total de análisis	
	Bq/m³	>LID	<LID
U-natural	1,40E+01	4	0
Th-230	<LID	0	4
Ra-226	<LID	0	4
Pb-210	<LID	0	4

PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL A NIVEL NACIONAL

3

En 1985, ante la inminente entrada de España en la Unión Europea y dado el número de instalaciones nucleares existentes en el país, se puso de manifiesto en el CSN la necesidad de establecer una red de vigilancia radiológica a nivel nacional; esta necesidad se acentuó tras el accidente de la central nuclear de Chernóbil. Según el proyecto inicial, la red de vigilancia nacional debía ser independiente de la asociada a las instalaciones nucleares, incluir todas las comunidades autónomas y tener en cuenta aspectos tales como extensión y límites costeros a la hora de fijar el número y características de los puntos de muestreo. Como objetivos de esta red de vigilancia se plantean:

- Conocer la distribución y evolución de los radioisótopos presentes en el medio ambiente y los niveles de radiación ambiental y disponer de un banco de datos medioambientales que permita obtener en cualquier momento niveles de referencia.

- Disponer de datos experimentales para poder realizar estimaciones del impacto radiológico potencial a que pueda estar sometida la población como consecuencia de una posible contaminación radiactiva del medio ambiente.

- Informar al Congreso, al Senado y a la opinión pública sobre la calidad radiológica del medio ambiente en España.

- Dar adecuado cumplimiento a lo requerido en los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom.

El sistema de vigilancia radiológica ambiental implantado a nivel nacional para conseguir estos objetivos, está formado en la actualidad por dos redes:

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

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)

Como se ha indicado anteriormente, los Artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom requieren que cada estado miembro cree las instalaciones necesarias para controlar, de modo permanente, el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, y que comunique regularmente a la Comisión la información relativa a estos controles. El tipo concreto de vigilancia a realizar se ha ido estableciendo a lo largo de los años a través de las reuniones del Artículo 35, mantenidas entre los representantes de los estados miembros. Actualmente, la Comisión está elaborando una recomendación sobre esta vigilancia, en la que considera una *red espaciada* y una *red densa*; la primera incluye un número pequeño de puntos de muestreo para muestras de aire, agua superficial, agua potable, leche y dieta mixta, y en ella se requieren unos niveles inferiores de detección muy bajos, de modo que se detecten los niveles reales existentes en el medio ambiente para los isótopos determinados; la segunda debe estar integrada por numerosas estaciones de muestreo para las mismas muestras, requiriéndose unos niveles de detección superiores a los de la red espaciada pero que sean aceptables en relación con la prevención de niveles de dosis nocivos para la salud de las personas.

De acuerdo con los requisitos iniciales, en España se desarrollaron las estructuras adecuadas para la implantación de una *red densa*, y actualmente se están llevando a cabo las gestiones necesarias para completar los programas de vigilancia en la misma, incluyendo muestras de leche, dieta mixta y agua potable y para establecer una *red espaciada*, a fin de poder satisfacer las directrices de la Comisión tan pronto como se publique la citada Recomendación.

Los programas desarrollados actualmente en la red de estaciones de muestreo incluyen la vigilancia de la atmósfera, suelo y medio acuático, tanto de aguas continentales como costeras. Para la ejecución de estos programas el CSN ha establecido acuerdos específicos con diferentes entidades.

1.1. Vigilancia de la atmósfera y el suelo

Esta vigilancia se inició en el año 1992 con la participación de catorce laboratorios pertenecientes a nueve comunidades autónomas, con los que se suscribieron acuerdos específicos de colaboración. En diciembre de 1996 se firmaron nuevos acuerdos con otros cuatro laboratorios de otras tantas comunidades autónomas que han comenzado a suministrar datos sobre el programa que están desarrollando a partir del año 1998.

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

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-León	Universidad de León. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física, Química y Expresión Gráfica. Facultad de Biológicas	ULE	Diciembre 1991
	Universidad de Salamanca. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Nuclear. Facultad de Física	USA	Diciembre 1991
Canarias	Universidad de La Laguna (Tenerife). Departamento de Medicina Física y Farmacología. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina	ULL	Mayo 1991
Madrid	Universidad Politécnica. Laboratorio de Ingeniería Nuclear. Departamento de Hidráulica y Energética. E. T. S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	UMD	Diciembre 1991
País Vasco	Universidad del País Vasco. Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. E. T. S. Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	UPV	Diciembre 1991
Valencia	Universidad de Valencia. Edificio de Investigación. Laboratorio de Radiactividad Ambiental	UVC	Junio 1991
	Universidad Politécnica de Valencia. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Servicio de Radiaciones. Departamento de 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

1.1.1 Estaciones de muestreo

En la figura 3.1 se sitúan las estaciones de muestreo correspondientes a atmósfera y suelo que, como puede observarse, dan una cobertura relativamente uniforme a todo el territorio nacional.

1.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

El programa de Muestreo y Análisis recogido en los acuerdos de colaboración se diseñó siguiendo los requisitos iniciales del Artículo 35 del tratado de Euratom y básicamente es el mismo para todos los laboratorios. Los puntos de muestreo seleccionados se encuentran generalmente en el *campus* universitario, si bien en el caso de muestras de suelo la recogida se pude realizar en zonas más alejadas.

Los análisis establecidos en las distintas muestras y su periodicidad permitirían detectar incrementos significativos sobre los niveles de fondo radiactivo y en su caso tomar las acciones correctoras adecuadas.

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

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

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

En la tabla 3.2.se incluyen los tipos de muestras y análisis realizados en cada una de ellas.

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: ^{7}Be, ^{40}K, ^{208}Tl, ^{212}Pb, ^{214}Bi y ^{214}Pb.

- Isótopos artificiales: ^{51}Cr, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{59}Fe, ^{65}Zn, ^{95}Nb, ^{95}Zr, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{140}Ba y ^{140}La.

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

El CSN requiere a los laboratorios la elaboración de informes semestrales cuyo formato y contenido está definido en los respectivos acuerdos, y que incluye básicamente: grado de cumplimiento del programa en el período considerado, desviaciones producidas, si las hay, en relación con el programa previsto, causas que las han motivado y acciones correctoras que se han tomado, resultados analíticos (concentración de actividad, error estadístico asociado a la medida y valor numérico del límite inferior de detección) que deben ir acompañados, para una mejor interpretación, de la siguiente información complementaria: 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, en formato compatible para su carga automática en la aplicación KEEPER.

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.

Así mismo, con objeto de garantizar la adecuada fiabilidad de los resultados, en la REM se establecieron desde su implantación algunos elementos básicos de los sistemas de calidad; así en los acuerdos de colaboración entre el CSN y las universidades se requirió el desarrollo de un documento técnico previo a la incorporación a esta red, que incluyera, entre otros aspectos: descripción de los equipos de toma de muestras, detección y medida, procedimientos de muestreo, análisis y medida utilizados por el laboratorio, programa de garantía de calidad de las medidas realizadas y el compromiso de participar en los ya mencionados ejercicios de intercomparación analítica organizados por el CSN. Posteriormente el Consejo ha requerido a los laboratorios el desarrollo de Manuales de Calidad, a fin de que se implante un sistema completo de calidad en los mismos.

El CSN proporciona información semestral al Congreso de los Diputados y al Senado sobre los valores medios obtenidos en este programa y anualmente el CSN remite los datos de esta vigilancia a la UE en cumplimiento del artículo 36 del Tratado de Euratom. La Unión Europea incorpora estos resultados, junto a los de otros estados miembros, al Banco de Datos *Radioactivity Environmental Monitoring*: la conexión a estos datos es de acceso libre a través de Internet en la dirección java.ei.jrc.it.

1.1.3. Resultados

En este documento los resultados obtenidos en las distintas muestras 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 1997, la numeración de estas figuras se identifica con la letra (a).

- Valores medios detallados para la campaña del año 1997, se representan en figuras con idéntica numeración que las anteriores identificadas con la letra (b).

Para el cálculo de los valores medios se consideran los valores de concentración de actividad superiores al LID, obtenidos en los índices de actividad alfa y beta y en los radionucleidos de origen artificial. La falta de datos en las representaciones gráficas indica que los valores obtenidos no han superado el LID para el período y laboratorio correspondiente. En el caso de la Universidad de Granada el no disponer de resultados para los índices de actividad alfa y beta total y Sr-90 se debe a la falta de equipos en este laboratorio para realizar las medidas indicadas.

La valoración global de los resultados pone de manifiesto que los valores son coherentes con los niveles de fondo radiactivo y en general son relativamente estables a lo largo de los distintos períodos, como se pude ver en las figuras que se incluyen a continuación; las ligeras variaciones que se presentan son atribuibles a las características radiológicas de las distintas zonas y se pueden observar más fácilmente en la figuras que recogen los datos detallados para el año 1997 (figuras tipo b).

Aire

Figura 3.2a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

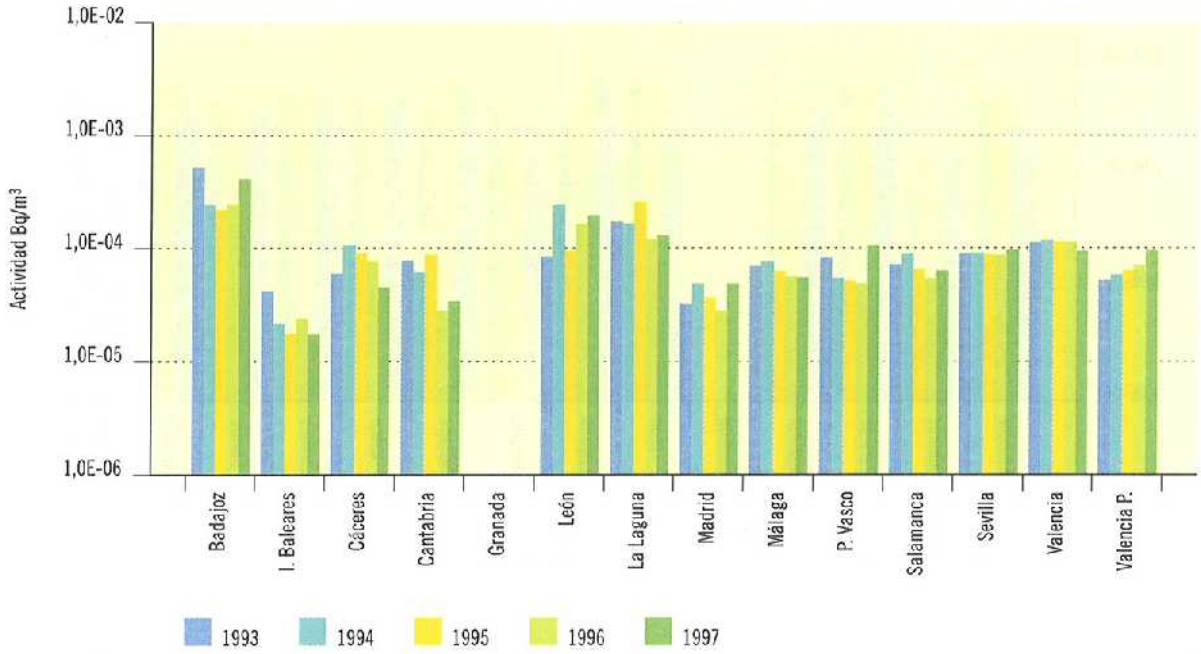
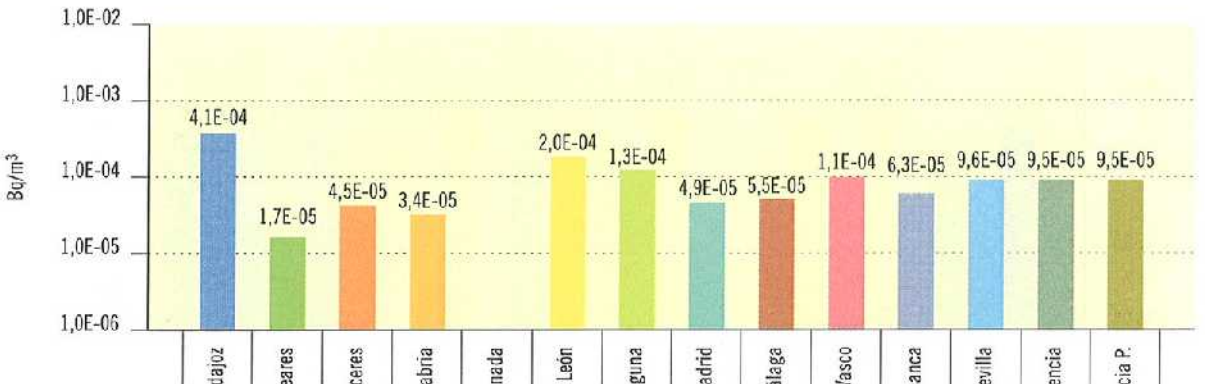


Figura 3.2b. Partículas de polvo en el aire. Índice de actividad alfa total

Valores medios de la campaña de 1997



Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	45	52	52	52		49	52	52	50	52	51	49	52	52
>LID	41	23	50	47		49	52	45	50	52	51	49	19	52
<LID	4	29	2	5		0	0	7	0	0	0	0	33	0

Figura 3.3a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de actividad beta total

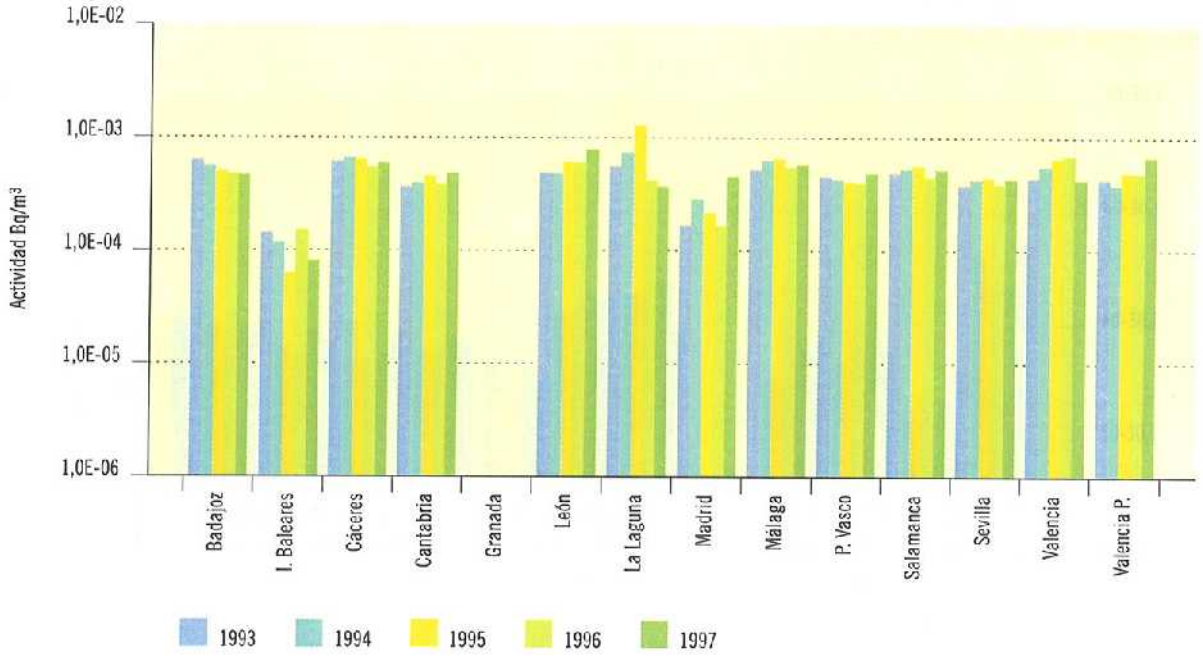
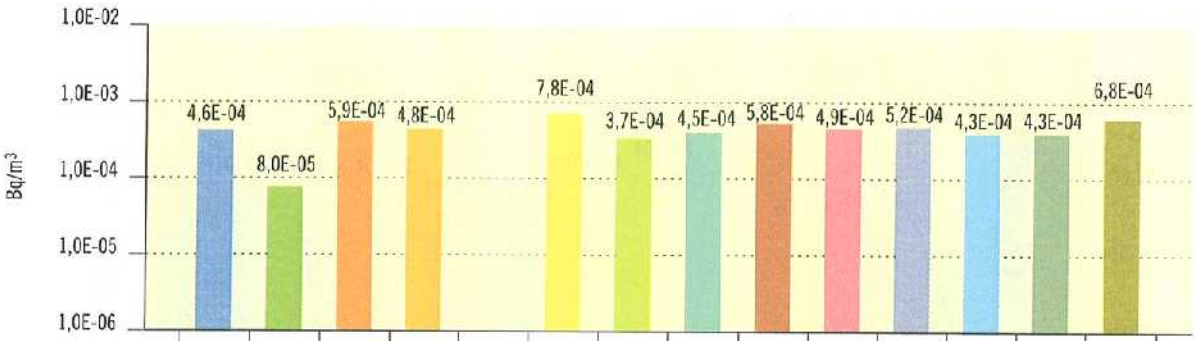


