

VIGILANCIA DE LA RADIATIVIDAD AMBIENTAL EN EL SURESTE PENINSULAR

GONZÁLEZ GÓMEZ, C. Y CAMACHO GARCÍA, A.
Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (I.A.C.T),
Centro Mixto C.S.I.C.- Universidad de Granada, Facultad de Ciencias.

RESUMEN

Con el fin de disponer de un control continuo de los niveles de radiactividad natural y artificial existentes en España, el Consejo de Seguridad Nuclear, ha establecido una red de vigilancia de la radiactividad ambiental (REVIRA), con la colaboración de 14 Universidades y Centros de Investigación distribuidos por toda la geografía nacional.

El sureste peninsular está controlado mediante el Laboratorio de Radiactividad Ambiental existente en la Facultad de Ciencias de Granada el cual está integrado en la red REVIRA, y desde el que se controla de un modo continuo los niveles de radiactividad existentes en el aire (partículas sólidas y gases), en el agua de lluvia y en el suelo.

Se muestran en este trabajo los resultados correspondientes al período Diciembre de 1992 a Diciembre de 1993. Durante el período de muestreo, no se han encontrado, en ningún caso, niveles de radiactividad superiores a los considerados como normales, habiéndose determinado fundamentalmente radionúclidos naturales como ^{40}K y miembros de las familias radiactivas naturales del Uranio y del Torio.

Palabras clave: *Vigilancia Radiactividad ambiental, Radioisótopos, Radiactividad en atmósfera y suelo.*

ABSTRACT

The Spanish Nuclear Security Council (Consejo de Seguridad Nuclear), with the purpose of having a continuous control of the natural and non natural radioactivity levels existing in Spain, has established a network, called REVIRA, whose main function is to control the environmental radioactivity. Fourteen Spanish Universities and Research Centers collaborate with the Program REVIRA.

The Southeast of Spain is controlled by the Environmental Radioactivity Laboratory located in the Faculty of Sciences of Granada. This Laboratory is included in the network REVIRA. It continuously controls the radioactivity levels which exist in air (solid particles and gases), rainwater and soil.

This paper shows the results corresponding from December 1992 to December 1993. During the sampling period, it has not been found, in any case, radioactivity levels higher than those considered

as normal. The Laboratory has basically detected natural radionuclides such as ^{40}K and some members of the natural radioactive series of Uranium an Thorium.

Keywords: Environmental Radioactivity Control, Radioisotopes, Radioactivity in atmosphere and soil.

INTRODUCCIÓN

El accidente ocurrido el 26 de abril de 1986 en la central nuclear ucraniana de Chernobil, y la consiguiente dispersión del material radiactivo liberado durante el mismo, pusieron de manifiesto la necesidad de mantener una vigilancia detallada y permanente de la radiactividad ambiental. En este sentido, para cubrir la totalidad del territorio español, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha impulsado planes de vigilancia que permiten la realización de medidas radiológicas en áreas geográficamente alejadas de las instalaciones nucleares españolas. Tales planes son la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental, denominada Red REVIRA y la Red de Alerta a la Radiactividad, denominada RAR.

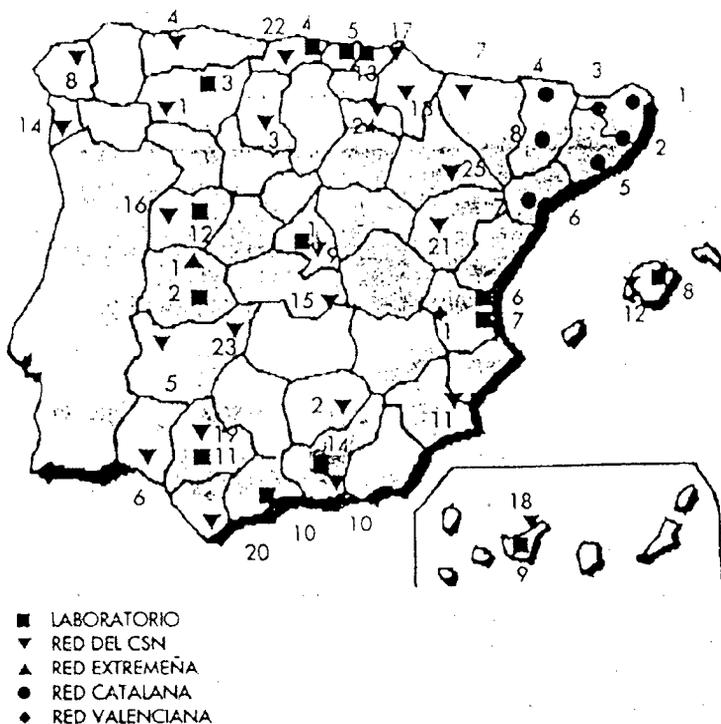


FIG 1.- Mapa con los laboratorios y estaciones del proyecto REVIRA.

