

Presencia de Uranio en el río Chuvíscar, Estado de Chihuahua, México

María de Lourdes Villalba¹, Luis Humberto Colmenero-Sujo^{2,3}, María Elena Montero-Cabrera², Guillermo Manjón⁴, Rafael Chávez-Aguirre¹, Miguel Royo-Ochoa¹ y Adán Pinales-Munguía¹

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua
Apartado Postal 1528 "C". Ciudad Universitaria, Chihuahua, Chih., México 31160

² Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV),
Av. Miguel de Cervantes Saavedra 120. Chihuahua, Chih., México 31109

³ Instituto Tecnológico de Chihuahua II (ITECH II)
Av. Industrial 11101. Complejo Industrial Chihuahua. Chihuahua, Chih., México

⁴ Universidad de Sevilla. Departamento de Física Aplicada I. E.U.I.T.A. Carretera de Utrera km.1. 41013-Sevilla, Spain. ³ Universidad de Sevilla. Departamento de Física Aplicada II. E.T.S.A. Av. Reina Mercedes 2, 41012-Sevilla, Spain. (FAMN).

E-mail: mvillalb@uach.mx, luis.colmenero@cimav.edu.mx, elena.montero@cimav.edu.mx, manjon@cica.es, rchavez@uach.mx, mroyo@uach.mx, apinale@uach.mx

RESUMEN

En el estado de Chihuahua se encuentran numerosas localidades con anomalías de minerales radiactivos distribuidos en su territorio. Es por ello que se inició el estudio de la influencia de algunas de ellas en la concentración de uranio en las aguas del río Chuvíscar, cercano a Ciudad Aldama, Chihuahua, localizada 50 km al sur del distrito uranífero más importante del país, Peña Blanca. En las inmediaciones de esta ciudad se instaló durante la época del desarrollo del distrito, una planta de procesamiento de mineral de uranio de la Comisión Nacional de Energía Nuclear - URAMEX. Para la determinación del contenido de uranio en las muestras del río Chuvíscar se empleó el método radioquímico de extracción solvente con tributilfosfato. La medida de la actividad de los isótopos de uranio se realizó mediante espectrometría alfa con detectores tipo PIPS. Los resultados obtenidos indican que el contenido de uranio en disolución se encuentra por encima de los niveles típicos en aguas naturales. Los valores de la relación de la actividad entre isótopos $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ muestran un fuerte desequilibrio entre ambos isótopos, muy por encima de los valores característicos del agua (1.2 - 1.5).

Palabras clave: Uranio, radiactividad, agua

ABSTRACT

In the state of Chihuahua there can be found numerous localities with radioactive minerals anomalies distributed over the territory. For that reason we started a study to know how some localities influence in the concentration of uranium in the water of the Chuvíscar river, near to Aldama City, Chihuahua. The city is located about 50 km south of Peña Blanca, which is the most important uranium-mining district of the country. In the vicinity of the Aldama City, the Comisión Nacional de Energía Nuclear - URAMEX, also installed a processing plant of uranium minerals. We used a radiochemical method of solvent extraction with tributyl phosphate to determine the content of uranium in the samples from Chuvíscar River. The activity of the uranium isotopes was done by alpha spectrometry by using PIPS type detectors. We observed that dissolved uranium content is above the typical levels for natural waters. The values of the relation $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ show a strong imbalance between both isotopes and far beyond the characteristic values for water (1.2 - 1.5).

Key words: Uranium, radioactivity, water

Cita: Villalba, M., L., Colmenero-Sujo, L. H., Montero-Cabrera, M.E., Manjón, G., Chávez-Aguirre, R., Royo-Ochoa, M. y Pinales-Munguía, A., 2005, Presencia de Uranio en el río Chuvíscar, Estado de Chihuahua, México, GEOS, Vol. 25, No. 2.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la presencia y dispersión de radionúclidos naturales en el medio ambiente adquiere cada día más importancia. En concreto, las cadenas naturales del ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th , proveen de un conjunto de radionúclidos de amplio rango de semivida (Martínez, 1989), cuya evolución en los distintos compartimientos naturales enseña sobre el comportamiento del medio ambiente (Villalba *et al.*, 2001).

