

K⁴⁰ Y Cs¹³⁷ EN BANANO EXPORTADO POR COSTA RICA¹

Luis Guillermo Loría², Patricia Mora*, Mauricio Badilla**

Palabras clave: banano, NID, Cs¹³⁷, K⁴⁰, contaminación.

RESUMEN

Utilizando la técnica de espectrometría gamma de bajo nivel se cuantifica la actividad específica del K⁴⁰ y Cs¹³⁷ en muestras de banano, en el período 1996-1998, procedentes de las fincas productoras. El nivel de intervención derivado (NID) calculado para Cs¹³⁷ es alrededor de 4000 veces mayor que la actividad específica medida en la fruta para este isótopo proveniente de eventos nucleares mundiales. Este resultado permite su libre comercialización. La fruta de banano es una excelente fuente de potasio; se determinó que cada kg de ella aporta 3.8 g del elemento.

INTRODUCCION

La exportación de banano es una de las principales fuentes de ingreso de las regiones donde se cultiva la fruta, así como del país en general.

La alta competitividad en el mercado obliga a los productores a mantener un estricto control de calidad de la fruta.

La contaminación por isótopos radiactivos artificiales, tales como Cs¹³⁷ y Cs¹³⁴, es consecuencia de las explosiones nucleares, los accidentes nucleares tal como el accidente de Chernobyl (IAEA 1991), armamento nuclear y el reciclaje de combustible nuclear. Los radionucleidos liberados al ambiente son transportados en el aire y se depositan en el suelo mediante la precipitación y la deposición directa; aún en lugares muy distantes del sitio del

ABSTRACT

K⁴⁰ y Cs¹³⁷ in bananas exported from Costa Rica. Using low level gamma spectroscopy, the specific activity of K⁴⁰ and Cs¹³⁷ in banana samples is quantified during the period 1996-1998. The bananas were supplied by the export companies that operate in Costa Rica. The calculated derived intervention level (DIL) for Cs¹³⁷ was 4000 times greater than the specific activity measured in the fruit due to worldwide nuclear events. This result permits its free commercialization. Banana is an excellent source of potassium, since it was determined that each kg of the fruit has 3.8 g of this element.

evento. En Costa Rica se han reportado niveles de Cs¹³⁷ a lo largo de todo el territorio nacional (Mora y Salazar 1995 y 1996, Loría y Jiménez 1992).

Se han reportado en la literatura altas concentraciones de Cs¹³⁷ en diversos productos alimenticios (Ramachandran 1989, Steele 1990). Altas concentraciones de material radiactivo en los alimentos al ser estos ingeridos, conllevarán a una dosis en el individuo y para nadie es un secreto los efectos nocivos a la salud que producen las radiaciones ionizantes a muy altos niveles (efectos determinísticos) (ICRP 1991, UNSCEAR 1993).

Además de su contenido vitamínico, el banano es una excelente fuente de K para el ser humano, este elemento está presente en el líquido intracelular y mantiene el equilibrio osmótico y una actividad muscular normal.

1/ Recibido para publicación el 22 de febrero de 1999.
2/ Autor para correspondencia.
E-mail: lloria@cariari.ucr.ac.cr.

* Laboratorio de Física Nuclear Aplicada. Escuela de Física. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

El K natural posee un isótopo radiactivo (K^{40}) que decae por emisión gamma, con una energía de 1460.7 keV. La técnica de bajo nivel permite cuantificar la concentración del K^{40} como trazador del K natural, elemento básico en la dieta.

El cuerpo humano presenta una actividad específica de 60 Bq/kg para el K^{40} producto de los alimentos que diariamente consumimos. Esta actividad provoca una dosis efectiva anual de 180 μ Sv (UNSCEAR 1985).

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S. 1989), se encarga de establecer los valores de referencia de los niveles de intervención derivados, para nucleidos en el ambiente y en los alimentos. Estos niveles limitan los posibles daños a la salud.

El objetivo de este trabajo es cuantificar la actividad específica de los isótopos radiactivos artificiales que podrían estar presentes en el banano, así como la actividad específica del K^{40} ; por medio de la técnica de espectrometría gamma de bajo nivel, durante los años de 1996 y 1997 y hasta setiembre del año 1998.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de muestras

Las muestras, del período del 96 al 98, en un total de 80, proceden de las compañías

productoras de la fruta en Costa Rica, quienes exportan durante todo el año su producto en cajas de 18 kg aproximadamente. De cada envío se tomó una caja y de ésta 0.5 kg de la fruta, que se molió hasta formar un puré homogéneo. El puré se depositó en un recipiente de polietileno libre de contaminación, conocido comercialmente como "Marinelli Flask".

