

## **Análisis cuantitativo del contenido de radionucleidos Gamma-Emisores en algunos de los productos alimenticios de la dieta básica del venezolano**

**Quantitative Analysis of the gamma emitters radionuclides  
in some of the food of the venezuelan basic diet**

Sajo B., Laszlo<sup>1</sup>  
Greaves, Eduardo<sup>1</sup>  
Ferrer H., Heberto<sup>1</sup>  
Dehollain, Paula<sup>1</sup>  
Guerra, Marisa<sup>1</sup>  
Broadway, Jon<sup>2</sup>  
Ferrer R., Heberto<sup>3</sup>

### **Resumen**

En este estudio se presentan los niveles de concentración de radionucleidos gamma emisores encontrados en un conjunto de 9 productos alimenticios recurrentes en la dieta básica de la población venezolana. La técnica de análisis consiste en medir la energía gamma hasta acumular un espectro para luego analizarlo, determinando así la concentración de los radioisótopos. Variaciones en las características de la técnica de conteo de muy bajo nivel en presencia de un fondo de radiación ambiental son analizadas utilizando métodos estadísticos, teniendo en cuenta también la estabilidad operacional del sistema. Con el fin de optimizar la calidad de los resultados obtenidos, se utilizaron muestras medidas en cuatro diferentes laboratorios. El rendimiento ha sido determinado para diferentes geometrías, matrices y energías gamma demostrando que para este sistema, es posible obtener valores de LLD de 2.24 Bq/Kg (Cesio-137). El programa de análisis de datos utilizado es el SPECTRAN-AT, que ha sido probado comparando los resultados con los valores obtenidos por vía manual. Algunos comentarios sobre el riesgo derivado del consumo masivo de productos alimenticios con bajo contenido de <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs y <sup>90</sup>Sr complementan este estudio.

**Palabras claves:** Alimentos, radioactividad, gamma emisores.

---

Recibido: 20 - 01 - 94. • Aceptado: 21 - 06 - 94.

1 Universidad Simón Bolívar. Apartado 89000. Caracas, Venezuela

2 National Air and Radiation. Environmental Laboratory. EPA, Montgomery, AL. USA

3 Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Apartado 56. Maracaibo, Venezuela

## Abstract

In this study we present the gamma emitter radionuclide concentration present in a set of few recurrent production the basic diet of the Venezuelan population. The analytical technique consist in measuring the gamma energy in a pulse high spectrum from which a selected radioisotope concentration can be determined. A statistical method is applied to the characteristic parameter that changes with time during low level counting in the presence of low background, observing that the system has a good operational stability. With the aim to optimize the quality of the results, samples were measured in four different laboratories. The counting efficiency was measured for different geometries, food stuff and gamma radiation energies, showing that for this spectrometer system a LLD value less than 2.24 Bq/Kg is attainable. The software for radioisotopes identification and concentration determination is SPECTRAN-AT and it was tested by comparison with data calculated manually. Few comments on the risk derive by consuming food products with low content of radioactive  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{S}$  conclude this work.

**Key words:** Food stuff, Radioactivity, Gamma emitters.

## Introducción

El presente trabajo ha sido motivado por la creciente exigencia de fijar límites aceptables de contenido de radionucleidos en productos alimenticios disponibles en los mercados internacionales. La Comisión de Radionucleidos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela, después de un largo estudio, decidió en 1987 modificar la normativa de importación de alimentos fijando las actividades específicas en los alimentos de consumo humano. Los valores son reportados en el Cuadro 1 junto con los valores de los límites máximos permisibles para alimentos importados en Argentina, México y Chile.

Además, la misma Comisión, por falta de datos sobre la radioactividad ambiental, recomendó que se

promoviera un programa para la determinación de los niveles de radiación en productos alimenticios nacionales de consumo humano y que se estudiaran posibles anomalías regionales del contenido de radioactividad ambiental, para poder así, determinar posibles riesgos derivados de la misma. Este programa, al finalizarse, debe determinar los niveles de dosis natural a la cual la población está expuesta incluyéndose aquellos derivados de accidentes y explosiones nucleares. Conocido este valor, la Comisión tendrá un conjunto de datos científicos en base a los cuales podrá hacer recomendaciones en materia de concentración de radionucleidos en productos alimenticios modificando, o rectificando si es el caso, los valores mencionados. Para contribuir a la consecución de datos

**Cuadro 1 Comparación de límites máximos permisibles para alimentos importados (1, 18)**

País	Radionucleidos	Leche	Otros alimentos
Venezuela	Yodo 131	170 Bq/l	300 Bq/Kg
	Cesio 137 + Cesio 134	250 Bq/l	300 Bq/Kg
	Estroncio 90	11 Bq/l	52 Bq/Kg
Argentina	Cesio 137 + Cesio 134	370 Bq/l	1000 Bq/Kg
México	Yodo 131		420 Bq/Kg
	Cesio 137 + Cesio 134		12000 Bq/Kg
	Estroncio 90		6100 Bq/Kg
Chile	Cesio 137 + Cesio 134	370 Bq/l	

en esta área se ha instrumentado un Laboratorio de Medidas de Radiación de bajos niveles, habiéndose instalado un sistema de espectrometría alfa y gamma como parte del proyecto VEN/9/005 financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En la Figura 1, se esquematiza la organización del laboratorio correspondiente. Recientemente el Consejo Nacional de Inves-

tigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) otorgó un financiamiento considerable para determinar los niveles de radiación ambiental y su efecto sobre la salud de la población (MPS-CONICIT-RP VII 260076). De esta forma, Venezuela tendrá la oportunidad de participar en el programa GERMON auspiciado por la WHO/UNEP (17).

