



## MAPA DE RADIACION GAMMA NATURAL DE ESPAÑA CARACTERIZACIÓN RADIOMÉTRICA DE DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES

*Autores: Enrique Suárez Mahou (CSN), José Angel Fernández Amigot (ENUSA), Joaquín Botas Medina (ENUSA).*

### Resumen

La radiactividad gamma procedente del suelo y rocas es debida a la presencia en los mismos de los elementos Uranio, Torio y Potasio-40. La forma de caracterizar radiométricamente una superficie es una función del objetivo perseguido. Se puede realizar sobre grandes superficies ( decenas o centenas de miles de kilómetros cuadrados para su utilización en estudios a escala nacional), superficies medias (50 a 1000 Km<sup>2</sup> para su uso por ejemplo: en estudios epidemiológicos o biológicos sobre áreas con un fondo radiométrico determinado) y pequeñas superficies inferiores a cinco kilómetros cuadrados (emplazamientos industriales, estudios preoperacionales, etc.)

En este artículo se consideran aspectos de la caracterización radiométrica de superficies de interés y se expone la contribución del Proyecto MARNA (Mapa de Radiación Natural Provisional de España) a la elección y caracterización radiométrica de las mismas.

### 1. FUENTES NATURALES DE RADIACION GAMMA

En la naturaleza, la radiación gamma emitida por las rocas es debida debido a la presencia en las mismas de los elementos: potasio, torio y uranio. Existen también otros elementos radiactivos naturales pero que se encuentran en tan pequeña proporción que su contribución a la radiación gamma total es despreciable. Los picos de energía significativos del espectro gamma que se emplean en la medida de radioelementos naturales son: 1,46 MeV., correspondiente al potasio 40, que se utiliza para determinar el contenido en potasio natural, los de 1,1204 y 1,764 MeV., correspondientes al bismuto 214, descendiente del uranio natural, que se utilizan para estimar el contenido en uranio y el de 2,62 MeV, correspondiente al talio 208, descendiente del torio natural, que se emplea para determinar el contenido en torio natural.

El agua del mar presenta un contenido medio de uranio de 0,002 ppm; las aguas subterráneas 0,0002 ppm, y el petróleo 0,1 ppm.

El potasio natural contiene un 0,0119% de potasio 40.

En cuanto a la contribución media terrestre de cada uno de ellos a la radiación gamma natural un 45% proviene del potasio, un 45% proviene del torio y un 10% proviene del uranio natural.

Una concentración de 1% de potasio produce una tasa de exposición de 1,05  $\mu$ R/h, mientras que 1 ppm de torio daría lugar a 0,310  $\mu$ R/h, y por último 1 ppm de uranio a 0,625  $\mu$ R/h.

El contenido medio de uranio de las rocas superficiales oscila entre 1 y 3 ppm. Mucho más abundante es el torio que puede alcanzar proporciones 3 y 4 veces superiores a las del uranio. Tanto el torio como el uranio se encuentran en la naturaleza en estado tetravalente, pero mientras el ión U+4 en ambiente oxidante pasa fácilmente a hexavalente, el torio no cambia de valencia por lo que es más difícilmente movilizable. En condiciones de oxidación, el uranio hexavalente forma el ión uranilo (UO<sub>2</sub><sup>++</sup>) que puede dar origen a numerosos minerales.

### 2. METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION

Para la caracterización radiométrica de una gran superficie o pequeño emplazamiento, se debe definir:

- Su radiometría media con un límite de confianza predeterminado (en unidades físicas).
- Su variabilidad radiométrica que en el caso del proyecto Marna está fuertemente condicionada por las características geológicas del medio natural en el que se efectúan las medidas.

Ambos parámetros son estadísticos y condicionan la metodología y la magnitud del desmuestre radiométrico a realizar.

Una caracterización radiométrica adecuada del emplazamiento permitirá comparar la variación introducida en el mismo por fuentes externas de naturaleza radiactiva similar.

La definición de las bases de la caracterización radiométrica puede hacerse mediante un desmuestre sistemático o aleatorio. En cualquier caso los resultados se transmitirán después a un mapa de isorradadas y se definirán los parámetros de la población estadística. Para calcular los límites de confianza se puede aplicar la T de Student y después cerrar progresivamente las mallas de desmuestre cuando los citados límites sobrepasen los que se deseen alcanzar.

También debe de ser evaluado el límite de confianza del propio sistema de medidas hasta reducirlo a las cifras que se deseen alcanzar (corrección de las fluctuaciones estadísticas, constantes de tiempo; errores de desmuestre, análisis, varianzas de extensión y de estimación, etc.).

