

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1987

El Hombre y su Exposición a Fuentes Naturales de Radiación

Abel
Antonio Oliveira

La humanidad ha existido siempre en un ambiente naturalmente radiactivo. La tierra se halla sometida constantemente al bombardeo de rayos cósmicos provenientes del sol y de fuentes externas al sistema solar; toda la materia contiene trazas de sustancias radiactivas. El hombre está expuesto a la radiación externa compuesta por la radiación cósmica y la originada por el decaimiento de los nucleidos naturales existentes en su ambiente inmediato, así como a la radiación interna debida a los nucleidos que forman parte de su organismo

Radiación cósmica

La radiación cósmica primaria, que incide sobre la capa superior de la atmósfera terrestre, consiste en una pequeña componente solar con partículas cuya energía varía entre 1 y 200 MeV, y una componente galáctica y extra galáctica, mucho mayor, con partículas de energía entre 200 y 10^{13} MeV (1). La radiación consiste principalmente de protones, con un 10% de partículas alfa y algunos núcleos más pesados, electrones, fotones y neutrinos.

A energías mayores de 10^4 MeV, el flujo es uniforme

1) 1 MeV = 1 millón de electron-voltios =
 1.603×10^{-13} ergios
 1.603×10^{-13} joule

e isotrópico, con un valor aproximado de $10 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ constante en el tiempo. Para las energías menores el flujo galaáctico es modificado por el campo magnético terrestre, resultando un flujo mayor en las regiones polares.

La componente solar se asocia con explosiones solares y es máxima en el pico del ciclo solar.

La radiación cósmica primaria se altera durante su pasaje a través de la atmósfera, reduciéndose el flujo de protones de 10 a $10^{-4} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La componente alfa es prácticamente eliminada.

Las interacciones entre las partículas primarias y la atmósfera producen electrones, fotones, neutrones y mesones. Los flujos a nivel del mar son anisotrópicos, con un máximo pronunciado en la dirección vertical, variando en el tiempo como consecuencia de cambios atmosféricos y solares. Ambas variaciones, la temporal y la debida a cambios de latitud son pequeñas, siendo la altitud el principal factor que influye sobre la tasa de dosis.

El valor aproximado promedio del flujo de partículas cargadas al nivel del mar es de $2 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y la correspondiente tasa de dosis es de 28 mrem/a (0.28 mSv/a).

Para la componente neutrónica, el valor del flujo es de $8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y la tasa de dosis asociada es de 3 mrem/a (0.03 mSv/a).

La tasa de dosis aumenta con la altura cerca del nivel del mar alrededor de 0.5 mrem/a (0.005 mSv/a) cada 100 metros.

Por encima de algunos cientos de metros, la tasa de dosis aumenta más rápido con el incremento de la altu-

ra. En muchas regiones del mundo, numerosas poblaciones viven a varios cientos de metros de altitud sobre el nivel del mar, recibiendo dosis anuales cuatro veces mayores que las correspondientes a dicho nivel.

Radionucleidos naturales

Los aproximadamente 70 nucleidos que han sido hallados en la naturaleza pueden dividirse en dos categorías:

- a) nucleidos producidos por los rayos cósmicos, denominados cosmogénicos y
- b) nucleidos con período de semidesintegración del mismo orden que la edad de la tierra, considerados los remanentes del inventario primordial de nucleidos, incluyendo los miembros de sus series de decaimiento, denominados primordiales.

Nucleidos cosmogénicos

Los principales nucleidos cosmogénicos de interés radiológico son: ^3H , ^7Be , ^{14}C y ^{22}Na .

Estos nucleidos son producido en la atmósfera por la interacción de protones y neutrones cósmicos con oxígeno, nitrógeno y argón. (Tabla 1)

Otros nucleidos cosmogénicos tales como ^{10}Be , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{37}Ar y ^{53}Mn , no contribuyen en forma significativa a la dosis natural recibida por el hombre.