## Materiales y métodos

### Sistema Experimental

El sistema de medición utilizado está constituido por un detector coaxial de germanio puro reciclable en temperatura, con un volumen activo, declarado por el fabricante, de 76 cm<sup>3</sup>. La disposición del sistema cristaldedo frío es de tipo vertical rodeado por un blindaje cilíndrico de plomo de 5 cm de espesor, lámina de cobre de 2 mm y acetato de 2 mm de espesor, comúnmente utilizado en esta técnica. Entre las características dinámicas se menciona: la eficiencia de 14.2% con FWHM de 1.77

KeV, y la relación de pico a Compton de 43.3 KeV, medida con una fuente de <sup>60</sup>Co. Estos resultados están de acuerdo con los declarados por el fabricante. La cadena electrónica de manipulación de datos es de tipo usual, con la diferencia de que el multicanal está incorporado en una computadora PC. La calibración del sistema se realiza obteniendo curvas experimentales (9) que relacionan:

1. La energía gamma absorbida por el detector y el canal asignado, relación que debe ser lineal.

INETI - Sacaven, Portugal  
 KFKI - Budapest, Hungría  
 CNEA/UNA - Asuncion, Paraguay  
 EPA/NAREL - Montgomery, Al. USA

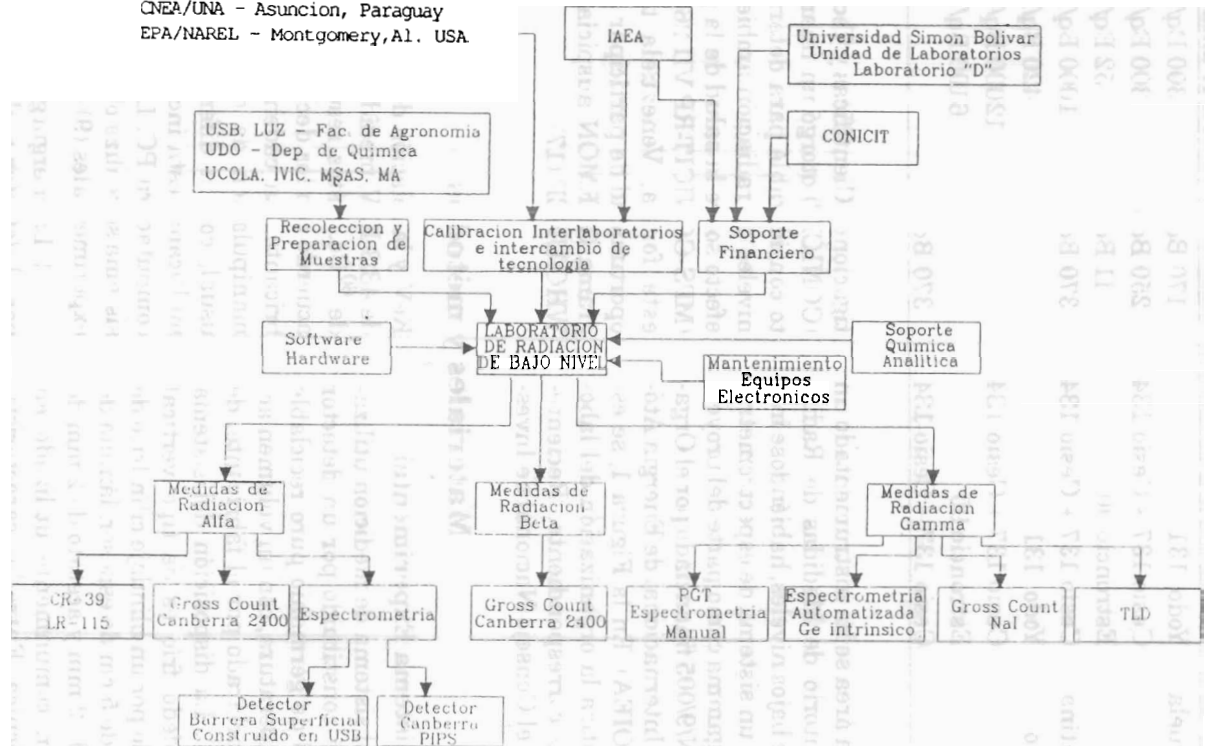


Figura 1. Esquema organizacional del laboratorio de bajos niveles de radiación.

2. La anchura de la línea de energía gamma y el canal.

3. El rendimiento y la energía, relación representada por una función polinomial.

A este propósito se utilizó una fuente calibrada con 9 elementos de la firma Amersham (QCY-46) (1) con un rango de energía entre 80 y 2000 KeV, mientras que para el control en las energías de bajos valores se utilizó una fuente sellada de  $^{241}\text{Am}$ . Estos estándares satisfacen las condiciones de tener picos gammas bien definidos, distribuidos en la mayor parte del espectro, y áreas de picos con magnitudes comparables entre sí (5). Para obtener los ajustes de curvas se utilizó el método de mínimos cuadrados y los valores de intercepción y pendiente fueron calculados automáticamente como parte de la rutina de calibración. Durante el análisis se llevó a cabo un control de las curvas de calibración para determinar posibles fluctuaciones del sistema (4). En referencia al punto 2 se determinó que la variación de anchura no es lineal con la energía, como se observa en la Figura 2. La función que mejor describe esta dependencia se representa con la ecuación exponencial:

$$\eta = \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \varepsilon_{\gamma}^{-0.69} * 20.63 \quad (1)$$

La curva de rendimiento mencionada en el punto 3 se reporta en la Figura 3. En este caso, como se puede apreciar, se calibró el sistema para un conjunto de recipientes de

diferentes geometrías y dimensiones como reportados en la figura 4, en la cual los volúmenes están indicados con letras mayúsculas y son geometría cilíndrica (A-D) y Marinelli (E,F). Para cada recipiente, el área del fotopico se evaluó suponiendo que no existe una interferencia de los picos vecinos. Esta suposición es aceptable, dado que los picos están más distantes que el número de canales ocupados por cada uno. Se observa que, existe una dependencia entre la eficiencia y el volumen de la muestra. Este resultado es muy significativo en cuanto evidencia que después de un volumen de 400 ml, el sistema no dispone de una mejora apreciable del rendimiento, (Fig 4.).

