

GRAN CANARIA, UNA ISLA RADIATIVA... COMO EL RESTO DEL PLANETA

P. Martel, H. Alonso, M. A. Arnedo, A. Tejera y J. G. Rubiano

Departamento de Física e Instituto de Estudios Ambientales y
Recursos Naturales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Este trabajo comienza describiendo lo que se entiende por la radiactividad ambiental y su componente principal a la dosis que recibe la humanidad, la radiactividad natural. Se explican las fuentes de esta radiactividad natural para luego particularizar su estudio a Gran Canaria. El objetivo de este trabajo ha sido el de recopilar y exponer en clave divulgativa los principales resultados obtenidos por el Grupo de Investigación de Interacción Radiación Materia de la ULPGC sobre la radiactividad ambiental de Gran Canaria.

Palabras clave: Gran Canaria, Playas, Radiactividad ambiental, Radionúclidos naturales, Radón.

Abstract

In this work the environmental radioactivity concept is described. Also, natural radioactivity and its sources are analysed, and particularized to Gran Canaria island case. The goals of this work has been to compile and present from divulgative point of view the main results obtained by the Research Group on Radiation-Matter Interaction of the ULPGC about environmental radioactivity in Gran Canaria.

Keywords: Gran Canaria, Beaches, Environmental radioactivity, Natural radionuclides, Radon.

1. RADIATIVIDAD AMBIENTAL

La radiactividad es un fenómeno que se origina en los núcleos atómicos de la materia. Es un proceso espontáneo por el cual los núcleos inestables (radionúclidos o radionucléidos) se desintegran en otros más estables, emitiendo radiación electromagnética de alta energía (fundamentalmente radiación gamma) o pequeñas partículas cargadas (electrones, positrones y partículas alfa, es decir núcleos de He-4) que tienen la propiedad de ionizar la materia sobre la que inciden, pudiendo, de este modo, modificar las propiedades químicas de la

misma. Esta emisión, llamada radiación ionizante, junto con los propios núcleos radiactivos inundan el medioambiente y a sus efectos estamos expuestos por el simple hecho de vivir en el planeta. Su origen puede ser natural o antropogénico.

Varias actividades humanas en las que se generan o usan núcleos radiactivos, o bien, se produce directamente radiación ionizante, contribuyen a la presencia de esta radiación en el medioambiente. En este caso se suele hablar de radiactividad artificial, siendo las aplicaciones médicas, utilizadas para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, las responsables de la mayor parte de la radiación ionizante de origen antropogénico a la que estamos expuestos. También, los diversos usos de las radiaciones ionizantes en la industria, en la agricultura, o en la investigación científica, las actividades de producción de energía eléctrica en las centrales nucleares (sobre todo los accidentes, como el de Chernobyl o el de Fukushima), las bombas explosionadas al final de la Segunda Guerra Mundial o, los ensayos con armas nucleares realizados en el pasado, son factores a tener en cuenta cuando se evalúa la radiactividad ambiental y la exposición de la humanidad a la misma.

Sin embargo, la radiactividad de origen natural es la responsable de alrededor de un 70% de la exposición de la humanidad a la radiación ionizante ambiental. En la naturaleza encontramos diversas fuentes de radiación ionizante: radiación que viene del cosmos, radiación de la corteza terrestre y radiación interna procedente de núcleos radiactivos que incorporamos a nuestro cuerpo a través del aire que respiramos o de los alimentos que comemos. La exposición a la radiación natural depende del lugar donde vivimos. Así, en los lugares de mayor altitud recibiremos más radiación cósmica que a nivel del mar, ya que la atmósfera actúa como filtro. La composición del suelo o el tipo de casa en la que habitamos también tienen influencia en el grado de exposición a la radiación natural.