Figura 3.3b. Partículas de polvo en el aire. Índice de actividad beta total

Valores medios de la campaña de 1997



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.
Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	45	52	52	52		52	52	52	50	52	51	49	52	52
>LID	45	52	52	51		52	52	51	50	52	51	49	27	52
<LID	0	0	0	1		0	0	1	0	0	0	0	25	0

Figura 3.4a. Partículas de polvo en el aire

Evolución temporal del índice de Sr-90

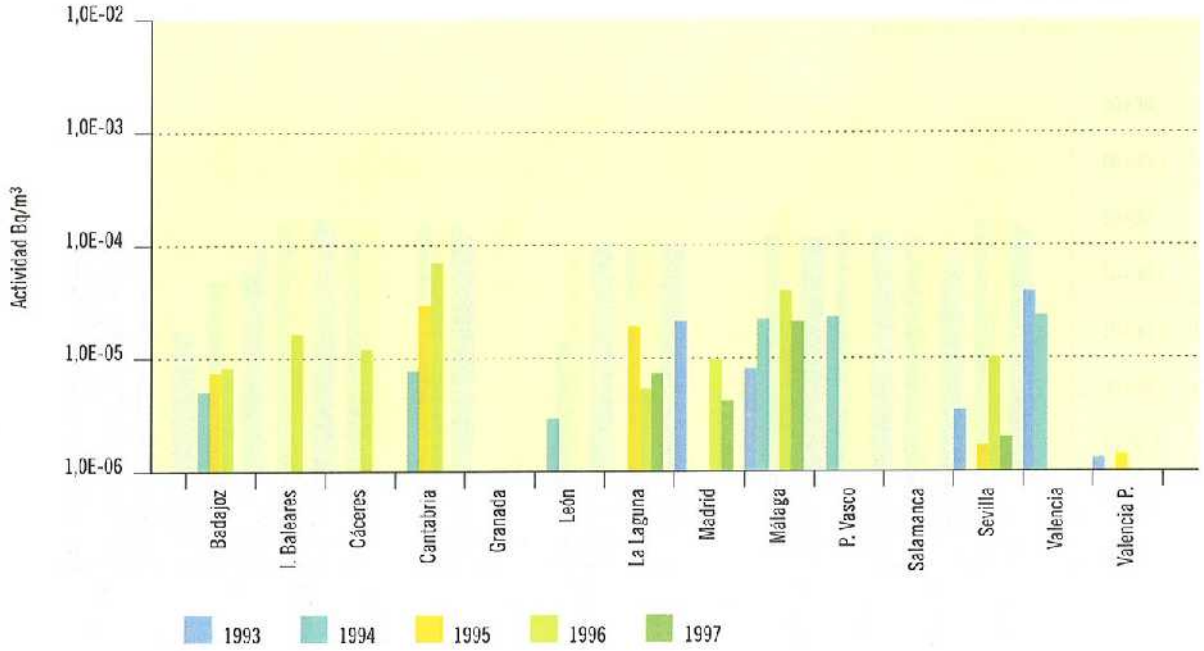
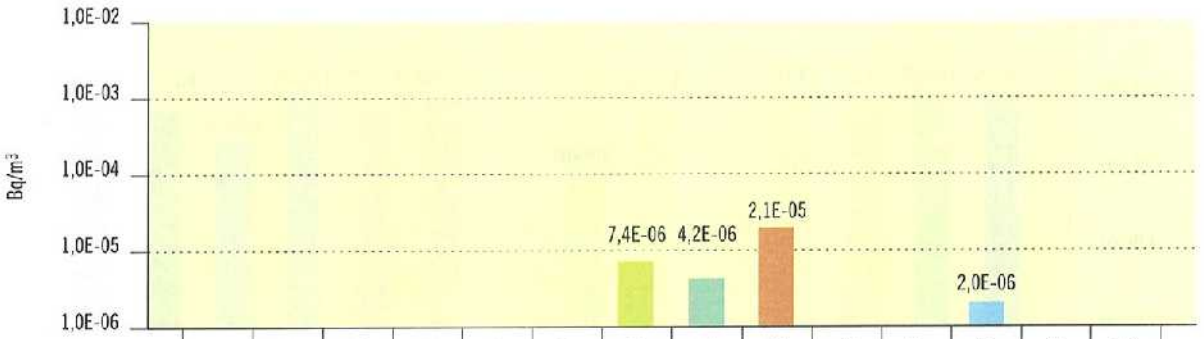


Figura 3.4b. Partículas de polvo en el aire. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997



Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	4	4	4	4		5	4	4	5	3	3	4	4	4
>LID	0	0	0	0		0	4	1	3	0	0	3	0	0
<LID	4	4	4	4		5	0	3	2	3	3	1	4	4

Deposición
Suelo (deposición total)

Figura 3.5a. Muestras de suelo
Evolución temporal del índice de actividad beta total

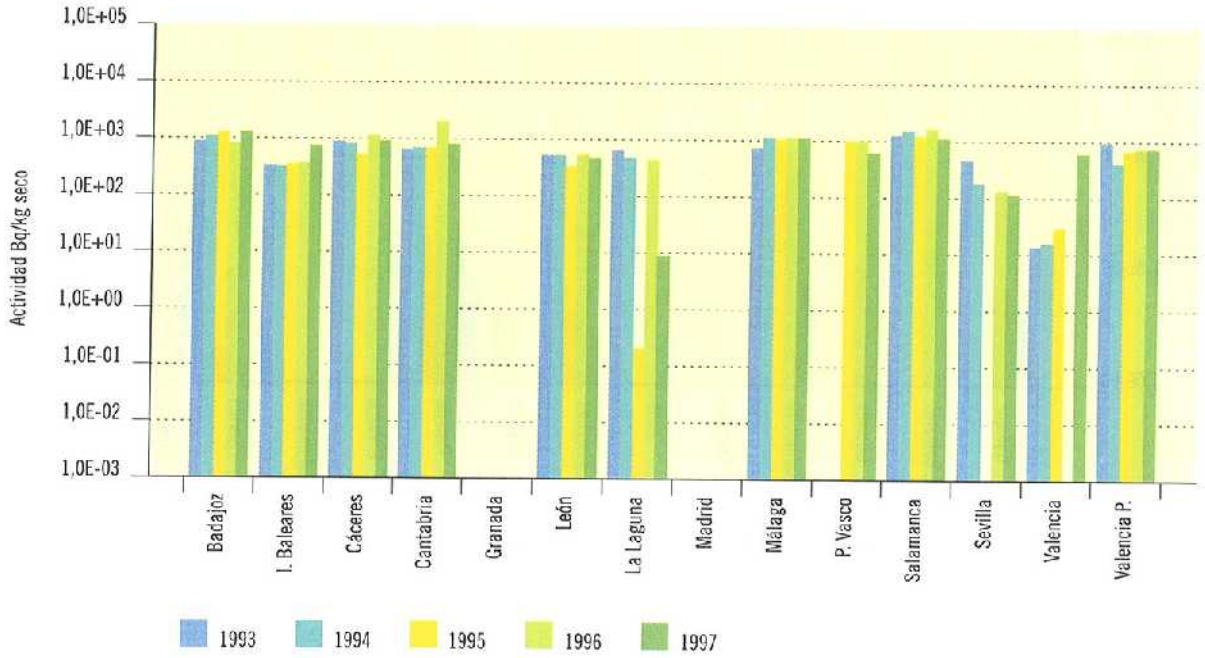
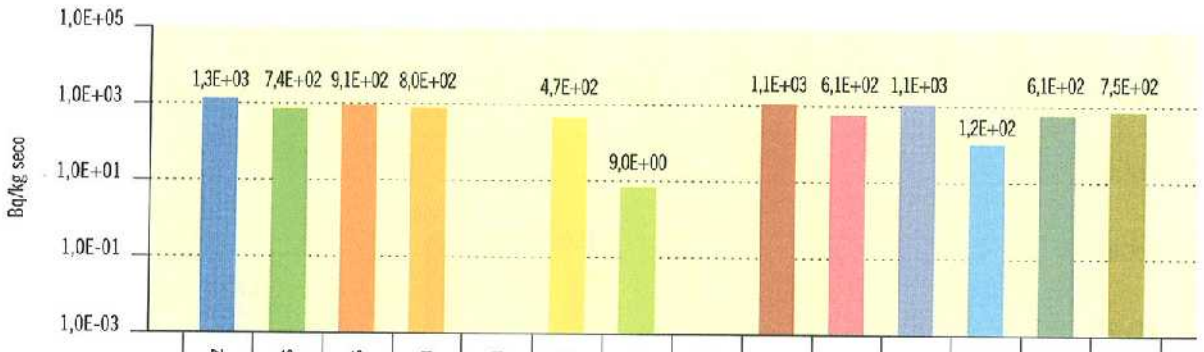


Figura 3.5b. Muestras de suelo. Índice de actividad beta total
Valores medios de la campaña de 1997



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.
Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1
>LID	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1
<LID	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0

Figura 3.6a. Muestras de suelo

Evolución temporal de Sr-90

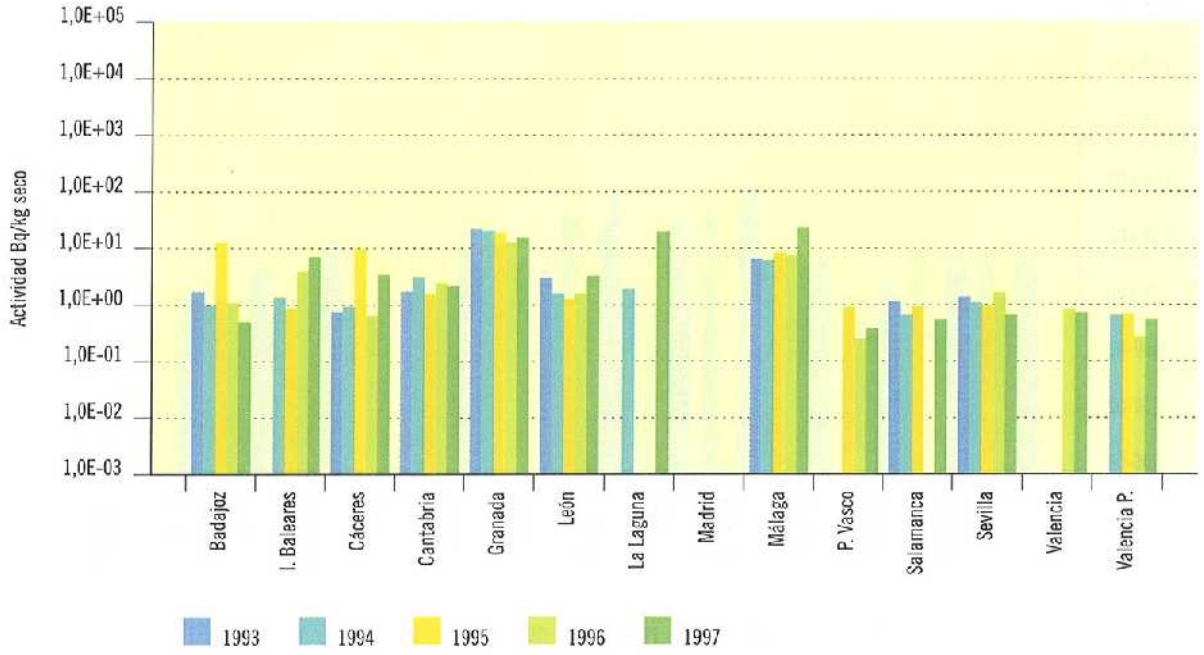
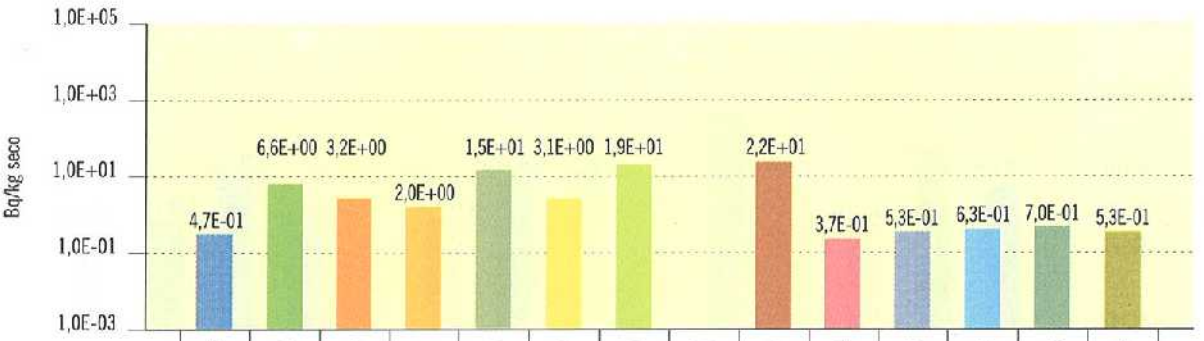


Figura 3.6b. Muestras de suelo. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997



Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	1	1	1	1	2	1	1		1	1	1	1	1	1
>LID	1	1	1	1	2	1	1		1	1	1	1	1	1
<LID	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0

Figura 3.7a. Muestras de suelo

Evolución temporal de Cs-137

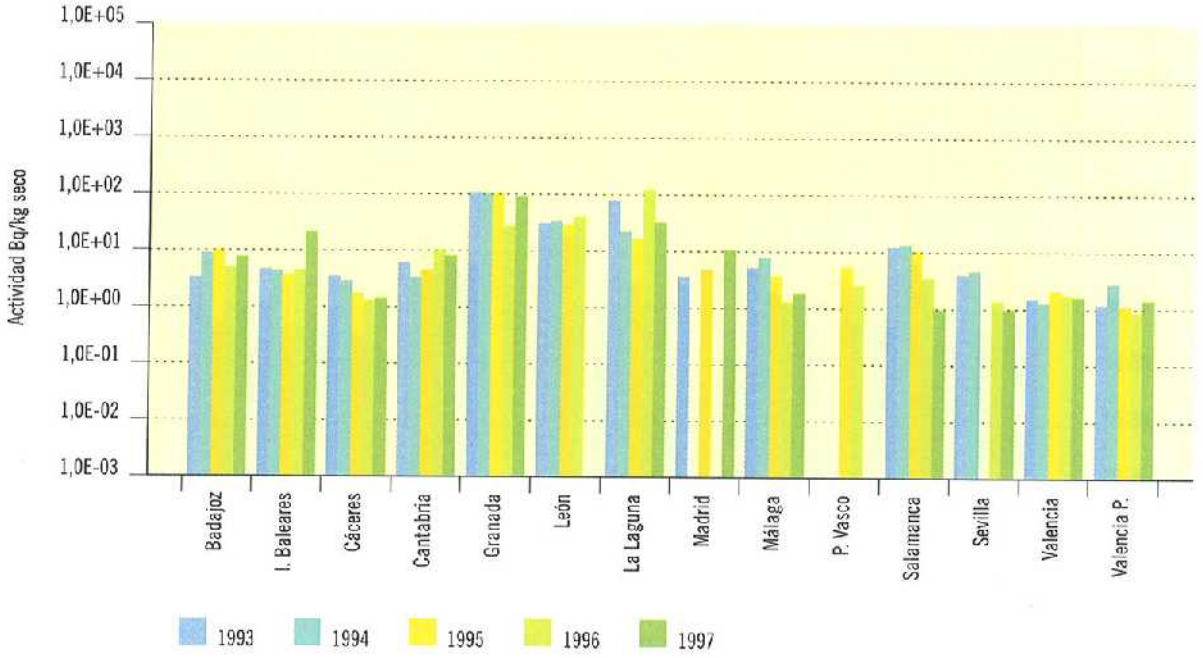
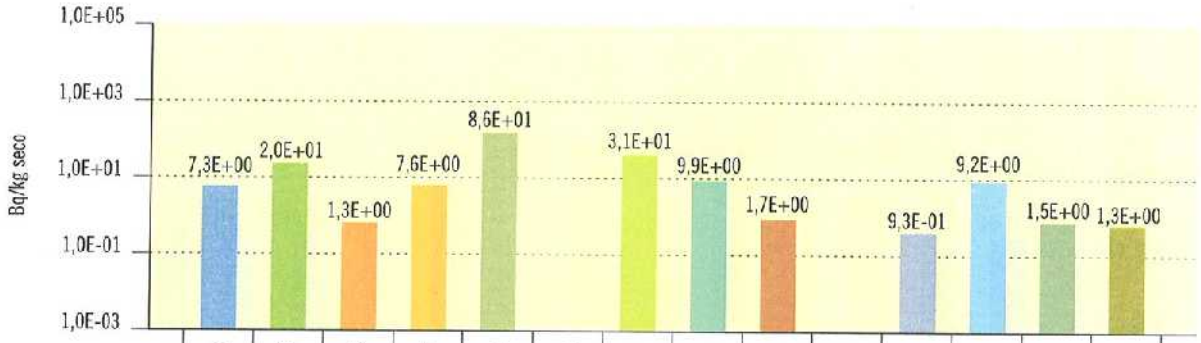