Espectrometría gamma de bajo nivel

El contenedor con la muestra se colocó en un detector de Germanio hiperpuro y, utilizando la técnica de espectrometría gamma de bajo nivel, ampliamente conocida (Möbius 1989, Mora y Loría 1994), se cuantificó la actividad específica, en becquerios/kg, de los isótopos presentes en la muestra.

Previo a la medición de la actividad de los isótopos, se midió la radiación de fondo, esto es el espectro de radiación natural, así como la eficiencia de conteo del equipo. En la Figura 1 se presenta un espectro de emisión gamma de una muestra de banano.

Niveles de intervención derivados

La presencia de cualquier material radiactivo en un alimento conlleva a una dosis de radiación

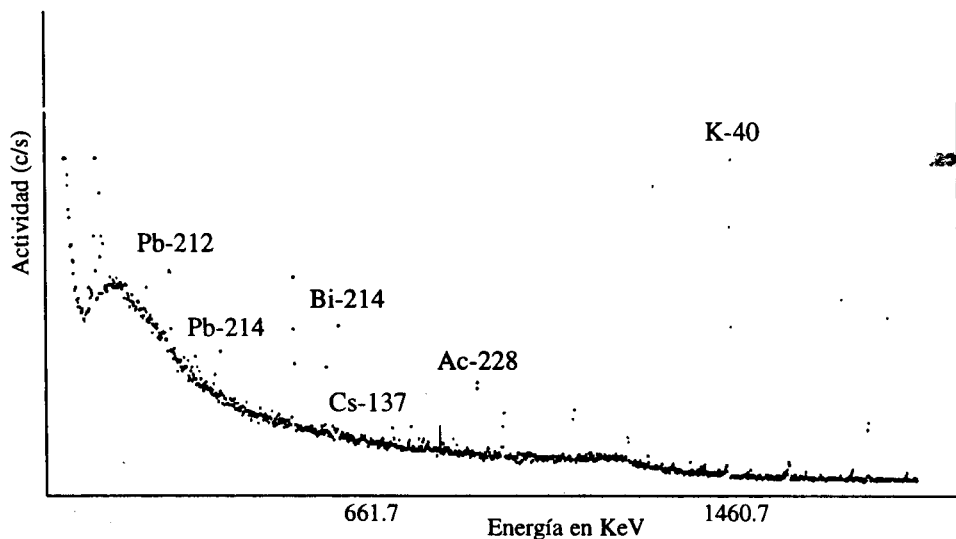


Fig. 1. Espectro de emisión gamma de una muestra de banano.

en el individuo. Esto obliga a limitar la cantidad de actividad específica que contiene un alimento, para así delimitar la dosis que recibirá. Las dosis de radiación que un individuo puede recibir están reglamentadas por las autoridades competentes en materia de protección radiológica de cada país. Para el público el límite de dosis efectiva no debe superar 1 mSv/año (ICRP 60 1991).

A partir de los sucesos desencadenados por el accidente de Chernobyl, los organismos internacionales han establecido los niveles de intervención derivados a partir de la dosis límite. Garantizándose que si un alimento contiene un valor por debajo del nivel de intervención derivado no se alcanzarán los límites de dosis.

El valor del nivel de intervención derivado (NID) para un isótopo en un determinado alimento, varía como una función inversa de la masa del alimento consumido y de la dosis por unidad de actividad ingerida, pero en relación directa con el nivel de dosis de referencia (NRD) (OMS 1989, IAEA 1986).

En símbolos:

$$NID = \frac{NRD}{md}, \quad (1)$$

donde,

[NRD:] nivel de referencia de dosis en Sv/a

[m:] masa del alimento consumida anualmente kg/a

[d:] factor de conversión en Sv/Bq

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) en su publicación No. 60 (ICRP 1991), establece el nivel de referencia de dosis en 1 mSv/a, que corresponde al valor límite de dosis efectiva para el público.

El cálculo del NID requiere conocer mediante encuestas el consumo del alimento o de los alimentos de interés.

En el Cuadro 1, la O.M.S. (1989) señala los valores medios de consumo máximo regional correspondientes a los grupos de alimentos que suelen consumirse en cantidades superiores a 20 kg/año.

En Costa Rica, la Encuesta Nacional de Consumo Aparente de 1991 (Meza y Rodríguez 1993) determinó que los pobladores consumían alrededor de 0.017 kg/día de banano. En 1996, el Ministerio de Salud (1998) realizó una nueva encuesta en la que encontraron que la media para bananos y plátanos es de 52.7 g/persona/día (19.2 kg/año).