En el mapa de la Figura 1 se muestra la localización de los laboratorios y estaciones que forman parte de la Red REVIRA.

La Red REVIRA está constituida por tres sistemas diferenciados:

- **Estaciones Automáticas** donde se realiza la medida en continuo de la radiactividad en el aire.

- **Laboratorios**, que llevan a cabo un programa de muestreo y análisis de la radiación ambiental en vías de exposición directa (aire, lluvia y suelos). El trabajo que se presentada se ha realizado en uno de los Laboratorios integrados en este sistema.

- **Estaciones para la vigilancia radiológica de las aguas continentales españolas**, que realizan el análisis de las aguas de todas las cuencas hidrográficas del país.

REVIRA es una red que ha sido concebida para cubrir los siguientes objetivos específicos:

1.- Vigilar radiológicamente el medio atmosférico del territorio nacional no cubierto por los Planes de Vigilancia Radiológica Ambiental de las centrales nucleares (P.V.R.A.), ni las redes de algunas Comunidades Autónomas, a partir de la medida en continuo de la concentración de radiactividad en el medio ambiente.

2.- Disponer de niveles o límites inferiores de detección (LID) suficientemente bajos para detectar cualquier incremento de las variables físicas vigiladas que pudiera ser nocivo para la población.

3.- Disponer de información para analizar con cierto grado de detalle el impacto radiológico de una posible contaminación radiactiva del medio atmosférico nacional.

4.- Recopilar información sistemática sobre la evolución del estado radiológico del medio atmosférico nacional para poder realizar estudios específicos posteriores.

Los dos primeros objetivos son cubiertos por las estaciones automáticas y los laboratorios, los dos últimos son cubiertos por el CSN. (CSN, 1993).

Hay que destacar el fin meramente preventivo de estas redes ya que se pretende disponer de laboratorios que en caso de escape en alguna central nuclear puedan medir la radiactividad liberada. Actualmente se están controlando los niveles en los que se encuentran diferentes radionúclidos para detectar si se produce algún cambio en los mismos.

TIPOS DE MUESTRAS MEDIDAS

Los laboratorios asociados a la red REVIRA tienen asignado un programa de muestreo y análisis que incluye la medida de los radionúclidos contenidos en los siguientes tipos de muestras:

- Aerosoles y radioyodos en aire.
- Agua de lluvia.
- Depósito seco.
- Suelos.

La frecuencia con la que se realiza el muestreo, el tipo de análisis que se realiza y la frecuencia de los análisis se muestra en la Tabla I.

ISÓTOPOS RADIATIVOS PRESENTES EN MUESTRAS AMBIENTALES

Se distinguen básicamente dos tipos de radionúclidos que se presentan en el ambiente (GARZÓN RUIPÉREZ, 1979).

- **Radionúclidos naturales**, que son aquellos que constituyen los materiales de la corteza terrestre. Han afectado a los seres humanos desde su aparición sobre la tierra.
- **Radionúclidos artificiales**, que son aquellos que han sido creados por el hombre durante las últimas décadas.

Dentro de los radionúclidos naturales se distingue entre *COSMOGÉNICOS* y *PRIMORDIALES*. Los radionúclidos cosmogénicos son aquellos que se originan por interacción entre los rayos cósmicos y los núcleos atómicos de los elementos presentes en la atmósfera. Dentro de este grupo cabe destacar ^7Be , ^3H y ^{14}C . Los radionúclidos primordiales son radionúclidos de largo período de semidesintegración que han existido en la corteza desde sus orígenes. Entre estos radionúclidos los más importantes son ^{40}K y las series del ^{238}U , ^{232}Th y ^{235}U .