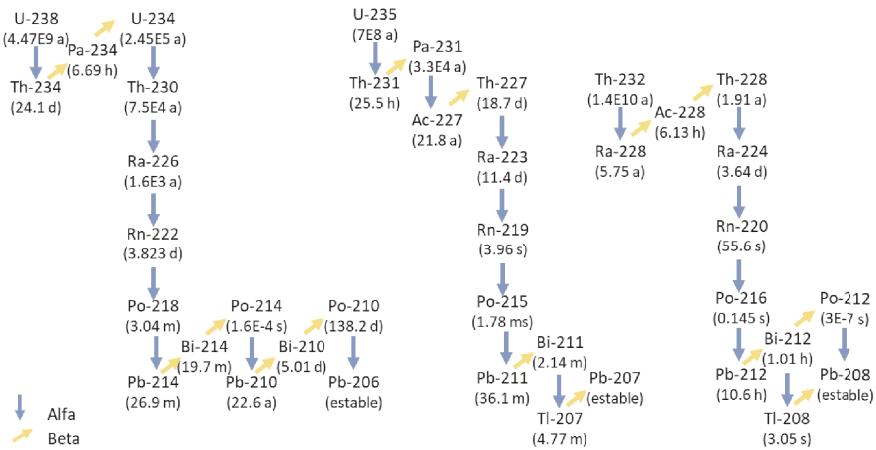
2. RADIATIVIDAD NATURAL

Con respecto a esta radiactividad natural, según su procedencia, distinguimos entre los radionucleídos primordiales o primigenios, presentes en la corteza terrestre desde su formación y los radionucleídos cosmogénicos, producidos por la interacción de radiación ionizante procedente del espacio (rayos cósmicos) con la atmósfera. Estos rayos cósmicos, además, constituyen una fuente directa de radiación natural que formados, principalmente por protones, partículas alfa, otros núcleos ligeros y electrones (rayos cósmicos primarios), interaccionan con los núcleos de la alta atmósfera dando lugar, por un

lado, a nueva radiación ionizante, los rayos cósmicos secundarios, y, por el otro, a la generación de los radionúclidos cosmogénicos. Los radionúclidos cosmogénicos tienen semividas (tiempo que tarda una población de un tipo de radionúclidos en reducirse a la mitad) pequeñas comparadas con la edad de la tierra (4.5×10^9 años) aunque se están produciendo continuamente. Entre ellos, los más abundantes son los radioisótopos del berilio Be-10 y Be-7 (con semividas de 1.5×10^6 años y 53.2 días, respectivamente), el carbono 14 (C-14, con 5700 años), el sodio 22 (Na-22, con 2.6 años) y el tritio (H-3, con 12.3 años). Por último, los primordiales o primigenios suelen tener semividas del orden de la edad del planeta o incluso mayores ya que los de semividas menores se han desintegrado y actualmente no participan en la radiactividad natural. Entre estos se puede destacar el potasio 40 (K-40, con 1.3×10^9 años) que constituye el 0.0117% del potasio natural, uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre. Otros ejemplos de radionúclidos primordiales son el Vanadio 50 (Va-50, con 1.4×10^{17} años), el Rubidio 87 (Rb-87, con 4.8×10^{10} años) o el Neodimio 144 (Nd-144, con 2.3×10^{15} años). Además de estos, entre los radionúclidos que forman parte de la corteza y que contribuyen a la radiactividad natural, hay que mencionar las series radiactivas del Uranio (U-238 y U-235, con 4.47×10^9 años y 7.04×10^8 años, respectivamente) y la del Torio (Th-232, con 1.41×10^{10} años). Se trata de tres familias de radionúclidos que, a partir de los padres que identifican a cada serie y que acabamos de citar, se van desintegrando secuencialmente en otros radionúclidos hijos hasta llegar a un núcleo estable (Fig. 1). Las desintegraciones pueden ser alfa (emitiendo partículas alfa y, generalmente, radiación gamma) o beta (emitiendo electrones y también, casi siempre, radiación gamma). El Uranio natural, constituido por los radioisótopos U-238, U-235 y U-234 (con abundancias respectivas de 99.2745%, 0.7200% y 0.0055%), está presente en la corteza terrestre a razón de 3ppm (más en las rocas ácidas, como granitos, o en las volcánicas, como las riolitas, donde llega hasta 20 ppm y menos en los basaltos o en las rocas ultra básicas con 0.1 ppm). Por su parte, el Torio natural (prácticamente constituido por Th-232) tiene una presencia en la corteza terrestre del orden de tres veces superior a la del Uranio. Sin embargo, todas estas cantidades son valores medios y van a variar de unos sitios a otros en función de la composición del suelo, característica, esta última, que va a ser fundamental para explicar la radiactividad natural de cada lugar del planeta. Por otro lado, cuando la única causa de producción o desaparición de los radionúclidos integrantes de una misma serie natural es la desintegración radiactiva, estos estarán en equilibrio secular, es decir, sus ritmos de desintegración (actividades) son iguales. Así que, si encon-

