

06.72.05

C.N.E.A. Radiología	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	1
	1972

RS 35/67

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DIVISION ESTUDIOS AMBIENTALES

RADIO-226 EN EL HOMBRE

BENINSON, D.
BENINSON, A. M. de
MENOSSI, C.

BUENOS AIRES
1 9 7 2

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD
DIVISION ESTUDIOS AMBIENTALES

RADIO-226 EN EL HOMBRE

BENINSON, D.
BENINSON, A. M. de
MENOSSI, C.

BUENOS AIRES
1 9 7 2

1. INTRODUCCION

El objetivo del trabajo ha sido deducir un parámetro que describa el metabolismo del radio y disponer de medios para estimar el compromiso de dosis en el hueso humano, dada la presencia de dicho radioelemento en la dieta. Además, dado un estudio similar efectuado sobre el radioestroncio (1), la determinación del comportamiento de otro elemento alcalino-térreo puede ser importante para el conocimiento de los parámetros metabólicos del esqueleto.

La base de trabajo ha sido la deducción del parámetro de transferencia a partir de mediciones de Ra-226 y de Ca estable efectuadas en la dieta y en muestras de huesos obtenidas de autopsias. Un estudio de esta naturaleza tiene necesariamente restricciones relacionadas a la representatividad de las muestras y a las incertidumbres asociadas con las varias suposiciones que se han efectuado. Sin embargo tiene ventajas sobre estudios fisiológicos y radiotoxicológicos por estar basado en casos reales de contaminación ambiental.

2. METODOLOGIA

2.1 MUESTREO Y PROCEDIMIENTO ANALITICO

El estudio se llevó a cabo con muestras de huesos y alimentos provenientes de la Ciudad, de la Provincia de Buenos Aires y del área litoral Argentina.

Los alimentos para niños producidos especialmente (fórmula, leches evaporadas, etc.) se muestrearon en el punto de consumición con una frecuencia de alrededor de 4 a 6 muestras por mes y por alimento. Las muestras de cada tipo de estos alimentos se mezclaron y se procesaron mensualmente.

Los otros alimentos se muestrearon de acuerdo al programa regular de fallout de la CNEA.

Las muestras de huesos se obtuvieron especialmente en hospitales de la Ciudad de Buenos Aires de casos de autopsias, cuando la causa de muerte podía considerarse sin influencia en el metabolismo óseo.

El procedimiento analítico usado está basado en la técnica de RUSHING (2), con leves modificaciones. Según esta técnica, la muestra se mineraliza, se disuelve y el radio se precipita como sulfato, con bario como portador. El precipitado es atacado con H_2F_2 y H_3PO_4 y el residuo se solubiliza con HCl , pasando la solución a un tubo "burbujeador". Se deja crecer el Rn-222 hasta llegar a equilibrio, arrastrándolo luego con nitrógeno a una cámara de centelleo.

La cámara de centelleo es de lucite, con un volumen de 45 ml y está recubierta internamente con SZn (Ag) y externamente con óxido de magnesio como reflector.

El efecto cero del sistema es de alrededor de 2 cuentas por hora y el rendimiento conjunto de la transferencia de Rn-222 y del conteo es de aproximadamente el 70%.

Se ha probado que es muy importante la selección de los reactivos, debido a la eventual presencia de bajos niveles de contaminación en algunos de ellos. Periódicamente se efectuaron blancos con los reactivos y las muestras se analizaron por duplicado.

2.2 MODELO USADO EN LA DETERMINACION DEL FACTOR DE DISCRIMINACION

Se define el factor de discriminación del elemento X con respecto al calcio como la relación X/Ca en el "hueso nuevo", dividido por la relación X/Ca en la dieta del período en el cual se formó el material del hueso.

Con este mismo planteo ya se han efectuado estudios de la contaminación ósea y de la dieta debidas al estroncio-90 del fallout, determinándose el correspondiente factor de discriminación en función de la edad. Dada la posibilidad de medir relaciones Sr-90/Sr, también se determinó el factor de turnover, definido como la tasa fraccional de reemplazo de estroncio en el esqueleto (1

Los valores del factor de turnover para distintos grupos de edad, se utilizaron como parámetros en la obtención del factor de discriminación según la función:

$$B_i = \frac{B_{i-1} C_{i-1} (1-kt) + D_i F (\Delta C + kt C_{i-1})}{C_i}$$

Donde B es la relación X/Ca en el hueso,

C es el contenido de calcio en el esqueleto,

D es la relación X/Ca en la dieta,

F es el factor de discriminación,

ΔC es el incremento neto de calcio en el período

$$i-1 \longrightarrow i \quad (\Delta C = C_i - C_{i-1}),$$

k es el factor de turnover en el período, y

t es el tiempo transcurrido entre las dos edades.

