

Radiobiología

Revista electrónica

ISSN 1579-3087

<http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/radiobiologia.htm>

[http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB7\(2007\)157-165.pdf](http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB7(2007)157-165.pdf)

Radiobiología 7 (2007) 157-165

Radiactividad en productos lácteos de Perú

J.M. Osores, S. Gonzáles, J. Martínez, E. López, R. Jara

Laboratorio de Radioecología – Instituto Peruano de Energía Nuclear
Av. Canadá 1470 – Lima 41, Perú



Edita: Grupo de Investigación de Radiobiología.
Dpto. Radiología y Medicina Física. Universidad
de Málaga (España)



Edita: Grupo de Investigación de Radiobiología
Dpto. Radiología y Medicina Física
Universidad de Málaga (España)

Radiobiología 7 (2007) 157-165

Radiobiología

Revista electrónica

<http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/radiobiologia.htm>

Radiactividad en productos lácteos de Perú

J.M. Osoreo *, S. Gonzáles, J. Martínez, E. López, R. Jara

Laboratorio de Radioecología – Instituto Peruano de Energía Nuclear
Av. Canadá 1470 – Lima 41, Perú

Tel.: 0051-1-4885050 anexo 297; * E-mail: josores@ipen.gob.pe

Resumen

Con la finalidad de evaluar el impacto radiológico que recibe la población peruana por consumo de productos lácteos y establecer una línea de base sobre los niveles de radiactividad en alimentos, se llevó a cabo el monitoreo radiológico en muestras de leche natural, leche en polvo y papillas lácteas encontrando niveles detectables de radionucleidos artificiales (Cs-137 y Sr-90); además se efectuaron determinaciones de K-40 como radionucleido natural que aporta casi la totalidad de la radiactividad beta presente en las muestras analizadas. No se encontraron evidencias de contaminación radiactiva por Cs-134, I-131 o Co-60; hallándose valores dentro del rango publicado por otros países de la región como Brasil y Chile. Asimismo, la estimación dosimétrica en los diferentes grupos de edad muestran que la dosis recibida se encuentra muy por debajo de los límites permisibles establecidos para el público.

Palabras clave: Leche, radiactividad, dosis, impacto radiológico, Cs-137, Sr-90.

INTRODUCCIÓN

Se define como contaminación la presencia en el medio ambiente de sustancias o elementos tóxicos, perjudiciales o molestos para la salud del hombre y de los seres vivos; además, se puede definir como radiactividad a la emisión de diversas radiaciones que pueden ser fotones de energía o partículas subatómicas las cuales no pueden ser percibidas por nuestros sentidos. La contaminación radiactiva puede entonces considerarse como un aumento de los niveles de radiactividad debido al empleo de materiales radiactivos naturales o producidos artificialmente. Con el descubrimiento de la energía nuclear y en especial desde la invención de la bomba atómica se han esparcido por la tierra numerosos productos residuales. El principal riesgo de contaminación proviene del alto grado de concentración biológica de las sustancias radiactivas a lo largo de las cadenas de alimentos. Así, se produce una contaminación radiactiva indirecta que se inicia con el depósito en suelo y en el agua de los agentes contaminantes radiactivos caídos de la atmósfera. En los animales y vegetales que extraen su alimento del suelo y del agua se concentran estos radionucleidos, transmitiéndolos a sus depredadores en diferentes proporciones. En el hombre, eslabón final de la cadena alimenticia, la contaminación indirecta se produce a través del aparato digestivo tras la ingestión de alimentos vegetales o alimentos contaminados. La leche, por ejemplo, es uno de los principales vehículos de contaminación indirecta en algunos países.

Sin embargo, en la actualidad el peligro de este tipo de contaminación parece ser más potencial que real, existiendo un control muy estricto en varios países para vigilar el aumento de radiactividad en la biosfera. La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones, publica periódicamente recomendaciones relativas a las dosis máximas permisibles de radiación (ICRP, 2006) y la Organización Mundial de la Salud, trabaja en la vigilancia, lucha y protección contra la contaminación radiactiva (WHO, 2007). Los avances en el conocimiento y la mejora de las técnicas de medida de la radiactividad han permitido una mejor valoración de la radiactividad presente en el medio ambiente (Osoreo et al, 1993). De esta situación surge la necesidad de la vigilancia radiológica ambiental, cuyos objetivos son: Detectar y vigilar la presencia de elementos radiactivos en

el medio ambiente y seguir su evolución en el tiempo, estimar el posible riesgo radiológico de la población y determinar la necesidad de tomar, si procediera, alguna precaución o establecer alguna medida correctora.