tramos una violación del equilibrio secular, podríamos utilizar la tasa de defecto o exceso, de un determinado radionúclido de la serie, como trazador del proceso ambiental, diferente de la desintegración radiactiva, responsable del incumplimiento de dicho equilibrio.

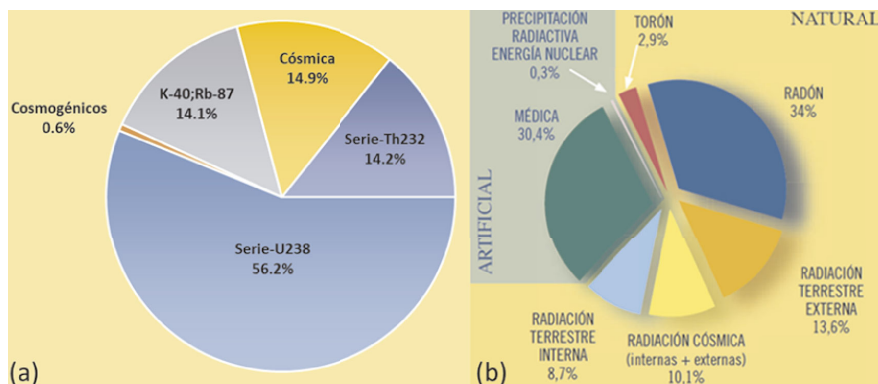
Figura 1: Series radiactivas naturales existentes en la actualidad. Entre paréntesis se indica la semivida en años (a), días (d), horas (h), minutos (m) y segundos (s)



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2a se muestra la dosis de radiación ionizantes de origen natural que recibimos los habitantes del planeta distribuida según sea la fuente que la causa. En ella se puede ver que sólo algo más del 15% proviene del espacio exterior (casi toda irradiación externa producida por los rayos cósmicos y sólo un 0.6% es dosis interna debida fundamentalmente a los radionúclidos generados en la atmósfera que, como el C-14, incorporamos a través de los alimentos). Como también se muestra (Fig.2a) la mayoría de la dosis de origen natural se debe a los radionúclidos primigenios, sobre todo y en este orden, a la serie de U-238, a la del Th-232 y a el K-40 (en este caso, casi el 80% corresponde a dosis interna, fundamentalmente debida a la inhalación del gas radón, en su mayor parte a través del Rn-222 procedente de la serie del U-238, y en menor medida del Rn-220, el torón, de la serie del Th-232).

Figura 2: (a) Contribución de las distintas fuentes de exposición de origen natural a la dosis recibida por la población (Fuente: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR). (b) Contribución de las distintas fuentes de exposición (de origen natural y antropogénica) a la dosis recibida por la población