Para poder determinar los límites de detección de nuestro sistema (4), se midió consecutivamente una serie de espectros del fondo ambiental para disponer de una estadística suficiente, y así determinar el mejor valor del límite de detección LLD (6). El efecto de las posibles líneas de interferencias debidas al  $^{222}\text{Rn}$  y sus productos de decaimiento, que están presentes en cantidad mínima, fue reducido utilizando una ventilación por convección evitando así, la acumulación de este gas dentro del volumen blindado de 19 l.

La expresión para determinar el límite mínimo de detección (LLD) fue seleccionada utilizando un nivel de decisión descrito por G. Bernasconi *et al* (2), cuya forma explícita es:

$$LLD = 4.66 \frac{\sigma}{\varepsilon P_{\gamma}} ; MCD = \frac{LLD}{w} \quad (2)$$

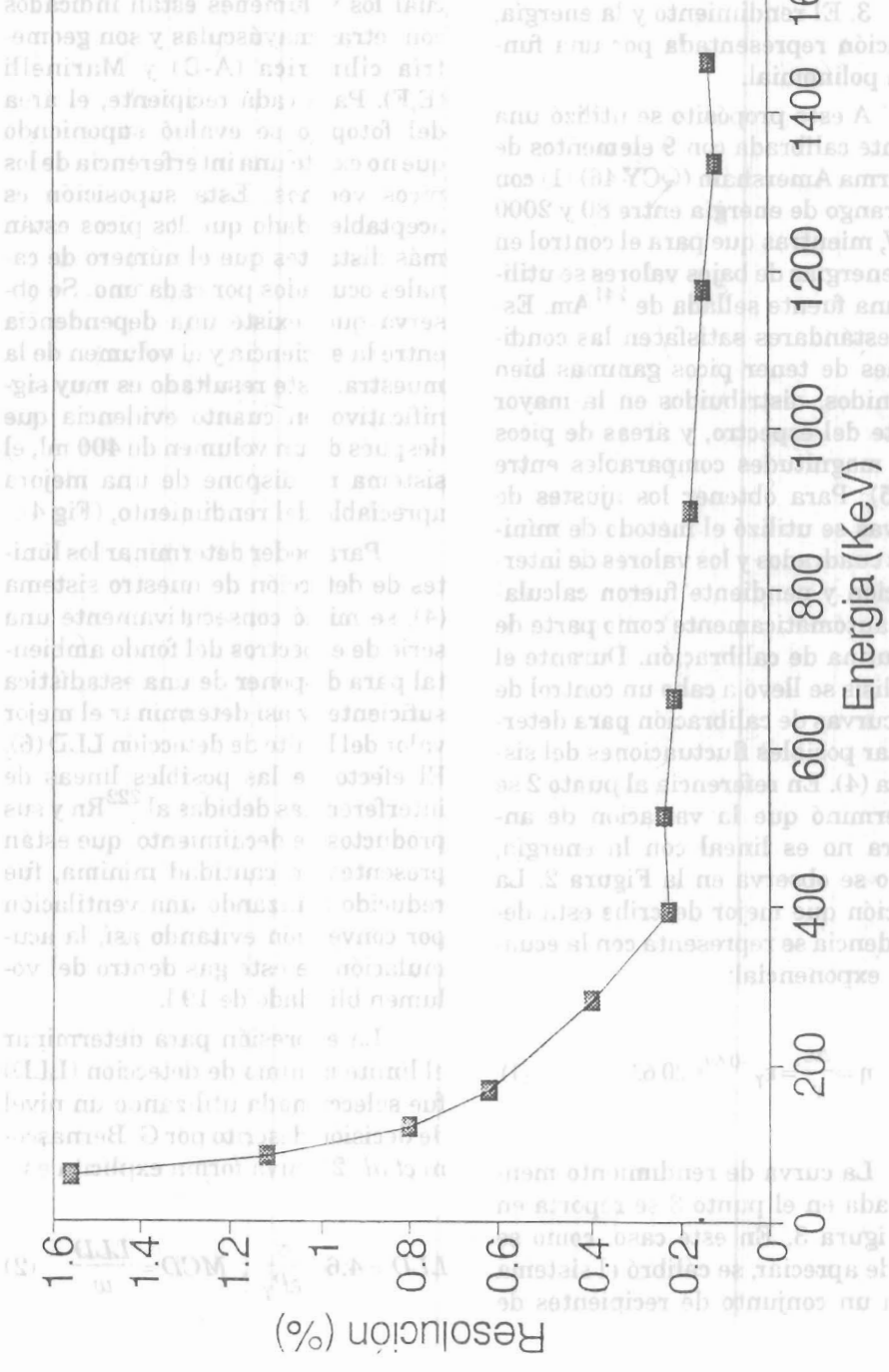
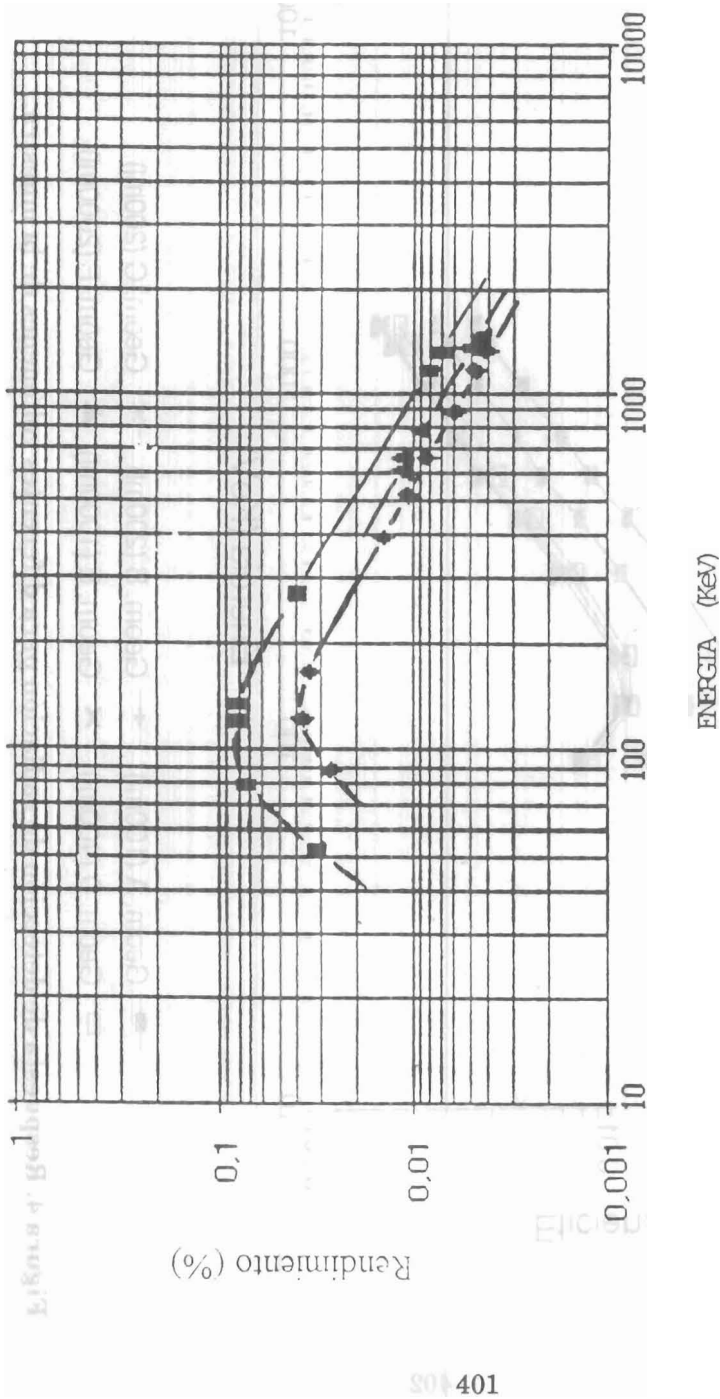
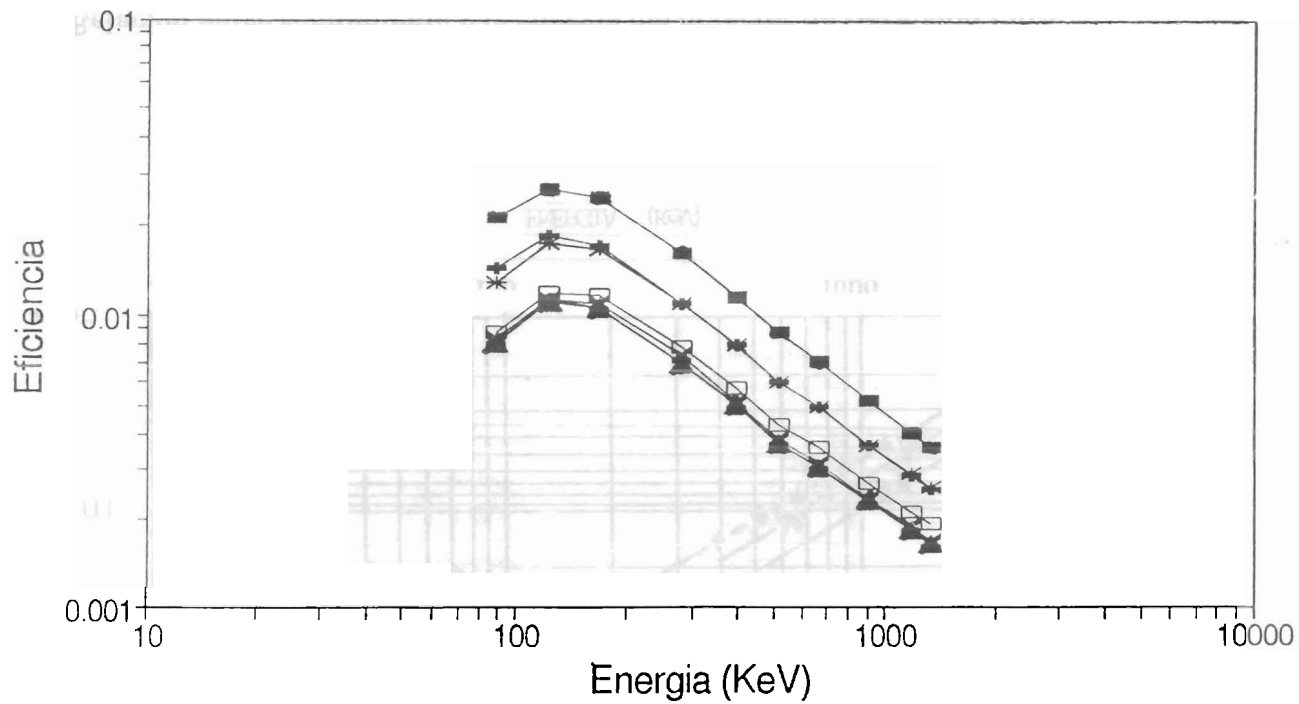


Figura 2. Variación de la anchura del fotopico en función de la energía.



