

## EVALUACIÓN RADIOLÓGICA DE ALIMENTOS Y DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN COSTA RICA

Luis Guillermo Loría<sup>1/</sup>\*, Ricardo Jiménez\*, Mauricio Badilla\*

**Palabras clave:** Espectrometría gamma, evaluación radiológica, cesio, agua, alimentos.

**Keywords:** Gamma spectrometry, radiation evaluation, cesium, water, food.

Recibido: 26/10/06

Aceptado: 22/02/07

### RESUMEN

Usando la técnica de espectrometría gamma y protocolos estandarizados, a nivel latinoamericano, se midió la actividad específica en Bq kg<sup>-1</sup> de productos alimentarios y agua, ambos productos fueron adquiridos directamente en los supermercados. Los descendientes de uranio y torio, así como isótopos antropogénicos, no fueron encontrados. K<sup>40</sup> es el único isótopo natural presente en los productos.

### ABSTRACT

**Radiological evaluation of food and water for human consumption in Costa Rica.** Using gamma spectroscopy and Latin America-standard protocols, the activity in Bq kg<sup>-1</sup> of food products and water was measured, both products were acquired directly in supermarkets. The descendents of uranium and thorium, as well as anthropogenic isotopes, were not found. K<sup>40</sup> was the principal isotope present in the food samples.

### INTRODUCCIÓN

Aunque en 1986 sucedió un importante accidente nuclear en Chernobyl, antigua Unión Soviética, en Costa Rica aún no se ha legislado para establecer niveles de intervención para aquellos productos de consumo humano y agua, procedentes de regiones con reactores nucleares en operación.

Los productos agrícolas de exportación de Costa Rica, como el café, el banano, el azúcar y muchos otros, requieren de certificados radiométricos que indiquen la actividad específica del Cs<sup>137</sup>, Cs<sup>134</sup> y cualquier otro isótopo radiactivo antropogénico, también se debe certificar si el alimento es apto para consumo humano.

Organismos internacionales como la FAO y OIEA (Randell 1998, United Nations 2000,

I.A.E.A. 1989) han elaborado documentos en los cuales se indica los niveles de actuación para productos alimentarios de consumo humano y agua. También publican las concentraciones de isótopos descendientes de uranio y torio encontrados en alimentos y agua a nivel global. Algunos países han fijado sus propios límites de actuación y otros han aceptado los límites internacionales, para adultos y lactantes. En el cuadro 1 se muestra estos límites para los isótopos más representativos en alimentos de consumo humano, cuando estos son objeto de comercio internacional (Carrera *et al.* 2002).

La Agencia Internacional de Energía Atómica (OIEA), mediante el programa "Acuerdo Regional de Cooperación para la promoción de la ciencia y tecnología nuclear en América Latina

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: lloria@cariari.ucr.ac.cr

\* Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Niveles de actuación para alimentos y leche de consumo humano, objeto de comercio internacional.

Nucleídos representativos	Adultos	Lactantes
	Actividad Bq kg <sup>-1</sup>	
Σ (Am-241, Pu-239)	10	1
Σ (Sr-90, I-131)	100	100
Σ (Cs-134, Cs-137)	1000	1000

y el Caribe (ARCAL)", ha apoyado diversos proyectos para la evaluación radiológica de alimentos y para la certificación de las técnicas de ensayo, que garanticen los resultados radiométricos, especialmente en el área de los productos alimentarios de consumo humano y agua.

El Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM) participa en el proyecto "Armonización de los requisitos técnicos y específicos de calidad para el control de la contaminación radiactiva en alimentos RLA-05-048 ARCAL", auspiciado por la OIEA. La participación en este proyecto tiene el objetivo de medir la contaminación radiactiva en alimentos de consumo humano. Para ello, se utiliza la técnica de espectrometría gamma en alimentos y la alfa para la determinación de Ra<sup>226</sup> en agua.