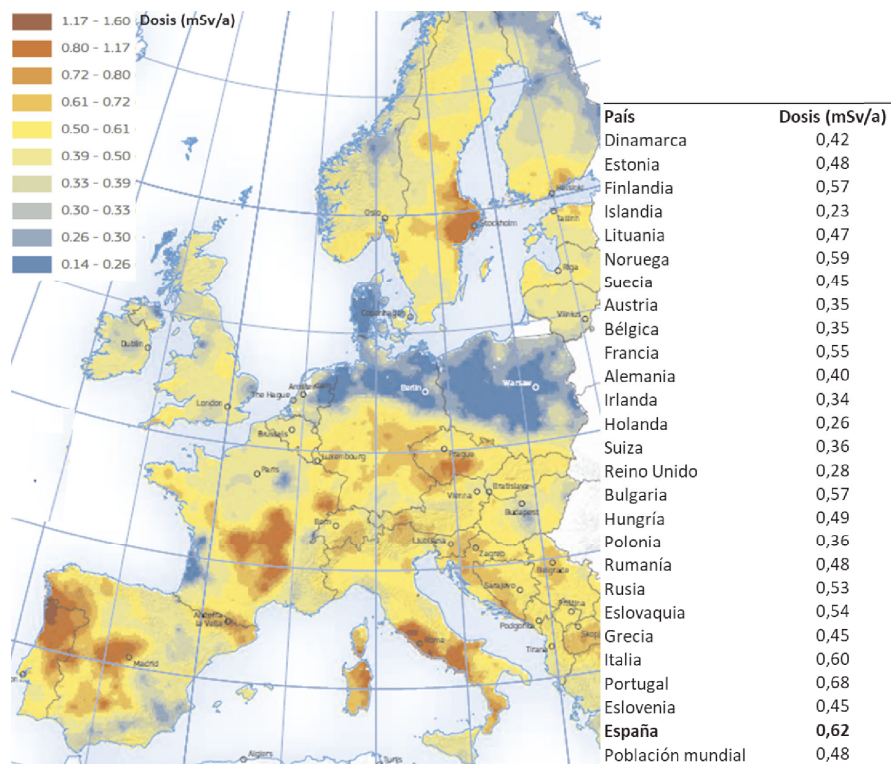


Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear, CSN.

En la Figura 2b se comparan las dosis debidas a la exposición de la población a radiación causada por fuentes naturales con aquellas originadas por fuentes antropogénicas. La dosis de radiación media mundial debida a las fuentes naturales es 2.4 mSv¹ por año (UNSCEAR 2000), este valor, como ya se ha mencionado pueden variar por diversas circunstancias, dependiendo del lugar donde se vive, la composición del suelo, la estación del año, la latitud, o los alimentos consumidos. Para ilustrar esta variación de unas localizaciones a otras, en la Figura 3 mostramos la dosis anual en diferentes lugares de Europa debida a la radiación gamma a un metro de la superficie terrestre. Esta dosis está originada principalmente por el K-40 y las series del U-238 y Th-232 que estén presentes en los distintos suelos. Concentraciones relevantes de estas dos últimas series y, sobre todo de la del U-238, en los diferentes suelos del planeta, unido a otros factores como su permeabilidad, constituyen un factor importante de riesgo potencial de presencia de radón en las viviendas situadas en esos lugares.

1 El sievert (Sv) es la unidad que mide la dosis de radiación, en este caso se habla de la milésima parte de esta unidad (mSv).

Figura 3: Mapa Europeo de dosis anual debida a la radiación gamma terrestre



Fuente: European Atlas of Natural Radiation de la Comisión Europea).
 Tabla de dosis medias anuales debidas a la radiación gamma terrestre
 en diferentes países europeos (calculadas de UNSCEAR 2000)

3. LA RADIATIVIDAD EN GRAN CANARIA

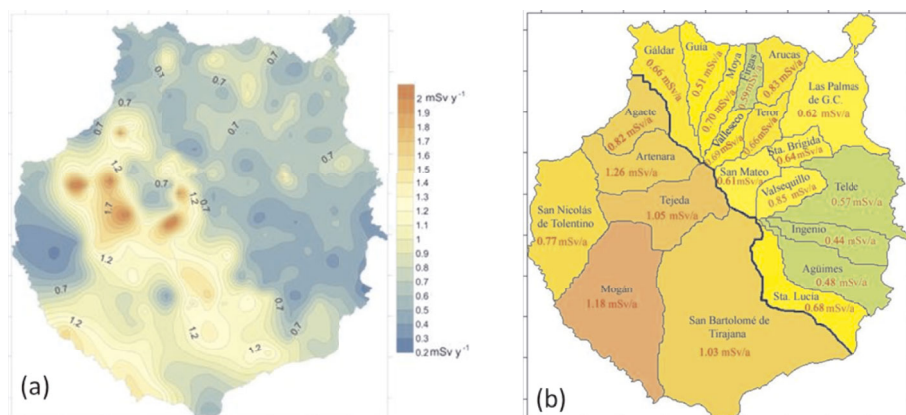
En la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, nuestro grupo, viene investigando en la radiactividad ambiental de canarias desde hace décadas, en este apartado destacaremos aquellos resultados más relevantes relacionados con la radiactividad ambiental en la isla de Gran Canaria.