En Perú, el organismo encargado del control y vigilancia de la contaminación radiactiva es el Instituto Peruano de Energía Nuclear (Gonzales, et al., 1994). Existe una normativa legal que establece como límites derivados de intervención en alimentos los valores de 1,0 kBq.kg⁻¹ para emisores gamma y 0,1 kBq.kg⁻¹ para emisores beta (MEM, 1997).

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de la evaluación de radiactividad en productos lácteos producidos en Perú entre los años 1971 y 2003 así como la estimación dosimétrica en la población que consume estos alimentos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre 1971 y 2003 se realizó el análisis de radiactividad en productos lácteos de diferente tipo (leche entera, en polvo, evaporada y papillas lácteas). Las muestras de leche entera corresponden principalmente al Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental que normalmente lleva a cabo el Instituto Peruano de Energía Nuclear, mientras que los otros tipos analizados estuvieron en función de la demanda de usuarios externos que solicitan el certificado de ensayo radiométrico para trámites de importación, exportación y licitaciones públicas.

El ensayo radiométrico gamma se llevó a cabo con una cadena de espectrometría compuesta de detectores de centelleo sólido NaI(Tl) ubicados en el interior de un blindaje cilíndrico de plomo con un espesor de 5 cm. Este detector está asociado a un sistema analítico multicanal. Las muestras debidamente acondicionadas se colocaron en el interior del blindaje y se realizaron lecturas instrumentales con una duración de 1000 minutos en promedio; se analizaron los siguientes radionucleidos: Cs-137, Cs-134, I-131, Co-60 y K-40 según las normas establecidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA, 1989). Los ensayos radiométricos beta se llevaron a cabo en cenizas para determinación de la actividad Beta Global Equivalente, utilizando contadores proporcionales y detectores de centelleo plástico. Para el análisis de Sr-90 se utilizaron métodos de separación radioquímica (Martínez, 2002). Los resultados analíticos son expresados en Becquerelios por litro (Bq/l) o Becquerelios por kilo (Bq/kg) de peso seco.

Para calcular la dosis recibida por consumo de productos lácteos de los diversos radionucleidos, se utilizaron los factores dosimétricos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica que toman en consideración el consumo anual de leche por grupos de edad y la actividad incorporada para cada radionucleido (IAEA, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para el análisis de radiactividad en muestras de leche natural presentaron durante todo este periodo de muestreo una concentración de $0,79 \pm 0,23$ Bq/l de Cs-137 como radionucleido artificial y $97,44 \pm 22,56$ Bq/l de K-40 como radionucleido que constituye aproximadamente el 90% de radiactividad natural en los componentes biológicos (Tabla 1). Los valores obtenidos en muestras de leche en polvo y papillas lácteas presentan valores cercanos a los obtenidos en leche natural, por lo que se verifica que no se dio el caso de una radioconcentración en estos productos elaborados (Tablas 2 y 3).

Estudios llevados a cabo en Brasil mostraron valores de 0,06 a 0,93 Bq/l de Cs-137 en leche de vaca (Castro et al., 1985). Además, se han publicado en Chile valores para Cs-137 de 0,25 a 1,20 Bq/l de leche fresca y de 1,30 a 11,30 Bq/kg de leche en polvo (Tomacic et al., 1993).

Los ensayos para determinar la radiactividad beta global presentaron una concentración de $106,92 \pm 28,05$ Bq/l para leche natural, $104,74 \pm 8,91$ Bq/kg para leche en polvo y $115,72 \pm 5,94$ Bq/kg para papillas lácteas (Tablas 4 y 5). Estos valores son cercanos a los obtenidos en K-40 razón por la cual se puede afirmar que casi toda la radiactividad beta de las muestras analizadas proviene del K-40.

En la Tabla 6 se observa que las concentraciones de Sr-90 no son significativas y muy cercanas al límite de detección instrumental, a excepción de los años 1971 y 1972 donde se obtuvieron valores de 0,5 y 0,8 Bq/l. Esto podría ser debido a que en esos años aún se realizaban ensayos nucleares sobre la superficie

terrestre y por lo tanto la atmósfera recibía cantidades considerables de elementos de fisión. En los años posteriores, las potencias nucleares empezaron a efectuar sus ensayos nucleares bajo tierra y por lo tanto, los niveles de estos radionucleidos podrían haber disminuido en gran magnitud por esta causa (CPPS, 1989).

