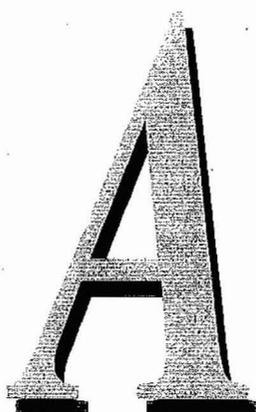


RADIACIÓN GAMMA NATURAL EN GRAN CANARIA



A raíz del accidente de Chernobyl en 1986 aumentó la preocupación por la vigilancia radiológica y se alentó el propósito de elaborar mapas de radiación gamma natural para poder evaluar los niveles de radiación y detectar así sus posibles incrementos. En España se ha procedido a elaborar mapas de radiación gamma natural. El presente trabajo contribuye a completar dichos mapas, proporcionando datos sobre la radiación natural en la isla de Gran Canaria. Es fruto de un convenio entre la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Cabildo Insular de Gran Canaria y la Fundación Universitaria de Las Palmas. Se llevó a cabo en una campaña de medidas que se realizó desde el 4 de mayo al 10 de octubre de 1996, y aquí se presentan sus resultados.

Lorenzo Doreste,
Pablo Martel, Jesús
García Rubiano,
Antonio González
Guerra

Departamento de Física,
Universidad de Las
Palmas de Gran Canaria.

Eugenio Ruiz Egea
Servicio de Física
Médica, Hospital Nuestra
Señora del Pino, Las
Palmas de G.C.

The Chernobyl accident of 1986 increased the concern about the radiological monitoring and reinforced the idea of elaborating maps of environmental gamma radiation. These maps would allow countries to evaluate its environmental radiation levels and to detect variations in them. Spain is also establishing the environmental gamma radiation map of the country. This paper provides data about environmental gamma radiation in the Island of Gran Canaria (Canary Islands), as a contribution to such objective. The work was carried out during 1996, under the framework of a collaboration agreement supported by the Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, the Cabildo Insular de Gran Canaria and the Fundación Universitaria de Las Palmas.



INTRODUCCIÓN

La elaboración de mapas de la radiación gamma natural en Gran Canaria constituye un proyecto ejecutado por un equipo de profesores e investigadores del Departamento de Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, según Convenio de colaboración firmado por dicha Universidad, el Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria y la Fundación Universitaria de Las Palmas. El proyecto se realizó durante el año 1996.

Como consecuencia del accidente ocurrido el 26 de abril de 1986 en Chernobyl se aumentó la investigación sobre protección radiológica y seguridad nuclear. Uno de los campos que se ha visto beneficiado por este aumento de la investigación ha sido el estudio de la radiactividad ambiental, ya que si se quiere evaluar el impacto de hipotéticos accidentes nucleares es necesario conocer bien los niveles de radiación ambiental existentes previamente [1-3].

En España existe la Red de Estaciones de Vigilancia Radiológica Ambiental del CSN, (REVIRA), que es un sistema constituido por una red de estaciones automáticas y otra de laboratorios asociados distribuidos por el territorio nacional [4, 5]. Esta red consta de 25 estaciones situadas en estaciones automáticas del Instituto Nacional de Meteorología, el cual recibe en su sede central datos meteorológicos de toda España, y el CSN recibe datos meteorológicos y radiológicos. Cada Estación Radiológica Automática mide la tasa de radiación, y las concentraciones de radón, de radioyodos, y

de emisores alfa y beta en el aire. REVIRA tiene sólo dos estaciones en islas: una en Mallorca y otra en Tenerife. Este trabajo del Mapa de Radiación Gamma Natural en Gran Canaria obedece al justificado interés público e institucional por la vigilancia radiológica y es una contribución a la misma.