En la Figura 4 se puede ver la dosis anual de exposición a la radiación gamma terrestre en la isla de Gran Canaria (Fig.4a) y su media por municipios (Fig.4b). La dosis anual media de Gran Canaria es de 0.72 mSv/a y varía en un rango de 0.21 mSv/a a 2.13 mSv/a. Estas dosis, al contrario que las dadas en la tabla de la Figura 3 que solo son debidas a la radiación gamma terrestre,

incluyen también la debida a la radiación gamma procedente de los rayos cósmicos que depende de la altitud y de la latitud.

Como puede verse en Figura 4b, los municipios del centro de Gran Canaria, como Tejeda o Artenara, son los que tiene una mayor tasa de dosis. También presentan dosis altas con respecto a la media de la Isla, San Bartolomé de Tirajana y Mogán, con 1.03 mSv/a y 1.18 mSv/a, respectivamente. Sin embargo, en el caso de San Bartolomé, encontramos mucha variabilidad en los valores de la tasa de dosis correspondientes a la costa y al interior. Así, por ejemplo, Maspalomas presenta valores bajos (0.46 mSv/a) frente a los medidos en el interior del municipio (1.98 mSv/a en Fataga). Esta alta variación de las tasas de dosis de San Bartolomé puede apreciarse en la Figura 4a.

Figura 4: (a) Mapas de tasa de dosis equivalente media anual de Gran Canaria y (b) de sus municipios



Fuente: Tesis Doctoral de M. Arnedo, 2014.

Mogán, sin embargo, presenta una distribución de dosis más uniforme (Fig.4a) con altos valores en el Barranco de la Verga y en una cantera de puzolanas con valores del orden de los 1.07 mSv/a.

Se puede comprobar que, salvo en el caso de Arucas con una tasa de dosis anual claramente por encima de la media (0.83 mSv/a), los municipios que presentan dosis altas son los menos poblados y los de mayor población se corresponden con los de menos tasa de dosis. La Figura 4b muestra cómo la isla, dosimétricamente hablando, se podría dividir en dos mitades respecto de un eje que une el Noroeste con el Sureste (representado por un contorno de trazo

más grueso en la figura). Esta división, justamente, separa las zonas de vulcanismo antiguo y reciente de Gran Canaria.

Con respecto a las otras islas Gran Canaria presenta la mayor tasa de dosis con los 0.72 mSv/a, seguida de Tenerife (0.62 mSv/a), de La Palma y Fuerteventura con 0.53 mSv/a, de La Gomera y el Hierro con 0.49 mSv/a y 0.45 mSv/a, respectivamente y, por último, de Lanzarote que presenta la menor tasa de dosis de Canarias (0.39 mSv/a). Al comparar la dosis media anual de Gran Canaria con las que fueron medidas para el resto de España en el marco del proyecto MARNA liderado por el Consejo de Seguridad Nuclear, se puede ver que esta es del orden de la media española (0.73 mSv/a) y que se sitúa en la zona intermedia de tasas de dosis. La zona de baja dosis anual (hasta 0.5 mSv/a) se corresponde con las provincias mediterráneas (Murcia, Alicante, Valencia y Castellón). La zona intermedia (entre 0.5 y 0.9 mSv/a), además de Gran Canaria y Tenerife, incluye a provincias como Barcelona y La Rioja con 0.61 mSv/a, o Álava y Guadalajara con 0.60 mSv/a. La zona de alta dosis anual (más de 0.9 mSv/a) comprende a Galicia, con las máximas dosis de España en Pontevedra, Orense y Lugo (1.49, 1.25 y 1.16 mSv/a, respectivamente) o provincias como Ávila, Cáceres, Madrid y Toledo (con 1.33, 1.13, 1.11 y 1.08 mSv/a, respectivamente). A esta zona de alta dosis, pertenecerían los municipios de mayor dosis anual de Gran Canaria (Fig.4b) Artenara, Mogán, Tejada y San Bartolomé (sobre todo su interior).