El valor del NID no solo involucra la cantidad de un alimento ingerido, sino que también toma en cuenta el factor de conversión de dosis, el cual es propio para cada nucleido y a su vez, dependiente de la edad del consumidor.

En el Cuadro 2 se presentan los factores de conversión de dosis para algunos nucleidos de interés, tomando en cuenta la edad del consumidor (O.M.S. 1989).

En el Cuadro 3 la O.M.S. (1989) distingue 8 tipos de dieta según los países o zonas. Esta organización ha estimado que la dieta total del hombre corresponde a 550 kg/a.

RESULTADOS

Cs¹³⁷

En la Figura 2 se presentan los valores de las actividades medidas para Cs¹³⁷ en el período de estudio para un total de 80 muestras. Un 47%

Cuadro 1. Consumo máximo regional y consumo normalizado de alimentos (kg/año/ persona).

	Cereales	Raíces y tubérculos	Hortalizas	Fruta	Carne	Pescado	Leche
Máximo regional ^a	205	135	90	100	75	25	155
Normalizado	140	100	60	70	50	15	105

^a Se ha juzgado conveniente redondear las cifras.

Cuadro 2. Factores de dosis por unidad ingerida para varios radionucleidos según la edad (Sv/Bq)^a

Radionucleido	Niños de 1 año	Niños de 10 años	Adultos
Estroncio 90 ^b	1.1×10^{-7}	4.0×10^{-8}	3.6×10^{-8}
Yodo 131 ^c	1.2×10^{-6}	1.2×10^{-6}	2.0×10^{-8}
Cesio 137 ^b	1.1×10^{-8}	1.0×10^{-8}	1.3×10^{-8}
Plutonio 239 ^b	2.4×10^{-6}	1.4×10^{-6}	1.3×10^{-6}

^aValores provisionales adoptados en espera de que la CIPR se pronuncie al respecto.

^bEquivalente de dosis efectiva aprobado.

^cEquivalente de dosis aprobado para la tiroides.

Cuadro 3. Distribución del consumo de alimentos en los diferentes tipos de dieta (kg/año/persona).

Dieta	Cereales	Raíces y tubérculos	Hortalizas	Fruta	Carne	Pescado	Leche
Africana	127.4	134.8	25.9	45.2	16.8	15.0	28.9
C. América	113.2	46.0	38.8	9.6	42.3	18.7	8.2
China	171.1	85.8	85.2	5.5	15.0	8.9	1.9
Europa	121.1	72.7	86.7	81.4	75.3	20.2	154.9
Oriente	206.6	28.4	54.3	4.3	21.5	24.4	36.6
Mediterránea	188.8	19.3	91.6	101.5	30.4	8.4	74.3
N. Africa	161.9	20.0	63.4	6.9	24.0	7.3	77.2
Sudamérica	129.5	67.6	34.2	83.2	48.4	14.4	70.7

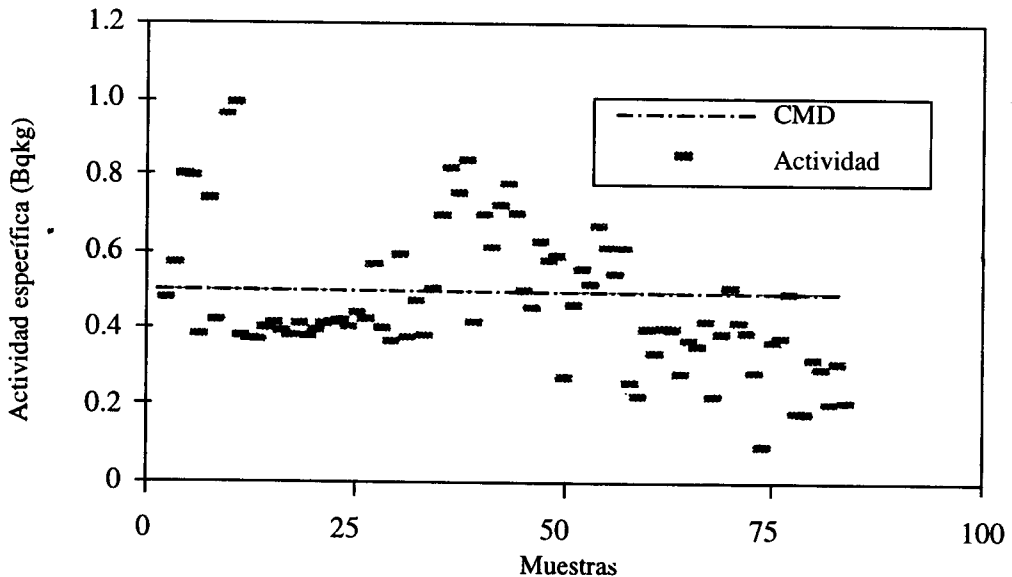


Fig. 2. Actividades específicas para Cs¹³⁷ en las muestras analizadas de banano en el período de 1996-1998.