Para efectos de estimación de dosis debido a la ingesta de leche, se consideró el consumo de este producto en seis grupos etarios, de acuerdo a las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (Tabla 7). De este modo, se pudo estimar el consumo anual de leche y calcular así la cantidad de Cs-137, K-40 y Sr-90 incorporados anualmente al organismo (Tablas 8, 9 y 10).

Samavat y colaboradores (2006) publican una ingesta de 130 y 245 Bq de Cs-137 y Ra-226 por año en los habitantes promedio de una población de Irán con altos niveles de radiación natural. En Perú la ingesta máxima estimada de Cs-137 para adultos mayores de 17 años es de 83,3 Bq por año. Sin embargo, debido al alto consumo de leche en infantes, el promedio llegó a ser de hasta 416 Bq de Cs-137 en niños de 1 a 2 años, en el año 1992.

El Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica ha presentado un informe donde indica que la dosis media anual en el mundo procedente de fuentes naturales, se mantiene en 2,4 mSv/año (UNSCEAR, 2000). Destaca y confirma que todas las fuentes de radiación debidas a las actividades del hombre añaden muy poco a la dosis recibida por radiación natural. Se han tenido en cuenta los nuevos datos acerca de las pruebas en la atmósfera, cuya aportación ha bajado desde 115 μ Sv por año en 1963 a 5 μ Sv por año en el 2000. La exposición debida a las centrales nucleares y al ciclo de combustible nuclear es de 0,2 μ Sv por año.

Las Tablas 11, 12 y 13 presentan la dosis individual anual recibida por el consumo de leche natural, considerando que el límite de dosis para radionucleidos artificiales como son el Cs-137 y Sr-90 es de 1 mSv. Los valores obtenidos se encuentran varios órdenes de magnitud por debajo de este límite. Por otro lado, considerando una dosis promedio mundial de 2,4 mSv para radiación natural, principalmente debida a radón y K-40, los valores hallados se encuentran por debajo de este promedio.

Tabla 1: Análisis radiológico de leche natural por espectrometría gamma

Años	Cs-137	K-40	Años	Cs-137	K-40
1978	0,74	55,82	1995	0,81	105,81
1979	1,01	54,15	1996	0,76	108,89
1982	0,62	53,11	1997	0,80	102,16
1989	0,16	139,03	1998	0,70	104,49
1990	0,92	97,70	1999	0,95	115,33
1991	0,65	110,15	2000	0,83	114,28
1992	1,14	107,31	2001	0,89	108,14
1993	0,86	95,99	2002	0,89	95,56
1994	0,40	87,87	2003	1,07	98,07
Promedio Aritmético				0,79	97,44
Desviación estándar				0,23	22,56

Actividad promedio anual en Becquerelios por litro (Bq/l)

Tabla 2: Análisis radiológico de leche en polvo por espectrometría gamma

Años	Cs-137	K-40
1998	0,39	84,06
1999	0,61	104,85
2000	0,69	97,55
2001	0,98	102,50
2002	1,27	88,95
Promedio Aritmético	0,79	95,58
Desviación estándar	0,34	8,87

Actividad promedio anual en Becquerelios por kilo (Bq/kg) de peso seco

Tabla 3. Análisis radiológico de papillas lácteas por espectrometría gamma

Años	Cs-137	K-40
1998	0,77	99,24
1999	0,78	102,74
2000	1,06	115,39
2001	0,84	100,48
2002	0,79	108,19
2003	0,77	106,26
Promedio Aritmético	0,83	105,38
Desviación estándar	0,12	5,96

Actividad promedio anual en Becquerelios por kilo (Bq/kg) de peso seco

Tabla 4. Análisis radiológico de leche natural por radiometría beta global

Años	Beta Global	Años	Beta Global
1978	57,22	1995	118,70
1979	44,45	1996	118,74
1982	58,55	1997	113,50
1989	156,89	1998	117,89
1990	105,13	1999	126,56
1991	119,87	2000	133,04
1992	116,29	2001	122,90
1993	108,53	2002	99,70
1994	97,86	2003	108,78
Promedio Aritmético			106,92
Desviación estándar			28,05