La expresión puede ser generalizada de un modo recurrente reemplazando B_{i-1} por su expresión correspondiente, y así sucesivamente. De este modo B_i es una función de la historia pasada de la dieta y de los factores de discriminación de cada período.

Este método, utilizado para el cálculo del factor de discriminación del estroncio, se simplifica para el caso del radio. En efecto, el análisis de la relación Ra-226/Ca en huesos en función de la edad (Tabla I) indica que los niveles de contaminación pueden con-

siderarse constantes a lo largo de toda la vida, con un valor promedio de 33,2 fCi/gCa y un error standard del 2 %. De este modo el valor B_{i-1} es constante para los distintos grupos de edad analizados.

Adicionalmente, para el presente trabajo se supuso que era aplicable al metabolismo del radio el factor de turnover determinado a partir de mediciones de Sr-90 y Sr.

Con un gran número de huesos y los datos correspondientes de dieta es posible obtener una serie de factores de discriminación (uno para cada grupo de edad) que ajusten de la mejor manera posible es decir que minimicen la expresión $(B_{\text{observado}} - B_{\text{calculado}})^2$.

3. RADIO-226 EN LA DIETA

La estimación de concentraciones de Ra-226 en la dieta total requiere, además de los valores representativos de cada alimento, información de su contribución a la incorporación de calcio. La estructura de la dieta se basó en los valores utilizados en el estudio efectuado con el estroncio. La composición y los niveles de la ingestión diaria de radio para distintas edades se presentan en la Tabla II.

Los vegetales de raíz y la carne se identificaron por separado por tener un nivel de Ra-226 relativamente alto. La contribución del agua a la dieta total es pequeña, (con un valor promedio de 20 fCi/l) por lo tanto no fué incluida.

El nivel de radio en leche materna, medido por análisis de muestras obtenidas en lactarios, es de 25 fCi/g Ca

4. RADIO-226 EN LOS HUESOS Y FACTOR DE DISCRIMINACION

En la Tabla I se presentan los resultados de 360 análisis de huesos de diversas edades, cada uno de los cuales es un pool de

dos o tres muestras. De estos resultados se deduce con una buena aproximación, y de acuerdo a lo ya mencionado en 2.2, que el nivel de Ra-226/gCa observado en el hueso humano puede considerarse constante para todas las edades, con un valor promedio de 33,2 fCi/gCa.

En trabajos similares presentados por otros autores (3), se observa también que el nivel de radio-226 en hueso es constante y su valor no difiere sensiblemente de dicho promedio.

La deducción del factor de discriminación por el método presentado requiere información adicional sobre el contenido total de calcio en el esqueleto en función de la edad. Esta información se presenta en la figura N° 1, y la curva de calcio está basada en los valores de Mitchell (4) reducida en un pequeño factor (1.18) para ajustar los valores de fetos y niños muy jóvenes para los cuales se han efectuado algunos análisis de esqueleto entero.

En la misma figura se presenta el contenido total de radio en el esqueleto, obtenido a partir de la relación Ra-226/Ca determinada en huesos y el contenido de calcio para cada edad.

La figura N° 2 presenta en forma de histograma los resultados de los cálculos de los factores de discriminación para diversos grupos de edad, utilizando los datos de las tablas I y II. La figura sugiere que el Ra-226 es menos discriminado en infantes que en niños o adultos.

Los factores de discriminación en niños hasta 6 meses tienen valores similares a los factores de discriminación para el Sr; no obstante los valores correspondientes al Ra decrecen más rápidamente con la edad y en los adultos son aproximadamente un orden de magnitud menores que para el estroncio.

Los datos sugieren también que la placenta no discrimina contra el radio, dado que los fetos tienen la misma relación

Ra-226/Ca que los adultos. En este aspecto el radio se comporta de una manera diferente al estroncio.