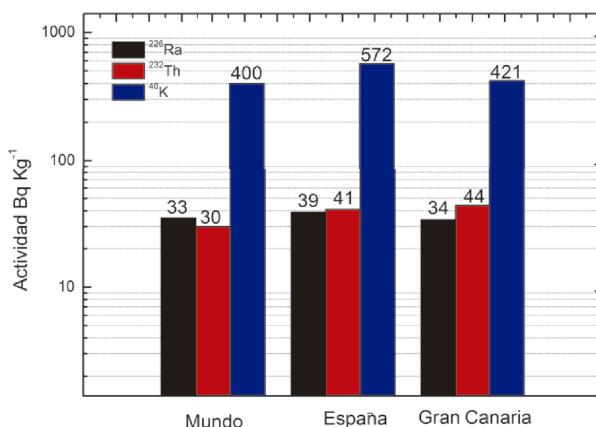
Como ya hemos comentado, la mayor parte de esta dosis se debe a las concentraciones de U-238, Th-232 y K-40 presentes en el suelo. En la Figura 5 comparamos las concentraciones medias de estos radionúclidos encontradas en Gran Canaria con las correspondientes medias española y mundial. En esta comparación se ha tomado el Ra-226 (que se puede determinar por espectrometría gamma) como representante de la serie del U-238 y las concentraciones están medidas en Bq/Kg² (concentraciones de actividad por unidad de masa).

Como era de esperar, a la vista del mapa de tasa de dosis anual (Fig.4a), en Gran Canaria, la concentración mayor de estos radionúclidos se encontró en el centro-oeste de la isla, donde se concentran materiales del primer y segundo ciclos magmáticos compuestos principalmente de rocas intermedias y ácidas

2 El Bequerelio (Bq) es la unidad de la actividad (ritmo de desintegración) en el Sistema Internacional de Unidades y mide el número de desintegraciones en un segundo, cuanta más actividad tenga un radionúclido, más bequerelios. La concentración de actividad en este caso se mide por unidad de masa de la muestra, esto es, cuántas desintegraciones por segundo de cada radionúclido se producen en un Kg de suelo.

plutónicas (donde aparecen principalmente, sienitas) y volcánicas (donde aparecen fundamentalmente las traquitas, fonolitas, riolitas y traquibasaltos). Por el contrario, los valores más bajos de estas concentraciones se encuentran en la zona dominada por las rocas plutónicas y volcánicas básicas y ultrabásicas (con abundancia de basanitas y basaltos). Los suelos dominados por sedimentos y rocas sedimentarias marinas o terrestres presentaron concentraciones de actividad intermedias.

Figura 5: Comparación de las concentraciones medias de Ra-226, Th-232 y K-40 encontradas en Gran Canaria con las medias española y mundial



Fuente: Tesis Doctoral de M. Arnedo, 2014.

Las concentraciones de actividad de estos radionúclidos naturales que determinan la dosis, así como de los artificiales más abundantes en el medioambiente, también han sido medidas en las principales playas de Gran Canaria. Este estudio era importante a la hora de determinar un nivel base que nos permita detectar cualquier incremento en el futuro. No hay que olvidar que las playas es uno de los principales activos de nuestra economía y que Gran Canaria está situada entre dos corredores de navegación de elevado tráfico marítimo.

En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos comparados con otros valores del mundo. Además, hay que destacar que en ninguna playa se detectaron radionúclidos artificiales. Las dosis de exposición a la radiación determinadas a partir de estas concentraciones de actividad en las playas de Gran Canaria son bajas, sobre todo comparadas con las de algunas playas de la India (Kerala) o de Brasil, donde las arenas contienen cantidades importantes de monacita

que constituye una fuente de Torio. Las variaciones temporales de estas concentraciones de actividad en La Playa de la Canteras, están siendo usadas como trazadores de la dinámica sedimentaria de la playa (de los periodos de erosión y acreción). La radiactividad de esta última playa, sobre todo de sus aguas, ha sido también estudiada a través de las concentraciones de los radionúclidos naturales y artificiales presentes en las principales algas que constituyentes las arribadas que llegan a la orilla.