Actividad promedio anual en Becquerelios por kilo (Bq/kg) de peso seco

Tabla 5. Análisis radiológico de productos lácteos por radiometría beta global

	Leche en Polvo	Papillas
1998	92,91	108,63
1999	112,96	113,23
2000	109,05	125,00
2001	111,17	111,18
2002	97,64	119,05
2003	No determinado	117,21
Promedio Aritmético	104,74	115,72
Desviación estándar	8,91	5,94

Actividad promedio anual en Becquerelios por kilo (Bq/kg) de peso seco

Tabla 6. Análisis de Sr-90 en leche natural por radioquímica

Años	Sr-90	Años	Sr-90
1971	0,05	1995	0,01
1972	0,08	1996	0,01
1973	0,01	1997	0,01
1990	0,01	1998	0,01
1991	0,01	1999	0,01
1992	0,01	2000	0,01
1993	0,01	2001	0,01
1994	0,01	2002	0,01
Promedio Aritmético			0,0169
Desviación estándar			0,0195

Actividad promedio anual en Becquerelios por litro (Bq/l)

Tabla 7. Consumo anual estimado de leche natural para fines dosimétricos

Grupos de Edad (OIEA)	Consumo diario (litros)	Días de consumo al Año	Consumo Total Anual (litros)
< 1 año	1,0	180	180,0
1- 2 años	1,0	365	365,0
2-7 años	0,9	365	328,5
7-12 años	0,7	365	255,5
12-17 años	0,2	365	73,0
> 17 años	0,2	365	73,0

Tabla 8. Ingesta promedio anual de Cs-137 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Ingesta Promedio Anual (Bq/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1978	133,2	270,1	243,1	189,1	54,0	54,0
1979	181,8	368,7	331,8	258,1	73,7	73,7
1982	111,6	226,3	203,7	158,4	45,3	45,3
1989	28,6	57,9	52,1	40,5	11,6	11,6
1990	165,2	335,0	301,5	234,5	67,0	67,0
1991	116,5	236,2	212,5	165,3	47,2	47,2
1992	205,3	416,4	374,8	291,5	83,3	83,3
1993	155,4	315,1	283,6	220,6	63,0	63,0
1994	72,8	147,6	132,8	103,3	29,5	29,5
1995	145,0	294,1	264,7	205,9	58,8	58,8
1996	136,0	275,7	248,1	193,0	55,1	55,1
1997	144,6	293,3	263,9	205,3	58,7	58,7
1998	125,7	254,9	229,4	178,5	51,0	51,0
1999	170,2	345,1	310,6	241,6	69,0	69,0
2000	149,7	303,6	273,2	212,5	60,7	60,7
2001	159,5	323,4	291,0	226,4	64,7	64,7
2002	160,6	325,6	293,0	227,9	65,1	65,1
2003	192,0	389,3	350,3	272,5	77,9	77,9

Tabla 9. Ingesta promedio anual de K-40 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Ingesta Promedio Anual (Bq/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1978	10047,6	20374,3	18336,9	14262,0	4074,9	4074,9
1979	9747,0	19764,8	17788,3	13835,3	3953,0	3953,0
1982	9559,8	19385,2	17446,6	13569,6	3877,0	3877,0
1989	25025,7	50746,6	45672,0	35522,6	10149,3	10149,3
1990	17585,3	35659,1	32093,2	24961,4	7131,8	7131,8
1991	19827,5	40205,8	36185,3	28144,1	8041,2	8041,2
1992	19316,6	39169,8	35252,8	27418,9	7834,0	7834,0
1993	17278,1	35036,1	31532,5	24525,3	7007,2	7007,2
1994	15816,0	32071,4	28864,2	22450,0	6414,3	6414,3
1995	19045,4	38619,8	34757,8	27033,8	7724,0	7724,0
1996	19600,1	39744,6	35770,1	27821,2	7948,9	7948,9
1997	18389,3	37289,4	33560,5	26102,6	7457,9	7457,9
1998	18808,9	38140,2	34326,2	26698,2	7628,0	7628,0
1999	20760,0	42096,8	37887,1	29467,7	8419,4	8419,4
2000	20570,1	41711,7	37540,5	29198,2	8342,3	8342,3
2001	19465,4	39471,4	35524,3	27630,0	7894,3	7894,3
2002	17200,8	34879,4	31391,5	24415,6	6975,9	6975,9
2003	17652,0	35794,4	32215,0	25056,1	7158,9	7158,9