Debe destacarse que tal vez sea incorrecto definir un factor de discriminación para el Ra-226. En efecto es sorprendente que los factores de discriminación varíen con la edad de manera de compensar exactamente las variaciones de la dieta. Por lo tanto parece importante, como línea futura de trabajo; obtener datos de áreas donde se encuentren valores más elevados de radio en la dieta. De esta manera se podrá decidir entre un concepto de "discriminación" y otros posibles mecanismos que determinen la constancia del nivel óseo con la edad.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- D.Beninson, et al.: Radioestroncio en el hombre en función de la edad:
Quinto Congreso Internacional de la SOCIETE FRANCAISE DE RADIOPROTECTION.
Grenoble (Francia) Febrero 1971
- 2.- D.R. Rushing,et al.: The analysis of effluents and environmental samples
from Uranium Mills and of biological samples for Radium,Polonium and
Uranium.
Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials
Symposium, Viena 26-31 Agosto 1963.
- 3.- N.Hallden,et al.: Radium-226 in Human Diet and Bone.
Science 140, pag. 1327-9 (1963)
- 4.- H.Mitchel et al.: The Chemical Composition of the Adult Human Body and
its Bearing on the Biochemistry of Growth.
J.Biol. Chem 158: 625 (1945).

RADIO Y CALCIO EN EL ESQUELETO

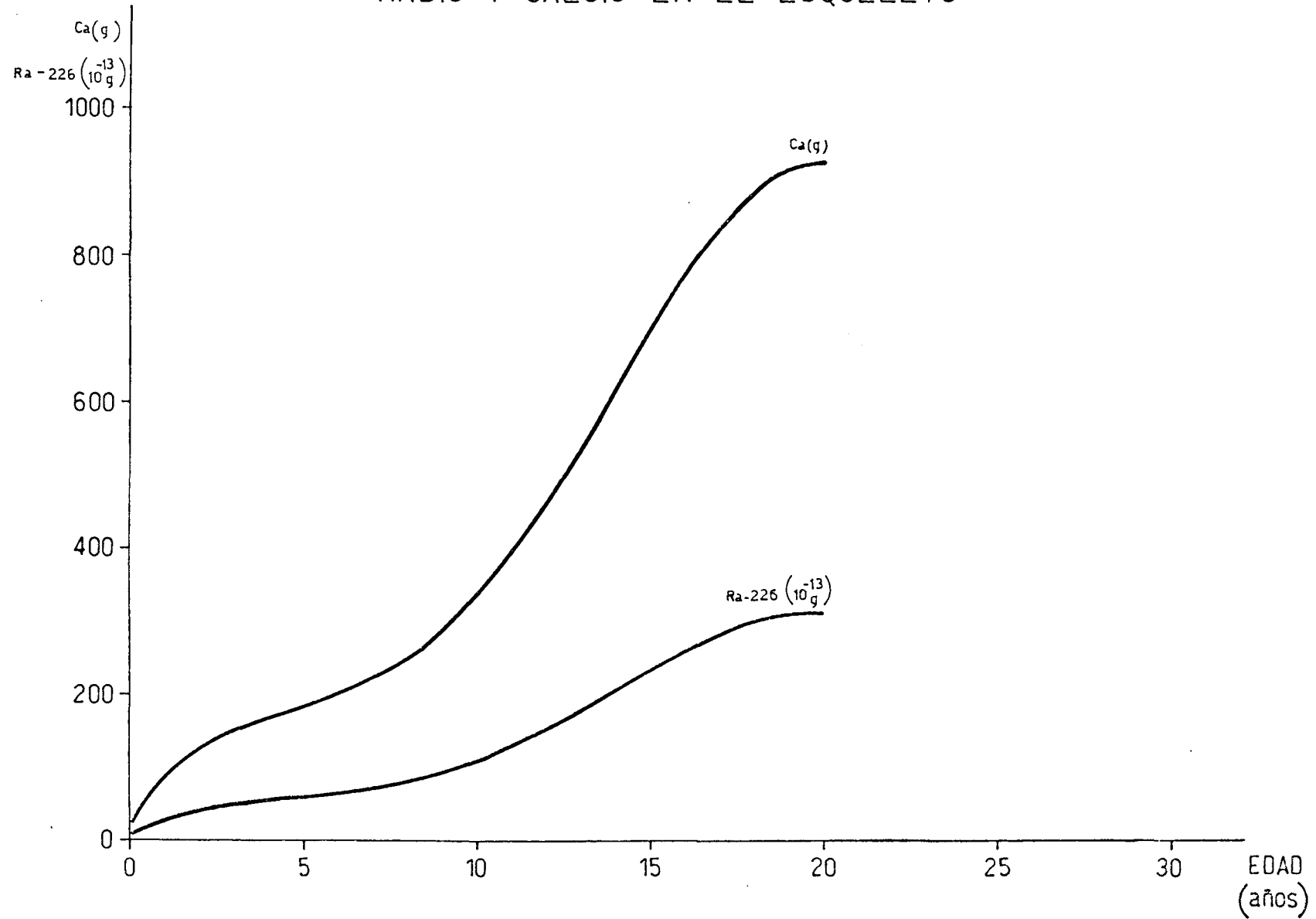


FIGURA I

FACTOR DE DISCRIMINACION Ra/Ca

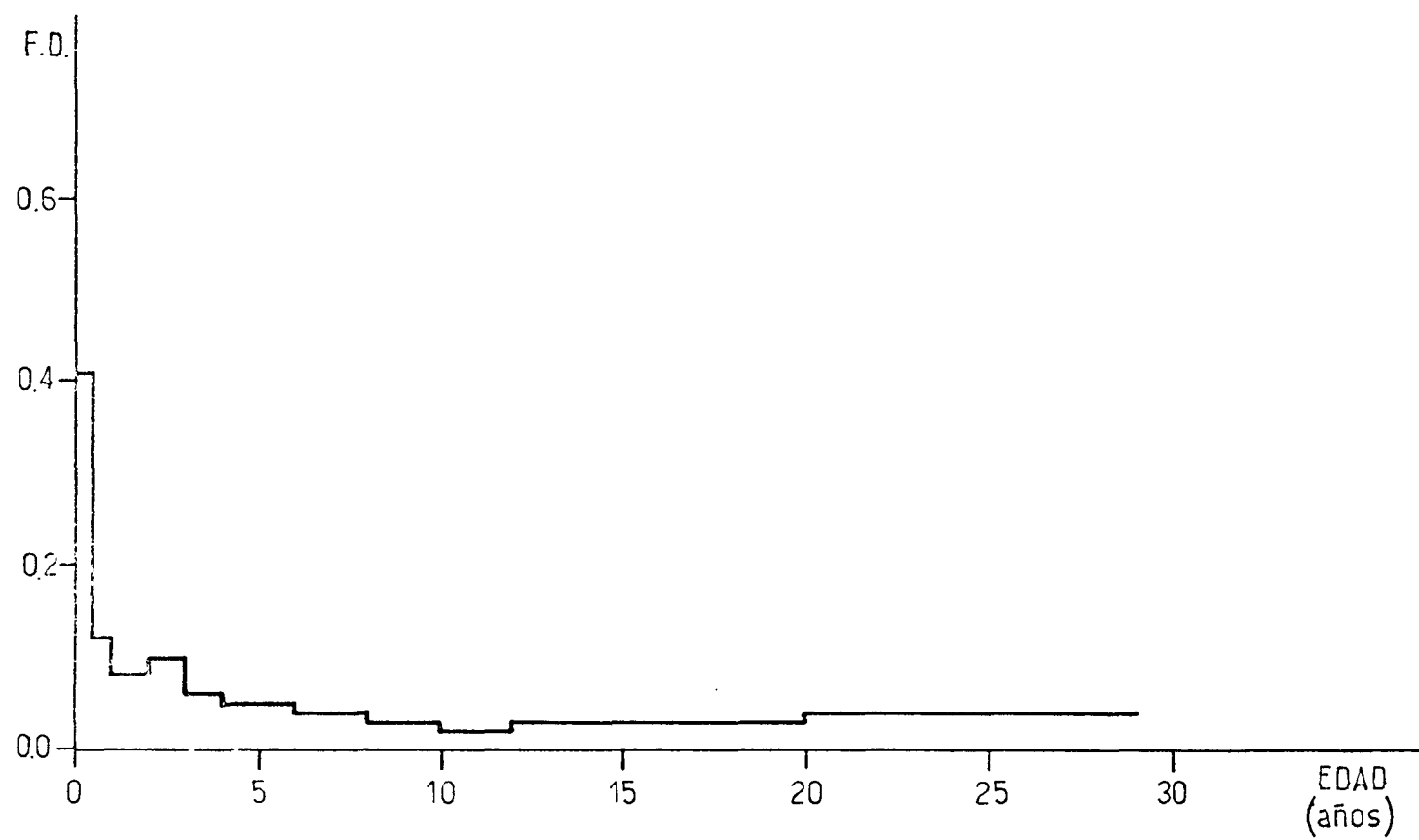


FIGURA II

TABLA I

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)	<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)
Feto	46	Feto	42
Feto	33	Feto	31
Feto	27	Feto	22
Feto	37	Feto	33
Feto	32	Feto	32
Feto	31	Feto	34
Feto	28	Feto	24
Feto	33	Feto	37
Feto	26	Feto	34
Feto	35	Feto	33
Feto	41	Feto	36
Feto	32	Feto	35
Feto	28	Feto	25
Feto	27	Feto	30
Feto	27	Feto	33
Feto	28	Feto	27
Feto	29	Feto	28
Feto	36	Feto	33
Feto	34	Feto	27
Feto	33	Feto	32
Feto	28	Feto	37
Feto	36	Feto	34
Feto	32	Feto	35

TABLA I (cont.)