En los países latinoamericanos, para la medición de la concentración específica de la actividad en alimentos o agua, se emplea un manual de procedimientos técnicos estandarizados. A la vez se han establecido los requisitos técnicos de calidad analítica (Fernández *et al.* 2006), para que todos los laboratorios de los países de la región realicen las mediciones con un mismo protocolo tanto para la preparación de las muestras como para su análisis. Los resultados obtenidos bajo estos protocolos son de aceptación mutua. Este manual, aprobado por los países de la región en setiembre del 2006, se encuentra en estudio por parte del OIEA, para convertirlo en un documento técnico.

El objetivo de este proyecto es la medición de la actividad específica de los isótopos de

origen natural descendientes de U<sup>238</sup>, Th<sup>232</sup> y K<sup>40</sup>, así como los isótopos antropogénicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El CICANUM procedió a la evaluación radiológica de alimentos de la canasta básica de Costa Rica y de algunos productos importados. Las muestras se adquirieron directamente en los supermercados nacionales, y las de productos de exportación fueron provistas por los mismos exportadores.

### Espectrometría gamma

Con esta técnica se obtiene el espectro de emisión de la radiación gamma, emitida por los isótopos presentes en la muestra y a partir del mismo, se cuantifica la concentración específica en actividad de los isótopos presentes (Travesi 1975). La cadena de medición consiste de un detector de Germanio H.P. conectado a un amplificador lineal, este a un convertidor analógico digital, y finalmente el convertidor se conecta a un analizador multicanal que es el que se encarga de recoger el espectro de emisión gamma, en energía. El multicanal debe ser calibrado en energía y el sistema de detección calibrado en eficiencia, para obtener las concentraciones específicas de los isótopos presentes (Mora y Salazar 1996, Loría *et al.* 1999, Loría *et al.* 1998, Mora y Loría 1997, Salazar y Loría 1997).

La figura 1 muestra la curva de eficiencia con la que se corrige la actividad específica de

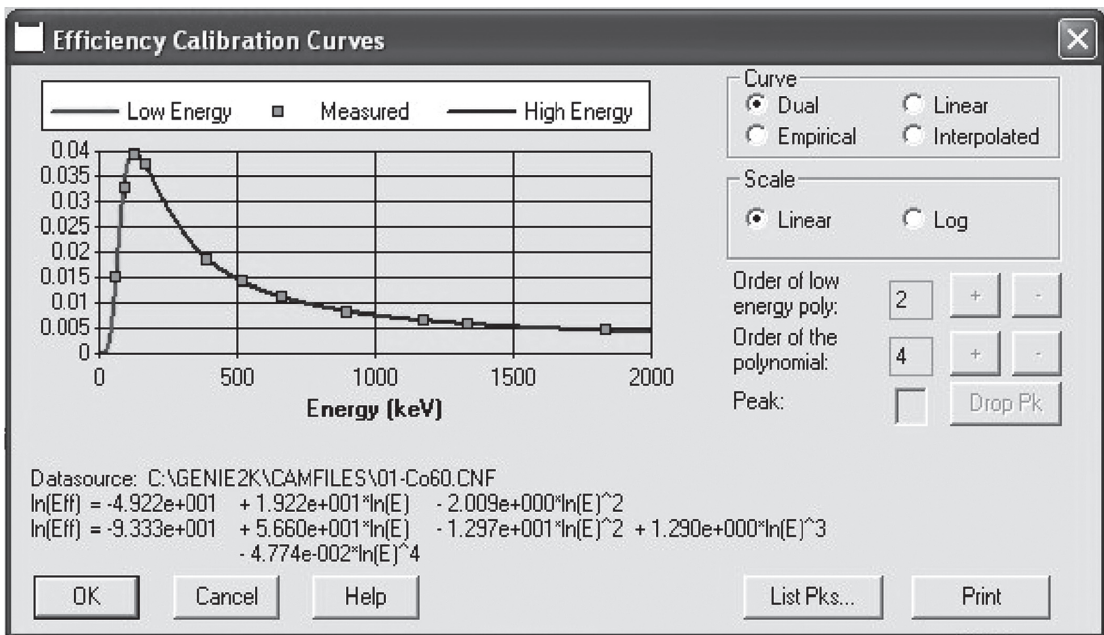


Fig. 1. Curva de eficiencia del sistema de medición.

cada isótopo. La exactitud de los resultados obtenidos se garantiza con la medición de materiales de referencia certificados y la participación en ejercicios inter-laboratoriales a nivel mundial (I.A.E.A 2006a).