Tabla 10. Ingesta promedio anual de Sr-90 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Ingesta Promedio Anual (Bq/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1971	9,0	18,3	16,4	12,8	3,7	3,7
1972	14,4	29,2	26,3	20,4	5,8	5,8
1973	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1990	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1991	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1992	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1993	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1994	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1995	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1996	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1997	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1998	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
1999	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
2000	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
2001	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
2002	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7
2003	1,8	3,7	3,3	2,6	0,7	0,7

Tabla 11. Dosis promedio anual de Cs-137 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Dosis Anual (Sv/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1978	2,8E-06	3,2E-06	2,3E-06	1,9E-06	7,0E-07	7,0E-07
1979	3,8E-06	4,4E-06	3,2E-06	2,6E-06	9,6E-07	9,6E-07
1982	2,3E-06	2,7E-06	2,0E-06	1,6E-06	5,9E-07	5,9E-07
1989	6,0E-07	6,9E-07	5,0E-07	4,1E-07	1,5E-07	1,5E-07
1990	3,5E-06	4,0E-06	2,9E-06	2,3E-06	8,7E-07	8,7E-07
1991	2,4E-06	2,8E-06	2,0E-06	1,7E-06	6,1E-07	6,1E-07
1992	4,3E-06	5,0E-06	3,6E-06	2,9E-06	1,1E-06	1,1E-06
1993	3,3E-06	3,8E-06	2,7E-06	2,2E-06	8,2E-07	8,2E-07
1994	1,5E-06	1,8E-06	1,3E-06	1,0E-06	3,8E-07	3,8E-07
1995	3,0E-06	3,5E-06	2,5E-06	2,1E-06	7,6E-07	7,6E-07
1996	2,9E-06	3,3E-06	2,4E-06	1,9E-06	7,2E-07	7,2E-07
1997	3,0E-06	3,5E-06	2,5E-06	2,1E-06	7,6E-07	7,6E-07
1998	2,6E-06	3,1E-06	2,2E-06	1,8E-06	6,6E-07	6,6E-07
1999	3,6E-06	4,1E-06	3,0E-06	2,4E-06	9,0E-07	9,0E-07
2000	3,1E-06	3,6E-06	2,6E-06	2,1E-06	7,9E-07	7,9E-07
2001	3,3E-06	3,9E-06	2,8E-06	2,3E-06	8,4E-07	8,4E-07
2002	3,4E-06	3,9E-06	2,8E-06	2,3E-06	8,5E-07	8,5E-07
2003	4,0E-06	4,7E-06	3,4E-06	2,7E-06	1,0E-06	1,0E-06

Tabla 12: Dosis promedio anual de K-40 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Dosis Anual (Sv/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1978	6,2E-04	8,6E-04	3,9E-04	1,9E-04	3,1E-05	2,5E-05
1979	6,0E-04	8,3E-04	3,7E-04	1,8E-04	3,0E-05	2,5E-05
1982	5,9E-04	8,1E-04	3,7E-04	1,8E-04	2,9E-05	2,4E-05
1989	1,6E-03	2,1E-03	9,6E-04	4,6E-04	7,7E-05	6,3E-05
1990	1,1E-03	1,5E-03	6,7E-04	3,2E-04	5,4E-05	4,4E-05
1991	1,2E-03	1,7E-03	7,6E-04	3,7E-04	6,1E-05	5,0E-05
1992	1,2E-03	1,6E-03	7,4E-04	3,6E-04	6,0E-05	4,9E-05
1993	1,1E-03	1,5E-03	6,6E-04	3,2E-04	5,3E-05	4,3E-05
1994	9,8E-04	1,3E-03	6,1E-04	2,9E-04	4,9E-05	4,0E-05
1995	1,2E-03	1,6E-03	7,3E-04	3,5E-04	5,9E-05	4,8E-05
1996	1,2E-03	1,7E-03	7,5E-04	3,6E-04	6,0E-05	4,9E-05
1997	1,1E-03	1,6E-03	7,0E-04	3,4E-04	5,7E-05	4,6E-05
1998	1,2E-03	1,6E-03	7,2E-04	3,5E-04	5,8E-05	4,7E-05
1999	1,3E-03	1,8E-03	8,0E-04	3,8E-04	6,4E-05	5,2E-05
2000	1,3E-03	1,8E-03	7,9E-04	3,8E-04	6,3E-05	5,2E-05
2001	1,2E-03	1,7E-03	7,5E-04	3,6E-04	6,0E-05	4,9E-05
2002	1,1E-03	1,5E-03	6,6E-04	3,2E-04	5,3E-05	4,3E-05
2003	1,1E-03	1,5E-03	6,8E-04	3,3E-04	5,4E-05	4,4E-05