OBJETIVOS

Medida de la radiación ambiental

Con el fin de cubrir toda el área se elaboró una retícula de la isla con medida de la radiación ambiental en 79 puntos de muestreo. En cada punto se midió la radiactividad del aire en tasas de dosis absorbida y en tasas de Kerma en aire. Haciendo medidas en la superficie del mar, donde la radiactividad del fondo marino está muy atenuada por el agua, se determinó la radiación externa de origen cósmico en la latitud de la isla, que se comparó con las existentes en tierra. Asimismo, en cada punto se tomó una muestra del suelo; las muestras de suelo tomadas en cada punto se almacenaron en bolsas herméticas, para posterior análisis espectrométrico, en laboratorio, de los radioisótopos presentes en ellas.

Elaboración del mapa de radiación gamma natural de la isla

Los resultados obtenidos sirvieron para calcular las isolíneas de tasa de dosis absorbida y de tasas de Kerma en aire, y elaborar un mapa de radiación gamma natural de Gran Canaria, que

ofrece una visión sintética de la radiactividad ambiental existente en la isla.

Archivo informático de los datos

Todos los datos obtenidos en los trabajos mencionados están archivados, constituyendo una base de datos informática, que será ampliable indefinidamente, y que puede utilizarse para la realización de cálculos estadísticos.

MATERIAL Y MÉTODO

Equipos y unidades de medida

Los equipos utilizados fueron los siguientes:

- Un detector de radiación ambiental gamma con monitor analógico y detector de centelleo plástico. Rangos de medidas: Dos escalas semilogarítmicas: de 10 nSv/h a 10⁴ nSv/h, y de 10 µSv/h a 10⁴ µSv/h. Centelleador: De polivinilolueno, de 15 cm de largo por 7,5 cm de diámetro.
- Un detector de radiación ambiental gamma con monitor analógico y detector de centelleo sólido. Rangos de medidas: cuatro escalas lineales de 0 a 3000 µR/h; el potenciómetro permite medir los rangos múltiples x1, x10, x100, x1000. Centelleador: De ioduro de sodio con impurezas de talio, NaI(Tl), de 2,5 x 2,5 cm.
- Pequeña estación meteorológica que incluye medidas de alta preci-

sión de los parámetros: de altitud, temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica.

Elección de los puntos de medida

Para la realización de los mapas radiométricos se adquirieron los 15 mapas de cartografía militar de la serie 5V, escala de 1:25.000. Para escoger los puntos de medidas de radiactividad ambiental se empezó por el más nororiental, y luego se siguió hacia el Sur con una separación entre un punto y otro de cinco kilómetros en línea recta. Más hacia occidente se obtuvieron líneas de puntos de Norte a Sur, hasta cubrir setenta. Para dar una visión sintética de la distribución de radiactividad ambiental en la isla se elaboró un mapa con curvas de iso-radiación. El cálculo de dichas curvas se refinó midiendo nueve puntos más. En total se midieron setenta y nueve puntos.

En cada medida el primer trabajo a realizar era localizar bien el punto elegido en el mapa. Luego se procedió a instalar ambos aparatos en sendos trípodes, de modo que los detectores quedaran a un metro del suelo. En principio se pensó que cinco minutos serían más que suficientes para realizar unas medidas fidedignas. No obstante, como siempre hay fluctuaciones, no debidas a deficiencias de los aparatos, sino a la propia naturaleza del fenómeno en estudio, se anotaron medidas a los 5, 10, 15 y 20 minutos, adoptando como definitiva la media de las cuatro. De forma simultánea se iban anotando día y hora, estado del cielo, temperatura ambiente en °C, presión atmosférica en mm de Hg,

humedad relativa y altura sobre el nivel del mar. También se procedió a recoger en una bolsa, que luego se cerraba herméticamente, un kilogramo de muestra de tierra próxima a los trípodes, para su posterior análisis y detección de radioisótopos, tarea que será objeto de trabajos posteriores.