TABLA I
PROGRAMA DE MUESTREO Y ANÁLISIS
DE LOS LABORATORIOS ASOCIADOS A LA RED REVIRA

TIPO DE MUESTRA	FRECUENCIA MUESTREO	TIPO DE ANÁLISIS	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
Aerosoles	Muestreo continuo Cambio semanal del filtro	Alfa y beta total Espectrometría gamma y Sr-90	Semanal Trimestral
Radioyodos en aire	Muestreo continuo Cambio semanal del cartucho	I-131	Semanal
Agua de lluvia	Muestreo continuo mensual	Beta total, Espectrometría gamma y Sr-90	Mensual Trimestral
Depósito seco	Muestreo mensual	Beta total, Espectrometría gamma y Sr-90	Semestral
Suelo	Anual	Beta total, Espectrometría gamma y Sr-90	Anual

Los radionúclidos artificiales que nos podemos encontrar en el medio ambiente proceden:

- Explosiones nucleares, que liberan fundamentalmente ^{14}C , ^{90}Sr , ^{131}I y ^{137}Cs .
- Centrales nucleares, que liberan ^{54}Mn , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{140}Ba , etc.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo el control de la Radiactividad Ambiental en el Sureste Peninsular. Para ello se ha dotado al Laboratorio de equipos adecuados para realizar medidas de baja actividad. Se ha puesto a punto dicho laboratorio para estas medidas, construyendo un blindaje para el detector de rayos gamma, preparando patrones, seleccionando las condiciones de medida, etc. También se ha realizado un muestreo de acuerdo con lo exigido por el Consejo de Seguridad Nuclear.

TOMA DE MUESTRAS

Las **muestras de aire** se han obtenido haciendo pasar el aire a través de filtros y cartuchos, mediante una bomba con un caudal constante de 30 litros por minuto durante 7 días, transcurrido este tiempo se cambia tanto el filtro como el cartucho de carbón activo.

La toma de **muestras de agua de lluvia** consiste en coleccionar toda el agua llovida durante el mes. El último día del mes la muestra coleccionada se acidifica con HNO_3 concentrado para evitar su descomposición ya que no se analizará hasta el final del trimestre.

La toma de **muestras de suelos** se realiza semestralmente en una zona elegida en la Sierra de Quéntar. El lugar en el que se realiza la toma de muestras es una zona despejada, poco transitada, sin árboles muy próximos y sin escorrentías por causa de lluvia, requisitos exigidos por el CSN (CSN, 1988).

TÉCNICAS UTILIZADAS EN LAS MEDIDAS

Espectrometría gamma

Es una técnica usada para determinar la energía de las radiaciones gamma emitidas por los radionúclidos presentes en una muestra supuestamente radiactiva. Dado que los rayos gamma emitidos por un determinado radionúclido son característicos del mismo, se utilizan sus energías para identificar a los núclidos presentes en las muestras.

El equipo utilizado para realizar estas medidas es un detector de Germanio intrínseco hiperpuro conectado a un convertidor analógico-digital y un analizador multicanal de 16.000 canales.

Separaciones radioquímicas

El empleo de separaciones radioquímicas juega un importante papel como complemento a la técnica de la espectrometría gamma. Se recurre a las separaciones radioquímicas cuando se desea medir radionúclidos que están en muy baja actividad en presencia de otros radionúclidos de actividad más elevada o bien cuando se desea medir un isótopo que sea emisor beta puro, como es el caso del Estroncio-90.

Esta técnica consiste en separar el o los radionúclidos que nos interesan de otros que pueden interferir en su medida (CIEMAT, 1991).

El Estroncio-90 se ha determinado mediante la técnica de centelleo líquido, la cual fue puesta a punto por nosotros para estas medidas.

MEDIDA DE LAS MUESTRAS

Para determinar la actividad de una muestra ha de conocerse, entre otros factores, la eficiencia del detector para cada una de las geometrías empleadas en las medidas. Para ello se han preparado patrones adecuados a las diferentes geometrías utilizadas para las medidas.

Otro de los factores que necesitamos conocer para determinar la actividad de una muestra es el valor del fondo existente en sus condiciones de medida. El fondo es la radiación natural que existe en cualquier lugar debido a la presencia en el ambiente de la radiación cósmica, así como de las radiaciones procedentes de una serie de radionúclidos emisores gamma presentes en los materiales próximos al detector, como son los que se encuentran en los materiales de construcción de los edificios. La presencia del fondo interfiere en cualquier medida que se realiza tanto más cuanto de menor actividad sea la muestra que queremos analizar. Uno de los métodos que se utilizan para reducir este fondo es aislar los detectores con un blindaje de material de elevada densidad como por ejemplo Plomo.