■ Fuente individual de tipo disco sellado de calibración.  
 ◆ Fuente mixta de la Amersham QCY-46.  
 ▲ Muestra de leche conocida IAEA 152y154

**Figura 3. Relación entre rendimiento y la energía del detector de Germanio Puro.**



**Figura 4. Respuesta de detección de radiación para diferentes volúmenes de la muestra.**



donde  $\sigma$  es el error estandard del fondo gamma ambiental,  $\epsilon$  es la eficiencia del detector,  $P_\gamma$  la probabilidad de transición gamma,  $w$  es la masa de la muestra. *MCD* indica la mínima concentración detectable. Hay que mencionar también, que existe un factor importante que interfiere con la optimización de estos parámetros representados por el fondo Compton especialmente aquello relacionado con  $^{40}\text{K}$ . Para establecer el rango de operación del sistema, se ha determinado que el valor para LLD es de  $0.5 \pm 0.1$  (Bq/Kg) para  $\epsilon\gamma = 0.66\text{MeV}$ .

### **Preparación y análisis cuantitativo de las muestras**

El grupo de muestras analizadas tiene diferentes orígenes:

- Los productos analizados para determinar la confiabilidad del equipo fueron preparados por la OIEA como parte del programa OIEA/INT/039. En el Cuadro 2, las muestras analizadas se indican con IAEA seguido por un número de identificación cuando fueron suministrados por el organismo (10). Las últimas cuatro fueron suministradas por el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, (IVIC). Estas han sido preparadas a partir de una masa de 500 Kg suministrada por una planta procesadora de leche en polvo que fue sometida a prueba de homogeneidad para los radioisótopos  $^{134}\text{Cs}$  y  $^{137}\text{Cs}$  antes de ser embotellada en envases de 250 gr. Para completar el proceso de preparación, las muestras se irradiaron con radiación gamma hasta  $2.5 \times 10^4\text{Gy}$  utilizando una fuente de  $^{60}\text{Co}$ , evitando así la descomposición de la muestra. Aplicando el test-t de Student se determinó que las muestras no diferían de su valor promedio de homogeneidad más del 3% (11).

- Los productos de la dieta básica fueron adquiridos en tres tipos de establecimientos: supermercados, abastos y mercados populares, mercados locales en forma fresca o procesada. Se tomaron muestras representativas del lote para su preparación y/o análisis. Las muestras frescas fueron deshidratadas a temperaturas inferiores a  $60^\circ\text{C}$  y molidas hasta una granulometría de 60 mesh. Posteriormente se tomaron alícuotas para su análisis. La preparación de las muestras fue realizada en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos de la USB, preparados por la Sección de Nutrición del Departamento de Química USB. Los alimentos analizados se eligieron en base a su importancia nutricional dentro de la dieta habitual del venezolano. Utilizando datos reportados por la Encuesta Nacional de Nutrición 1981-82 (14), el Proyecto Venezuela (8) y la Encuesta del Seguimiento de Adquisición de Alimentos en el Hogar (15) se determinaron los primeros diez alimentos de mayor consumo y que al mismo tiempo contribuyen significativamente a suplir energía y nutrientes básicos. Estos productos son: harina de maíz precocida, arroz,

**Cuadro 2. Resultados de las medidas comparativas en Bq/Kg**

Nombre de la muestra	Isótopo	Valor IAEA	USB	US EPA NAREL	IVIC
IAEA-152	<sup>134</sup> Cs	764.0	710.0		
	<sup>137</sup> Cs	2129.0	2032		
	<sup>40</sup> K	539.0	507.0		
IAEA-154	<sup>134</sup> Cs	1355.0	1439.0	1170.0	
	<sup>137</sup> Cs	3749.0	3850.0	3820.0	
	<sup>40</sup> K	1575.0	1660.0	1650.0	
001 Harina	<sup>40</sup> K		50.0		
002 Arroz	<sup>40</sup> K		29.8		
003 Pasta	<sup>40</sup> K		113.0		
004 Carne	<sup>40</sup> K		359.0		
006 Plátanos	<sup>40</sup> K		489.0	333.0	
008 Leche en polvo	<sup>40</sup> K		402.0	428.0	
009 Queso blanco	<sup>40</sup> K		28.2		
010 Caraotas	<sup>40</sup> K		510.0		
011 Pescado	<sup>40</sup> K		420.0		
B Leche X	<sup>137</sup> Cs		36.5		37.8
	<sup>40</sup> K		697.4		
321a	<sup>137</sup> Cs		74.1		
A2 Leche	<sup>137</sup> Cs		91.3		94.5
A1 Leche	<sup>137</sup> Cs		188.3		189.0

pastas secas, carne de res, plátano, leche en polvo, queso blanco y caraotas negras (frijoles). Los quesos fueron recolectados en los centros artesanales de producción del Estado Zulia y del Estado Miranda.

El conjunto de muestras de comparación fue suministrado por el Centro de Ingeniería del IVIC, cada una identificada con una le-

tra y número; y los valores indicados han sido obtenidos en el IVIC; ver Cuadro 2.

- Las muestras de lluvia han sido preparadas a partir de diferentes volúmenes de agua sometidos a un proceso de concentración conocido, realizado con la cooperación del Centro de Química del IVIC. La recolección de las aguas se realizó en el Estado Miranda, a lo

largo de nueve meses después del accidente de Chernobyl, encontrándose una concentración de 0.162 mBq/l.