Figura 3.7b. Muestras de suelo. Concentración de actividad de Cs-137

Valores medios de la campaña de 1997



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.
Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	1	1	1	1	2		1	2	1	1	1	1	1	1
>LID	1	1	1	1	2		1	1	1	0	1	1	1	1
<LID	0	0	0	0	0		0	1	0	1	0	0	0	0

Agua de lluvia (deposición húmeda)

Figura 3.8a. Muestras de agua de lluvia
Evolución temporal del índice de actividad beta total

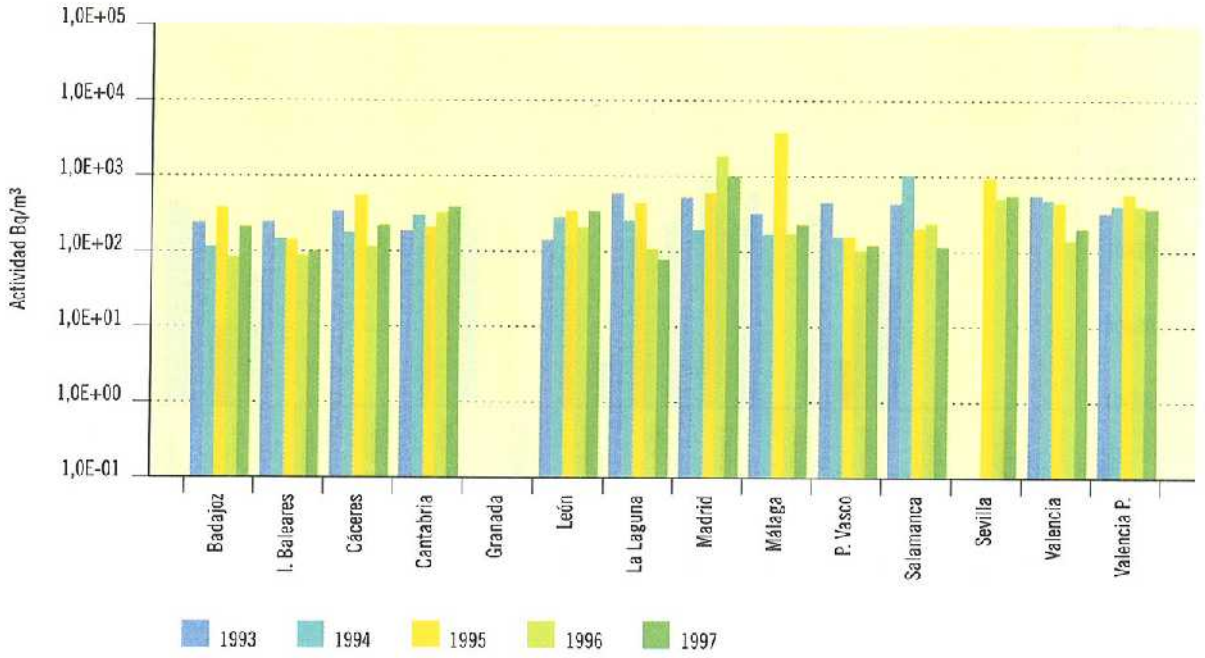
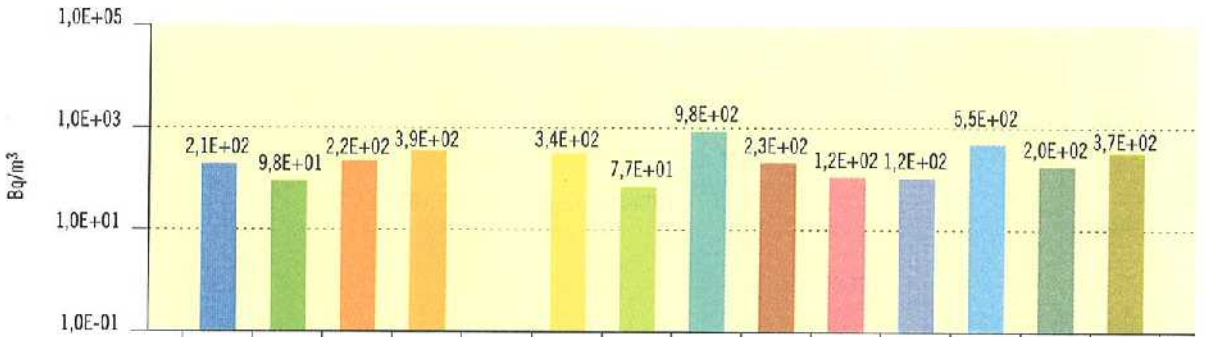


Figura 3.8b. Muestras de agua de lluvia. Índice de actividad beta total
Valores medios de la campaña de 1997



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.
Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	11	11	10	12		12	8	11	9	12	11	12	12	12
>LID	11	10	10	12		12	8	11	9	12	11	12	8	10
<LID	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	4	2

Figura 3.9a. Muestras de agua de lluvia

Evolución temporal del índice de Sr-90

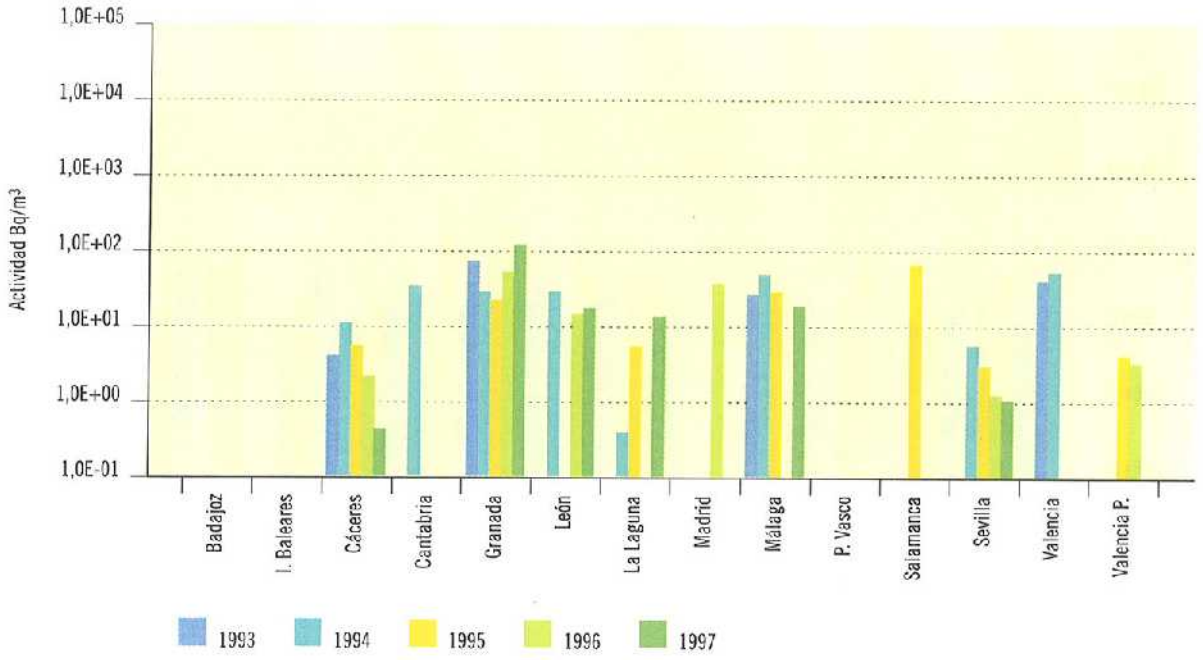
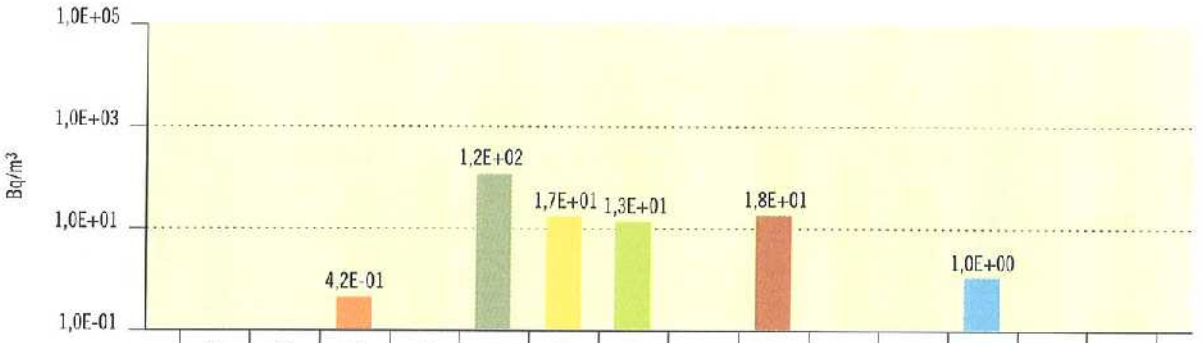


Figura 3.9b. Muestras de agua de lluvia. Concentración de actividad de Sr-90

Valores medios de la campaña de 1997



	Badajoz	I. Baleares	Cáceres	Cantabria	Granada	León	La Laguna	Madrid	Málaga	P. Vasco	Salamanca	Sevilla	Valencia	Valencia P.
Laboratorios	UDB	UBL	UCC	UCN	UGR	ULE	ULL	UMD	UML	UPV	USA	USE	UVC	UVP
Nº de análisis														
Total	4	4	4	4	4	4	3	5	5	4	3	4	4	12
>LID	0	0	3	0	2	2	2	0	2	0	0	4	0	0
<LID	4	4	1	4	2	2	1	5	3	4	3	0	4	12

1.2. Vigilancia del medio acuático

La red de vigilancia del medio acuático a nivel 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 la 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

1.2.1.1. 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 mas de ochenta puntos (ver figura 3.10).

Figura 3.10. Red de estaciones de muestreo de aguas continentales

1.2.1.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

Este programa de vigilancia se planteó a partir del año 1975 por parte del Cedex y la Dirección General de Obras Hidráulicas, como consecuencia del desarrollo que iba adquiriendo en nuestro país la energía eléctrica de origen nuclear y el interés que tenía el incluir las variables radiológicas como un factor más de la calidad de las aguas. Posteriormente, a raíz de los convenios establecido entre CSN-Cedex ya mencionados, se completó la red de vigilancia de las cuencas hidrográficas con la inclusión de nuevas cuencas y la incorporación de más puntos de muestreo en las ya vigiladas.

Las estaciones de muestreo están situadas en zonas tanto potencialmente influenciadas por las instalaciones nucleares o radiactivas como alejadas de ellas. Las muestras se recogen con frecuencia mensual, trimestral o con dispositivos de recogida proporcional continuo, en 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 1997.

Tabla 3.3. Cuencas hidrográficas: estaciones de muestreo y número de muestras recogidas. Campaña 1997

Cuencas hidrográficas de España	Número de estaciones de muestreo	Número de muestras analizadas
Miño y norte de España	10	93
Duero	12	101
Tajo	21	170
Guadiana	5	20
Guadalquivir	12	28
Ebro	11	157
Júcar	6	72
Catalanas	7	83
Segura	5	36

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 y ^{144}Ce.

El Cedex realiza el muestreo con la colaboración del personal de las confederaciones hidrográficas y efectúa el análisis de las muestras. La frecuencia de recogida de éstas se ha ido modificando a lo largo de los dieciocho años que el Cedex lleva realizando el programa de vigilancia; de acuerdo con la amplia estadística de datos disponible, el muestreo ha pasado de mensual a trimestral en distintos puntos de la red. Estos cambios no han afectado en ningún caso a puntos ubicados en el entorno de las instalaciones nucleares y/o radiactivas y ha permitido, manteniendo el número de muestras analizadas anualmente, ampliar la red a otros puntos nuevos.

El Cedex aplica sus propios programas de garantía de calidad a las actividades que desarrolla y participa en las campañas anuales de intercomparación organizadas por el CSN.

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

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

1.2.1.3. Resultados

En este documento se presentan gráficamente, por cuencas hidrográficas, los valores medios anuales obtenidos en las estaciones de muestreo consideradas durante el período 1984 a 1997 en los cauces de los principales ríos sin considerar sus afluentes. De forma genérica, en el caso de que en un determinado período y punto de muestreo no aparezca representación gráfica implica que el valor obtenido ha estado por debajo del límite inferior de detección, en casos excepcionales esta falta de datos corresponde a modificaciones por interrupción o incorporación de un nuevo punto al programa de muestreo.

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

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

- 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 ^{40}K).

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

- En cuanto a los valores de las concentración de tritio, se ha detectado en ocasiones una ligera diferencia aguas arriba y aguas abajo de los vertidos de las centrales nucleares de Trillo, José Cabrera, Almaraz y Ascó. Los incrementos observados no son radiológicamente significativos y quedan limitados a estaciones de muestreo afectadas por dichas instalaciones.