En el estado de Chihuahua se encuentran más de 50 yacimientos uraníferos distribuidos a lo largo y ancho de la entidad (Montero *et al.*, 2000). Es por ello que se inició el estudio de la influencia de los yacimientos en la concentración de uranio en el agua del río Chuvíscar, el cual se encuentra cercano a ciudad Aldama, Chihuahua, localizada a aproximadamente 50 km al sur del distrito más importante del país, Peña Blanca. En las inmediaciones de esta ciudad se instaló, durante la época del desarrollo del distrito, una planta de procesamiento del mineral de uranio de la Comisión Nacional de Energía Nuclear - URAMEX (Colmenero *et al.*, 2004).

El área del río Chuvíscar se ubica fisiográficamente en la porción occidental de la provincia Sierras y Valles (Raisz, 1959), caracterizada por la

presencia de extensos valles aluviales de origen tectónico, sobre los cuales sobresalen notables bloques montañosos calcáreos paralelos y fallados, que constituyen sierras extremadamente alargadas, de rumbo NNO – SSE, cuyos flancos presentan casi siempre un relieve escarpado.

La provincia de Sierras y Valles pasa transicionalmente hacia el oeste a la provincia de la Sierra Madre Occidental, de tal manera que el área posee una fisiografía compleja, pues presenta rasgos inherentes a las dos provincias mencionadas. Debido a esta complejidad, Hawley (1969) divide a la provincia Sierras y Valles en dos sectores, correspondiendo la zona de estudio al sector denominado "Subsección de los Bolsones", donde destacan las amplias llanuras aluviales con drenaje endorreico en cuyo centro se encuentran regularmente lagunas efímeras.

El área de estudio se encuentra situada hidrográficamente, en la parte baja de la extensa cuenca del río Chuvíscar, el cual, a unos cuantos kilómetros del área de estudio, tributa sus aguas al río Conchos. En esta porción de la cuenca no se aprecian tributarios de importancia, sólo pequeños arroyos y escurrideros cuyos cauces normalmente desaparecen antes de alcanzar al río Chuvíscar.