En las mediciones de radiaciones gamma de niveles bajos se requiere un tiempo de conteo largo que puede llegar hasta una semana. Sin embargo la mayoría de las muestras se sometieron a  $3 \times 10^3$  min de conteo. Se requiere entonces de sistema de espectrometría nuclear estable en el tiempo con un comportamiento dinámico definido.

Se observa de los datos del Cuadro 2 que el sistema de espectrometría nuclear utilizado, está correctamente calibrado; su estabilidad en el tiempo es menor de dos canales sobre 4096. Además, los resultados obtenidos son comparables con datos medidos en otros laboratorios que han participado en las mediciones de intercomparación.

La conclusión más importante de esta parte inicial, demostrada por

los resultados de las mediciones realizadas, es que el contenido de radioactividad natural presente en los productos alimenticios más recurrentes en la dieta de la población venezolana es significativamente bajo y carente de radionucleidos artificiales y por lo tanto se cumplen con las recomendaciones de la FAO/WHO (3).

Como consecuencia de los resultados de las aguas de lluvia, era de esperarse que se detectara en los alimentos la presencia de  $^{137}\text{Cs}$ , un producto de fisión, que fue probablemente transportado por las corrientes de aire desde lugares tan lejanos como Chernobyl. Después de esta primera etapa, se realizó un análisis más detallado de un conjunto grande de muestras.

Los resultados son reportados en el Cuadro 3 que se divide en diferentes partes según la característica del producto.

## Resultados y discusión

La mayoría de los resultados indican que existe una concentración de radionucleidos con una vasta gama de valores. Lo más resaltante es que para algunos productos de leche en polvo además de  $^{137}\text{Cs}$  se miden otros productos de fisión. La única explicación posible es que el producto tenga origen en una zona expuesta a contaminación radioactiva de productos de fisión. Cabe mencionar que todos los valores experimentales indican valores despreciables pero medibles en  $^{137}\text{Cs}$ . En dos

muestras se identificaron también  $^{133}\text{Xe}$  y  $^{133}\text{Ba}$  que son elementos difícilmente explicables en la leche en polvo.

Los productos con contenido de  $^{137}\text{Cs}$  seguramente son acompañados por el  $^{134}\text{Cs}$  y las concentraciones son menores del nivel mínimo de detección. Por otra parte, es conocido que existe una relación entre Cesio y Estroncio en productos agrícolas que hayan sido expuestos a *fall-out* de explosiones o accidentes nucleares. El valor de esta relación es 1:8; y por

**Cuadro 3. Resultados de los productos comerciales alimenticios**

Producto	Isótopo	Actividad (Bq/l)
<b>Granos</b>	<sup>40</sup> K	3120.0 +/- 528.0
Caraotas negras	<sup>40</sup> K	403.0 +/- 68.3
Lentejas en grano	<sup>40</sup> K	817.0 +/- 139.0
Panela de papelón	<sup>40</sup> K	168.0 +/- 28.5
Crema de ajonjolí	<sup>40</sup> K	249.0 +/- 41.2
Granos de ajonjolí	<sup>40</sup> K	186.0 +/- 31.6
Granos rotos de maíz, millo = cerecere	<sup>40</sup> K	
Granos de arroz	<sup>40</sup> K	99.3 +/- 17.1
<b>Leches en Polvo</b>		
San José. Paicosa	<sup>40</sup> K	505.0 +/- 85.0
La Campesina # 1	<sup>40</sup> K	237.0 +/- 40.3
La Campesina # 2	<sup>40</sup> K	310.0 +/- 52.4
	<sup>137</sup> Cs	0.5 +/- 0.1
Indulac (lote YEGAV)	<sup>40</sup> K	468.0 +/- 79.2
Indulac (lote YEGAV)	<sup>40</sup> K	316.0 +/- 53.5
Reina del Campo	<sup>40</sup> K	506.0 +/- 85.5
Lote: ZM37KV0194	<sup>133</sup> Ba	293.0 +/- 19.4
	<sup>133</sup> Xe	535.0 +/- 83.6
La Campiña	<sup>40</sup> K	472.0 +/- 80.0
Lote: HL GSM	<sup>137</sup> Cs	1.7 +/- 0.2
Nido (Importada)	<sup>40</sup> K	993.0 +/- 168.0
Lote: MAN 08 92	<sup>133</sup> Xe	<b>293.0 +/- 19.4</b>
	<sup>137</sup> Cs	0.8 +/- 0.2
	<sup>133</sup> Xe	514.0 +/- 80.3
Klim (Importada)	<sup>40</sup> K	271.0 +/- 6.1
(13/10/92-95)	<sup>137</sup> Cs	21.2 +/- 647.0
Rika de Indulac	<sup>40</sup> K	509.0 +/- 86.2
lote VRGSV	<sup>137</sup> Cs	1.3 +/- 0.2
<b>Otros</b>		
Mantequilla Optimus #1 04/93	<sup>40</sup> K	74.2 +/- 12.7
Mantequilla Optimus #2 08/92	<sup>40</sup> K	70.5 +/- 12.0
<b>Pasta de harina de trigo marca Gapri</b>	<sup>40</sup> K	<b>129.0 +/- 22.0</b>
Pasta de harina de trigo	<sup>40</sup> K	118.0 +/- 20.2
Harina de maíz (PAN)	<sup>40</sup> K	97.9 +/- 16.7
Germen de maíz	<sup>40</sup> K	179.0 +/- 30.5
Plátanos deshidratados	<sup>40</sup> K	288.0 +/- 48.9
Yuca deshidratada	<sup>40</sup> K	217.0 +/- 36.9
Aceite de girasol	<sup>40</sup> K	74.4 +/- 12.7
Mirasol - Coposa	<sup>40</sup> K	
Aceite vegetal	<sup>40</sup> K	74.2 +/- 12.7
Vatel - Mavesa	<sup>40</sup> K	
Aceite vegetal Diana #1	<sup>40</sup> K	62.4 +/- 10.6
Aceite vegetal Diana #2	<sup>40</sup> K	<b>71.4 +/- 12.4</b>
Aceite comestible	<sup>40</sup> K	62.1 +/- 10.9
Concentrado de auyama y pollo	<sup>40</sup> K	127.0 +/- 21.6
Auyama deshidratada	<sup>40</sup> K	191.0 +/- 32.4
Gallina deshidratada	<sup>40</sup> K	<b>141.0 +/- 23.9</b>