Río Miño

Figura 3.11. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

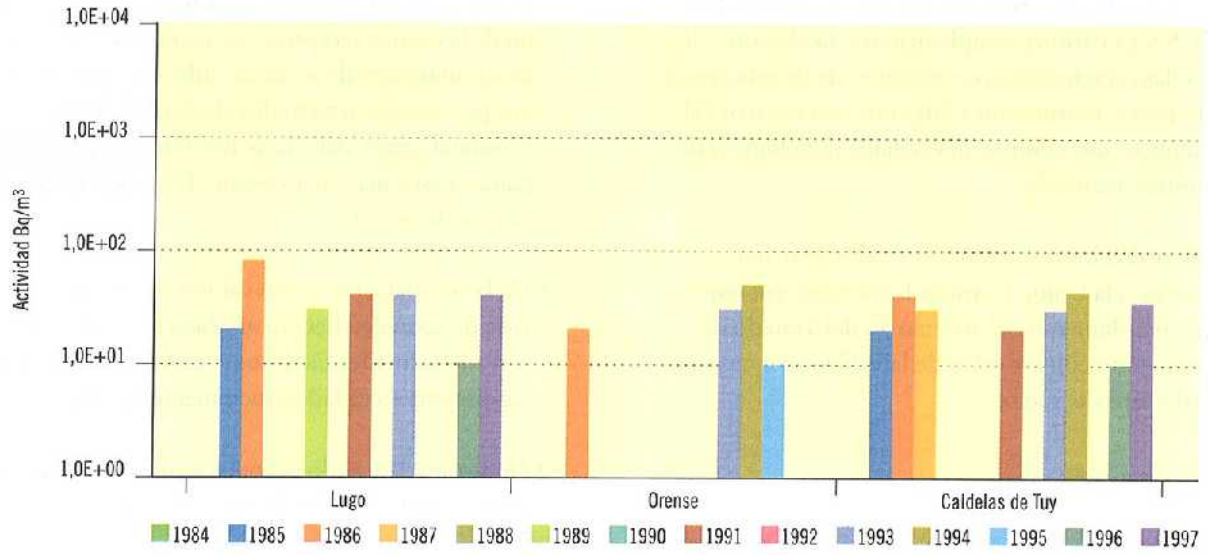


Figura 3.12. Río Miño

Evolución temporal del índice de actividad beta total

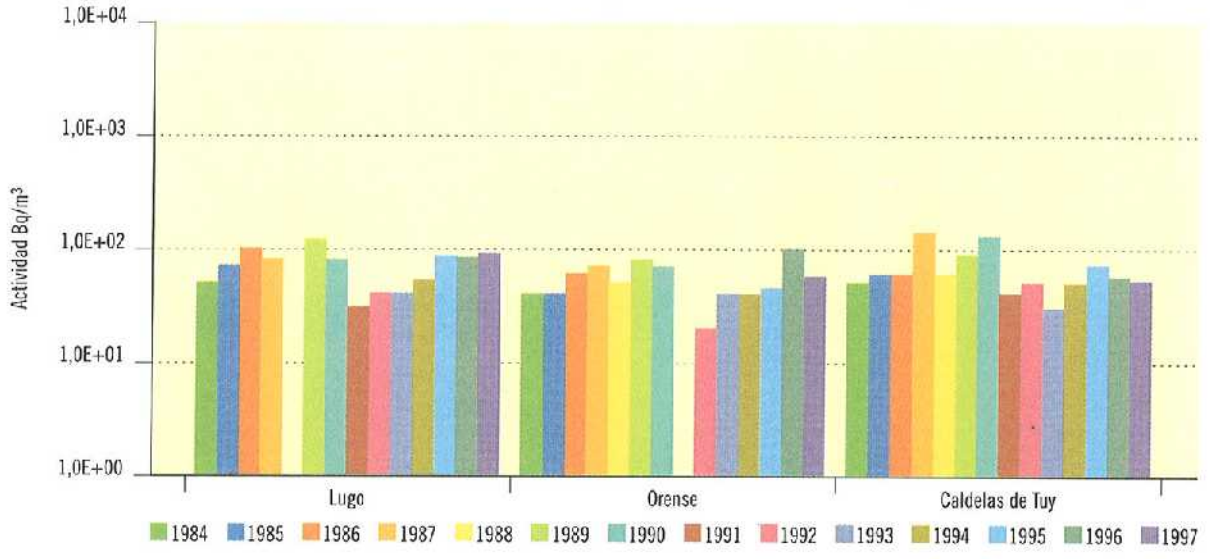


Figura 3.13. Río Miño

Evolución temporal del indice de actividad beta resto

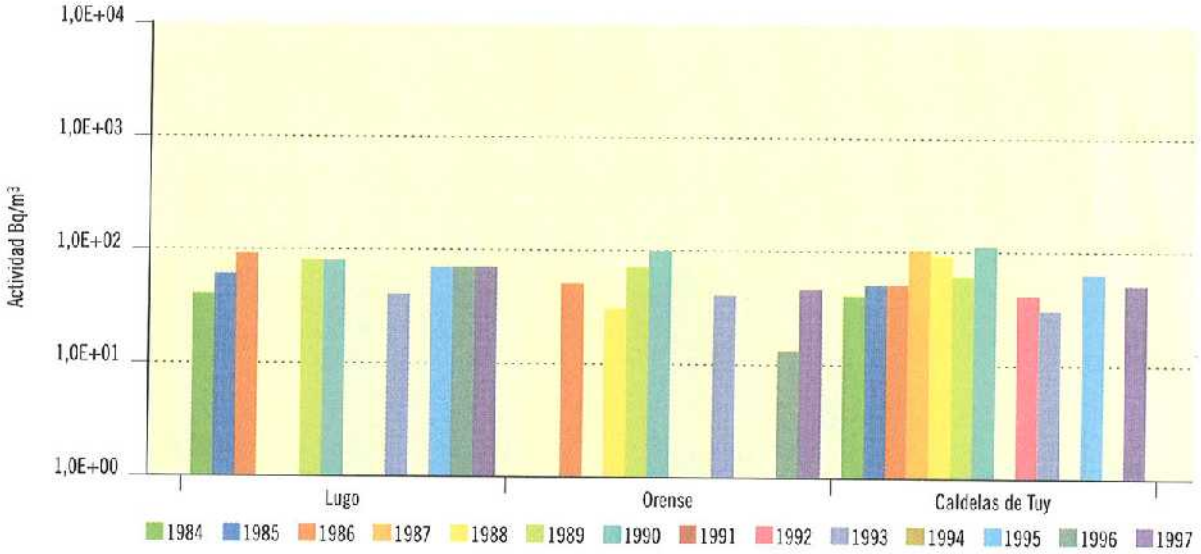
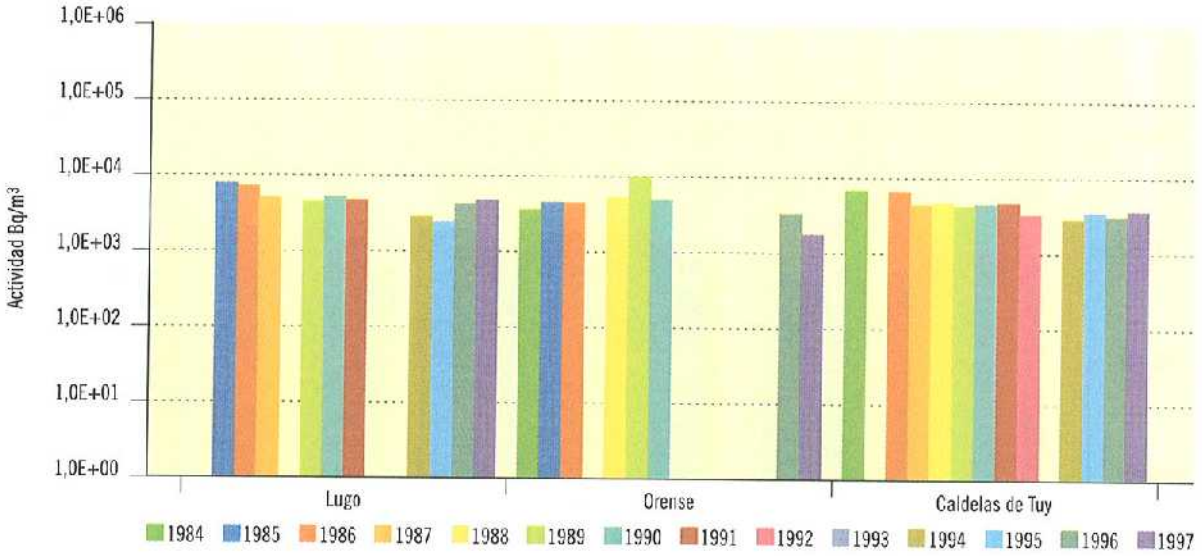


Figura 3.14. Río Miño

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Duero

Figura 3.15. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

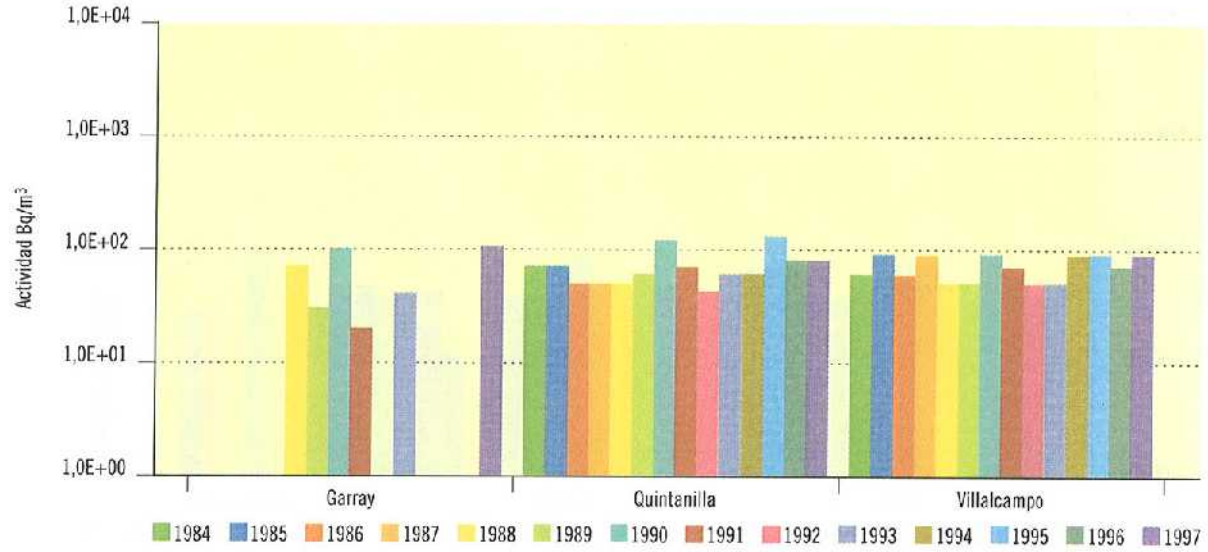


Figura 3.16. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta total

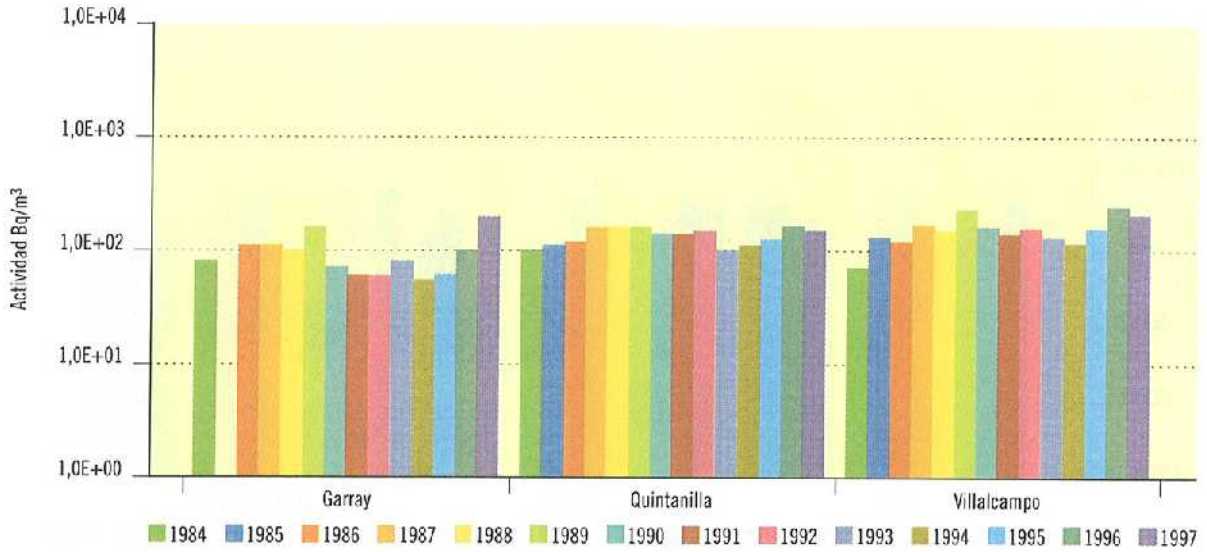


Figura 3.17. Río Duero

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

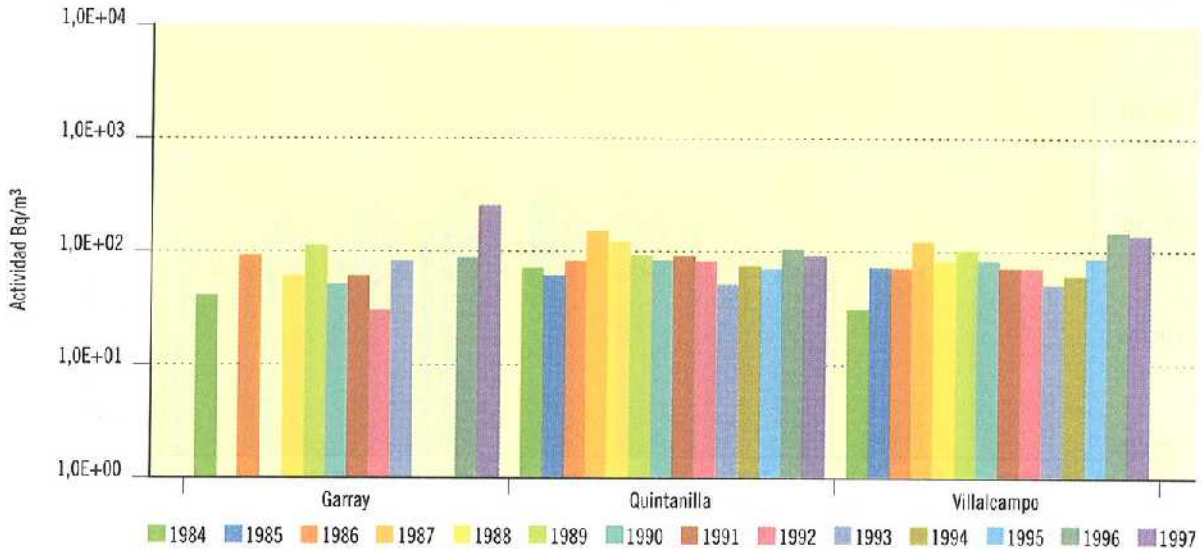
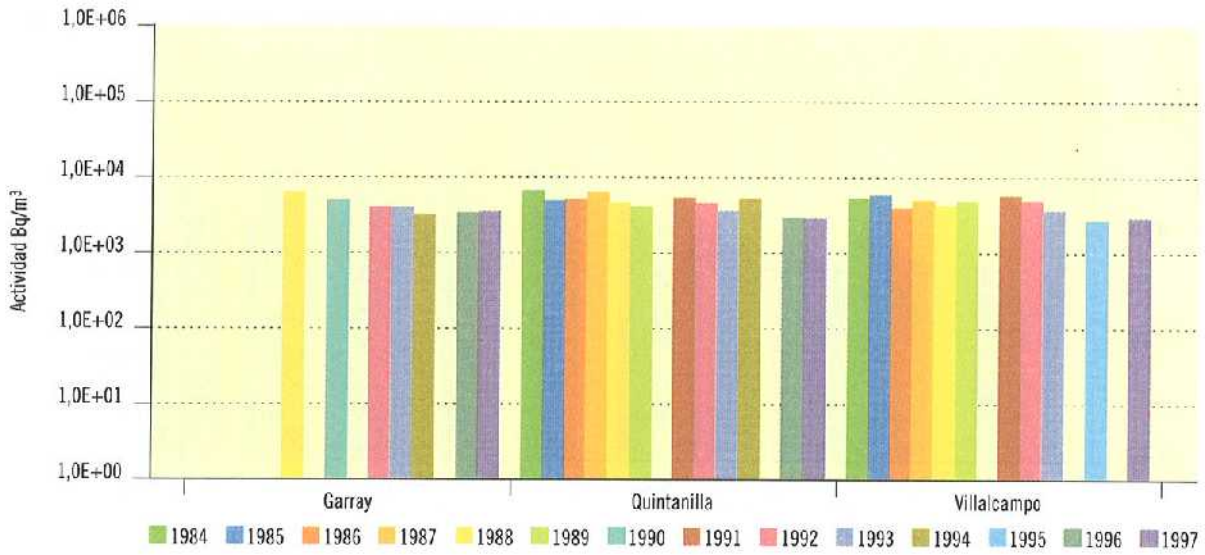