Cálculo de las isolíneas del mapa

Una vez terminada la campaña de toma de datos en los 79 puntos de muestreo, se procedió a su tratamiento informático. Se trataron dos tipos de datos:

1º. Los obtenidos mediante el detector de centelleo de yoduro de sodio, que indica el Kerma en aire, y se expresan en nGy/h.

2º. Los obtenidos mediante el detector de centelleo de plástico, que se refieren a la dosis absorbida en aire, y se expresan en nGy/h.

El cálculo de las isolíneas se realizó utilizando un método de interpolación estocástico y paramétrico cuya ventaja, frente a otros métodos de interpolación determinísticos (como la interpolación polinómica de Lagrange o la de Newton), es que proporciona el error de interpolación, de forma que permite estimar la bondad del ajuste.

Medida de radiactividad al nivel del mar

Una vez realizadas las medidas en tierra, se procedió a medir las tasas de

exposición al nivel del mar. En varios puntos frente a las costas de la isla se midió la tasa de exposición debida a la radiación cósmica en nuestras coordenadas geográficas. Con ello se quería establecer una comparación con los resultados obtenidos en tierra. La radiactividad en tierra procede en su inmensa mayoría de los isótopos existentes en el suelo, y sólo una pequeña parte procede de la radiación cósmica. En cambio en el mar la única fuente radiactiva es la cósmica más una pequeña contribución debida a los materiales de la embarcación.

RESULTADOS

Tasas medias de exposición y de dosis absorbidas

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos en los puntos de muestreo, que son de dos clases: los normales, precedidos de un número que abarca desde el 1 al 72, y los precedidos de una R, del 2 al 10, que son para refinar los cálculos de las isolíneas de radiactividad. La primera columna indica el número y el nombre más conocido de cada punto geográfico. La segunda es la medida de la dosis absorbida, expresada en nGy/h. La tercera es la del Kerma en aire, expresada en nGy/h, aunque fue medida en exposición en µR/h. Para ello, se ha efectuado la conversión $1 \text{ mR} = 8,77 \text{ nGy}$ [6]. Las columnas cuarta y quinta son las coordenadas en proyección U.T.M. de cada punto (abcisas y ordenadas).



MAPA 1
Las Palmas de Gran Canaria

5 La Isleta (zona militar)	100	105,2	458,5	3115,5
14 Casa Ayala, Tinoca	60	87,7	452,5	3111,5
6 Los Arenales	100	140,3	457,5	3111,5
15 Llanos de Marrero	70	114,0	452,5	3107,5
7 Carretera de Lomo Blanco	100	114,0	457,5	3107,5

MAPA 2
Santa Brígida

16 Barranco Del Colegio	90	96,5	452,5	3102,5
8 Lomo Sabinal	90	96,5	457,5	3102,5
17 Barranco San Roque	90	122,8	452,5	3097,5
9 Lomo Espolón	90	105,2	457,5	3097,5
1 Telde - Melenara	65	87,7	461,5	3097,5
R10 Presa del Pintor	90	149,1	452,5	3105

MAPA 3
Telde

18 Barranco Duraznillo	60	78,9	452,5	3092,5
10 Montaña del Gallego	90	96,5	457,5	3092,5
2 Plaza de toros	40	52,6	462	3092,5

MAPA 4
Aguimes

19 Lomo de la Manga	90	70,2	452,5	3087,5
11 El Mondragón	50	52,6	457,5	3087,5
3 Playa Burrero	70	70,2	461,5	3087,5
20 Montaña de los Perros	50	61,4	452,5	3082,5
12 Arinaga	70	96,5	457,5	3082,5
4 Montaña de Arinaga	50	61,4	461,5	3082,5
R9 Aldea Blanca	50	78,9	452,5	3080