lo tanto, el valor estimado de  $^{90}\text{Sr}$  en la leche con contenido por ejemplo de 21.2 Bq/l de  $^{137}\text{Cs}$  es de 2.65 Bq/l de  $^{90}\text{Sr}$ , es decir, de un factor 4.15 menor del valor máximo permisible reportado en el Cuadro 1.

Una posible razón por la cual el  $^{137}\text{Cs}$  se detecta en la leche en polvo, es que se use materia prima proveniente de otros países, donde el efecto producido por el accidente de Chernobyl haya tenido mayor persistencia.

De este estudio se aprende, que la concentración de los radionucleidos presentes en las aguas de lluvia, en el período post Chernobyl, se diluyeron en los suelos en un grado tal que no se miden en los productos alimenticios. Por lo tanto aunque su efecto en la población venezolana es considerado como despreciable, es importante realizar medidas rutinarias de control en los productos, tanto nacionales como importados, para determinar las variaciones de los niveles de radiación, y así contribuir a la preservación de la salud pública.

En la figura 5 se reportan los valores de la concentración de  $^{137}\text{Cs}$  en leche medidos en diferentes países del mundo (17, 16) y en Venezuela por nosotros y el IVIC (12, 13). Se observa que los valores son comparables con la mayoría de los países exceptuando a Canadá, que junto con la India midieron valores más bajos.

### Posibles niveles de riesgo

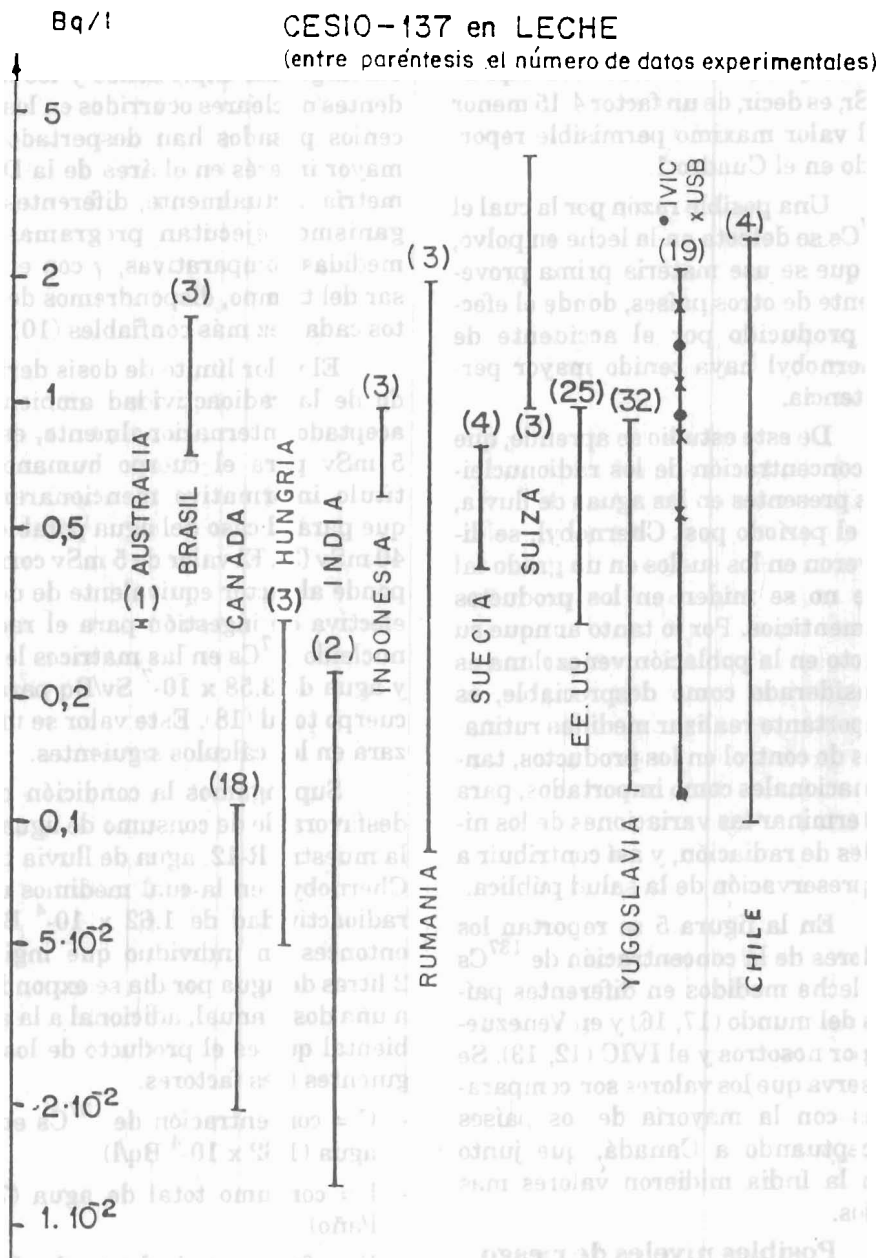
Los niveles de riesgo derivados del consumo masivo de productos alimenticios con bajo contenido de radionucleidos, son difíciles de calcular

por la falta de un cúmulo de datos estadísticamente significativos. Sin embargo, las explosiones y los accidentes nucleares ocurridos en los decenios pasados han despertado un mayor interés en el área de la Dosimetría. Actualmente, diferentes organismos ejecutan programas de medidas comparativas, y con el pasar del tiempo, dispondremos de datos cada vez más confiables (10).

