

Radionucleídos naturales y antropogénicos en el estuario del Golfo de Nicoya, Costa Rica

LUIS GUILLERMO LORÍA M¹, RICARDO JIMÉNEZ D, OMAR G. LIZANO.

Laboratorio de Física Nuclear Aplicada, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. 2.
Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, y Centro de Investigación Geofísicas,
Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica

(Recibido 20 de marzo 2002, aceptado 24 de mayo de 2002)

ABSTRACT

The activity of isotopes of the Uranium, and Thorium series (^{228}Ac , ^{212}Bi , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{214}Bi , ^{214}Pb) as well as ^{40}K and ^{137}Cs was monitored on sediment samples collected in the Gulf of Nicoya estuary (9 30 N 84 45 W), Pacific coast of Costa Rica, and using Low Level Gamma Spectrometry. Results show a high content (range 10 to 20 Bq/kg) of most radionuclides in those sites north of Tárcoles River mouth, inside the Gulf of Nicoya.

From the Tárcoles river mouth to the south, much lower quantities were detected (2 to 4 Bq/kg). Possible sources of such isotopes are natural ores, except in the ^{40}K case where an antropogenic origin, possible from agricultural activities along the river is likely to be the cause. Caesium in the sediments has its origin from the nuclear explosions.

1. Introducción

La radiactividad natural tiene su origen en:

1) Los rayos cósmicos que interactúan con los gases de las capas altas de la atmósfera dan lugar a los nucleídos cosmogénicos como el: ^{14}C , ^3H , ^{10}Be , ^{22}Na y ^{85}Kr (Dillman, 1969).

2) Los materiales geológicos que constituyen la corteza terrestre, es decir, los minerales y rocas que contienen radionucleídos primordiales que se formaron durante la nucleosíntesis, con un periodo de semi-desintegración suficientemente largo (Lang 1974, Holleman & Wilberg 1985, Eisenbund & Gesell 1997) para estar presentes en la Tierra, como el ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th y sus respectivos descendientes.

Los primeros se incorporan al medio marino directamente a través de la atmósfera y los segundos lo hacen arrastrados por los ríos una vez que los materiales de los que proceden han sido erosionados. Los mares como integrantes de la hidrósfera llevan incorporados estos radionucleídos.

Existen pocos datos estimados de la concentración de radionucleídos naturales en las Costas de Latinoamérica (Eisenbund & Gesell 1997), pero existe una extensa bibliografía de su variabilidad en varias zonas del planeta. En este trabajo se lleva a cabo el estudio de los radionucleídos naturales y artificiales, emisores gamma capaces de ser medidos con las técnicas instrumentales de

laboratorio, en sedimentos.

Los datos obtenidos se encuentran en un rango similar a los observados en el planeta y contribuyen a incrementar las bases de datos existentes en el mundo sobre este tema. En el caso particular de Costa Rica, en los últimos años se han realizado estudios en corales vivos y muertos, suelos y alimentos de la dieta humana (Loría *et al.* 1998, Mora & Salazar 1996, Mora & Loría 1997).

El objetivo del presente trabajo es estudiar la variabilidad de la concentración específica de los nucleídos descendientes de ^{238}U y ^{232}Th , así como también la variabilidad de la contaminación radiactiva antropogénica en el estuario del Golfo de Nicoya de Costa Rica. La determinación de la radiación de fondo natural en un ecosistema marino y en particular de su componente abiótico, es utilizada para estimar futuras contaminaciones o la dirección de corrientes marinas que contribuyen a su aumento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

I. Campaña de muestreo

Las muestras de sedimentos fueron recolectadas en un área de la costa comprendida entre las coordenadas 9° 30' y 10° de latitud Norte, y 84° 30' y 84° 45' de longitud Oeste. Se tomaron manualmente con una pala de polietileno, en una superficie de 1 m², y a una profundidad entre 5 y 10 cm, con el objeto de eliminar cualquier material presente en la

¹Corresponding author address: Laboratorio de Física Nuclear Aplicada, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: lloria@cariari.ucr.ac.cr

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

CUADRO I: Lista de las franjas costeras muestreadas.

Nombre ^{a)}	N/x ^{b)}	Latitud/Longitud	Cuenca Hidrográfica Km ²	Desembocadura
1. Sámará	1/1	-	-	-
2. Punta Puntarenas	2/1	10.17.55/85.44.00	-	-
3. Puntarenas	3/1	10.17.30/85.44.00	-	-
Pl. Boca de Baranca	-	-	-	-
Pl. Doña Ana	-	-	-	-
Pl. Pirata	-	-	-	-
4. Pl. Caldera	4/2	10.13.00/85.57.00	-	-
Pl. Coralillo	-	-	-	-
Pl. Terciopelo	-	-	-	-
Pl. Icaco	-	-	-	-
5. Pl. Tivives	5/2	10.07.30/85.59.00	5361.8	Jesús María
Pl. Bajamar	-	-	-	-
Pl. Carrizal	-	-	-	-
Pl. Higuierón Macho	-	-	-	-
Carrizal de Bajamar	-	-	-	-
6. Pl. Tárcoles	6/2	09.49.00/85.59.00	2173.6	Tárcoles
7. Pl. Azul	7/2	-	-	-
Punta Mala	-	-	-	-
8. Pl. La Pita	8/1	-	-	-
Pl. Las Agujas	-	-	-	-
9. Pl. Las Mantas	9/1	-	-	-
Punta Lecna	-	-	-	-
10. Pl. Blancas	10/2	-	-	-
Punta Sucia	-	-	-	-
Pl. Las Caletas	-	-	-	-
Punta Conejo	-	-	-	-
11. Bahía Herradura	11/7	09.40.00/84.63.00	-	-
12. Jacó	12/5	09.39.00/84.67.00	-	-
13. Pl. Hemmosa	13/4	09.38.00/84.70.00	-	-
Punta Judas	-	-	-	-

a) Pl.: abreviación de Playa;
b) el código de lectura está dado como N / x: N: número de la franja costera muestreada, x: número de la muestra a lo largo de la costa considerada de norte hacia sur.

superficie. Los puntos de muestreo se enlistan en el Cuadro 1.

II. Pretratamiento

Las muestras fueron pesadas y desecadas a 60 °C en un horno (Fisher-USA) a una temperatura límite de (60±1) °C para evitar la pérdida de radionucleídos volátiles.

Una vez desecadas las muestras fueron pulverizadas con un mortero de ágata y tamizadas a través de un tamiz de malla 0,5 mm. Los sedimentos fueron traspasados a un recipiente Marinelli cuyo volumen es de 500 cm³. Las muestras fueron selladas herméticamente para evitar su degradación, deterioro y contaminación y guardadas durante 25 días para que se alcance el equilibrio del ²²⁶Ra con sus descendientes.

III. Medición

La concentración de la actividad de los radionucleídos existentes en la muestra ha sido determinada mediante recuento por espectrometría gamma de bajo nivel (Loría & Jiménez 1992, Loría *et al.* 1998) . Se ha utilizado un detector de germanio-hiperpuro conectado a un Multicanal de la marca Canberra con su electrónica asociada. El tiempo de recuento fue de 60 000 segundos. La calibración de los equipos se ha realizado con un patrón a pastilla, en tanto que la eficiencia se determinó con un patrón dispersado sobre una matriz semejante a los sedimentos.

La incertidumbre de la actividad específica de cada isótopo presente en la muestra se calcula a través del programa de análisis Gennie PC de Canberra tomando en cuenta las incertidumbres de la masa de la muestra, el tiempo de conteo, el semi-período de cada nucleido, espectro de radiación de fondo, de energía de emisión y de la eficiencia de conteo del equipo. La cantidad mínima detectable (CMD) depende del valor de la radiación de fondo en la región de emisión de cada nucleido así como de la masa de la muestra,

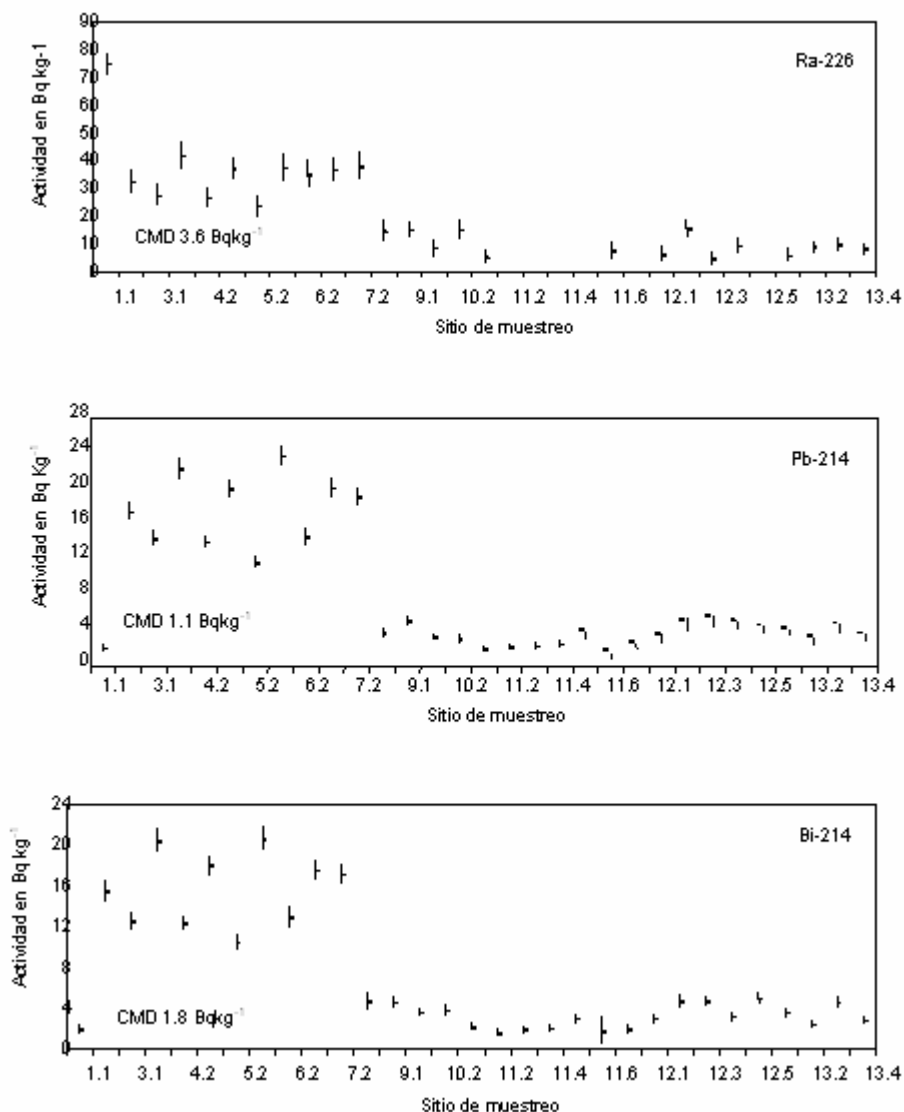


Fig. 1. Actividad específica de las hijas de ²³⁸U como función del sitio de muestreo

y varía entre 0,1 y 4 Bq/kg.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran en las Figs. 1 a 8 en las que se presenta un resumen de la actividad medida para cada nucleído en función del sitio de muestreo. Los sitios de muestreo se han ordenado según su posición geográfica a partir de la parte interior del Golfo, como se detalla en el Cuadro 1. Nótese que el eje horizontal de cada figura no guarda relación con las distancias reales entre los sitios. En general se puede notar que existe una dependencia en la concentración de los radionucleídos muestreados en función de la posición geográfica, siendo esta relativamente alta alrededor del Golfo.

4. CONCLUSION

El río Grande de Tárcoles provee la mayor descarga de agua dulce al Golfo de Nicoya (Voorhis *et al.* 1983) La pluma del río es manejada hacia adentro y hacia afuera del Golfo, co-oscilantemente con la marea entrando y saliendo al Golfo. Las corrientes residuales calculadas (Voorhis *et al.* 1983), señalan una estratificación de este flujo hacia afuera y hacia adentro del Golfo según la estación. La aplicación de un modelo numérico muestra este mismo patrón en la circulación según el ciclo de marea (Klemas *et al.* 1983) como se mostró con las imágenes de satélites, ya que la pluma del Río Tárcoles puede extenderse hacia el norte hasta Punta Loros (12 km. de la desembocadura) y hacia el sur hasta Punta Leona (10 km. de la desembocadura), distribuida según los recientes ciclos de mareas.

Las características batimétricas sobre este lado del

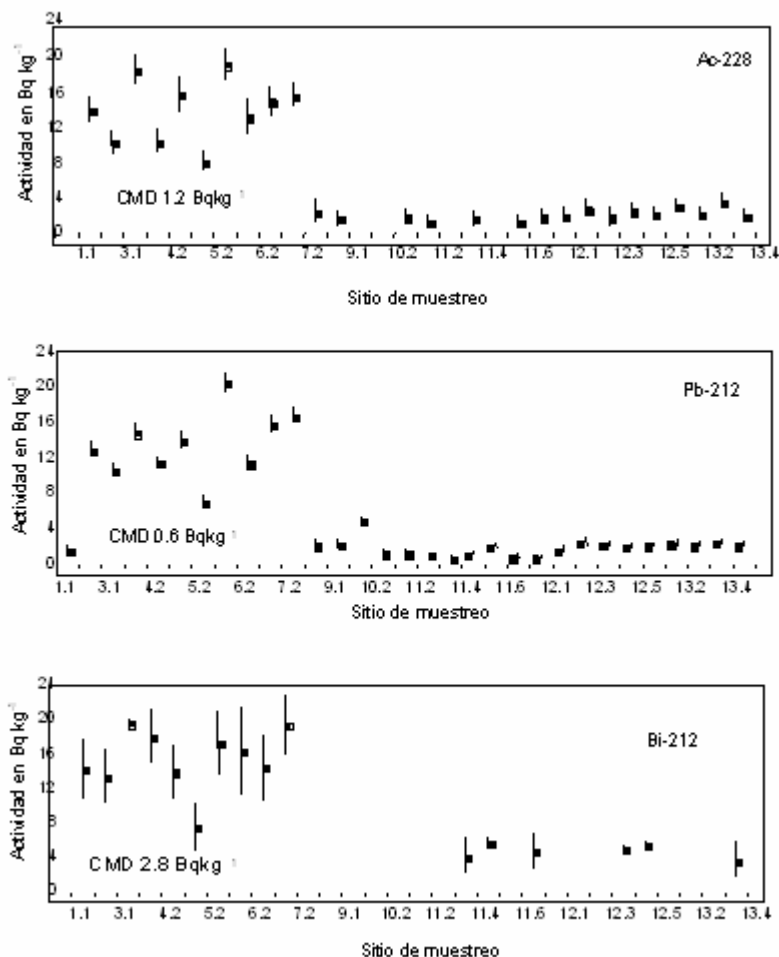


Fig.2. Actividad específica de las hijas de ²³²Th como una función del sitio de muestreo.

golfo y la dirección predominante del oleaje (sur, sudoeste), adicionalmente promueven un transporte hacia el interior por acción de las olas.

Este estudio también muestra que la morfología hacia el sur de la desembocadura del río pareciera ser una barrera para el transporte de partículas, donde Punta Leona y Punta Sucia parecen ser el límite sur, como también lo encontró Voorhis (Voorhis *et al.* 1983). Condiciones más oceánicas (mar abierto) se dan a partir de estas puntas, donde las corrientes y el mayor oleaje actúan como difusores de cualquier sustancia vertida al golfo. Estas características dinámicas del golfo pueden inferirse de estos resultados donde es evidente la menor concentración de elementos a partir de Playa Herradura y hacia Playa Hermosa.

Estas consideraciones están en completo acuerdo con la discontinuidad que se muestra para todos los isótopos estudiados en la vecindad de la desembocadura del Tárcoles.

Durante la estación lluviosa, y luego de importantes descargas del Río Grande de Tárcoles, se puede observar gran cantidad de desechos plásticos a lo largo de sus playas vecinas, inclusive hasta la punta en la Ciudad de Puntarenas,

cuya fuente sin duda, es producto de los desechos de la actividad antropogénica a lo largo de la cuenca del Tárcoles. De allí que actualmente el principal contribuyente a la pérdida de la capa es el área metropolitana alrededor de San José. Entre los mecanismos de este lavado se tiene: deforestación, la agricultura y redistribución de tierras. Esto demuestra un alcance más allá de lo que podríamos detectar por concentración de sedimentos en la pluma del río. En resumen, las más altas concentraciones en los elementos que muestran las Figs. 1 a 8 frente al Río Grande de Tárcoles indican que este río es la mayor fuente de descarga de estos elementos. Adicionalmente, la mayor concentración de los mismos hacia la derecha de la desembocadura del río es un indicativo de un transporte residual de corrientes en esa dirección. Aunque el análisis de imágenes del satélite LANDSAT que se realizó (Voorhis *et al.* 1983) frente a la desembocadura de este río indican corrientes hacia el interior del golfo mientras la marea sube y hacia el exterior del golfo cuando la marea baja, las imágenes también muestran que las concentraciones de los sedimentos en suspensión son mayores hacia el interior, a la derecha de la desembocadura.

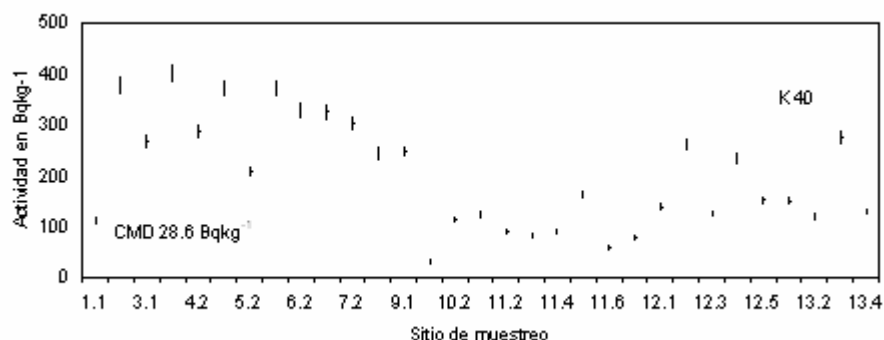


Fig. 3: Actividad específica del ⁴⁰K como una función del sitio de muestreo.

Los resultados de este estudio muestran que el Río Grande de Tárcoles no sólo es fuente de gran cantidad de basura proveniente del Valle Central, sino también de cantidades significativas de isótopos radiactivos naturales. Estos isótopos actúan como trazadores de contaminación antropogénica y ayudan a poner en evidencia que la dinámica de las corrientes residuales predominantes en la parte externa del golfo es hacia el interior por el borde este, frente al Río Grande de Tárcoles.

Debe indicarse que las actividades medidas, a excepción del caso del ⁴⁰K, no exceden los valores promedio mundiales reportados en la literatura especializada.

Si bien a nivel antropogénico, tanto el proceso de la producción de sal como el uso del potasio en detergentes, son fuentes potenciales para la presencia de ⁴⁰K en estas regiones se están realizando estudios adicionales para identificar la fuente de estos isótopos y determinar el impacto adicional que sobre la biodiversidad del golfo están causando estas altas concentraciones hacia el interior del golfo.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores dejamos patente nuestro agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por el apoyo recibido a través del proyecto 112-95-563, y a la Agencia Internacional de Energía Atómica a través del Convenio Bilateral Cos 2/004. A Mauricio Badilla y a Fresia Alvarado por su cooperación en el análisis instrumental de las muestras. Nuestro agradecimiento a los revisores por sus valiosos comentarios y sugerencias

RESUMEN

Usando la técnica de Espectroscopía Gama de Bajo Nivel se monitoreó la actividad de varios isótopos de las series de Uranio y de Torio, así como el ⁴⁰K y el ¹³⁷Cs, en muestras obtenidas en la línea costera del Pacífico Central. Los resultados muestran un mayor contenido de los mismos en aquellos sitios ubicados de la desembocadura del Río Grande de Tárcoles hacia el Golfo de Nicoya. De ese punto hacia Punta Sucia se detectaron actividades mucho menores, como se esperaba. Las posibles fuentes de tales isótopos son menos naturales, excepto en el caso de ⁴⁰K y ¹³⁷Cs, donde fuentes antropogénicas, posiblemente de actividades agrícolas a lo largo del cauce son consideradas como la causa para el primero y las explosiones nucleares para el segundo.

5. REFERENCIAS

- Eisenbud, M. & T. Gesell. 1997. Environmental Radioactivity from Natural, Industrial, and Military Sources; Academ Press, Boston.
- Dillman, N. (1969) Scattered energy Spectrum
- Holleman, A.F. y N. Wiberg. 1985. Lehrbuch der Anorganischen Chemie, ed. Walter De Gruyter Lehrbuch, Berlin.
- Klemas, V., S. G. Acklenson, M.M. Murillo & J.A. Vargas. 1983. Water Quality Assessment of the Gulf of Nicoya, Costa Rica. In Progress report of the 1980-1981. International Sea Grant Program. University of Delaware, College of Marine Studies, Newark. 96 p.
- Lang, K.R. 1974. Astrophysical Formulae. Springer Verlag, Heidelberg-Berlin. 509 p.
- Loria, L.G. & R. Jiménez. 1992. Cuantificación de la concentración de elementos naturales y contaminantes radiactivos emisores gamma en suelos de la Península de Nicoya, Guanacaste, utilizando la técnica de conteo de bajo nivel. Tecnología Marcha 11: 61-72.
- Loria, L.G. & P. Mora. 1994. Specific activity and derived intervention levels of Cesium 137 in Costa Rica export goods: fish, coffee and powdered milk. Radiat. Meas. 23: 731-736.
- Loria, L.G., A. Banichevich A. & J. Cortés. 1998. Estudio preliminar sobre la presencia de radionucleidos en corales de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46 (Suppl. 5): 81-90.
- Mora, P. & A. Salazar. 1996. Natural radioactivity in soil samples in Costa Rica. J. Trace Microprobe Tech. 14: 727-738.
- Mora, P. & L.G. Loria. 1997. Radioactive assessment of fish products market by Costa Rica. J. Traces Microprobe Tech. 15: 307-310.
- Voorhis, A.D., C.F. Epifanio, D. Maurer, A.I. Dittel & J.A. Vargas 1983. The estuarine character of Gulf of Nicoya, an embayment on the Pacific coast of Central America. Hydrobiol. 99: 225-237.