### 3. RESULTADOS. PROYECTO "MARNA" (Mapa de Radiación Gamma Natural de España a escala 1:1 000 000)

Los datos que integran el proyecto Marna son los siguientes:

- Los generados mediante prospecciones radiométricas aéreas, autoportadas y a pie durante más de treinta años de investigaciones realizadas por la Junta de Energía Nuclear y ENUSA a lo largo de sucesivos planes nacionales de exploración e investigación de Uranio, PNEIU.
- Los generados durante la vigencia de los Convenios CSN-ENUSA para la realización del Proyecto MARNA.

En resumen, se dispone en el momento actual de unos 220.000 datos radiométricos a escala nacional, que han sido reducidos a unos 16.000 para la elaboración a escala 1:1.000.000 del citado Mapa de Radiación Gamma Natural. (Fig. 1). Además pueden obtenerse mapas mucho más detallados sobre las zonas cubiertas por los proyectos Marna y Marna 2, un ejemplo de ellos se presenta en los mapas que figuran al final de este artículo.

### 4. APLICACION DEL PROYECTO "MARNA" A LA ESTIMACION DE LA EXPOSICION A FUENTES NATURALES DE RADIACION GAMMA PROCEDENTE DEL SUELO

#### *Corte Radiométrica*

Si en el mapa de la Fig. 1 realizamos un corte radiométrico para el intervalo  $> 10 \mu\text{R/h}$ , obtenemos el mapa de la Fig. 2, igualmente podríamos conseguir la representación gráfica de otros intervalos.

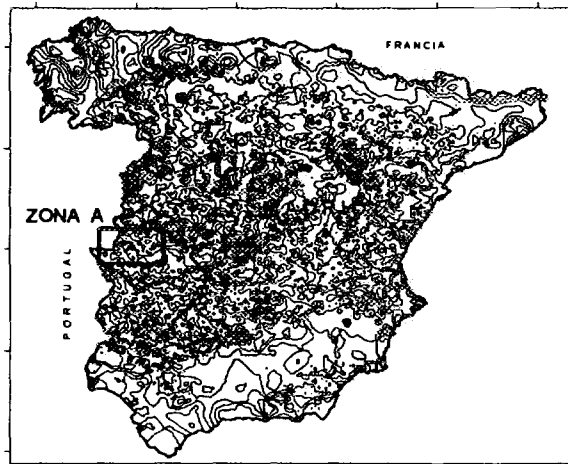


Fig. 1. Mapa de Radiación Gamma Natural Provisional de España

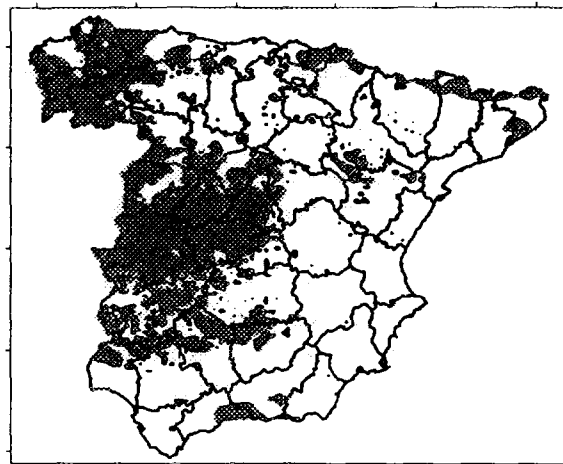


Fig. 2. Corte Radiométrico del Mapa de Radiación Gamma Natural Provisional de España. Intervalo igual o mayor que 10 μR/h