Tabla 13: Dosis promedio anual de Sr-90 por grupos de edad (1978-2003)

Años	Dosis Anual (Sv/año)					
	< 1 año	1-2 años	2-7 años	7-12 años	12-17 años	> 17 años
1971	2,1E-06	1,3E-06	7,7E-07	7,7E-07	2,9E-07	1,0E-07
1972	3,3E-06	2,1E-06	1,2E-06	1,2E-06	4,7E-07	1,6E-07
1973	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1990	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1991	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1992	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1993	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1994	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1995	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1996	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1997	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1998	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
1999	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
2000	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
2001	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
2002	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08
2003	4,1E-07	2,7E-07	1,5E-07	1,5E-07	5,8E-08	2,0E-08

CONCLUSIÓN

La concentración de elementos radiactivos presentes en la leche y otros productos lácteos desde la década de 1970 a la fecha, no representa riesgo radiológico a la población peruana habida cuenta que las emisiones de radionucleidos descargados en la atmósfera como producto de los ensayos nucleares sobre la superficie terrestre, así como en el caso de accidentes radiológicos, no han ocasionado un impacto radiológico ambiental de significativa magnitud en nuestro país. Por otro lado, el aporte a la dosis anual individual por consumo de este producto se debe casi en su totalidad al contenido de potasio-40 (K-40), radionucleido natural presente en casi todos los componentes biológicos utilizados para consumo humano.

REFERENCIAS

- CASTRO, M.B. de; PENNA-FRANCA, E., MENDES, W.; RAMOS, S.A.; PEREIRA, D.J. Cesium-137 in milk produced on farms of the Angra dos Reis Region, R.J. An.Acad.Bras.Cienc. 1985 Mar,57(1):43-51.
- CPPS. Radioactividad en el Pacífico Sur. Reunión de expertos legales y primera reunión del grupo ad-hoc de expertos técnicos sobre contaminación radioactiva en el pacífico sudeste. Comisión Permanente del pacífico Sur. 1989. Bogotá. Colombia.
- GONZALES, S.; OSORES, J.M.; JARA, R. Informe Radiológico Ambiental 1990-1993. Instituto Peruano de Energía Nuclear.1994. Lima, Perú.
- IAEA. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Reports Series No. 295. International Atomic Energy Agency. 1989. Vienna. Austria.
- IAEA. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. International Atomic Energy Agency. 1996. Vienna. Austria.
- ICRP. ICRP 101: Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process. International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP. Vol.36:3. 2006.
- MARTINEZ, J. Determinación radioquímica del Sr-90 en muestras ambientales empleando para su evaluación la extracción del Y-90 con tributil fosfato (TBP). 2002. 138 págs. Tesis (Grado) – Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Química. Lima, Perú.
- MEM. Reglamento de Seguridad Radiológica. Decreto Supremo No. 009-97-EM. Ministerio de Energía y Minas. Publicado en El Peruano – Normas legales. Lima, Perú. 1997: 149597-149607.
- OSORES, J.M.; RIVERA, D.; YAMADA, L.; JARA, R. Métodos de análisis radiológico instrumental en componentes ambientales. Informe Científico Tecnológico 1992-1993. Instituto Peruano de Energía Nuclear. 1993. Lima, Perú.
- TOMICIC, I.; OYARCE, H.; PIÑONES, O.; LANDABIR, J. Radiactividad Ambiental: Informe Anual 1993. Comisión Chilena de Energía Nuclear. Departamento de Seguridad Radiológica. Mayo 1994. Santiago, Chile.
- UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Annex B: Exposures from Natural Radiation Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000.
- WHO. Ionizing radiation. World Health Organization 2007. Disponible en: http://www.who.int/ionizing_radiation/en/. Acceso en: 14.feb.2007.