En la Figura 2 se muestra el espectro de rayos gamma del fondo obtenido con una de las geometrías utilizadas para las medidas. En éste se observa que el único radioisótopo artificial presente en el mismo es el Cesio-137 posiblemente debido a una pequeña influencia de las disoluciones o preparaciones de dicho radionúclido existentes en el Laboratorio. Hay que aclarar que este radionúclido se detecta debido a la gran sensibilidad del equipo utilizado para las medidas. El resto de los picos que aparecen pertenecen a radionúclidos de las distintas familias radiactivas naturales.

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras de polvo atmosférico

A las muestras de polvo atmosférico sólo se les ha realizado espectrometría gamma.

En la Tabla II se muestran los radionúclidos naturales para los que se ha encontrado una actividad ha sido superior al LID en este tipo de muestras.

En la Figura 3 se muestra, a modo de ejemplo, el espectro correspondiente a la muestra del primer trimestre de 1993.

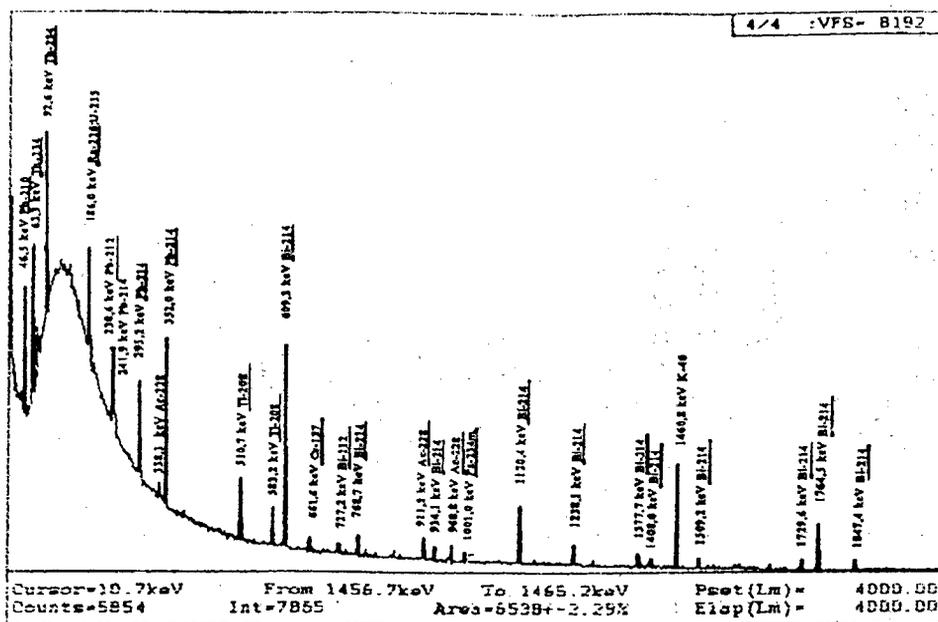


FIG. 2.- Espectro de fondo de los filtros.

TABLA II
RADIONÚCLIDOS QUE PRESENTAN ACTIVIDAD (Bq/m³)
SUPERIOR AL VALOR DEL LID EN MUESTRAS DE AIRE

NÚCLIDO	DIC. 92	1º Ttre 93	2º Ttre 93	3º Ttre 93	4º Ttre 93
Be-7	< LID	3,36 x 10 ⁻³	4,68 x 10 ⁻³	5,30 x 10 ⁻³	3,42 x 10 ⁻³
Tl-208	6,23 x 10 ⁻⁵	1,95 x 10 ⁻⁵	2,03 x 10 ⁻⁵	< LID	< LID
Pb-210	6,07 x 10 ⁻⁴	6,82 x 10 ⁻⁴	5,33 x 10 ⁻⁴	9,59 x 10 ⁻⁴	6,09 x 10 ⁻⁴
Pb-212	< LID	< LID	1,29 x 10 ⁻⁴	8,31 x 10 ⁻⁵	< LID
Th-234	< LID	< LID	7,43 x 10 ⁻⁴	< LID	7,88 x 10 ⁻⁴

TABLA III
 CONCENTRACIONES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA LOS RADIONÚCLIDOS QUE PRESENTAN
 ACTIVIDAD SUPERIOR AL LID EN MUESTRAS DE AIRE

RADIONÚCLIDO	C.M.A. (Bq/m ³)
Be-7	1,48 x 10 ³
Pb-210	2,96 x 10 ⁻¹
Pb-212	2,59 x 10 ¹
Th-234	74
I-131	3,70 x 10 ²

Cartuchos utilizados para la retención de Iodo-131

A los cartuchos empleados para la retención del Iodo-131 del aire sólo se les realiza espectrometría gamma al ser este isótopo emisor beta-gamma.