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/ca</u> (fCi/g)	<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)
Feto	34	1.3	40
Feto	30	1.4	43
Feto	32	1.4	33
Feto	31	1.5	30
Feto	25	1.6	26
0.2	30	1.6	34
0.2	33	1.6	24
0.2	41	1.6	31
0.4	40	1.6	35
0.5	25	1.7	47
0.5	42	1.7	38
0.5	38	2.0	45
0.7	29	2.0	35
0.8	37	2.0	31
0.8	41	2.2	33
0.9	28	2.3	42
0.9	41	2.3	43
1.0	44	2.3	37
1.0	43	2.5	45
1.0	36	2.7	34
1.1	31	2.7	50
1.2	22	3.0	48
1.2	34	3.0	28

TABLA I (cont.)
Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)	<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)
3.0	49	7.3	34
3.0	33	7.3	34
3.0	37	7.7	42
3.3	26	7.8	30
3.3	33	8.0	22
3.6	50	8.0	24
3.6	34	8.1	39
3.6	39	8.3	25
3.6	35	8.5	34
3.7	28	8.5	21
3.7	31	8.5	29
3.8	44	8.5	29
4.0	27	8.8	35
4.0	37	9.0	28
4.0	28	9.0	21
4.5	30	9.0	29
4.5	36	9.0	40
4.5	29	9.0	31
4.5	30	9.3	46
5.4	35	9.6	43
5.7	45	9.6	32
7.0	37	9.6	31
7.1	33	9.7	32

TABLA I (cont.)
Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)	<u>Edad</u> (Meses)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)
9.7	43	15.6	37
10.0	33	15.6	30
10.0	35	15.6	33
10.0	29	15.6	28
10.5	35	15.6	39
10.7	30	16.8	26
10.8	28	16.8	37
11.0	31	18.0	34
11.0	33	18.0	36
11.5	30	18.0	31
11.8	39	18.0	32
12.0	29	18.0	47
12.0	55	18.0	30
12.0	31	19.2	34
12.0	17	19.2	27
12.0	34	19.2	28
14.4	38	20.4	46
14.4	25	20.4	47
14.4	28	21.6	41
14.4	35	21.6	31
14.4	42	21.6	27
14.4	29	22.8	48
15.6	35	22.8	33

TABLA I (cont.)

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)	<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)
2.0	52	3.0	47
2.0	23	3.0	16
2.0	40	3.0	40
2.0	21	3.0	45
2.0	21	3.0	38
2.0	35	3.0	41
2.0	33	3.0	30
2.3	32	3.0	37
2.3	23	3.2	34
2.3	37	3.2	27
2.4	41	3.3	27
2.5	38	3.4	30
2.5	30	3.5	33
2.7	29	3.5	31
2.8	35	4.0	25
2.8	46	4.0	40
2.8	36	4.0	34
2.9	33	4.0	30
2.9	34	4.0	34
3.0	36	4.0	33
3.0	39	4.0	28
3.0	38	4.0	33
3.0	36	4.0	25

TABLA I (cont.)

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)	<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)
4.0	35	6.0	36
4.0	33	6.0	34
4.0	33	6.0	25
4.5	46	6.0	33
4.5	28	6.0	35
4.5	35	6.0	37
4.7	34	6.0	44
5.0	36	6.0	32
5.0	37	6.0	29
5.0	36	6.5	33
5.0	46	6.5	31
5.0	33	6.8	27
5.0	24	7.0	25
5.2	30	7.0	32
5.4	33	7.0	31
5.4	30	7.0	29
5.5	29	7.2	34
5.5	43	7.5	27
6.0	35	7.5	32
6.0	37	7.6	33
6.0	25	8.0	20
6.0	24	8.0	20
6.0	54	8.0	23

TABLA I (cont.)