MAPA 5
Castillo del Romeral

21 Alto de la Ventocilla	70	105,2	452,5	3077,5
13 Pozo Izquierdo	110	140,3	457,2	3077,8

MAPA 6
Arucas

41 Punta de Guanarteme	55	65,8	437,9	3115,9
42 Casas de Anzófé	160	228,0	437,2	3111,5
31 Cabo Verde	80	87,7	442,5	3112,5
22 Cruz de Pineda	100	105,2	447,5	3112,5
43 Saucillo, Bascamao	60	70,2	437,4	3107,5
32 San Fernando	70	105,2	442,7	3107,6
23 Los Castillos	110	166,6	447,5	3106,9

MAPA 7
Teror

44 Juncalillo	90	105,2	437,5	3102,5
33 Valseñero	70	114,0	442,4	3102,6
24 Barranco del Cortijo	70	96,8	447,3	3102,6
45 Tumba	190	245,6	437,5	3097,5
34 Las Lagunetas	140	166,6	442,6	3097,4
25 Vega de San Mateo	80	87,7	447,1	3097,5

MAPA 8
San Bartolomé de Tirajana

46 El Juncal - Ayacata	100	149,1	437	3092,8
35 Pico de las Nieves	60	78,9	442,7	3092,9
26 Caldera de los Marteles	60	83,3	447,5	3092,5
R3 Andén del Toro	65	78,9	443	3095
R2 Ayacata	130	219,2	440	3092,5
R4 El Sequero	60	122,8	442,5	3090
R6 Emisora Pico las Nieves	90	96,5	445,5	3092,5

MAPA 9
Santa Lucía de Tirajana

47 Embalse de Chira	130	228,0	437,5	3087,5
36 Degollada de Rociana	110	184,2	442,5	3087,5
27 El Rincón	60	78,9	447,5	3087,5
48 El Arquillo	55	61,4	437,5	3082,5
37 Lomo de los Vicentes	150	263,1	442,5	3082,5
28 Garita - La Barrera	225	219,3	447,5	3082,5
R5 Hoya Grande	130	228,0	445	3087,5
R7 La Sorrueda	70	122,8	447,5	3085
R8 Las Carboneras	110	175,4	450	3082,5

MAPA 10
Maspalomas

49 Presa de la Negra	100	157,9	437,5	3077,5
38 Fataga	120	228,0	442,5	3077,5
29 Lomo de los Balos	110	166,6	447,5	3077,5
50 Presa Montaña Blanca	60	131,6	437,5	3072,5
39 Cañada Honda	70	122,8	442,5	3072,5
30 Morro Besudo	90	157,9	447,5	3072,5
40 El Gavioto	60	87,7	442	3068,5

MAPA 11
Agæte

51 El Sobradillo	80	105,2	432,5	3115,5
52 Lomo Gualapa	60	78,9	432,5	3111,5
53 Las Longueras	70	105,2	432,5	3107,5

MAPA 12
Vecindad de Enfrente

61 Lomo Valdeseca	50	70,2	427,5	3102,5
54 Pinar de Tamadaba	110	175,4	432,5	3102,5
67 Lomo Quemados	70	96,5	422,5	3097,5
62 El Reventón	110	184,2	427,5	3097,5
55 Vega de Acusa	90	114,0	432,5	3097,5

MAPA 13
San Nicolás de Tolentino

68 Tocodomán	70	96,5	423,5	3092,5
63 Cueva del Pino	130	201,7	427,5	3092,5
56 Montaña de Sándara	190	350,8	432,5	3092,5

MAPA 14
Mogán

72 Barranco de Tasartico	55	65,8	419,5	3087,5
69 Barranco Las Eras	50	48,2	423,5	3087,5
64 Llano los Pinos	100	149,1	427,5	3087,5
57 Risco Grande	100	192,9	432,5	3087,5
65 Barranco De Mogán	100	175,4	427,5	3082,5
58 Degollada de Cortadores	100	131,6	432,5	3082,5

MAPA 15
Arguineguin

66 Cruz de Piedra	100	219,3	427,5	3077,5
59 Lomo de Pinitos Verdes	130	166,6	432,5	3077,5
60 Patalavaca - Verga	140	236,8	432,5	3072,5