### Espectrometría alfa

Al igual que la espectrometría gamma, la alfa consiste en la obtención del espectro de emisión de los isótopos emisores de partículas alfa. En esta técnica un detector de silicio puro, conocido como de barrera superficial, se coloca en una cámara al vacío, para que las partículas alfa puedan alcanzarlo.

El espectrómetro envía la información a un multicanal que debe calibrarse en energía y en eficiencia. La eficiencia en este tipo de espectrómetro es independiente de la energía de la partícula alfa emitida (Alvarado *et al.* 1995). Mediante esta técnica se evalúa la concentración de Ra<sup>226</sup> en aguas embotelladas.

### Preparación y análisis de muestras

Para la preparación y análisis de las muestras de alimentos (espectroscopía  $\gamma$ ) y de agua (espectroscopía  $\alpha$ ) se emplearon los Procedimientos Técnicos Armonizados (Fernández *et al.* 2006, A.I.E.A. 2006b). Los mismos también forman parte del Manual del Sistema de Gestión de Calidad del CICANUM, protocolos CICANUM-I-E-LEG-16, versión 1 y CICANUM-I-ME-LEG-01, versión 1.

Las masas de las muestras de productos alimentarios oscilan entre 0,5 y 0,6 kg, mientras que para el agua se requiere una muestra mínima de 2 l.

Se analizó un total de 40 muestras de productos alimentarios y 10 de agua. Se toma una muestra al azar de cada alimento y agua embotellada, también 1 sola muestra de agua proveniente de cada fuente escogida. Se analiza solamente 1 muestra dado que el tiempo de recolección del espectro oscila entre 120000 y 180000 s.

El análisis de los espectros para obtener la concentración específica de los isótopos presentes, se realiza utilizando el software GENIE PC, 2000 de CANBERRA. Este software calcula además de la actividad específica en Bq kg<sup>-1</sup>, la cantidad mínima detectable.

Los detectores para ambas espectroscopias, así como la electrónica asociada a ellos son de la marca CANBERRA, modelos GC2518, IN2K.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cs<sup>137</sup> está presente solamente en la leche en polvo III, mientras que el Cs<sup>134</sup> no se encuentra en ninguna de las muestras analizadas.

El K<sup>40</sup> se encuentra en la mayoría de las muestras y los valores encontrados corresponden a las actividades reportadas para alimentos (United Nations 2000). El K<sup>40</sup> es un isótopo natural y por ende no existen límites para su concentración en productos de consumo humano.

En los cuadros 2-6 se presenta los resultados para los productos analizados.

En el cuadro 7 se muestra los resultados de la actividad específica para algunas aguas.

## CONCLUSIONES

Los productos alimentarios objeto de estudio no presentan contaminación por isótopos radiactivos artificiales, lo que permite su comercialización tanto a nivel nacional como internacional.

La evaluación radiológica de los productos de consumo humano debe mantenerse como única forma de verificación de su inocuidad, desde el punto de vista radiológico. Los autores hemos contactado al Departamento de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura, para iniciar al menos un programa de vigilancia de los productos alimentarios importados.

La aplicación de protocolos estandarizados para la evaluación radiológica, permite el reconocimiento mutuo de los informes radiométricos,

Cuadro 2. Actividad específica de algunos productos.