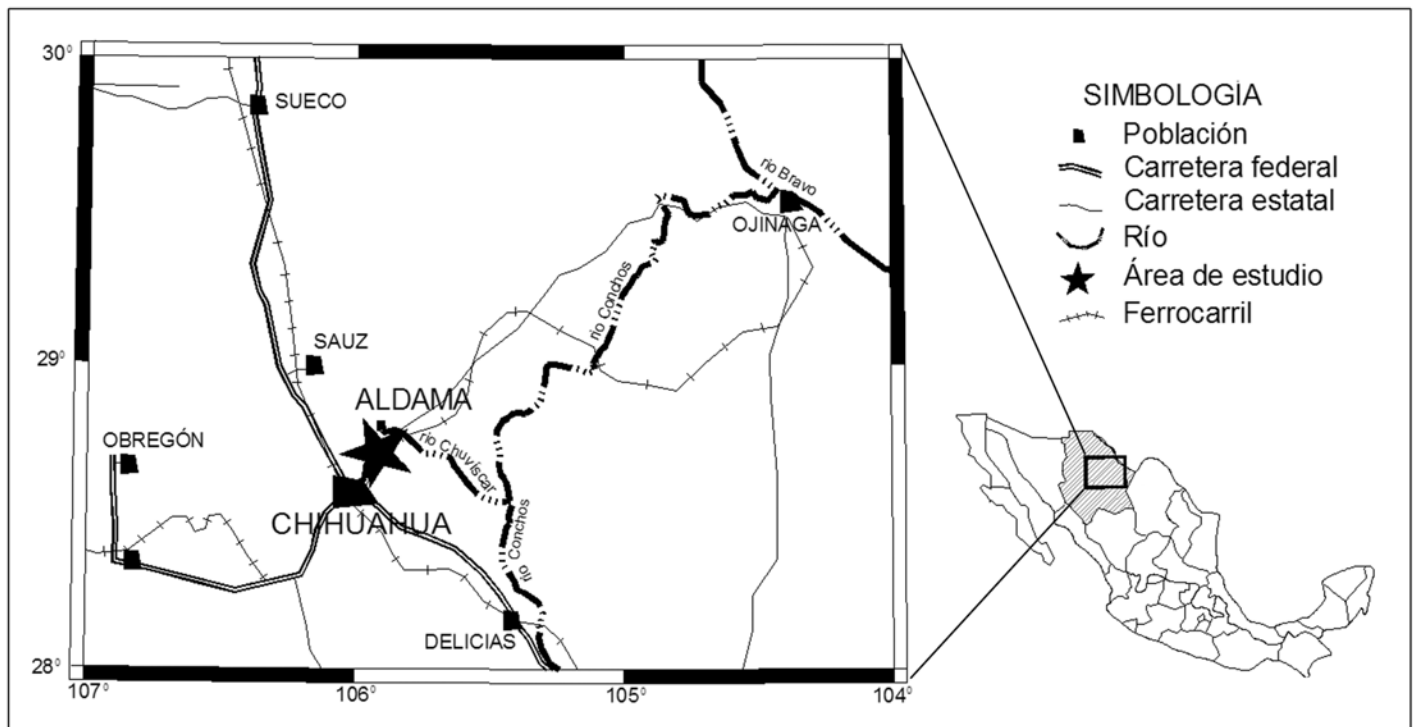


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

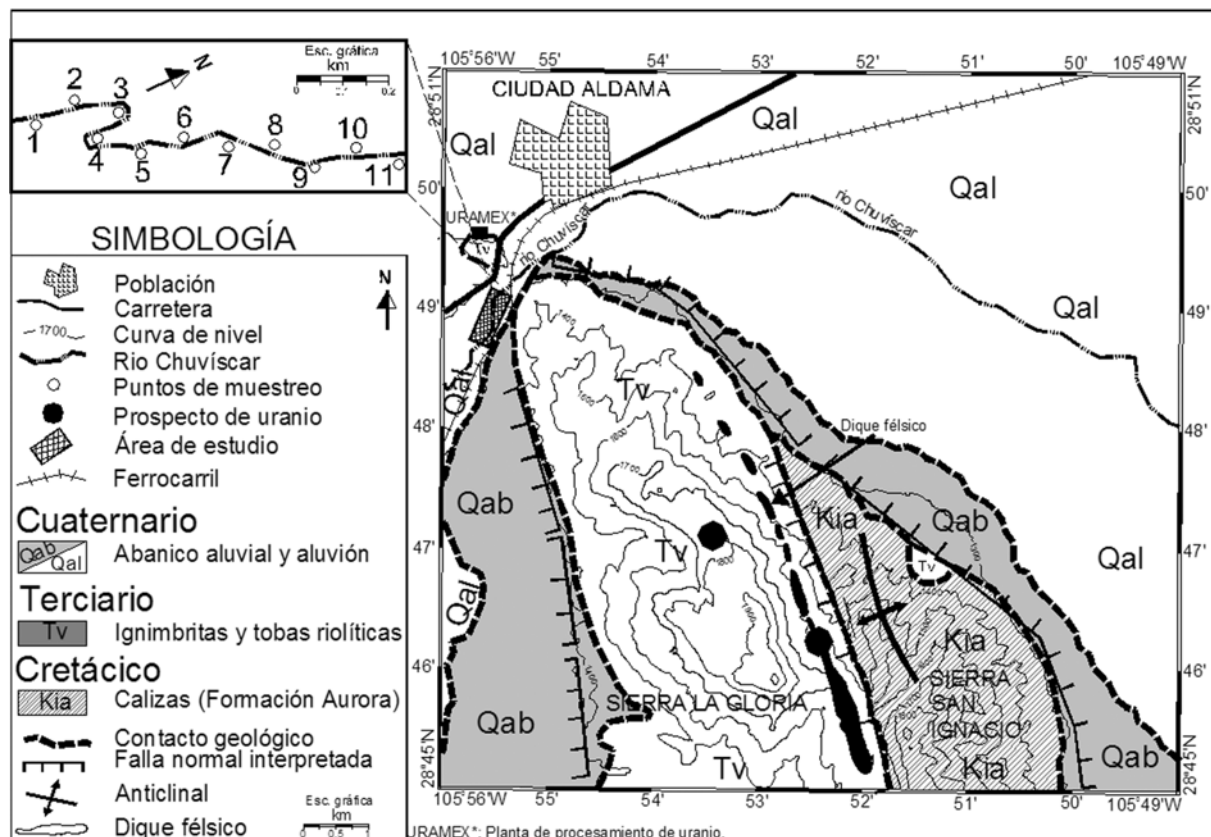


Figura 2. Geología general y puntos de muestreo en el área del río Chuvíscar.