Figura 3.18. Río Duero

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Tajo

Figura 3.19. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

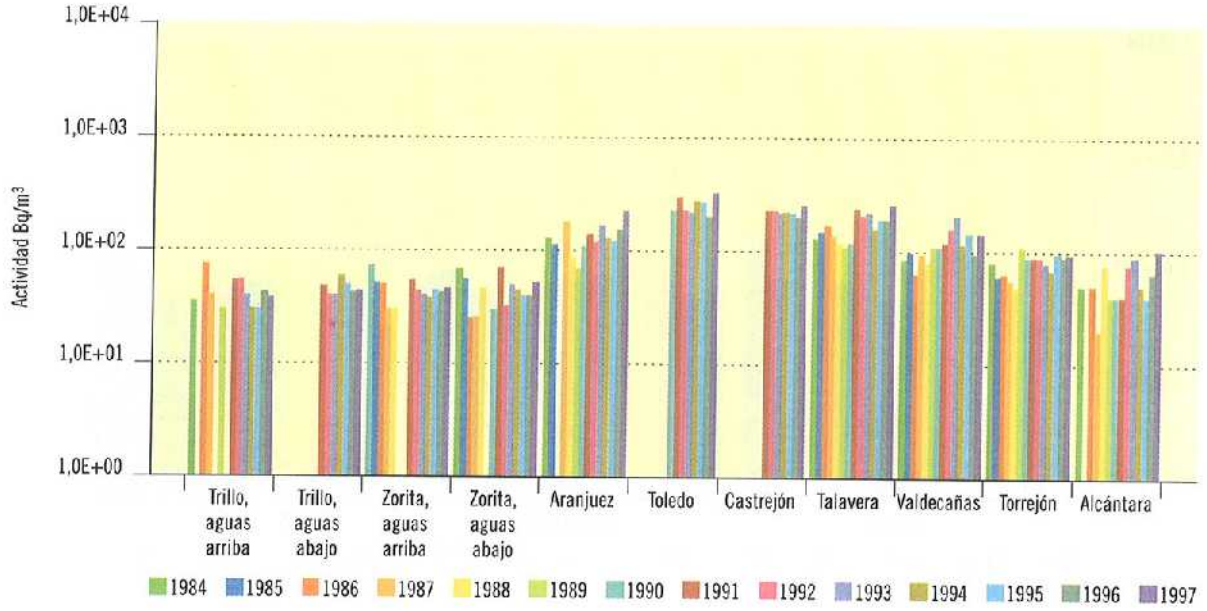


Figura 3.20. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta total

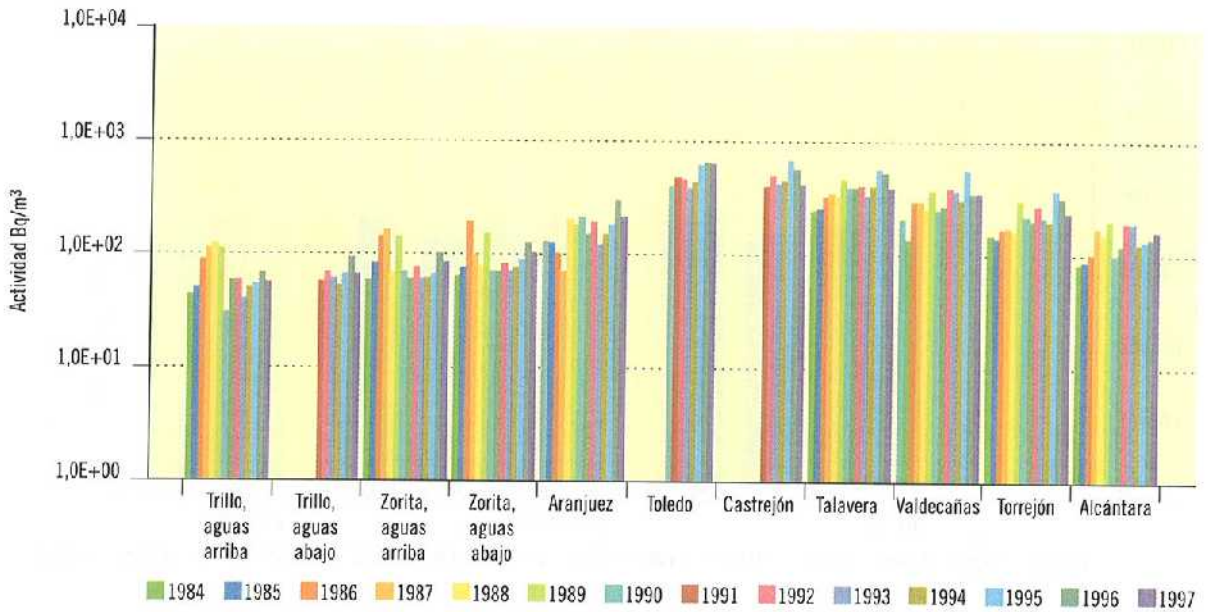


Figura 3.21. Río Tajo

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

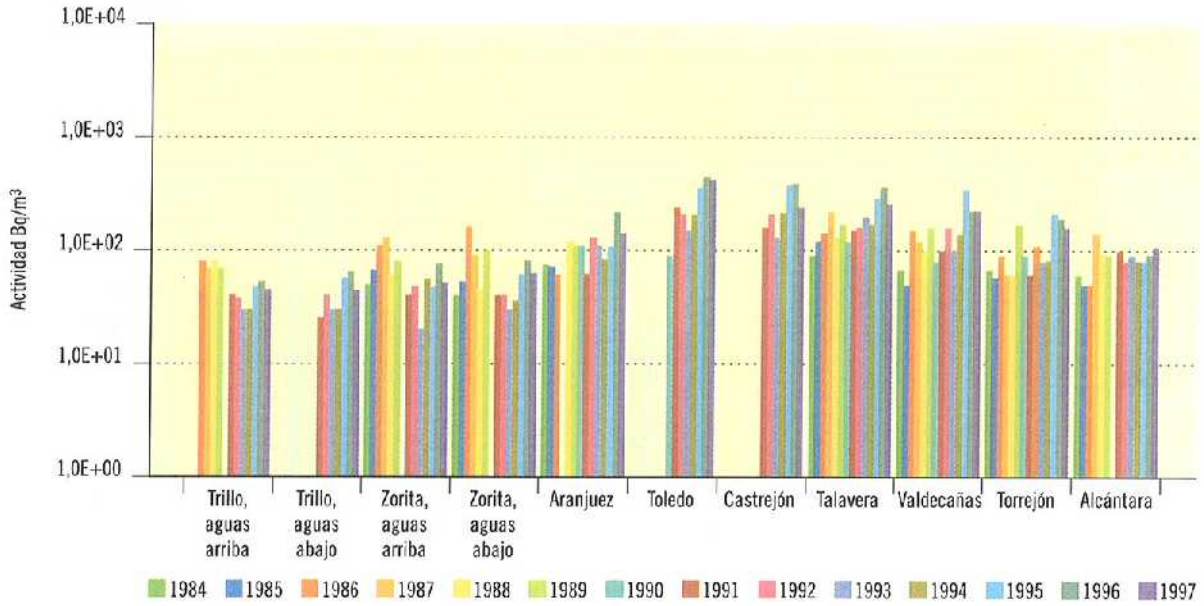
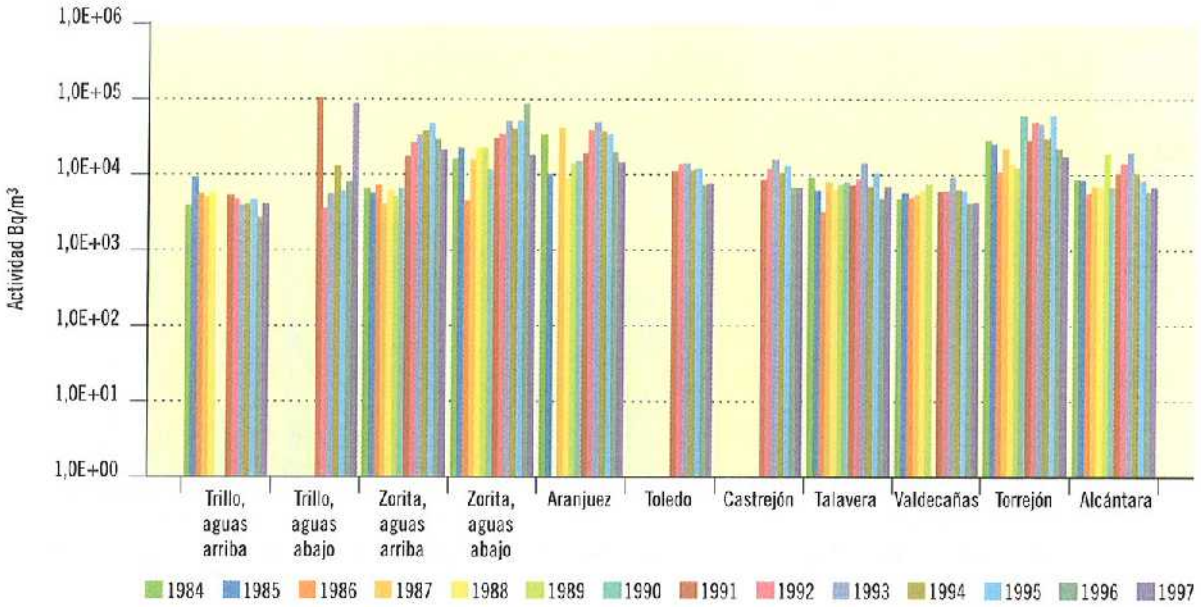


Figura 3.22. Río Tajo

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Guadiana

Figura 3.23. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

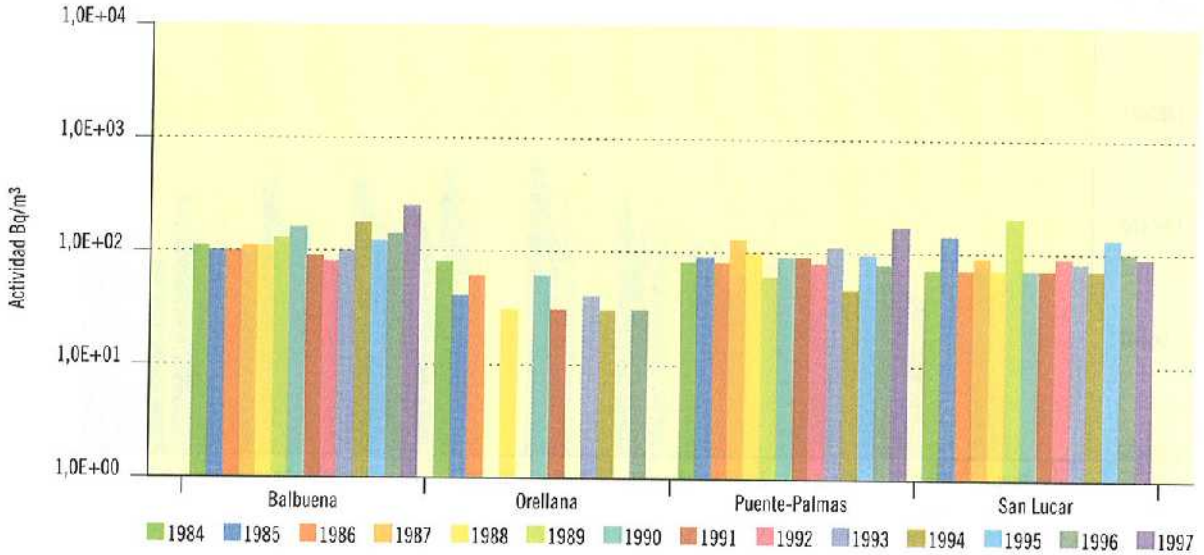


Figura 3.24. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta total

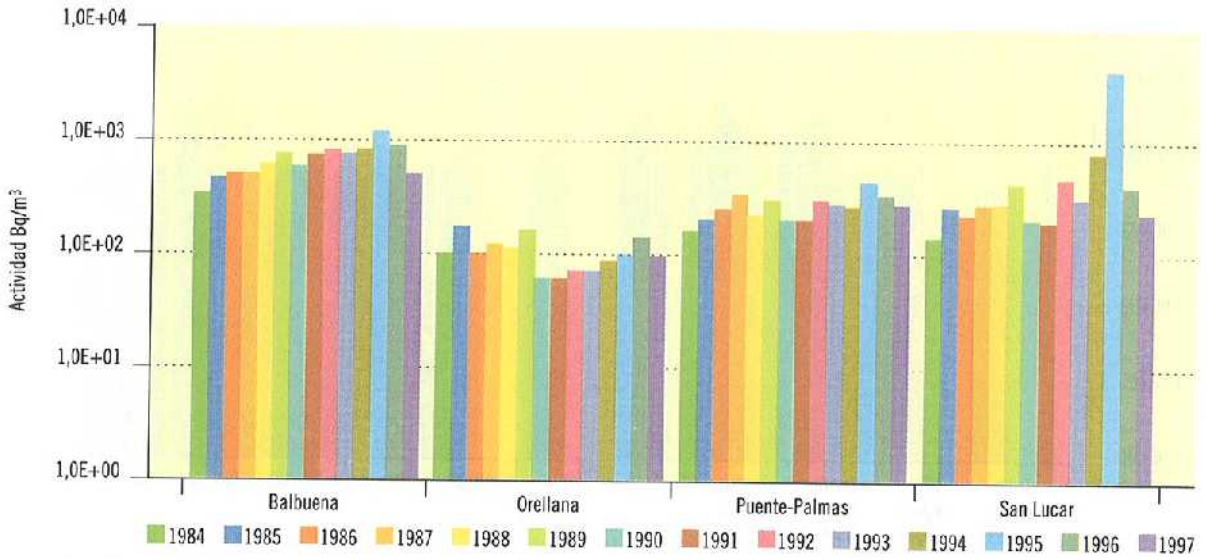


Figura 3.25. Río Guadiana

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

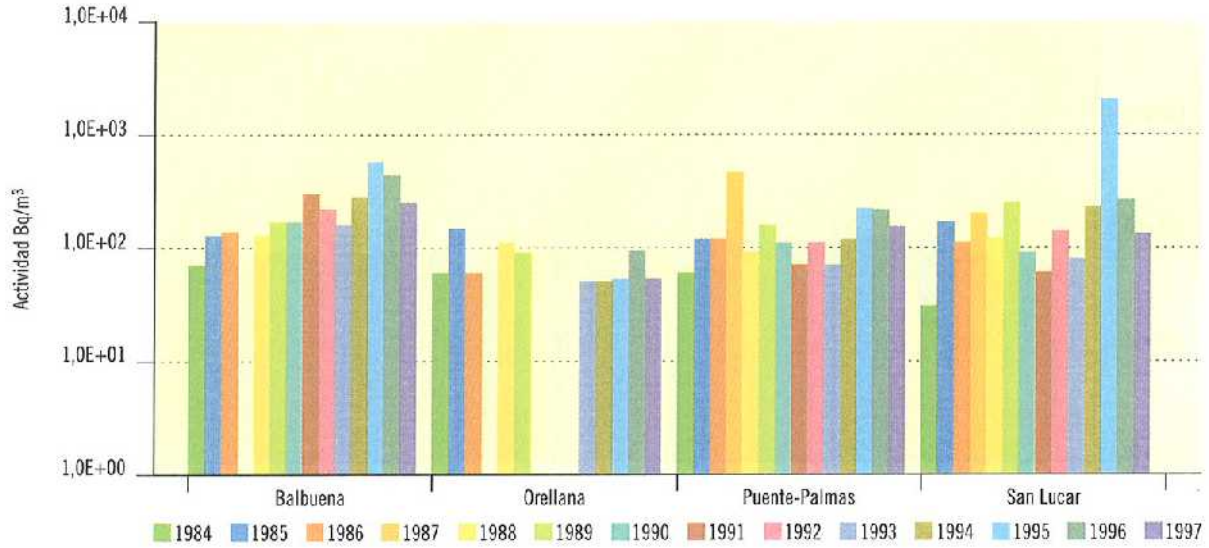
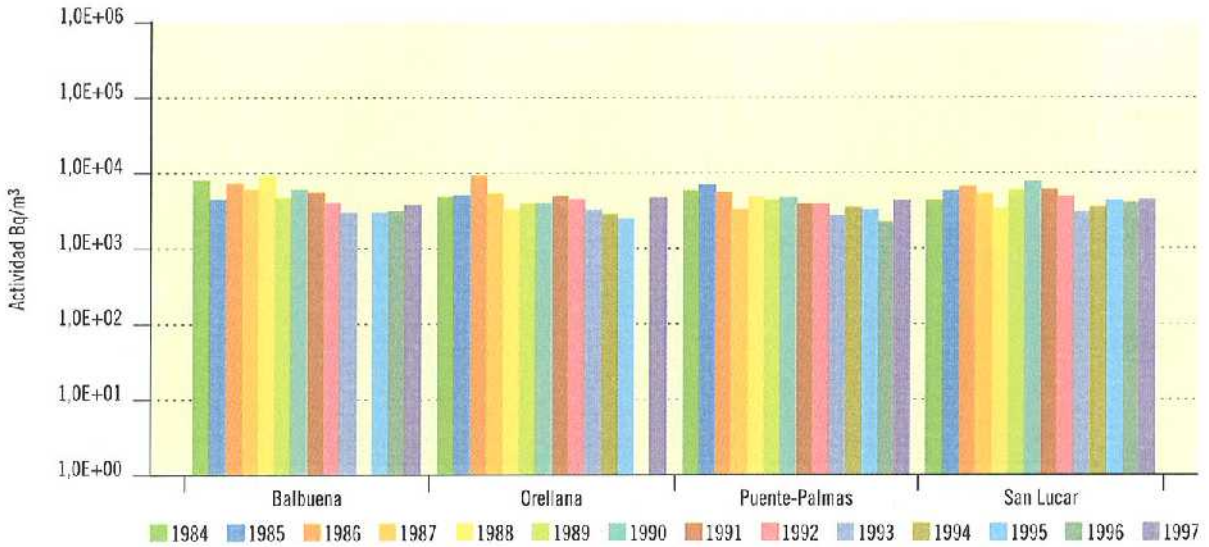