Durante la obtención del espectro, se ha mantenido marcada como región de interés, la zona correspondiente al pico de máxima emisión de dicho radionúclido. En todos los casos dicha zona ha aparecido plana en la pantalla del espectrómetro durante la realización de la medida, como se observa en la figura. En ninguna de las 56 muestras analizadas se ha observado la presencia de ¹³¹I, con una actividad superior al LID.

La medida de los cartuchos utilizados para la retención de Iodo-131 se realiza semanalmente puesto que en caso de accidente nuclear, la presencia en el espectro de este radionúclido sería el primer indicio de contaminación atmosférica.

A modo de ejemplo en la Figura 4 se representa el espectro de rayos gamma correspondiente a uno de los cartuchos analizados

Muestras de agua de lluvia

A las muestras de agua de lluvia se les ha realizado espectrometría gamma y determinación de Sr-90. En la Tabla IV se presentan los radionúclidos que han presentado actividad superior al LID en alguna de las muestras medidas.

De los radionúclidos naturales, se detectó actividad superior al LID para los siguientes radionúclidos: ⁷Be, ²⁰⁸Tl, ²¹²Pb, ²¹⁴Bi y ²³⁴Th.

De los radionúclidos artificiales, se han encontrado ¹³⁷Cs y ⁹⁰Sr en algunas muestras. Ambos son productos de fisión con un período de unos 30 años. Su presencia en la naturaleza es debida a las pruebas y accidentes nucleares ocurridos en los últimos 40 años, debido a su largo período de semidesintegración.

La escasa correlación existente entre las actividades encontradas en las distintas muestras puede deberse a que en estas muestras se han detectado los radionúclidos disueltos en el agua de lluvia y los presentes en el polvo recogido con ésta. La concentración de los radionúclidos disueltos en el agua de lluvia varía mucho de unas muestras a otras debido a la diferencia de volumen acumulado cada trimestre y por otro lado también es muy difícil conseguir muestras comparativas en el contenido en polvo.

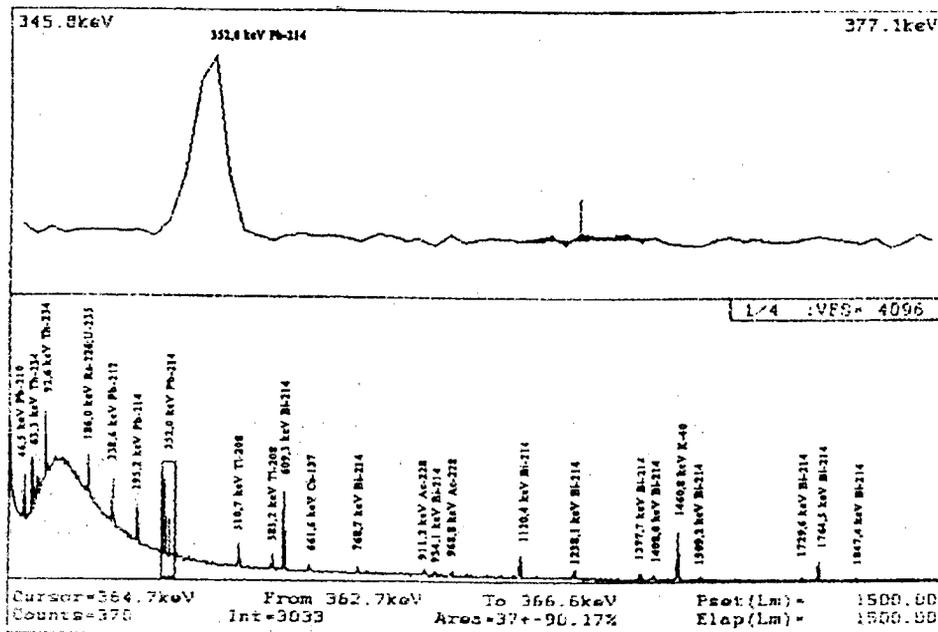


FIG. 4.- Espectro de picos gamma correspondiente al cartucho I-29.