Nucleidos primordiales

Podemos distinguir dos clases:

- a) nucleidos de período de semidesintegración largo
- b) miembros de las familias radiactivas de los elementos pesados, ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th .

Ambos tipos de nucleidos están distribuidos en la corteza terrestre. Ellos son la fuente de la energía geotérmica, generando un flujo de calor de alrededor de 65 mW/m².

Tabla 1

Nucleidos cosmogénicos principales				
Nucleido	³ H	⁷ Be	¹⁴ C	²² Na
Período de semi-desintegración (años)	12,3	0,15	5730	2,62
N° de átomos producidos por segundo y por unidad de área sobre la superficie terrestre	0,25	8x10 ⁻²	2,5	9x10 ⁻⁵
Inventario global (PBq)	1260	37	11x10 ³	0,37
Distribución porcentual estratósfera y tropósfera	8	72	2	27
Superficie terrestre y biósfera	27	8	4	21
Océanos	65	20	94	52

Se han detectado 17 nucleidos de período de semidesintegración largo, siendo al mayoría tierras raras, de muy bajas concentraciones y con escasa importancia radiológica.

Los dos nucleidos que contribuyeron significativamente a la dosis recibida por el hombre son el ⁴⁰K y el ⁸⁷Rb; se encuentran en todas las rocas, suelos, aguas y también en el hombre. (Tabla 2)

Las dos familias radiactivas originas en el ²³⁸U y el ²³²Th son causantes, en gran parte, de la radiactividad natural a que está expuesto el hombre. La familia del ²³⁵U no contribuye en forma apreciable a la citada dosis natural. Las concentraciones promedio de los principales miembros de estas familias se dan en la Tabla 3.

Tabla 2

Nucleidos primordiales no pertenecientes a las familias del ^{238}U y ^{232}Th

Nucleido	40-K	37-Rb
Período de semi-desintegración	$1,26 \times 10^9 \text{a}$	$4,8 \times 10^{10} \text{a}$
Concentración en rocas y suelos (Bq/g)	0,07 - 1,1	0,11
Concentración en el hombre (Bq/kg)	60	8,5

El uranio, el torio y el radio se disuelven de las rocas y suelos y se suspenden en el aire como partículas, dando origen a incorporaciones por ingestión e inhalación que se traducen en un contenido corporal en el hombre adulto de unos $100 \mu\text{g}$ de uranio y 40 pCi (15 Bq). El torio, relativamente insoluble, no se encuentra en cantidades significativas en el hombre. Los habitantes de áreas de alta radiactividad natural poseen concentraciones de estos nucleidos mucho mayores.

El gas radón emana de los suelos y sólidos, dependiendo su concentración de factores tales como la condición físico-química de los mismos y, en las viviendas, de los métodos de construcción y tasas de ventilación.

Los nucleidos de período de semidesintegración relativamente largo, ^{210}Pb y ^{210}Po , se concentran en plantas (10-100 pCi/kg), y su ingestión e inhalación dan lugar a dosis importantes. Un hombre adulto contiene en su organismo aproximadamente 500 pCi (18.5 Bq) de ^{210}Pb y ^{210}Po .

Dosis recibida por el hombre debido a fuentes naturales externas

a) Dosis debidas a la radiación cósmica

La producción de pares iónicos debida la flujo medio de radiación cósmica a nivel del mar es de $2.1 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$. Teniendo en cuenta que cada par iónico requiere 33,7 eV para producirse la correspondiente tasa de dosis absorbida en aire que es de $3.2 \text{ } \mu\text{rad/h}$ ($3.2 \cdot 10^{-8} \text{ Gy/h}$). La relación entre dosis absorbida en aire y dosis absorbida en tejido humano depende del poder de frenado de la radiación en aire y tejido, así como de factores geométricos.

La dosis promedio anual depende del tiempo de exposición fuera de las viviendas dado que las mismas pueden constituir un blindaje considerable para las radiaciones cósmicas. Si este efecto estructural es despreciado, la dosis equivalente anual promedio a nivel del mar debido a la componente ionizante de la radiación cósmica es de 28 mrem. Un análisis similar para la componente neutrónica dá una dosis anual en el hombre de 3 mrem.