Figura 3.26. Río Guadiana

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Guadalquivir

Figura 3.27. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

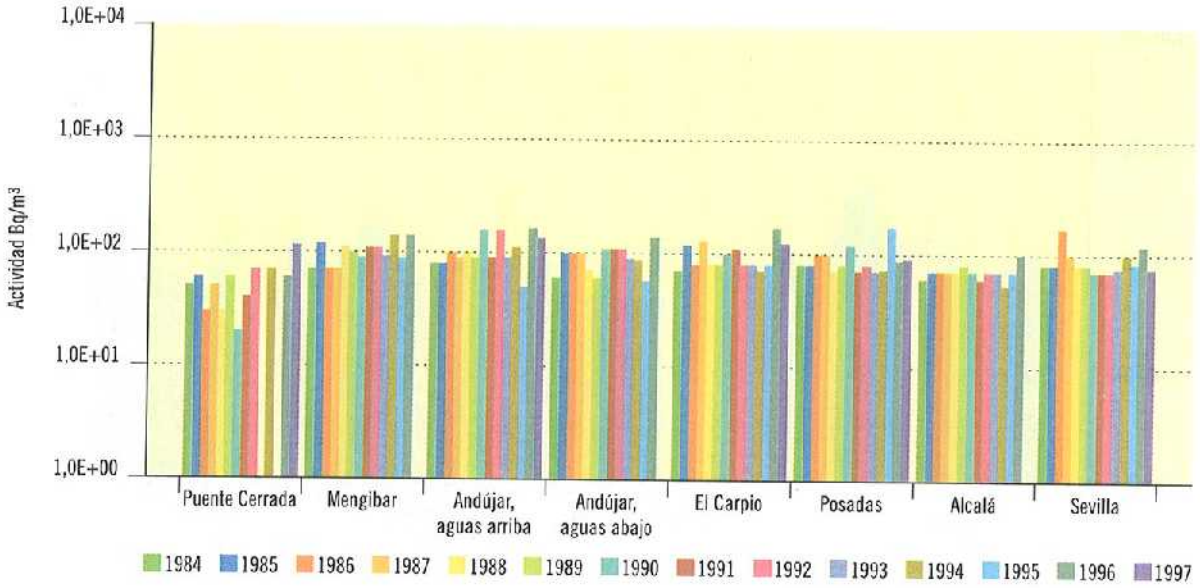


Figura 3.28. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta total

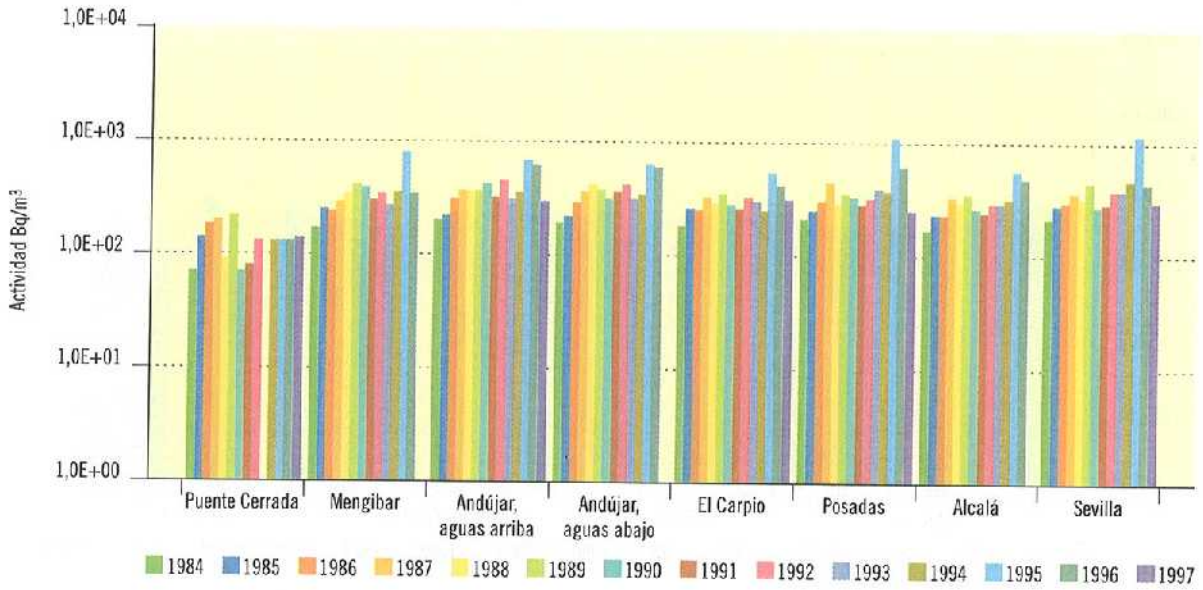


Figura 3.29. Río Guadalquivir

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

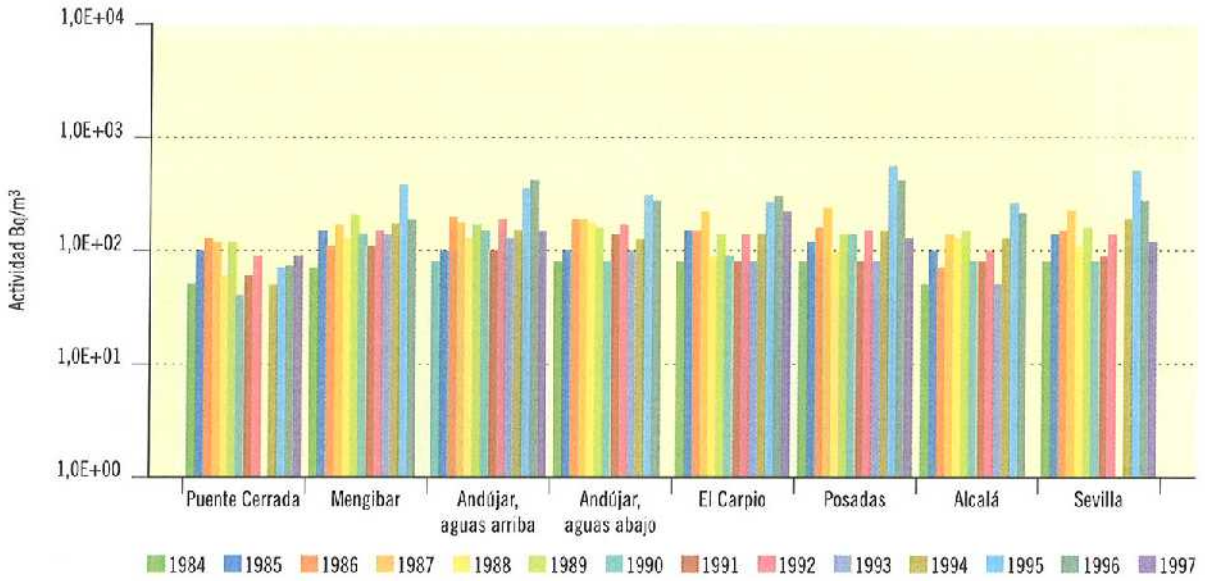
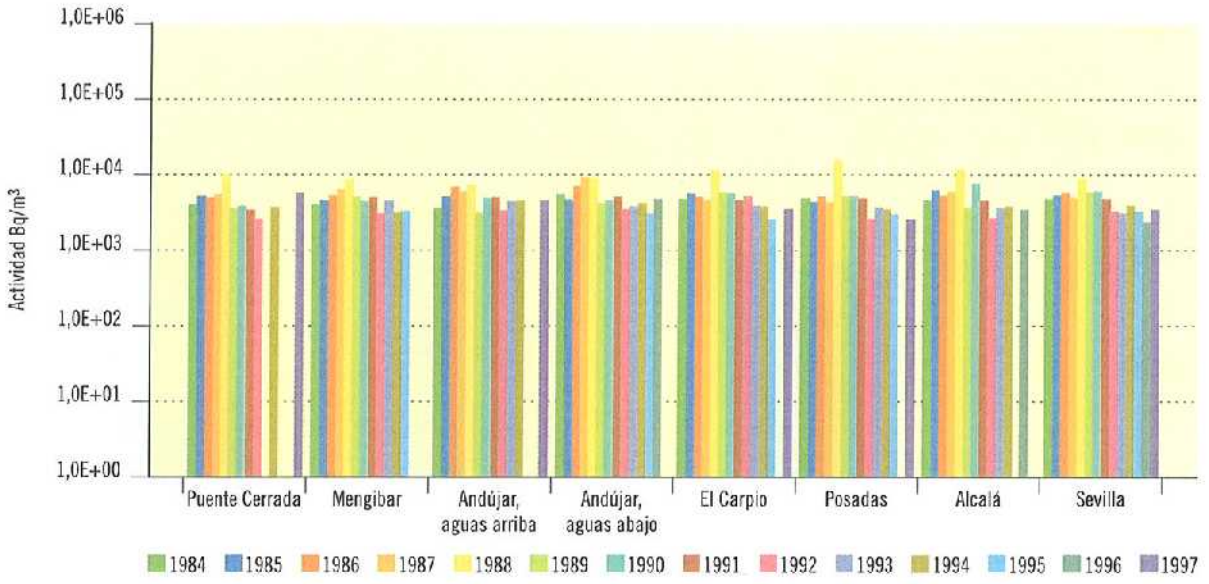


Figura 3.30. Río Guadalquivir

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Segura

Figura 3.31. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

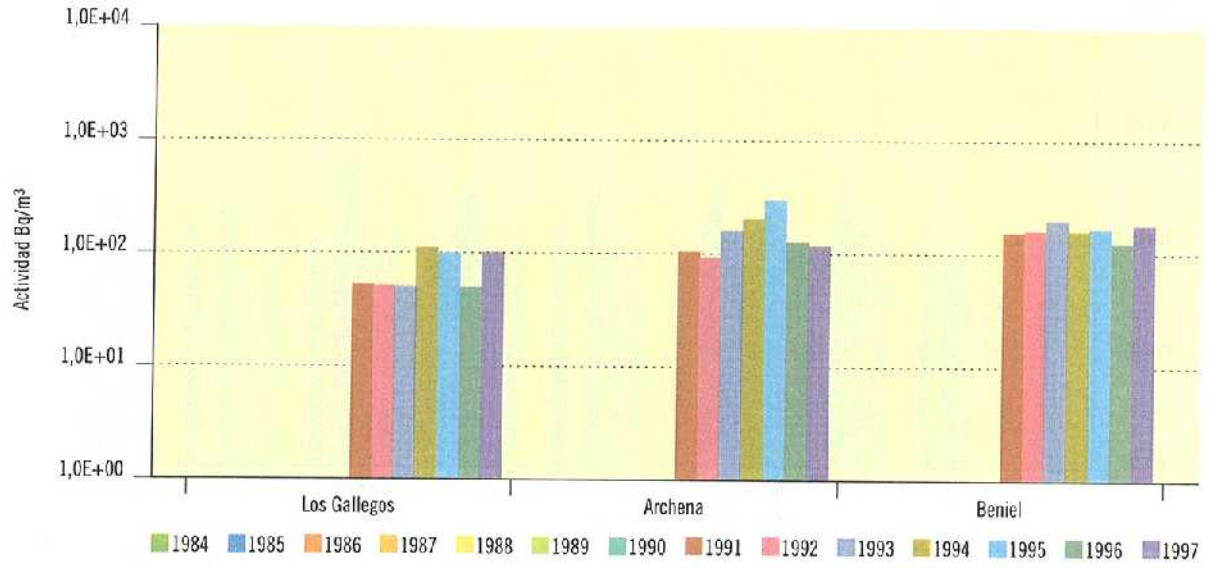


Figura 3.32. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta total

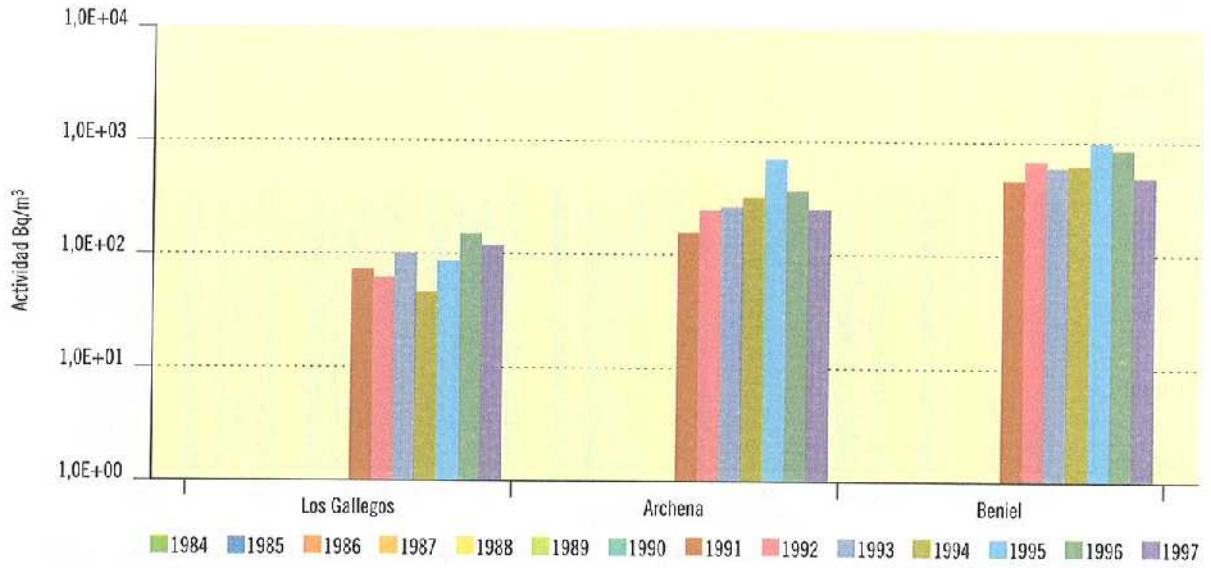


Figura 3.33. Río Segura

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

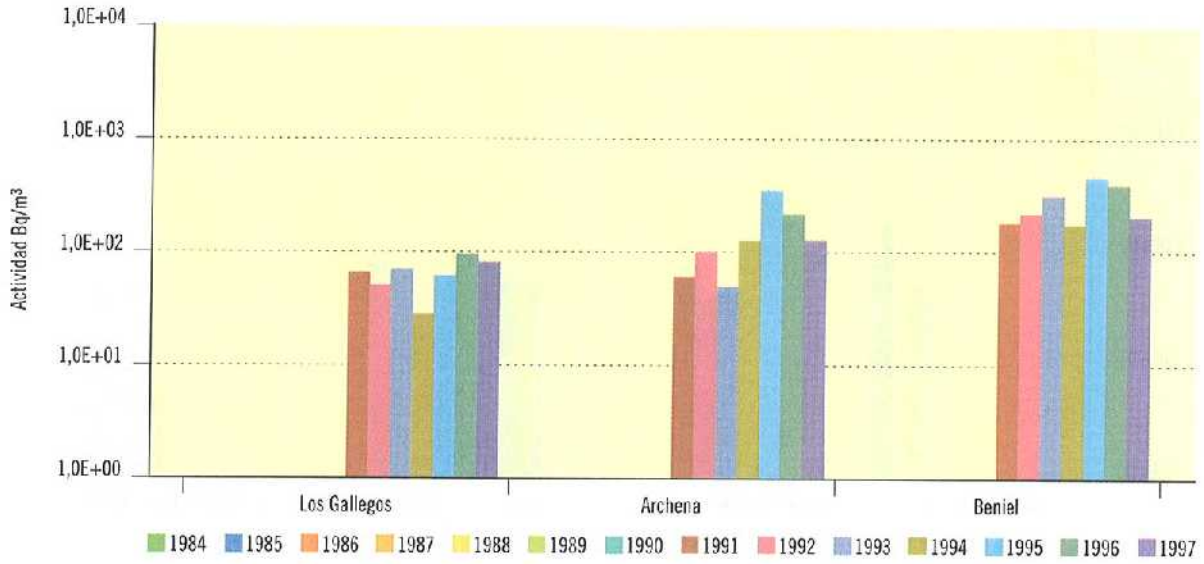
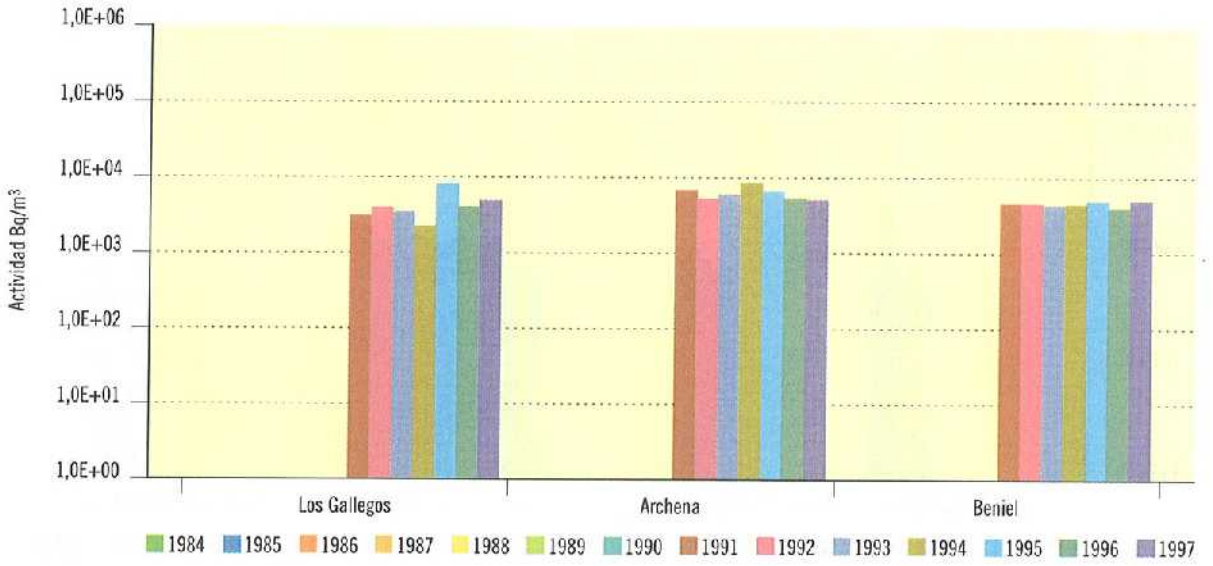