TABLA IV
RADIONÚCLIDOS QUE PRESENTAN ACTIVIDAD (Bq/m³)
SUPERIOR AL VALOR DEL LID EN MUESTRAS DE AGUA DE LLUVIA

ISÓTOPO	DIC. 92	1º Ttre 93	2º Ttre 93	3º Ttre 93	4º Ttre 93
Be-7	< LID	< LID	1,47 x 10 ³	1,45 x 10 ³	< LID
Tl-208	4,76 x 10 ¹	1,89 x 10 ²	< LID	8,38 x 10 ¹	1,68 x 10 ²
Pb-210	< LID	< LID	< LID	2,91 x 10 ³	< LID
Pb-212	< LID	5,44 x 10 ²	< LID	1,49 x 10 ²	2,79 x 10 ²
Bi-214	1,16 x 10 ²	< LID	< LID	< LID	< LID
Th-234	< LID	< LID	< LID	< LID	3,77 x 10 ³
Sr-90	< LID	9,22 x 10 ¹	< LID	5,75 x 10 ¹	3,31 x 10 ¹
Cs-137	< LID	4,16 x 10 ¹	6,20 x 10 ¹	< LID	< LID

En la Tabla V se muestran las concentraciones máximas admisibles (Handbook, 1969) para los radionúclidos que han presentado actividad superior al LID en alguna de las muestras medidas.

Los valores encontrados para estos isótopos son mucho menores que sus correspondientes concentraciones máximas admisibles (C.M.A.).

Muestras de suelos

A este tipo de muestras se les ha realizado espectrometría gamma y determinación de Sr-90. En la Tabla VI se muestran los radionúclidos que se han detectado con actividad superior al LID en este tipo de muestras.

En este tipo de muestras es donde se han detectado mayores actividades debido a que en el suelo se han ido acumulando los radionúclidos que precipitan desde la atmósfera.

Los radionúclidos artificiales detectados han sido ^{54}Mn , ^{90}Sr y ^{137}Cs , radionúclidos que se han ido depositando por precipitación desde la atmósfera. Debido a que el período de semidesintegración del ^{54}Mn es de 312 días, su actividad es considerablemente inferior que la del ^{137}Cs ya que se ha desintegrado casi totalmente. La presencia de ^{54}Mn en este tipo de muestras podría deberse, entre otras causas, al escape ocurrido en Chernobil en 1986.

Se han detectado actividades superiores al LID para radionúclidos pertenecientes a todas las familias radiactivas. Los radionúclidos naturales detectados en diferentes tipos de suelos podrán variar considerablemente de una muestra a otra, dependiendo del lugar concreto en el que se realizó la toma de la muestra de suelo, debido a su diferente composición.

TABLA V
CONCENTRACIONES MÁXIMAS ADMISIBLES PARA LOS RADIONÚCLIDOS DETECTADOS CON ACTIVIDAD SUPERIOR AL LID EN MUESTRAS DE AGUA DE LLUVIA

RADIONÚCLIDO	C.M.A. (Bq/m ³)
Be-7	$7,4 \times 10^{10}$
Pb-210	$3,7 \times 10^3$
Pb-212	$7,4 \times 10^5$
Tb-234	$7,4 \times 10^5$
Sr-90	$1,1 \times 10^4$
Cs-137	$7,4 \times 10^5$

Por último, deseamos hacer constar que todos los radionúclidos detectados se encuentran con una actividad que es mucho menor que la concentración máxima admisible para dichos radionúclidos en el medio considerado, por lo tanto su peligrosidad puede considerarse despreciable.

En la Figura 5 se muestra, como ejemplo, el espectro de rayos gamma obtenido para la muestra de suelo colectada en Diciembre de 1992. Cabe destacar que este espectro difiere del obtenido para los otros tipos de muestras debido a que en las muestras de suelo es donde se han detectado actividades mayores.