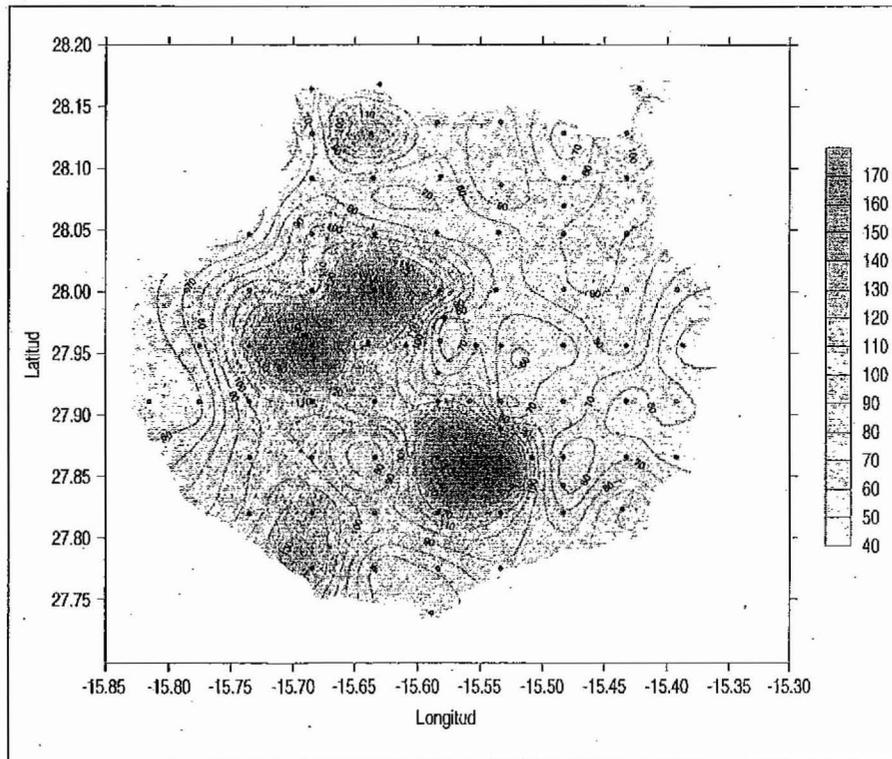


Figura 1. Mapa Radiométrico de Gran Canaria - 96 (nGy/h). Centelleador de polivinilotolueno.