presentan una actividad específica para Cs^{137} ligeramente mayor a 0.5 Bq/kg, valor máximo de la cantidad mínima detectable (CMD). El valor máximo de actividad encontrado para este isótopo corresponde a 1 Bq/kg.

Para encontrar el valor de NID (Bq/kg) correspondiente al banano, se tomará las siguientes premisas:

- Se asume según los datos del Ministerio de Salud (1998) una ingesta de banano máxima de 19.2 kg/año.
- El valor de conversión de dosis será el establecido por los organismos internacionales 1.3×10^{-8} Sv/Bq para Cs^{137} .
- Un nivel de dosis de 1 mSv correspondiente al valor límite de dosis efectiva para el público dictado por la CIPR en su publicación No.60.

El procedimiento completo para el cálculo del NID, ha sido descrito por los autores en varias publicaciones (Mora y Loría 1993, 1995 y 1997). Entonces de la ecuación (1) se obtiene que el NID para Cs^{137} tiene un valor de 4006 Bq/kg.

Este valor teórico encontrado es 4000 veces mayor al valor real máximo medido de Cs^{137} en las muestras de banano, lo que indica que el nivel de contaminación en la fruta con ese isótopo es casi inexistente.

K^{40}

En la Figura 3 se muestran los valores de las actividades medidas para K^{40} . La actividad específica promedio en la fruta corresponde a 109 ± 13 Bq/kg, con una cantidad mínima detectable de 8 Bq/kg.

De las relaciones teóricas para el cálculo de la actividad de K^{40} , se desprende que la fracción de K^{40} en 1 kg de K natural emite 28.4 MBq, por lo que, los 107 Bq medidos en promedio aportan a la dieta 3.8 g de K natural.

CONCLUSIONES

Para efectos de comercialización internacional, las Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación, del Organismo Internacional de Ener-

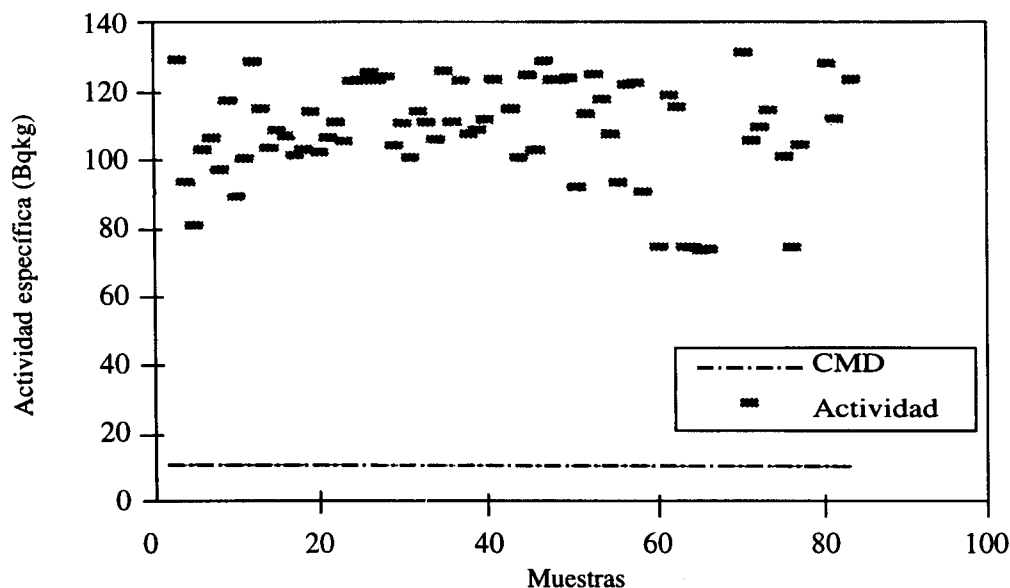


Fig. 3. Actividades específicas para K^{40} en las muestras analizadas de banano en el período 1996-1998.

gía Atómica en su publicación Series de Seguridad No.115 (IAEA 1996), adoptaron las recomendaciones de OMS en donde se establece como 1000 Bq/kg el nivel de actuación para productos alimenticios (Cesio). Por tanto, los niveles de contaminación en los bananos de exportación costarricense son despreciables para efectos comerciales.