Tabla 1: Comparación de las concentraciones de actividad en Bq/Kg de los principales radionúclidos naturales medidas en las playas de Las Canteras (LC), Las Alcaravaneras (LA), La Laja (LL), San Borondón (SB), La Garita (LG), El Inglés (EI) y Maspalomas (M) con la de otras playas del mundo

Location	²²⁶ Ra		⁴⁰ K		²³² Th	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
LC	7-19	14	83-629	390	7-25	15
LA	13-17	15	393-726	550	14-26	19
LL	16-23	19	299-584	439	19-31	24
SB	22-30	26	417-640	529	25-35	30
LG	23-27	25	437-480	459	24-29	27
EI	14-29	23	206-1055	726	12-42	31
M	12-19	16	213-565	398	11-24	17
Gran Canaria soils	7-88	35	27-1758	625	6-139	48
Worldwide		32		420		45
Spain soils	6-250	32	25-1650	470	2-210	33
Kerala beaches (India)	BDL-15170	488	BDL-713	361.8	BDL-23030	2660
Coast of Tamil nadu (India)	BDL-30	8	213-423	275	BLD-219	25
Balochistan coast (Pakistan)	16-29	23	43-369	238	7-20	14
Rizhao beaches (China)	8-17	12	883-1314	1079	8-25	15
Adaman coast (Thailand)	3-24	12	11-654	344	3-35	19
Beaches of Aegean sea (Turkey)	79-1885	290	687-1421	1160	97-4360	532
Sediment of Cadiz Bay (Spain)	3-41	13	105-1342	451	3-73	19
Beaches of Spanish SW Coast	4-7	5	180-29	232	2-6	4
Montenegrin coast (Yugoslavia)	2-16	8	16-263	150	1-12	7
Río de Janeiro coast (Brazil)	5-286	33	32-888	253	7-963	95
Espiritu Santo coast (Brazil)	5-4043	637	27-412	121	7-5553	6675
Bahia coast (Brazil)	10-572	184	25-62	42	14-173	533
Coasts of Kuwait	8-72	36	41-492	227	2-17	6
Red Sea (Jordan)	9-598	128	72-755	477	9-16	12
Coasts of Egypt	25-63	39	382-419	402	10-34	21

BLD means below limit detection in this table.

Fuente: 10.1093/rpd/nct044.

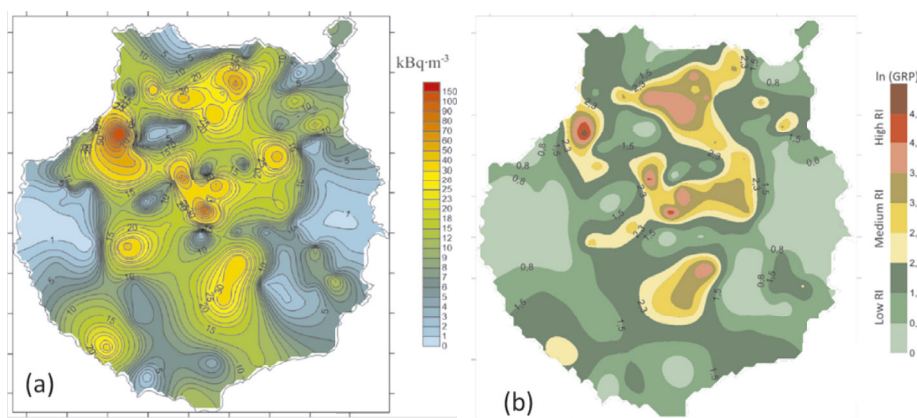
Para terminar con este recorrido por la radiactividad natural de Gran Canaria nos vamos a fijar en los estudios realizados sobre la presencia del gas radón, que como ya hemos indicado constituye la componente principal de la dosis debida a la exposición a la radiactividad natural.