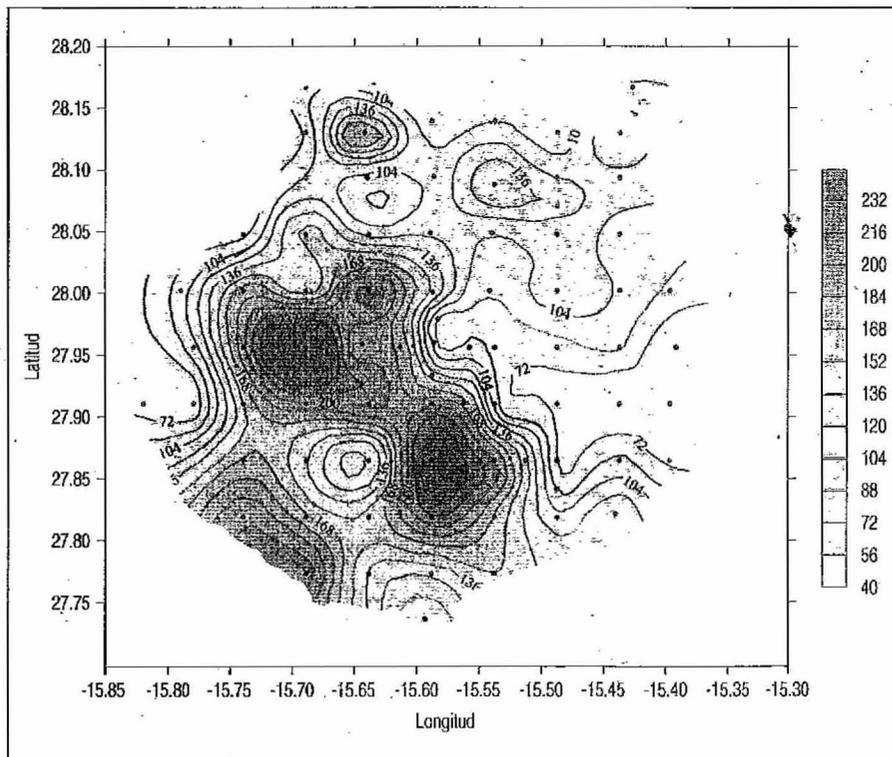


Figura 2. Mapa Radiométrico de Gran Canaria - 96 (nGy/h). Centelleador NaI (TI).

Mapas de radiación gamma natural

- *Mapa 1. Dosis absorbidas en aire, en nGy/h:* En la figura 1 se observa que existen catorce tonalidades de color, del verde al morado, y que representan nGy/h, del 40 al 170, en pasos de 20 nGy/h. La parte oriental de la isla es la de menos tasas de dosis absorbidas. Se observan cinco estructuras con los mayores niveles de dosis absorbida: una en el sur de la isla centrada en Patalavaca, tres en el centro, Fataga, Tejeda y Los Pinares y una en el norte en Santa María de Guía. Menos marcadas aparecen una elevación con centro en Firgas, también en el norte y otra en la Ciudad de Las Palmas de Gran Canaria

- *Mapa 2. Kerma en aire, en nGy/h:* En la figura 2 se observa que existen trece gamas de colores, con el mismo valor simbólico que en el caso anterior, representan nGy/h, del 40 al 232, a intervalos de 16 nGy/h. Se observa una gran concordancia con el mapa 1. Así, la parte oriental de la isla es la de tasas más bajas encontrándose también cinco estructuras con mayor nivel de Kerma en aire que coinciden con las del mapa 1. No obstante, las elevaciones de Firgas y Las Palmas de Gran Canaria son algo más acusadas.

Medidas al nivel del mar

Los resultados de las medidas al nivel del mar, realizadas frente a las costas de

Día	Estación	Hora	Latitud N	Longitud W	nGy/h
25	E1	11:10	28° 05.413	15° 23.788	8
25	E2	14:37	28° 05.440	15° 23.610	8
25	E3	16:30	28° 04.915	15° 24.544	8.5
26	E4	15:41	28° 05.320	15° 23.650	10
26	E5	15:50	28° 04.802	15° 23.776	7
26	E6	16:00	28° 04.750	15° 23.768	6

la isla, se exponen en la tabla adjunta. Los resultados obtenidos, en tasas de dosis absorbida, están dentro de lo previsible.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente trabajo sólo tiene en cuenta las fuentes externas de radiación gamma, que se deben a la presencia de los radioisótopos que se encuentran en el suelo, en los materiales de construcción, en el agua y en el aire, la existencia de la radiación cósmica y la formación de radionúclidos cosmogénicos que se producen por interacción de la radiación cósmica con los átomos presentes en la atmósfera, el más importante de los cuales es el carbono 14.

Se empleó una técnica que puede parecer una limitación, pero que en realidad no lo es. Se trata de la forma de medir, que fue en tierra, con lo cual dicha medida es de tipo puntual, y hoy día se están haciendo, de forma complementaria, medidas terrestres y aéreas. En la medida aérea se considera que se abarca la radiación procedente de un círculo de diámetro cuatro veces la altura de vuelo [7]. La medida aérea

ofrece una representación más sintética de la realidad física, frente a la medida terrestre, que es más analítica. Pero el uso de ambas técnicas es sólo para áreas planas muy grandes, como en la Península. En cambio la isla de Gran Canaria es muy abrupta, y sólo se podrían conseguir unas pocas medidas aéreas que complementarían las medidas terrestres.