TABLA VI
RADIONÚCLIDOS QUE PRESENTAN ACTIVIDAD (Bq/kg)
SUPERIOR AL VALOR DEL LID EN MUESTRAS DE SUELO

ISÓTOPO	Diciembre 1992	Junio 1993	Diciembre 1993
Be-7	< LID	1,71x10 ¹	< LID
K-40	4,46x10 ²	7,13x10 ²	7,43x10 ²
Tl-208	2,27x10 ¹	1,96x10 ¹	5,72x10 ¹
Pb-210	1,77x10 ²	2,48x10 ²	1,66x10 ²
Bi-212	1,53x10 ¹	3,44x10 ¹	3,88x10 ¹
Pb-212	2,72x10 ¹	6,38x10 ¹	6,86x10 ¹
Bi-214	8,62x10 ¹	7,31x10 ¹	1,02x10 ²
Pb-214	9,65x10 ¹	7,83x10 ¹	1,12x10 ²
Ra-223	1,49x10 ¹	< LID	2,69x10 ¹
Ra-226	1,52x10 ²	1,81x10 ²	2,10x10 ²
Ac-228	2,33x10 ¹	5,63x10 ¹	5,78x10 ¹
Th-234	3,44x10 ¹	8,19x10 ¹	7,40x10 ¹
Pa-234m	3,25x10 ¹	< LID	6,61x10 ¹
U-235	3,75	5,57	5,31
Mn-54	3,23x10 ⁻¹	6,43x10 ⁻¹	9,30x10 ⁻¹
Sr-90	1,19 x 10 ¹	1,99 x 10 ¹	2,20 x 10 ¹
Cs-137	9,73x10 ¹	1,16x10 ²	8,52x10 ¹

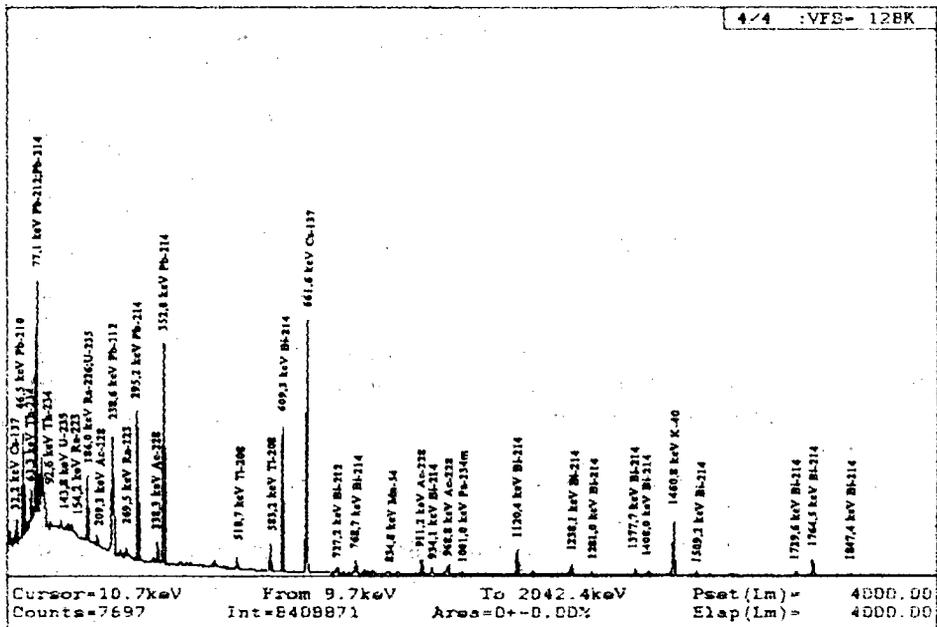


FIG. 5.- Espectro de picos gamma correspondiente a la muestra de suelo tomada en Diciembre de 1992.

BIBLIOGRAFÍA

- CIEMAT. (1991).- «Medidas de la radiactividad ambiental». *CIEMAT, Madrid, Caps. 4 y 8*
- CSN(1) (1988).- «Procedimientos para la recogida de muestras ambientales». *Comunicación personal.*
- CSN(2). REVIRA (1993).- «La Red de Vigilancia Radiológica Ambiental». *CSN, Madrid*
- ERDTMANN, G. (1979) «The Gamma Rays of the Radionuclides». *Vol. 7, Verlag Chemie, New York*
- GARZÓN RUIPÉREZ, L.(1979).- «Radiactividad y Medio Ambiente». *Universidad de Oviedo, p.49*