Granos y derivados	K-40		Cs-137	
	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D.*	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D.*
Café en grano I	521±25	27	<1,1	1,1
Café en grano II	424±26	29	<0,6	0,6
Garbanzos	333±9	19	<0,8	0,8
Frijoles negros	481±12	23	<0,5	0,5
Arroz	27±6	20	<0,7	0,7
Frijoles rojos	580±12	22	<0,9	0,9
Frijoles blancos	539±12	22	<0,9	0,9
Maíz blanco	135±6	18	<0,7	0,7
Lentejas	265±8	19	<0,7	0,7
Masa de maíz	113±11	33	<1,3	1,3
Masa de panadería	52±6	20	<0,8	0,8
Café molido puro	677±17	33	<1,4	1,4

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

Cuadro 3. Actividad específica medida en productos de origen animal, utilizando espectrometría gamma.

Cárnicos	K-40		Cs-137	
	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*
Atún en conserva	45±9	22	<0,7	0,7
Jamón endiablado	63±10	19	<0,6	0,6
Choricitos	28±9	24	<0,6	0,6
Sardina en conserva	99±11	20	<0,6	0,6

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

Cuadro 4. Actividad específica en aguas de nacientes, utilizando spectrometría Gamma.

Agua	K-40		Cs-137	
	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*	Actividad (Bq l <sup>-1</sup> )	C.M.D*
Agua cañería CICANUM	<9	9	<0,5	0,5
Nacimiento Urasca	<21	21	<0,5	0,5
Nacimiento Guzmán	<15	15	<0,5	0,5
Nacimiento Nicanor	<17	17	<0,5	0,5
Nacimiento Chilamate I	<21	21	<0,5	0,5

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

Cuadro 5. Actividad específica medida en productos lácteos, utilizando spectrometría gamma.

Leche y derivados	K-40		Cs-137		
	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	Actividad (Bq l <sup>-1</sup> )	C.M.D*
Leche fluida semidescremada	37±5	16	-	<0,6	0,6
Leche fluida entera	37±5	16	-	<0,5	0,5
Leche fluida fortificada con calcio	56±5	16	-	<0,6	0,6
Leche en polvo I	354±12	22	<0,5		0,5
Leche en polvo II	348±15	26	<0,5		0,5
Leche fluida junior	47±5	17	<0,7		0,7
Leche fluida delactomy	51±5	16	<0,6		0,6
Leche en polvo III	453±14	32	2±0,3		1,0
Alimento a base de leche	283±12	31	<1,1		1,1

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

Cuadro 6. Actividad específica medida en productos varios, utilizando espectrometría gamma.

Otros productos	K-40		Cs-137	
	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*	Actividad (Bq kg <sup>-1</sup> )	C.M.D*
Aceite vegetal	<17	17	<0,6	0,6
Miel de abeja	12±2	7	<0,2	0,2
Sal refinada	10±4	12	<0,4	0,4
Azúcar	<16	16	<0,6	0,6
Dip de cebolla	306±10	24	<1,1	1,1
Margarina en barra	199±5	6	<0,6	0,6
Suplemento alimenticio Ensure	241±8	21	<0,9	0,9
Cerveza de malta I	20±4	14	<0,6	0,6
Harina de soya	781±15	22	<0,9	0,9
Avena	114±8	24	<1,0	1,0
Salsa de tomate	94±4	12	<0,5	0,5
Salvado de avena	141±8	23	<0,9	0,9
Huevos de gallina tipo jumbo	33±5	16	<0,6	0,6
Sopa instantánea	90±6	17	<0,7	0,7

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

Cuadro 7. Actividad específica medida en aguas embotelladas, utilizando espectrometría alfa.

Agua	Ra-226	
	Actividad (mBq l <sup>-1</sup> )	C.M.D*
Agua I	3	0,2
Agua II	5	0,2
Agua III	4	0,2
Agua IV	5	0,2
Agua V	4	0,2

(\*) Cantidad Mínima Detectable.

emitidos por los diferentes países latinoamericanos y que acompañan los documentos de exportación. Los resultados obtenidos permiten el libre comercio de los productos estudiados.