El valor límite de dosis derivado de la radioactividad ambiental, aceptado internacionalmente, es de 5 mSv para el cuerpo humano. A título informativo mencionaremos que para el caso del agua potable es 40 mSv (3). El valor de 5 mSv corresponde al factor equivalente de dosis efectiva de ingestión para el radionucleido  $^{137}\text{Cs}$  en las matrices leche y agua de  $3.58 \times 10^{-7}$  Sv/Bq para el cuerpo total (18). Este valor se utilizará en los cálculos siguientes.

Supongamos la condición más desfavorable de consumo de agua de la muestra R-12, agua de lluvia post Chernobyl, en la cual medimos una radioactividad de  $1.62 \times 10^{-4}$  Bq/l, entonces un individuo que ingiera 2 litros de agua por día se expondría a una dosis anual, adicional a la ambiental que es el producto de los siguientes tres factores:

- C = concentración de  $^{137}\text{Cs}$  en el agua ( $1.62 \times 10^{-4}$  Bq/l)
- l = consumo total de agua (730 l/año)
- F = factor equivalente de dosis efectiva de ingestión  $0.43 \times 10^{-7}$  (Sv/año) entonces la dosis anual



**Figura 5. Datos de comparación de los valores de <sup>137</sup>Cs en leche reportado por varios países.**

Da es (7):

Da

$$= 1.62 \times 10^{-4} (\text{Bq/l}) * 730 (\text{l/año}) * 3.58 \times 10^{-7} (\text{Sv/año}) \\ = 0.43 \times 10^{-7} (\text{Sv/año})$$

Este valor comparado con el valor límite máximo permisible de 40 mSv/año, indica que existe aproximadamente un factor 1000 de dife-

rencia. En consecuencia, es correcta la conclusión anterior mencionada, que el accidente de Chernobyl ha inducido un incremento despreciable en la concentración de radionucleidos gamma emisores en Venezuela, que se estima ser hoy en día de 141.7 Bq/m<sup>2</sup>.

## Agradecimiento

Se agradece la colaboración del Centro de Química del IVIC.

Asimismo la labor de la Lic. Cecilia Uzcátegui (USB) en la preparación de las muestras de alimentos.

El presente trabajo ha sido financiado parcialmente por la IAEA proyecto VEN/9/005 y por el Mega Proyecto Social CONICIT-RP VII 260076.

## Literatura citada

1. Amersham QCY-46. 1991. Product Specification and Nuclear Data.
2. Bernasconi G., Greaves E. D. and SAJO BOHUS L. 1992. New Approach in Assessing the Low Level Detection Limit in Low Level Radiation Counting. Nucl. Inst. Meth. in Phys. Res. B71 484-488.
3. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, July 1989, Alinorm 89/11. Consideration of proposals for action in relation to accidental radionuclide contamination of food, Rome, Italy 1989.
4. Cooper, J.A. 1970. Factors determining the ultimate detection sensitivity of Ge(Li) gamma ray spectrometry. Nucl. Instrum. Methods. 82 273-277.
5. Debertin, 1979. K. Nucl. Instrum. Methods 158 479.
6. Epa. 1980. Upgrading Environmental Radiation Data, 520/1-80-012.
7. Epa. 1988. Federal Guidance Report No. 11. 520/1-88-020. Limiting values of radionuclide intake and air concentration and dose conversion factors for inhalation, submersion and ingestion.
8. Fundacresa, 1990. Proyecto Venezuela. Región Centro Occidental. Caracas.
9. González, J.A. 1981. Espectrometría Gamma de muestras aguas ambientales. Pág 59. in: Methods of Low Level Counting and Spectrometry. Proceeding of Simposium. 6-10. Berlín.
10. IAEA. 1988. Reference Sheet IAEA-152, Radionuclides in Milkpowder.
11. IAEA. 1989. IAEA-TEC Reports Series 295-1989 J.E. Watson.
12. Labrecque, J.J. 1991. The determination of environmental levels of 137 Cs in Venezuelan milk powders Int. J. Environ. Anal. Chem 44 167-173.
13. Labrecque, J.J., Rosales, P.A. y Carías, O. 1992. The preliminary results of the measurements of environmental levels of K and Cs in Venezuela Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Res. A A 312 (1992) 217-222.
14. Luri A. y Bracchio M. 1985. Encuesta Nacional de Nutrición, 1981-82. INN México.
15. OCEI-BCV 1989. La Encuesta de Seguimiento del consumo de alimentos en tres regiones del país, para el año 1987.

- Oficina de Estadística e Informática,  
Caracas.
16. Piñones O. 1987. Chernobyl: Un año después, mediciones Radiológicas en Chile. Nucleotécnica.
17. Sajo Bohus,L. 1992. Development of an enviromental monitoring program in Venezuela. Germon meeting, Montgomery Al, USA. EPA - NAREL. April 26th-May, 1st.
18. Waight, P.J. 1989. Setting Derived Intervention Levels for Food, WHO, Geneva, IAEA-SM-3006/126.