Debido a que la radiactividad gamma ambiental cambia constantemente según día, hora y estación del año puede parecer ideal medir todos los puntos el mismo día y a la misma hora. El primer punto se midió el 4 de mayo de 1996, y el último el 10 de octubre, y a distintas horas desde las nueve de la mañana hasta las siete y media, antes de que comenzara a oscurecer. No obstante, esta presunta limitación no debe preocupar, pues previamente se comprobó que es casi nula la influencia de la radiación solar en la tasa total, y no se produce variación de esa tasa total a lo largo del día. Hay una suave tendencia al alza de la tasa de dosis conforme se entra en el verano, pero no ejerce distorsión apreciable en los resultados globales obtenidos.

El resultado final y global del mapa de radiación gamma natural es coherente con las características geológicas de la isla de Gran Canaria. Así, los mapas de isolíneas radiométricas definen principalmente varias anomalías en el centro, sur y noroeste de la isla. Teniendo en cuenta la litología asociada a tales anomalías, éstas se corresponden principalmente con materiales del primer y segundo ciclo magmático de la isla (Ciclo Antiguo y Ciclo Roque Nublo). Parte de estos materiales son rocas plutónicas (diques, plutones, etc.) y volcánicas (coladas, ignimbritas, etc) diferenciadas (traquitas, fonolitas y sienitas), es decir, rocas magmáticas donde se acumulan elementos traza como uranio, torio, rubidio y estroncio, elementos de las tierras raras, y mayoritarios como el potasio, los cuales presentan isótopos radiactivos, y por lo tanto procesos de desintegración alfa, beta y gamma. Esta radiactividad natural de los materiales sálicos de la isla se ve reflejada en las anomalías radiométricas que se han descrito en el presente trabajo, aunque quedan un poco difuminadas debido a la escala de la cartografía empleada y a la malla de muestreo realizada [8-10]. La continuación del presente trabajo implica la siguiente mejora: Análisis espectrométrico de las muestras de tierra tomadas en los ochenta y dos puntos de muestreo, y añadir análisis petrológicos y geoquímicos de los materiales rocosos donde se centran las anomalías radiométricas, para discernir el origen de las mismas. Queda por investigar una cuestión curiosa, y es que en la isla parece existir cierta coincidencia entre zonas de