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)	<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (fCi/g)
8.0	26	10.0	35
8.0	31	10.0	34
8.0	35	10.0	34
8.0	37	10.0	29
8.0	23	10.2	32
8.0	26	11.0	20
8.0	30	11.0	30
8.2	36	11.0	29
8.5	33	11.0	32
8.5	30	11.0	23
8.9	36	11.0	34
9.0	24	11.0	26
9.0	31	11.0	32
9.0	43	11.0	30
9.0	24	11.0	29
9.0	53	12.0	27
9.0	31	12.0	29
9.0	31	12.0	30
9.0	33	12.0	27
10.0	37	12.0	22
10.0	29	12.0	30
10.0	24	12.0	33
10.0	28	12.0	31

TABLA I (cont.)

Ra-226 EN HUESO HUMANO

<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)	<u>Edad</u> (Años)	<u>Ra-226/Ca</u> (FCi/g)
13.0	27	23.0	45
13.0	29	23.4	39
13.0	34	24.0	30
14.0	29	25.0	51
14.0	27	25.0	29
14.5	33	25.0	33
15.0	29	25.1	25
15.3	36	26.0	29
15.5	30	27.0	52
15.6	33	28.0	38
17.0	32	28.0	27
17.0	29	29.0	45
17.0	37	29.0	36
17.9	33	29.0	43
18.4	28	30.0	51
19.0	32		
20.0	34		
20.3	30		
21.0	42		
21.0	31		
22.0	31		
22.0	33		
23.0	27		

TABLA II

COMPOSICION DE LA DIETA Y RADIO - 226

<u>Edad 0-6 meses</u>	<u>Ca (mg/día)</u>	<u>Ra-226 (fCi/día)</u>
Lecche materna	315	8.0
Lecche	325	32.5
Fórmulas y otros ali- mentos especiales	350	45.5
Papas y misceláneas	<u>5</u>	<u>10.8</u>
TOTAL	995	96.8

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 100 fCi Ra-226/g Ca

<u>Edad 6-12 meses</u>		
Lecche y productos lácteos	800	96.0
Cereales	5	14.4
Fruta y vegetales de hoja	15	38.6
Vegetales de raíz	20	31.0
Misceláneas	<u>60</u>	<u>38.4</u>
TOTAL	900	218.4

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 240 fCi Ra-226/g Ca

<u>Edad 1-2 años</u>		
Lecche y productos lácteos	650	78.0
Cereales	10	28.7
Fruta y vegetales de hoja	20	51.4
Vegetales de raíz	20	31.0
Carne	15	69.2
Misceláneas	<u>55</u>	<u>35.2</u>
TOTAL	770	293.5

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 380 fCi Ra-226/g Ca

TABLA II (cont.)

COMPOSICION DE LA DIETA Y RADIO - 226

<u>Edad 2-4 años</u>	<u>Ca (mg/día)</u>	<u>Ra-226 (fCi/día)</u>
Leche y productos lácteos	600	72.0
Cereales	10	28.7
Fruta y vegetales de hoja	50	128.5
Vegetales de raíz	30	46.5
Carne	15	69.2
Misceláneas	<u>35</u>	<u>22.4</u>
TOTAL	740	367.3

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 500 fCi Ra-226/g Ca

Edad 4-6 años

Leche y productos lácteos	550	66.0
Cereales	40	114.8
Fruta y vegetales de hoja	40	102.8
Vegetales de raíz	40	62.0
Carne	20	92.2
Misceláneas	<u>30</u>	<u>19.2</u>
TOTAL	720	457.0

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 630 fCi Ra-226/g Ca

Edad 6-8 años

Leche y productos lácteos	550	66.0
Cereales	40	114.8
Fruta y vegetales de hoja	40	102.8
Vegetales de raíz	60	93.0
Carne	25	115.3
Misceláneas	<u>15</u>	<u>9.6</u>
TOTAL	730	501.5

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 690 fCi Ra-226/g Ca

TABLA II (cont.)

COMPOSICION DE LA DIETA Y RADIO - 226

<u>Adultos</u>	<u>Ca (mg/día)</u>	<u>Ra-226 (fCi/día)</u>
Leche y productos lácteos	400	48.0
Cereales	70	200.9
Fruta y vegetales de hoja	90	231.3
Vegetales de raíz	90	139.5
Carne	30	138.3
Misceláneas	<u>20</u>	<u>12.8</u>
TOTAL	700	770.8

Nivel de Ra-226 en la dieta total = 1100 fCi Ra-226/g Ca