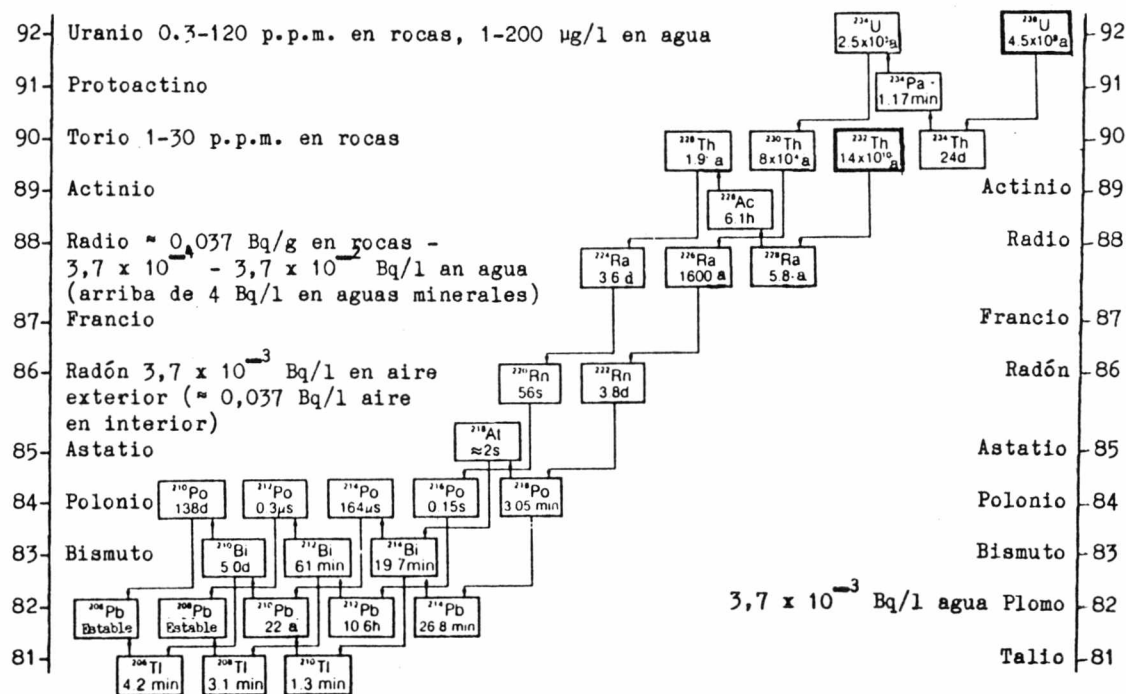
b) Dosis debidas a nucleidos naturales

El decaimiento de los nucleidos naturales produce radiaciones alfa, beta y gamma. La contribución más importante a la dosis natural debida a irradiación externa resulta de la componente gamma. Las principales fuentes externas de radiación gamma son el ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th y los productos de decaimiento de las familias originadas por los dos últimos.

En la práctica, las tasas de dosis absorbida en aire depende de las características del suelo o roca, de la existencia de capas de nieve y de las condiciones atmosféricas. El valor medio de la tasa de dosis absorbida en aire, a 1 metro sobre el suelo es de $4.5 \text{ } \mu\text{rad/h}$. la contribución de los nucleidos cosmogénicos a la radiación externa es despreciable.

La mayor parte de la población mundial habita áreas donde la tasa de dosis absorbida en aire fuera de las viviendas varía entre 3 y 7 $\mu\text{rad/h}$, pero en ciertas

Tabla 3

Familias radiactivas del ^{238}U y ^{232}Th 

áreas pobladas se han registrado niveles de 100 a 200 $\mu\text{rad/h}$. El mayor valor detectado ha sido del orden de 10.000 $\mu\text{rad/h}$. (tabla 4).