Aunque Costa Rica es un país con suelos de origen volcánico, la presencia de isótopos radiactivos naturales descendientes de U<sup>238</sup> y Th<sup>232</sup>, prácticamente están ausentes en los productos analizados. Las actividades específicas de los descendientes de U y Th se encuentran por debajo del límite detectable de cada isótopo. Lo encontrado no contrasta con lo obtenido en otros países, donde las concentraciones medidas, utilizando detectores de mayor volumen, son del orden de los mBq kg<sup>-1</sup> (United Nations 2000).

Las aguas analizadas, utilizando espectroscopía alfa, muestran actividades específicas semejantes a lo encontrado en otros estudios (United Nations 2000). Al igual que el K<sup>40</sup>, el Ra<sup>226</sup> es natural, por lo que no se le asigna límites de actuación.

La espectroscopía alfa es mucho más sensible que la gamma para la determinación de Ra<sup>226</sup>, dado que para la primera técnica se

requiere realizar la separación del isótopo desde la matriz.

## AGRADECIMIENTO

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, a la Agencia Internacional de Energía Atómica, a través del Dr. Mathias Rossbach y a la Comisión de Energía Atómica de Costa Rica por el soporte económico del proyecto.

## LITERATURA CITADA

- ALVARADO J.S., ORLANDINI K.A., ERICKSON M.D. 1995. Rapid determination of radium isotopes by alpha spectroscopy. *Journal of Radio-analytical and Nuclear Chemistry* 194 (1):163-172.
- CARRERA J., FERNANDEZ I., LUNA M., CASTILLO A. 2002. Vigilancia radiológica de alimentos y agua. *Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada*. Cuba. 21 p.
- FERNÁNDEZ I.M., IGLICKI F.A., DE MELO FERREIRA A.C., TOMICIC I.J., LORÍA L.G., AGUIRRE J. 2006. Determinación de radionucleídos emisores gamma, pp. 102-109. *In: Determinación de la contaminación radiactiva en alimentos*. Memorias del II Simposio Internacional de Transferencias Tecnológicas. ISBN 959- 270-087-7. Cuba.
- I.A.E.A. 1989. Measurement of radionuclides in food and the environment, pp. 55-65. *In: Technical reports series* N.º 295. Austria.
- I.A.E.A. 2006a. Almera soil sampling intercomparison exercise (IAEA/SIE/01).
- I.A.E.A. 2006b. Procedimientos para la determinación de índices de actividad alfa y beta total en agua, pp. 18-43. *In: Manual de procedimientos técnicos armonizados para la contaminación radiactiva en alimentos*.
- LORÍA L.G., MORA P., BADILLA M. 1999. K<sup>40</sup> y Cs<sup>137</sup> en banano exportado por Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23 (2):157-163.
- LORÍA L.G., BANICHEVICH A., CORTÉS J. 1998. Radionucleídos en corales de Costa Rica. *Revista Biología Tropical* 46 (Supl. 5):81-90.
- MORA P., LORÍA L.G. 1997. Radioactive assessment of fish products marketed by Costa Rica. *Journal of Traces and Microprobe Techniques* 15(3):307-310.
- MORA P., SALAZAR A. 1996. Natural radioactivity in soil samples of Costa Rica. *Journal of Traces and Microprobes Techniques* 14(4):727-738.
- RANDELL A. 1998. Recommended limits for radionuclide contamination in foods. *FAO Publications*, Italy. p. 110-118.
- SALAZAR A., LORÍA L.G. 1997. Control de calidad en espectrometría gamma de bajo nivel. *Ciencia y Tecnología* 21(1-2):35-44.
- TRAVESI A. 1975. Métodos de espectrometría gamma, pp. 295-317. *In: Análisis por activación neutrónica*. Servicio de Publicaciones de la J.E.N. España.
- UNITED NATIONS. 2000. Exposición a fuentes de radiación natural, pp. 125-126. *In: Sources and effects of ionizing radiation*. Volumen I. ISBN 92-1-142238-8. United States.