Al contener 1 kg de banano, un total de 3.8 g de K, se encontró que el banano es una excelente fuente de K en la dieta diaria.

En 1968 (Mitchell 1968), se recomendaba una ingesta de K promedio de 0.8 a 1.3 g al día. Recientemente, se ha encontrado que una dieta saludable deber tener una relación 2:1 entre K y sodio para prevenir problemas de hipertensión en el individuo. Especialistas en nutrición del Instituto Costarricense de Investigación Enseñanza en la Nutrición y Salud (Dra. Arauz, comunicación personal), recomiendan una ingesta de sodio de 3 g, lo que llevaría a consumir 6 g de K diarios. Si la persona aumenta su ingesta de sodio deberá consecuentemente aumentar la de K. Los análisis realizados indicaron que en promedio cada banano tiene alrededor de 0.5 g de K, lo cual confirma el hecho de ser una de las principales fuentes alimenticias para obtener el consumo de K requerido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y al Organismo Internacional de Energía Atómica a través de los proyectos 112-95-570 y COS/02/004 denominados, Productos Agrícolas y Medio Ambiente.

LITERATURA CITADA

- IAEA. 1986. Derived intervention levels for application in controlling radiation doses to the public in the event of a nuclear accident or a radiological emergency: principles, procedures and data. Safety Series 81. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 1991. The International Chernobyl project: Technical Report. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 1996. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety Series 115. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP. 1991. Recommendations of the ICRP publication 60. International Commission on Radiological Protection. London. Pergamon Press.
- LORIA, L.G.; JIMENEZ, D. 1992. Cuantificación de la concentración de contaminantes radiactivos emisores gamma en la Península de Nicoya. Tecnología en Marcha 2(4):61-72.
- MEZA, N.; RODRIGUEZ, N. 1993. II Encuesta nacional sobre consumo aparente de alimentos: Análisis de tendencias en el consumo de alimentos, 1989-1991, Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- MINISTERIO DE SALUD. 1998. Encuesta nacional de nutrición 1996, Fascículo III, Módulo de consumo aparente de alimentos. Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- MITCHELL, H.; RYNBERGEN, H.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. 1968. Nutrición y dieta. Editorial Interamericana S.A. Mexico.
- MOBIUS, S. 1989. Key lectures: Determination of radionuclides in food and environmental samples. IAEA Interregional training course, Karlsruhe Nuclear Research Center, 17 October-11 November.
- MORA, P.; LORIA, L.G. 1993. Estudio preliminar sobre los niveles de intervención derivados en la dieta del costarricense. Ciencia y Tecnología 17(2):75-89.
- MORA, P.; LORIA, L.G. 1994. Specific activity and derived intervention levels for cesium -137 in Costa Rica export goods: tuna fish, coffee and powdered milk. Radiation Measurements 23(4):731-736.
- MORA, P.; LORIA, L.G. 1995. Derived intervention levels for the Costa Rica diet. Radiation Measurements 24(2):177-182.
- MORA, P.; SALAZAR, A. 1995. Niveles de radiactividad en tres regiones de Costa Rica. Ciencia y Tecnología 19(1-2):79-95.
- MORA, P.; SALAZAR, A. 1996. Natural radioactivity in soil samples in Costa Rica. Journal of Trace and Microprobe Techniques 14(4):727-738.
- MORA, P.; LORIA, G. 1997. Radioactive assessment of fish products marketed by Costa Rica. Journal Trace and Microprobe Techniques 15(3): 307-310.

- O.M.S. 1989. Niveles de intervención derivados para radionucleidos en los alimentos, normas aplicables en caso de contaminación radiactiva generalizada a consecuencia de un accidente nuclear grave. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- RAMACHANDRAN, T.; MISHRA, U. 1989. Measurements of natural radioactivity levels in indian foodstuffs by gamma spectrometry. *Appl. Radiat. Isot.* 40(8): 723-726.
- STEELE, A. 1990. Derived concentration factor for cesium-137 in edible species of north sea fish. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Directorate of Fisheries Research, Fisheries Laboratory, Lowestoft, Suffolk. NR33 OHT, UK. 21(12):271-277.
- UNSCEAR. 1985. La Radiación Ionizante: fuentes y efectos biológicos. Comité Científico de las Naciones Unidas, para el estudio de los efectos de las radiaciones atómicas, Naciones Unidas, New York.
- UNSCEAR. 1993. Sources and effects of low level radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations Publication. New York.