Figura 3.34. Río Segura

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



Río Júcar

Figura 3.35. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

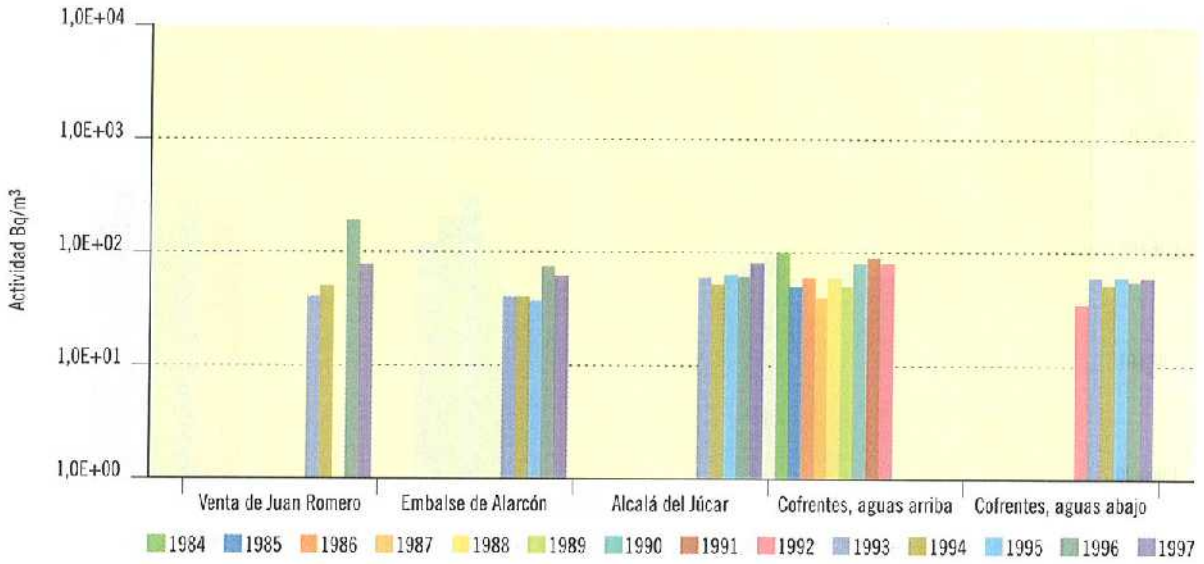


Figura 3.36. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta total

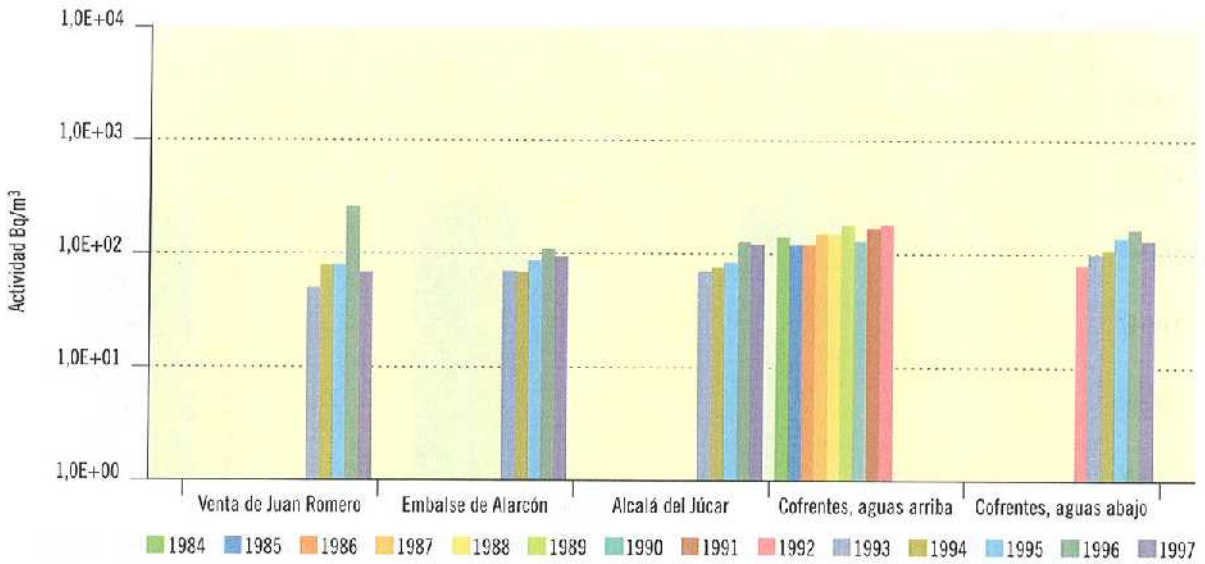


Figura 3.37. Río Júcar

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

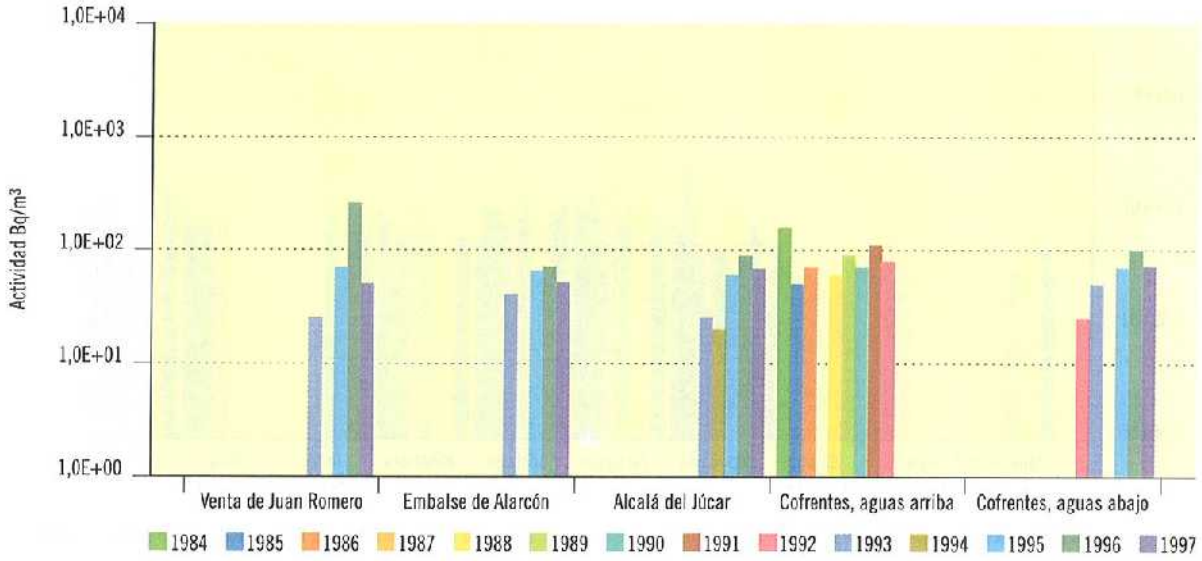
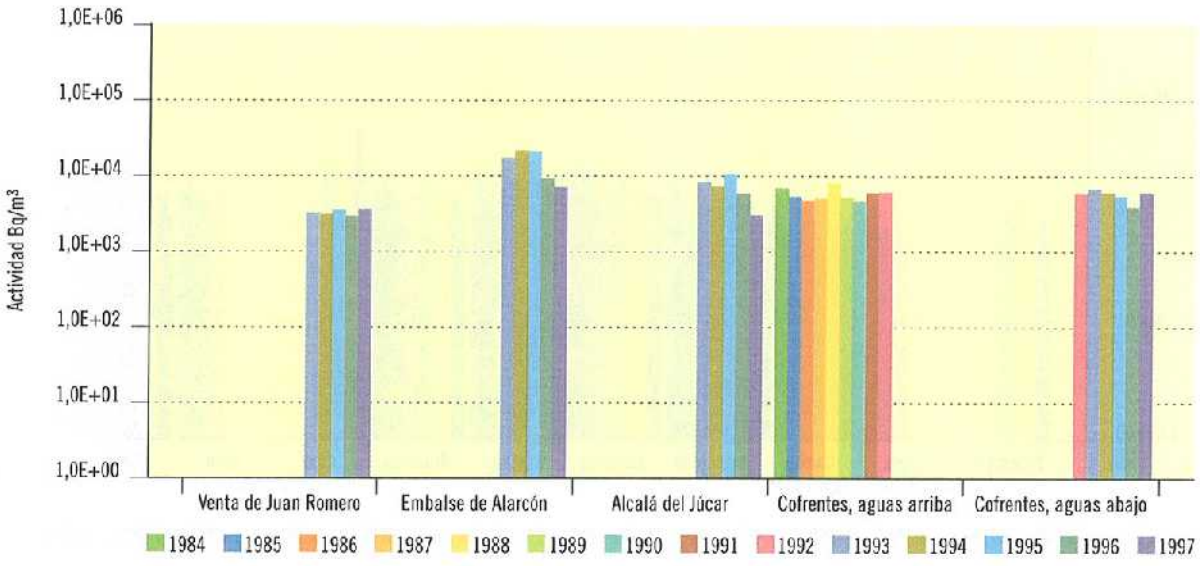