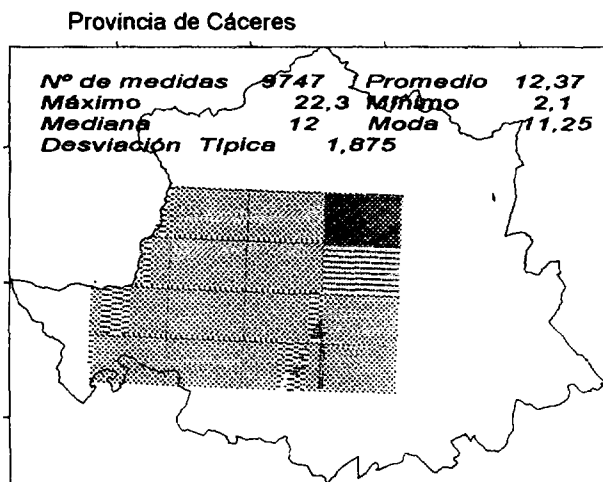


Fig. 3. Posting Radiométrico de la Zona A. Radiación Gamma Natural

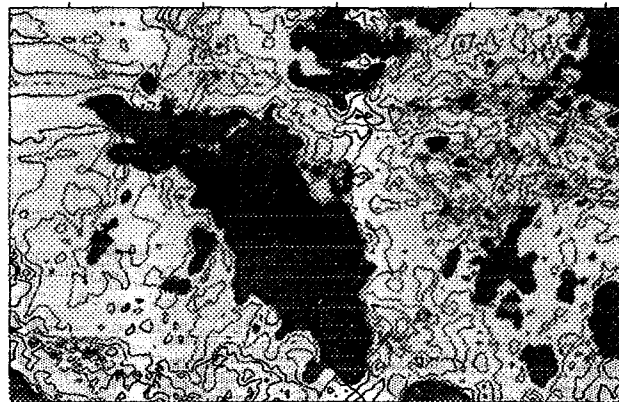
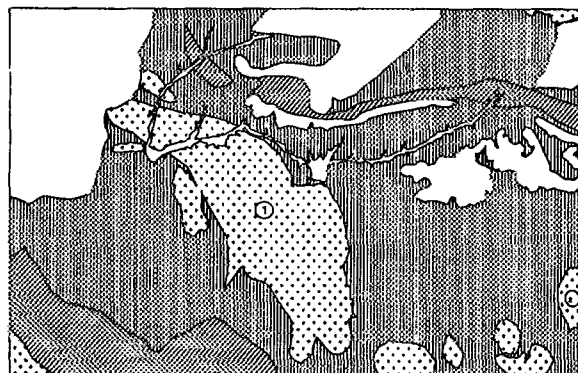


Fig. 4. Mapa Radiométrico de la Zona A. Radiación Gamma Natural



LEYENDA :

- |                               |                        |                   |                      |
|-------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|
| BATOLITOS Y STOCKS GRANÍTICOS | ORDOVÍCICO             | ① CABEZA DE ARAYA | PANTANO DE ALCANTARA |
| CÁMBRICO                      | TERCARIO Y CUATERNARIO | ② TRUJILLO        |                      |

Fig. 5. Esquema Geológico de la Zona A.

### Efecto Zoom

Si elegimos una determinada Zona (A en la Fig. 1) se puede obtener la posición de los puntos de medida o datos radiométricos de la misma (Fig. 3) y su caracterización radiométrica estadística al estado de conocimiento actual.

### Control geológico

Una combinación de estudios geológicos y radiométricos resulta muy sugerente, si comparamos los mapas geológicos y radiométricos de la zona objeto de estudio (Figs. 4 y 5).

### Realización de mapas de potencial de emisión de radón

Se realizan teniendo en cuenta las características geológicas de las zonas consideradas y la radiometría asociada a las mismas.

### Realización de mapas dosimétricos

Las estimaciones de dosis debidas a la radiación gamma ambiental se realizan a partir de los mapas de radiación gamma natural mediante la aplicación de factores correctores admitidos por la comunidad internacional.

## **REFERENCIAS**

Bourgeois, Bresson, Chiffot, Kruajitch, Guillot, Bergey. *Use and results of aerial gamma mappings system during the international exercise RESUME 95 in Finland*. TCM, Viena May 1996.

Guertmenchuck, Zhukova, Shagalova, Matveenko,. *Radioecological mapping of the territory of Belarus on the base information of radiation monitoring*. TCM, Viena May 1996.

Prohic, Barisic, Lulic. *Distribution of patterns of  $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the bottom sediments of the Adriatic Sea*. TCM, Viena May 1996.

Suárez Mahou, F. Amigot. *El mapa de radiación natural y dosimétrico de España*. Radioprotección, nº 7, Vol. 8. 1994.

Suárez Mahou, F. Amigot. *The MARNA Proje*t. TCM, IAEA, Viena May 1996.

Suárez Mahou, F. Amigot. Resultados y aplicaciones del proyecto MARNA. Seguridad Nuclear . Nº 4 . Madrid 1997.

Torres, Saraiva, Marquez de Carvalho, Roriz, Leote do Rego. *Utility of the natural radioactivity map of Portugal*. TCM, Viena May 1996.

Vulkan, Shirav. *Radiometric maps of Israel-partial contribution to the understanding of potential radon emanations*. TCM, Viena May 1996.

USNRC. Background as a Residual Radioactivity Criteion for Decommissioning of NRC-Licensed Nuclear Facilities. Draft Report NUREG 1501. 1994