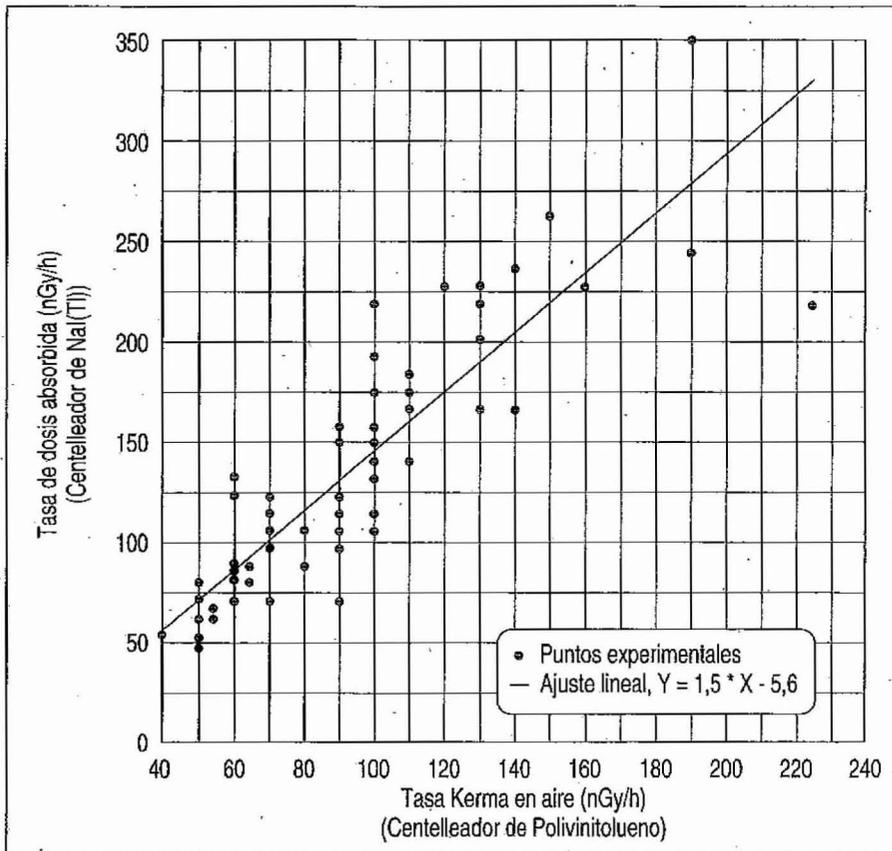


Figura 3. Curva de correlación entre los detectores.

elevada tasa de dosis y zonas con mayor cantidad y densidad de endemismos de la flora macaronésica.

La medida radiométrica doble (en tasas medias de Kerma en aire y de dosis absorbidas) enriquece el trabajo. Hay una cierta correlación entre ambos tipos de medidas, pero no es de representación matemática sencilla dada la complejidad del fenómeno físico. En la figura 3 se representan las medidas con los dos detectores: en abscisas las medidas de Kerma en aire, y en ordenadas las medidas de dosis absorbida. El coeficiente de correlación entre ambas medidas es de 0.7628, que, teniendo en cuenta los erro-

res en este tipo de medidas (del orden de 10 al 20%), se puede considerar como bastante bueno. Un factor a tener en cuenta es la distinta geometría de los volúmenes sensibles de ambos detectores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo expresan su agradecimiento al Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, por la subvención del proyecto y a todos los compañeros del Departamento de Física que han ayudado en la realización del mismo.

REFERENCIAS

1. United Nations Committee of the Effects of Atomic Radiation, "Sources, effects and risk of ionizing radiation", Report to the General Assembly, with annexes. Annex A. New York, 1988.
2. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), "Realidades en torno a las radiaciones de bajo nivel", Viena, 1989.
3. M.R. Green, J.S. Hughes and P.R. Lomas, "Radiation Atlas: Natural Source of Ionising Radiation in Europe", Commission of European Communities, 1991.
4. J.L. Martín Matarranz, G. López Ortiz, G. Hernando Martínez y R. Salas Collentes, "Bases y criterios técnicos para el establecimiento de la red de vigilancia radiológica a nivel nacional (REVIRA)", Consejo de Seguridad Nuclear, Documento CSN/VIRAM/GEN-PR000/6/1-88, Madrid, 1988.
5. Consejo de Seguridad Nuclear, "La Red de Vigilancia Radiológica Ambiental", Edición del CSN, Madrid, 1993.
6. Pedro Coll Butí "Fundamentos de dosimetría teórica y protección radiológica" (vols. I y II) ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. 1990.

7. E. Suárez Mahou y J. A. Fernández Amigó, "El proyecto MARNA. Mapa de radiación gamma natural", Revista de la Sociedad Nuclear Española, nº 153, 31 mayo 1996.

8. L. Garzón Rupérez, "Radiactividad y Medio Ambiente", Servicio de

Publicaciones, Universidad de Oviedo, 1979.

9. W. Kemet, "Handbook of Environmental Radiation", CRC Press, Florida, 1982.

10. F. J. Samper Calveté, J. Carrera Ramírez "Geoestadística. Aplica-

ciones a la hidrología subterránea". Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería. UPC. 1990.