En el interior de las viviendas la exposición depende del grado de blindaje a la radiación cósmica y del tipo de materiales utilizados en la construcción. La mayoría de la población mundial vive en construcciones donde la tasa de dosis varía entre 2 y 9 $\mu\text{rad/h}$.

La dosis anual recibida por el hombre debida a nucleidos naturales por irradiación externa es de 32 mrem (0.32 mSv), variando para la población mundial entre 21 y 43 mrem. (0.21-0.43 mSv).

Tabla 4

Dosis equivalente efectiva anual debida a fuentes naturales de radiación (mSv)

Irradiación externa

Rayos cósmicos	0,31
Nucleidos primordiales	0,38

Irradiación interna

Nucleidos cosmogénicos	
^3H ; ^7Be ; ^{22}Na	1×10^{-4}
^{14}C	$1,3 \times 10^{-2}$
Nucleidos primordiales	
^{40}K	0,17
^{87}Rb	$0,4 \times 10^{-2}$
Familias del ^{238}U y ^{232}Th	0,98 (incluyendo ^{222}Rn y sus hijas)
Total	1,90

Dosis recibida por el hombre debida a irradiación interna

a) Dosis debida a nucleidos cosmogénicos

Los nucleidos cosmogénicos contribuyen con una pequeña fracción a la dosis total debida a la radiación

natural. El más importante es el ^{14}C que aporta una dosis anual de 1.3 mrem, mientras que el resto, (^3H , ^7Be y ^{22}Na), representa unos 30 $\mu\text{rem/a}$.

b) Dosis debidas a nucleidos primordiales

Sólo el ^{40}K y el ^{87}Rb aportan dosis internas significativas, siendo el primero el más importante.

Un hombre adulto contiene aproximadamente 16 mg de ^{40}K , recibiendo una dosis anual de 17 mrem (dosis equivalente efectiva). El ^{87}Rb , cuyo contenido es de unos 200 mg, aporta una dosis anual de 0.4 mrem.

Para las series radiactivas del uranio y del torio, el órgano más expuesto es el pulmón, debido a la radiación alfa del radón y sus hijas de período de semideintegración cortos.

La dosis no se distribuye uniformemente en el pulmón, dado que el depósito y posterior metabolismo del material inhalado depende de las características de dicho material, tales como el tamaño de las partículas y las condiciones inherentes al proceso de respiración.

La dosis equivalente efectiva anual estimada debida la radón y sus hijas es de 80-100 mrem, mientras que la dosis debida la resto de los nucleidos de las dos series radiactivas naturales es de 18 mrem/a.

Conclusión

De acuerdo a lo expuesto, la dosis anual recibida por el hombre, en términos de dosis equivalente efectiva, debido a su exposición a todas las fuentes naturales de radiación es del orden de 200 mrem (2 mSv).

Bibliografía consultada

- 1) "Handbook of Environmental Radiation/CRC"
Editor: Alfred W. Klement, Jr. CRC Press, Inc. 1982

2) "United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations". Sources and Effects of Ionising Radiation. UNSCEAR New York, 1982

3) "Nuclear Power Technology"

Editor: W. Marshall - Volume 3, Nuclear Radiation
Clarendon Press-Oxford, 1983

4) Proceedings of the 19th Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements
Environmental Radioactivity - April 6-7, 1983

National Academic of Sciences - Washington, D.C.

* * * * *

La S. A. R. Informa

a) LLAMADO A ELECCIONES

A mediados de enero de 1987 la secretaría envió una circular en la cual se informaba que el 8 de abril próximo, a las 16.00 horas en el Salón de Actos de la Sede Central de la Comisión Nacional de Energía Atómica (Av. del Libertador 8250 - Capital Federal), tendrá lugar una Asamblea Extraordinaria de la Sociedad en la que se tratarán diversos temas, entre ellos la elección de los miembros de la Comisión Directiva y del Organó de Fiscalización, según lo establecido en el Artículo 20° de los Estatutos.

Por lo expuesto es que esta secretaría reitera su invitación a participar de dicha Asamblea Extraordinaria, así como a presentar listas para la elección de