El radón medido en los suelos de Gran Canaria (a 50 cm de profundidad) presenta las máximas concentraciones en el centro de la isla, con 103 kBq/m^3 , en el sur 50 kBq/m^3 y noroeste de la isla 149 kBq/m^3 , donde se encuentran las formaciones geológicas más antiguas. Dichos valores se encuentran muy por encima de la concentración media obtenida (6.9 kBq/m^3). Aquí la concentración de actividad, da cuenta de esta actividad de radón por metro cúbico de aire. La Figura 6a muestra las concentraciones medidas para este gas en los suelos de Gran Canaria.

En la Figura 6b se muestran las áreas propensas a presentar radón en el interior de viviendas en ellas alojadas. Como puede verse este mapa exhibe tres niveles de predicción para el radón en viviendas (bajo, medio y alto) y constituye una herramienta útil de cara a la planificación de futuras viviendas en la isla. Este estimador del riesgo se determina a partir de la concentración de radón en el suelo y de su permeabilidad a dicho gas.

Por último, la concentración de radón también se ha determinado en las aguas de los pozos de Gran Canaria. Estas medidas, además de con un objetivo de protección radiológica, han sido usadas con éxito como trazador de la geología subterránea de la Isla.

Figura 6: (a) Mapa de concentración de radón en suelos de Gran Canaria y (b) de potencial de radón geogénico (de zonas propensas al radón) de Gran Canaria



Fuente: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.411.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Hernández, H.E. 2015. El radón en suelos, rocas, materiales de construcción y aguas subterráneas de las Islas Canarias Orientales, *Tesis Doctoral*. ULPGC.
- Alonso, H., Cruz-Fuentes, T., Rubiano, J.G., Guerra, J.G., Cabrera, M.C., Arnedo, M.A., Tejera, A., Rodríguez-Gonzalez, A., Pérez-Torrado, F.J., Martel, P. 2015. Radon in Groundwater of the Northeastern Gran Canaria Aquifer. *Water*. 7(6), 2575-2590
- Alonso, H., Rubiano J.G., Guerra, J.G., Arnedo, M.A., Tejera, A., Martel, P. 2019. Assessment of radon risk areas in the Eastern Canary Islands using soil radon gas concentration and gas permeability of soils. *Science of the Total Environment*. 664, 49–460.
- Arnedo, M. A., Tejera, A., Rubiano, J. G., Alonso, H., Gil, J. M., Rodríguez, R., Martel, P. 2013. Natural radioactivity measurements of beach sands in gran Canaria, Canary Islands (Spain). *Radiation Protection Dosimetry*. 156, 75-86.
- Arnedo Ayensa, M. A. 2014. Evaluación del fondo radiactivo natural de las Islas Canarias Orientales, implicaciones radiológicas sobre la población. *Tesis Doctoral*, ULPGC.
- Arnedo, M.A., Rubiano, J.G., Alonso, H., Tejera, A., González, A., González, J., Gil, J.M., Rodríguez, R., Martel, P., Bolivar, J.P., 2017. Mapping natural radioactivity of soils in the eastern Canary Islands. *J. Environ. Radioact.* 166 (2), 242–258.
- Arriola-Velásquez, A. C., Tejera, A., Guerra, J. G., Alonso, I., Alonso, H., Arnedo, M. A., Rubiano, J. G., Martel, P. 2019. Spatio-temporal variability of natural radioactivity as tracer of beach sedimentary dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 231, 106476.
- Cinelli, G., De Cort, M. & Tollefsen, T. (Eds.), 2019. European Atlas of Natural Radiation, *Publication Office of the European Union*, Luxembourg.
- Tejera, A., Pérez-Sánchez, L., Guerra, G., Arriola-Velásquez, A. C., Alonso, H., Arnedo, M. A., Rubiano, G., Martel, P. 2019. Natural radioactivity in algae arrivals on the Canary coast and dosimetry assessment. *Science of the Total Environment*. 658, 122-131.
- UNSCEAR, 2000. Source and Effects of Ionizing Radiation. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, United Nations, New York.