Figura 3.38. Río Júcar

Evolución temporal de concentracion de actividad de tritio



Río Ebro

Figura 3.39. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad alfa total

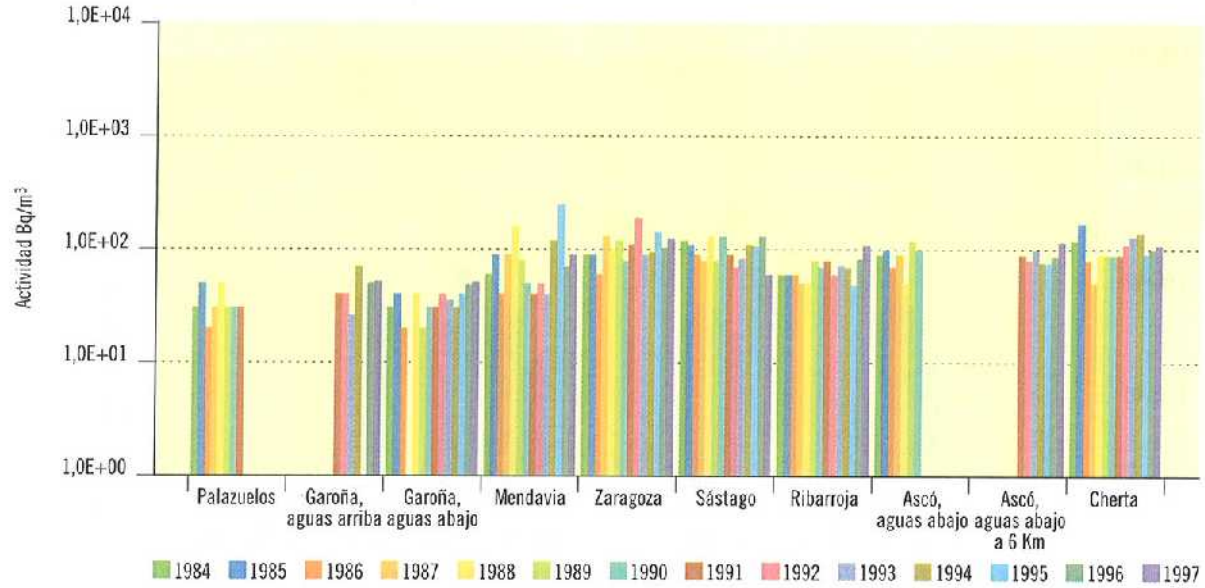


Figura 3.40. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta total

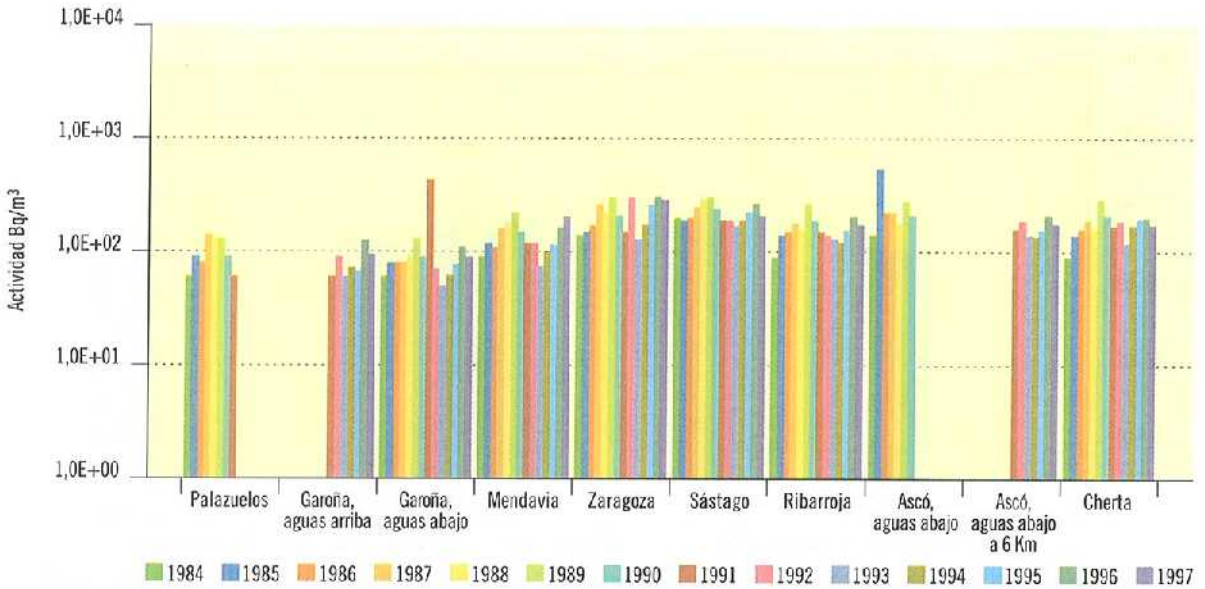


Figura 3.41. Río Ebro

Evolución temporal del índice de actividad beta resto

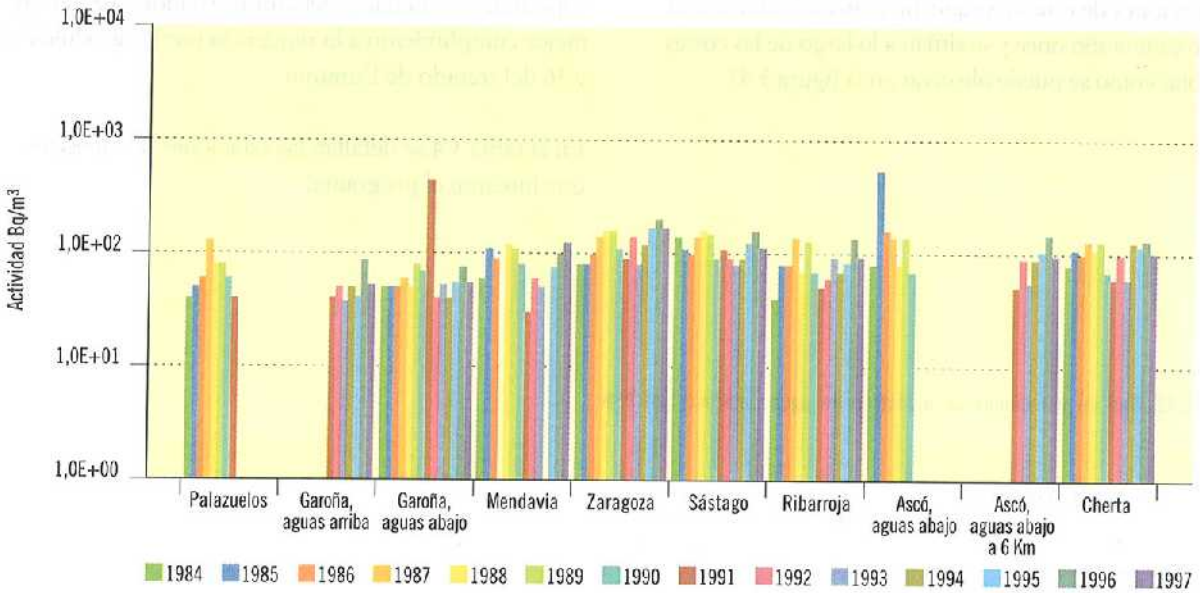
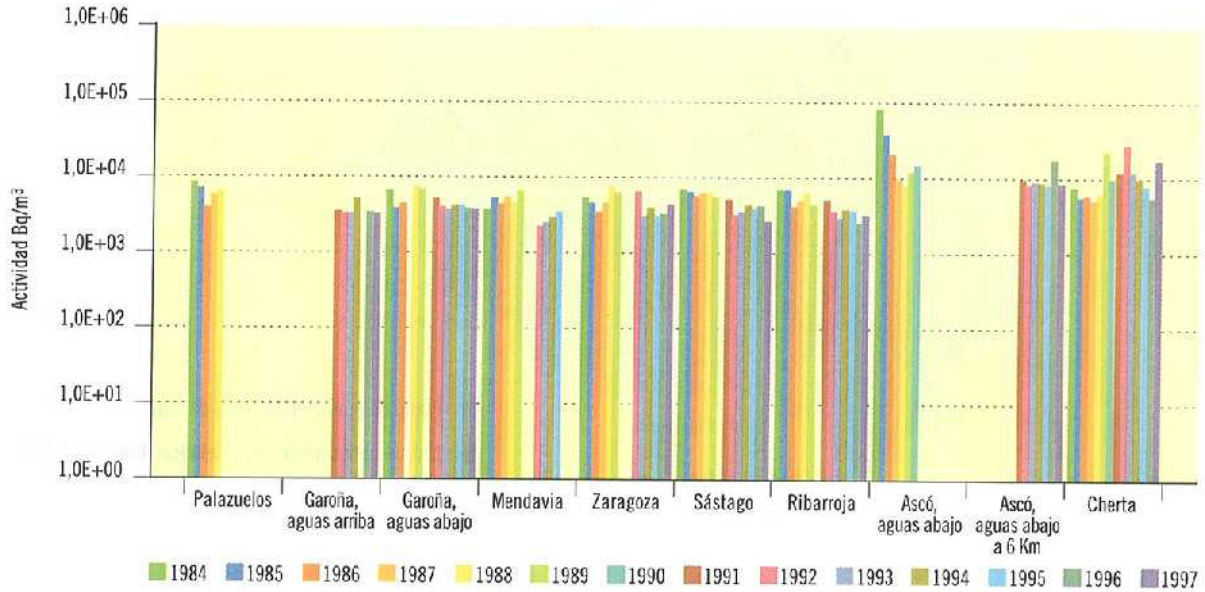


Figura 3.42. Río Ebro

Evolución temporal de concentración de actividad de tritio



1.2.2. Vigilancia de las aguas costeras

1.2.2.1. Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo que integran en la actualidad este programa son once y se sitúan a lo largo de las costas españolas como se puede observar en la figura 3.43.

1.2.2.2. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia

El diseño de este programa se planteó a iniciativa del CSN, con el fin de completar la vigilancia de las aguas superficiales con datos del litoral español y así dar un mejor cumplimiento a lo requerido por los artículos 35 y 36 del tratado de Euratom.

En la tabla 3.4 se detallan las estaciones de muestreo que integran el programa.

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

La recogida de muestras es trimestral y 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 y ^{144}Ce.

El desarrollo del programa es muy similar a lo indicado en el apartado 1.2.1.2 para las muestras de aguas superficiales, sólo indicar la dificultad que entraña la recogida de estas muestras debido a su propia naturaleza y a la cantidad de agua requerida para su análisis (25 litros). El Cedex para realizar el muestreo cuenta con la colaboración de diversos organismos públicos: Dirección General de Costas, autoridades portuarias, Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima etc.,

Tabla 3-4 Estaciones de muestreo de agua de mar

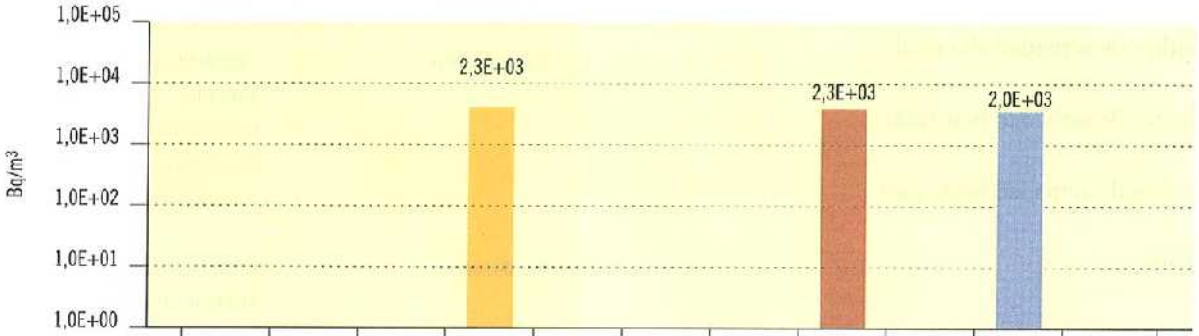
Mar Cantábrico	Cabo de Ajo
Océano Atlántico	Cabo de Ortegal Cabo Villano Cabo Silleiro Isla Cristina Puerto de Cádiz
Mar Mediterraneo	Estrecho de Gibraltar Puerto de Cartagena Cabo de San Antonio Puerto de Barcelona Cabo de Creus

1.2.2.3. Resultados

A continuación se presentan gráficamente los valores medios obtenidos en la campaña del año 1997. Los resultados obtenidos son coherentes con el alto contenido en sales del agua de mar, en concreto en el índice de actividad beta total, donde los niveles son notablemente superiores a los obtenidos para las aguas continentales, cuyos resultado se han presentado en el apartado 1.2.1.3.

Figura 3.44. Agua de mar. Índice de actividad alfa total

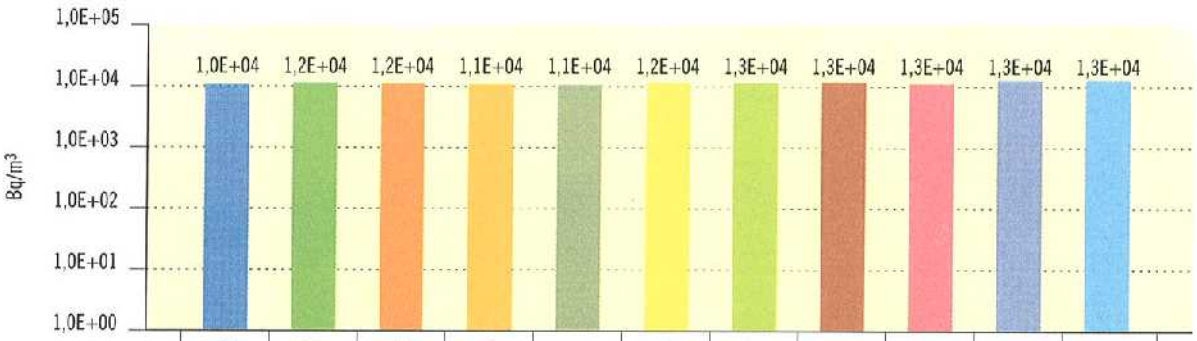
Valores medios de la campaña de 1997



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Nº de análisis											
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
>LID	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<LID	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4

Figura 3.45. Agua de mar. Índice de actividad beta total

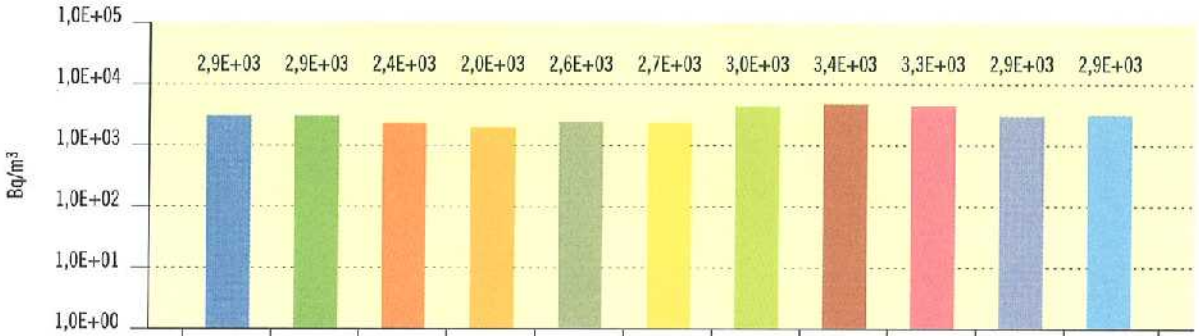
Valores medios de la campaña de 1997



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Nº de análisis											
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
>LID	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.46. Agua de mar. Índice de actividad beta resto

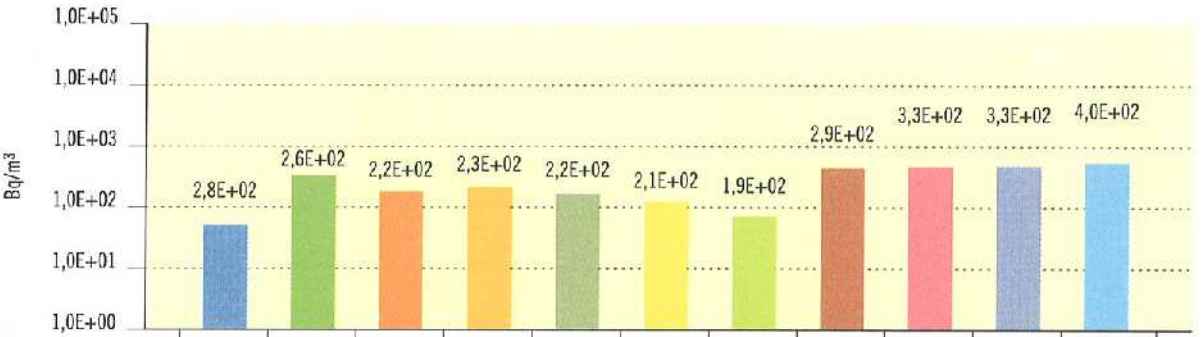
Valores medios de la campaña de 1997



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Nº de análisis											
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
>LID	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
<LID	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

Figura 3.47. Agua de mar. Índice de concentración de actividad de tritio

Valores medios de la campaña de 1997



Estación	C.Ajo	C. Ort.	C. Vill.	C. Sill.	I. Cris.	P. Cád.	E. Gibr.	P. Cart.	C.S.A.	P. Bar.	C. Cre.
Nº de análisis											
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
>LID	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<LID	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA)

4

1. Estaciones automáticas

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

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

Desde el CSC se tiene también acceso a los datos proporcionados por las redes automáticas de vigilancia de las comunidades autónomas de Valencia y de Cataluña según los acuerdos específicos de colaboración en esta materia. La conexión con la red de la Generalidad de Cataluña se puso en marcha durante 1998.

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

Figura 4.1. Red de vigilancia radiológica ambiental
Red de estaciones automáticas

2. Diseño y desarrollo del programa

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

Cada una de las estaciones se compone de:

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

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

La red ha alcanzado un alto nivel de disponibilidad. Las pérdidas ocasionales de datos se han producido por causas diversas relacionadas con las comunicaciones, trabajos de mantenimiento o circunstancias ajenas a la red.

En la página web del CSN (http://www.csn.es) se facilita información sobre el valor medio diario y el valor medio de los últimos treinta días de la tasa de dosis gamma de cada una de las estaciones automáticas de la red del CSN y de la red valenciana; los datos de la red catalana se incluirán a lo largo de 1999. También se dispone de un archivo histórico de estos datos para consultas en períodos de tiempo más extensos.

3. Resultados

Los resultados de las medidas realizadas en las distintas estaciones muestran valores característicos del fondo radiológico ambiental.

En la tabla 4.2. se recogen los valores medios de tasa de dosis obtenidos en el primer y segundo semestre del año 1998 en cada una de las estaciones de la red.

Tabla 4.1

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

Tabla 4.2. Red de estaciones automáticas

Año 1998

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

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN 7

SUMARIO 9

1 OBJETIVOS, ALCANCE Y DESARROLLO DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL .. 11

2 PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL (PVRA) DE LAS CENTRALES NUCLEARES Y OTRAS INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIACTIVAS ... 17

1 Vigilancia radiológica ambiental alrededor de las centrales nucleares 20

1.1 Centrales nucleares en operación 20

1.2 Diseño de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental 21

1.3 Resultados 27
- Aire 27
- Radiación directa 34
- Deposición 34
- Agua 40
- Alimentos 56

2 Otras instalaciones nucleares y radiactivas en operación 65

2.1 Tipos de instalaciones 65

2.2 Diseños de los programas 65

2.3 Resultados 68
- Aire 70
- Deposición 75
- Agua 79

3 Otras instalaciones nucleares y radiactivas en desmantelamiento y/o clausura 89
- Ciemat 89
- Fábrica de Uranio de Andujar (FUA) 92
- Vandellós I 94
- Planta Lobo-G 98

3 PROGRAMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL A NIVEL NACIONAL 101

1 Red de Estaciones de Muestreo (REM) 102

1.1 Vigilancia de la atmósfera y el suelo 103

1.1.1 Estaciones de muestreo 104

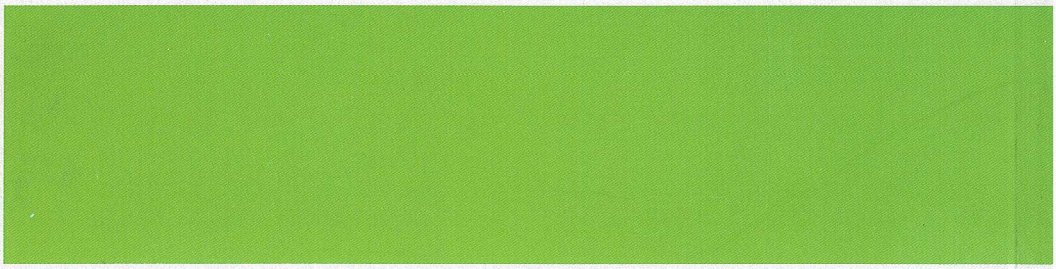
1.1.2 Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 104

1.1.3 Resultados 106
- Aire 107
- Deposición 110

1.2 Vigilancia del medio acuático 115
1.2.1 Vigilancia de las aguas continentales 115
1.2.1.1 Estaciones de muestreo 115
1.2.1.2 Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 116
1.2.1.3 Resultados 117
- Río Miño 118
- Río Duero 120
- Río Tajo 122
- Río Guadiana 124
- Río Guadalquivir 126
- Río Segura 128
- Río Júcar 130
- Río Ebro 132
1.2.2 Vigilancia de las aguas costeras 134
1.2.2.1 Estaciones de muestreo 134
1.2.2.2 Diseño y desarrollo del programa de vigilancia 134
1.2.2.3 Resultados 135
4 RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS (REA) 139
1 Estaciones automáticas 140
2 Diseño y desarrollo del programa 141
3 Resultados 141

La vigilancia radiológica ambiental y sus resultados en España

Colección Informes Técnicos
4.1999



CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR