

Radiactividad natural en la zona costera del departamento de Rocha, Uruguay

Natural radioactivity in Rocha coast zone, Uruguay

Ana Noguera^{1,2, *}, Heinkel Bentos Pereira^{1,3}, Laura Fornaro^{1,4}

Palabras clave: yacimiento de arenas negras, ²³⁸U, ²³²Th

Keywords: black sand ores, ²³⁸U, ²³²Th

ABSTRACT

The Uruguayan east coast shows an important heterogeneity of habitats including sand dunes, sea, underground and ground water with a wide diversity of flora and fauna. The area also has several mineral resources, which include black sand ores, with 7 million tons of heavy minerals evaluated in the Aguas Dulces-Valizas area. Black sand ores are composed by several minerals which include 0.6 % of monazite. Thus, all radionuclides belonging to the ²³⁸U and ²³²Th series are present. In order to evaluate the transfer of natural radioactive contamination from sand to other compartment, the gross alpha and beta activity was measured using a Analyzing miniscaler Ratemeter model PRS-5/STB-3 in sand, underground water and vegetation (*Hydrocotyle bonariensis* Lamarck) from Valizas beach (34° 20' 31.42" S y 53° 47' 19.47" O). All samples were pre-treated: the sand was dried, the water were acidified with HNO₃ and cooled to 4° C for conservation and then dried, the vegetation was calcinated and the ash was measured. Standards ²³⁸U and ²³²Th (IAEA RGU-1, RGTh-1) was also measured. From the specific activity and the obtained transfer coefficients, we can conclude that natural radioactive contaminants move from the sand to other compartments. The sand-to-plant (*H. bonariensis*) transfer coefficient is the highest; but is in the range reported in the literature. Underground fresh water value is below the intervention level for drinking water (0.55Bq.l⁻¹).

RESUMO

La costa este uruguaya posee una gran heterogeneidad de hábitats como ser dunas, mar, ríos, arroyos y aguas subterráneas, que portan una inmensa variedad de fauna y flora. En dicha área están presentes además recursos minerales, los cuales incluyen yacimientos de arenas negras, con 7 millones de toneladas de metales pesados evaluados en el área de Aguas Dulces – Valizas. Estos yacimientos están compuestos entre otros minerales por 0.6 % of monacita. Como resultado están presentes todos los radionucleidos pertenecientes a la serie del ²³⁸U y del ²³²Th series.

A los efectos de evaluar la transferencia de la contaminación radiactiva natural desde arena a otros compartimentos la actividad total alfa y beta fue determinada utilizando Analyzing miniscaler Ratemeter modelo PRS-5/STB-3, para arena, aguas subterráneas y vegetación (*Hydrocotyle bonariensis* Lamarck) del Balneario Valizas (34° 20' 31.42" S y 53° 47' 19.47" O). Todas las muestras fueron previamente tratadas, las muestras de arena fueron secadas, las aguas tratadas con HNO₃, mantenidas a 4 ° para su conservación y llevadas a sequedad, finalmente los vegetales fueron calcinados y las cenizas medidas. Fueron utilizados patrones de ²³⁸U y ²³²Th (IAEA RGU-1, RGTh-1). De las actividades específicas y de los coeficientes de transferencia obtenidos podemos concluir que los contaminantes radiactivos naturales migran de la arena a otros compartimentos. El coeficiente de transferencia de arena a *H. bonariensis* es el más elevado y está de acuerdo a los resultados previamente reportados en la literatura. Los valores obtenidos para aguas subterráneas están por debajo del límite de intervención determinado para agua potable (0.55 Bq.l⁻¹).

¹ Centro Universitario de la Región Este (CURE), Universidad de La República, Rocha, Uruguay

² Asistente, Grado 2, Estudiante de Doctorado

³ Técnico en Instrumentación. E-mail: yandinoca@gmail.com,

⁴ Profesor Titular, Grado 5. Director de Tesis. E-mail: lfornaro@gmail.com

* Autor de correspondencia: Teléfono +59844729507. E-mail: anlianoguera@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Desde una óptica ambiental, el departamento de Rocha presenta una gran variedad de hábitats y ecosistemas acuíferos, cuya biodiversidad incluye una enorme riqueza florística, más de 300 especies de pájaros y mamíferos, aparte de la riqueza de sus aguas costeras (www.probides.gub.uy).

Esta riqueza determina que la región, y el país, deban tomar acciones de conservación y protección de tan particular ambiente y, a su vez, un alto potencial productivo. Pero además, desde una óptica atenta a las riquezas minerales del departamento de Rocha, se constata la existencia de los mayores yacimientos de arenas negras del país, con aproximadamente 7 millones de toneladas de minerales pesados evaluadas en la zona de Aguas Dulces, con 50% de ilmenita, 20% de magnetita, 5% de circón, 1% de rutilo y 0.6 % de monacita, la que a su vez contiene 4.75% de óxido de torio y 0.18% de óxido de uranio, así como otros depósitos también con torio y uranio (Bossi, 1978; DINAMIGE, 2002; Ferrando et al., 2003). Todos estos yacimientos, más allá de los potenciales beneficios económicos de su posible explotación, poseen actividad radiactiva debido a su contenido en torio y uranio y en los demás isótopos de sus series radioactivas naturales. El estudio de los niveles de dosis ambientales, de la contaminación debida a estos elementos en los diferentes componentes de los ciclos vitales, de los productos alimenticios con ellos elaborados, y otros, debe formar parte del conocimiento ambiental del departamento y de la región. No obstante, no se ha hecho aún un relevamiento sistemático, ni un estudio compartimental de la dispersión de dicha actividad en los diferentes reservorios. Se debe señalar que la existencia de yacimientos de arenas negras, así como de otros minerales con contenido de Uranio y Thorio no es privativa de Uruguay (Anagnostakis et al., 2005; Gegner & Irlweck., 2005; Realo & Realo, 2005; Landa, 2007; Charette et

al., 2008; Masarik, 2009; Salles Paschoa, 2010). Estudios similares se han realizado en diversos países por ejemplo, en arena se ha estudiado la contaminación radioactiva en Brasil (Veiga et al., 2006), y en agua se ha determinado la actividad alfa y beta total en España (Gómez Escobar, 1996), e Italia (Desideri et al., 2007; Forte et al., 2007).

En este trabajo se realizó un estudio preliminar de la actividad alfa y beta total para arena, aguas subterráneas y vegetación (*Hydrocotyle bonariensis* Lamarck) del Balneario Valizas (34° 20' 31.42" S y 53° 47' 19.47" O), balneario ubicado en la zona de reporte de yacimiento de arenas negras, en el departamento de Rocha, Uruguay. Asimismo se estudiaron los coeficientes de transferencia de actividad desde la arena hacia las aguas subterráneas y a *H. bonariensis*.

METODOLOGÍA

Muestras de arena negra, aguas subterráneas -perteneciente a un acuífero en sedimentos consolidados y no consolidado con porosidad intersticial y alta a media posibilidad de agua subterránea (DINAMIGE, 2003) - e *H. bonariensis* del Balneario Valizas, fueron tomadas de acuerdo a las recomendaciones de HASL 300 (EML Laboratory, 1997), entre los meses de diciembre de 2010 y febrero de 2011. En la Figura 1 se puede apreciar un mapa del área de muestreo.

Las muestras (10 réplicas) fueron tratadas previamente a su determinación, para ello las muestras de arena fueron secadas a 500°C por 24 horas, las muestras de agua fueron acidificadas con HNO₃ para su estabilización y mantenidas a 4°C para su conservación; luego fueron evaporadas hasta sequedad y las muestras de *H. bonariensis* fueron calcinadas a 500°C por 24 horas. Para todas las muestras se prepararon patrones de ²³⁸U y ²³²Th con el fin de determinar la eficiencia del detector, utilizando los siguientes estándares IAEA RGU-1 y IAEA



Figura 1. Mapa correspondiente al Balneario Valizas ($34^{\circ} 20' 31.42''$ S y $53^{\circ} 47' 19.47''$ oeste), área de estudio. Fuente: Google map (2012)

Figure 1. Valizas resort map ($34^{\circ} 20' 31.42''$ S and $53^{\circ} 47' 19.47''$ W), the study area Source: Google map (2012)

RGTh-1. Todas las muestras, los patrones y la actividad de fondo fueron medidas en un Analyzing miniscaler Ratemeter modelo PRS-5/STB-3, realizando 25 medidas de 5940 segundos. Se calcularon los coeficientes de transferencia (TF) arena- *H. Bonariensis* definido como la relación entre la actividad específica en *H. bonariensis* ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$) y la actividad específica en arena ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$) y los coeficientes de transferencia (TF) arena – agua subterránea como la actividad específica en agua ($\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$) y la actividad específica en arena ($\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para actividad específica y los respectivos a los coeficientes

de transferencias se muestran en la Tabla 1. A los efectos de obtener la actividad específica para las muestras de agua se realizaron los cálculos correspondientes a partir de la actividad específica del residuo sólido. Los resultados obtenidos muestran que existe transferencia de Radionucleidos de la arena a las aguas subterráneas y a *H. bonariensis*.

Los valores obtenidos para las aguas subterráneas están siempre por debajo del límite máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud $0.55 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ (WHO, 2008). Este dato es de gran trascendencia debido a que gran parte de la población local utiliza las aguas subterráneas como fuente de agua potable. El coeficiente de transferencia para *H. bonariensis* está en el orden de los reportados en literatura

	Arena	Agua subterránea	<i>Hydrocotile bonariensis</i>
Actividad específica:			
Punto 1 (Bq.g ⁻¹)	(59 ± 7) x 10 ⁻²	(120 ± 43)	(14 ± 5) x 10 ⁻³ (14 ± 6) x 10 ⁻³
Punto 2 (Bq.g ⁻¹)	(52 ± 6) x 10 ⁻²	(127 ± 42)	(12 ± 7) x 10 ⁻³ (11 ± 8) x 10 ⁻³
Punto 3 (Bq.g ⁻¹)	(46 ± 5) x 10 ⁻²	(125 ± 23)	(10 ± 8) x 10 ⁻³ (13 ± 8) x 10 ⁻³
Punto 4 (Bq.g ⁻¹)	(38 ± 6) x 10 ⁻²	(120 ± 32)	(10 ± 8) x 10 ⁻³ (11 ± 9) x 10 ⁻³
Punto 5 (Bq.g ⁻¹)	(35 ± 5) x 10 ⁻²	(112 ± 31)	(11 ± 9) x 10 ⁻³ (10 ± 8) x 10 ⁻³
Punto 6 (Bq.g ⁻¹)	(32 ± 4) x 10 ⁻²	(110 ± 33)	
Punto 7 (Bq.g ⁻¹)	(22 ± 3) x 10 ⁻²	(96 ± 28)	
Punto 8 (Bq.g ⁻¹)	(20 ± 5) x 10 ⁻²	(95 ± 27)	
Punto 9 (Bq.g ⁻¹)	(21 ± 4) x 10 ⁻²	(95 ± 22)	
Punto 10 (Bq.g ⁻¹)	(23 ± 2) x 10 ⁻²	(94 ± 20)	
Actividad específica promedio (Bq.g ⁻¹)	(35 ± 5) x 10 ⁻²	(110 ± 28)	(12 ± 8) x 10 ⁻³
Actividad específica promedio (Bq.l ⁻¹)		(11 ± 3) x 10 ⁻²	
Coefficiente de transferencia		3.1 x 10 ⁻⁴	3.3 x 10 ⁻²

Tabla 1. Actividades específicas en los diferentes puntos de muestreo y el promedio de actividades específicas para arena, agua subterránea e *Hydrocotile bonariensis* y coeficientes de transferencia.

Table 1. Specific activities at sampling points. Mean specific activities for sand, ground water and *Hydrocotile bonariensis*, and transference coefficients.

para diversos vegetales (Vandenhove et al., 2009). Los resultados obtenidos hasta el momento son promisorios y por lo tanto el trabajo futuro estará enfocado en realizar más determinaciones de la contaminación radiactiva natural así como en la identificación de los Radionucleidos presentes, su especiación y su transferencia a los demás compartimentos

CONCLUSIONES

De los valores obtenidos de actividad específica y de los coeficientes de transferencia, podemos concluir que existe transferencia de contaminantes radiactivos naturales desde la arena a las aguas subterráneas y a *H. bonariensis*. Los resultados muestran que las aguas subterráneas del Balneario Valizas presentan actividad alfa y beta total siempre por debajo de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anagnostakis MJ, Hinis EP & Simopoulos SE. 2005. ^{238}U and its daughter products in Greek surface soils. P 175-186 En: McLaughlin JP, Simopoulos SE & Steinhäusler F (ed) *The natural radiation environment VII. Radioactivity in the Environment*, Elsevier, The Netherlands, 7
- Bossi J. 1978. Recursos Minerales Industriales. P 263-276 En: Aljanti D (ed) *Recursos Minerales del Uruguay*. Montevideo, Uruguay
- Charette MA, Moore WS & Burnett WC. 2008. Uranium – and thorium –series nuclides as tracers of submarine groundwater discharge. P 155-191 En: Krishnaswami S & Kirk J (ed) *U-Th series nuclides in aquatic systems, Radioactivity in the Environment*. Elsevier, the Netherlands,13
- Desideri D, Meli M, Feduzi L, Roselli C, Rongoni A & Saetta. 2007. ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{210}Po concentrations of bottled mineral waters in Italy and their dose contribution. *Journal of Environmental Radioactivity*, 94: 86-97
- DINAMIGE. 2002. *Estudio geológico minero del depósito de arenas negras de Aguas Dulces, Departamento de Rocha*. Dirección Nacional de Minería y Geología, división geología, Uruguay, Setiembre de 2002: 3-39
- DINAMIGE. 2003. *Mapa Hidrológico del Uruguay*. Dirección Nacional de Minería y Geología, Uruguay
- EML Laboratory. 1997. Quality Assurance. P1-25 En: *Procedures Manual HASL-300 28th Edition*, NewYork, USA
- Ferrando L, Bossi J, Maldonado S, Schipilov A & Campal N. 2003. Evaluación de reservas de arenas negras en Aguas Dulces, Departamento de Rocha, Uruguay. *Revista Uruguaya de Geología*, 10: 15-28
- Forte M, Rusconi R, Cazzaniga MT & Sgorbati G. 2007. The measurement of radioactivity in Italian drinking waters. *Microchemical Journal*, 85: 98-102
- Gegner M & Irlweck K. 2005. Uranium concentrations and isotopic ratios in Australian drinking waters. P 135-139 En: McLaughlin JP, Simopoulos SE & Steinhäusler F (ed) *The natural radiation environment VII. Radioactivity in the Environment*, Elsevier, The Netherlands, 7

- Google Earth. 2012. Inav Geosistemas SRL, 2012 Maplink/Teleatlas, US Dept of State Geographer
- Gomez Escobar V, Vera Tome F & Martin Sanchez A. 1996. Gross Alpha- and Beta-Activities in Rainwater and Airborne Particulate Samples. Influence of Rainfall and Radon. *Journal of Environmental Radioactivity*, 31 (3): 273-285
- Landa E. 2007. Naturally occurring radionuclides from industrial sources: characteristics and fate in the environment. P 211-238 En: Shaw G (ed) *Radioactivity in the Terrestrial Environment. Radioactivity in the environment*, Elsevier, The Netherlands, 10
- Masarik J, 2009. Origin and Distribution of Radionuclides in the Continental Environment. P 1-8 En: Froehlich (ed) *Tracers and Timers of Terrestrial Processes. Radioactivity in the Environment*, Elsevier, the Netherlands, 16
- Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este, PROBIDES, Rocha, Uruguay. www.probides.org.uy
- Realo E & Realo K. 2005. Natural radionuclides in radium-rich soils in North -East Estonia. P 140-149 En: McLaughlin JP, Simpoulos SE & Steinhaüsler F (ed) *The natural radiation environment VII. Radioactivity in the Environment*, Elsevier, The Netherlands, 7
- Salles Paschoa A & Steinhausler F. 2010. Terrestrial, atmospheric and aquatic natural radioactivity. P 29-86 En: Salles Paschoa A & Steinhausler F (ed) *TENR - Technologically Enhanced Natural Radiation. Radioactivity in the Environment*, Elsevier, The Netherlands, 17
- Vandenhove H, Olydlaegers G, Sanzharova N, Shubina O, Reed E, Shang Z & Velasco H. 2009. Proposal for new best estimates of the soil-to-plant transfer factor of U, Th, Ra, Pb and Po. *Journal of Environmental Radioactivity* 100: 721-732
- Veiga R, Sanches N, Anjos RM, Macario K, Bastos J, Iguatemy M, Aguiar JG, Santos AMA, Mosquera B, Carvalho C, Baptista Filho M & Umisedo NK. 2006. Measurement of natural radioactivity in Brazilian beach sands. *Radiation Measurements* 41(2): 189-196
- WHO (World Health Organization). 2008. Radiological aspect. P 197-209 En: *Guidelines for Drinking Water Quality. Recommendations*. Third ed, Geneva. 1