La cuenca alta del río Chuvíscar se desarrolla sobre un entorno geológico de carácter principalmente volcánico, compuesto por rocas piroclásticas y lávicas de composición esencialmente riolítica, a excepción de la Sierra Azul, constituida por calizas, cuya porosidad secundaria da lugar al sitio conocido como “los Ojos del Chuvíscar”. La cuenca baja del Chuvíscar, surca un terreno de carácter mixto, compuesto en su mayor parte por rocas sedimentarias calcáreas y volcánicas, que afloran en las sierras Nombre de Dios, Santa Eulalia, La Gloria- San Ignacio y El Cuervo-Peña Blanca.

El estudio se llevó a cabo en el área conocida localmente como “El Bosque de Aldama”; se encuentra situada hacia el sureste de la población de Aldama, justo en lo que se conoce como “la Boquilla de Aldama”, por constituir un puerto topográfico, formado por la unión de la sierra La Gloria y la sierra del Cuervo- Peña Blanca, y en el cual discurre el río Chuvíscar. El bosque se ubica principalmente entre la margen izquierda del río y su estrecha llanura de inundación. La margen derecha del río prácticamente va adyacente al flanco occidental de la sierra La Gloria, al final de su extremo noroeste; por ello, no existe llanura de inundación hacia esta margen,

pues a escasa distancia se levanta el flanco escarpado y fallado de esta sierra, cuya altitud máxima es de unos 2000 msnm.

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS Y METODOLOGIA

Se recolectaron 11 muestras durante el mes de Agosto (verano boreal) cada 100 metros a lo largo del río Chuvíscar en el área de “El Bosque de Aldama”; en el momento de la toma se determinó el pH y la temperatura. Todas las muestras presentaron valores de pH de 7.1 y una temperatura de 21°C. En cada punto de muestreo se recolectaron tres litros de agua; se acidificó hasta un pH de 2 con ácido nítrico concentrado; se evaporó a un litro y se procedió a la realización del método radioquímico para la separación de los isótopos de uranio (Alhassanieh *et al.*, 1999). Las figuras 1 y 2 muestran la localización geográfica y la geología general del área de estudio del río Chuvíscar, así como los puntos de muestreo, respectivamente.

Es importante mencionar que actualmente existen diversos métodos para la determinación de

uranio en muestras ambientales, y que la espectrometría alfa es una técnica valiosa para el análisis cualitativo de radionúclidos que presenta ventajas tales como su alta eficiencia relativa de medición y bajo nivel de fondo. Ello convierte a este método en uno de muy alta sensibilidad. Sin embargo, esta forma de medición posee una desventaja, que podría resumirse como la complejidad que existe en cuanto a la preparación de la muestra para la medición (Villalba, 2003).

MEDIDA DE ISOTOPOS DE URANIO

El método radioquímico empleado en este trabajo fue el método de Tributilfosfato para la determinación del uranio. El detector utilizado fue el Analyst ALPHA ANALYST a, modelo CANBERRA que pertenece al Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla, España.

El método de Tributilfosfato se basa en un procedimiento de extracción con tributilfosfato (TBP) como solvente, que permite la extracción del uranio de las muestras de agua. Una vez obtenido todo el uranio mediante este método se procede a la electrodeposición, método desarrollado por Talvitie en 1972.

La actividad específica del uranio extraído de las muestras se determinó con la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{N_i}{t \times Rq \times \varepsilon} \quad (1),$$

donde N es el área neta bajo el pico, t el tiempo de medida de la muestra, μ la eficiencia del detector y Rq el rendimiento químico de preparación de la muestra,

igual para cada isótopo. Para poder determinar el rendimiento químico en la separación de la muestra es necesario añadir, antes de iniciar el proceso, un isótopo del mismo radionúclido que no se encuentre en la muestra. En nuestro caso se utilizó el trazador de ^{232}U (Martínez y Morón, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La Tabla 1 presenta los resultados de las actividades de ^{238}U y ^{234}U (mBq/l) obtenidos de las muestras de agua del río Chuvíscar mediante el método de espectrometría alfa.

Las actividades específicas de los isótopos de uranio presentes en el agua del río Chuvíscar presentan variaciones de unas muestras a otras, oscilando entre 47 y 280 mBq/l para ^{238}U y entre 211 y 1260 mBq/l para el ^{234}U .

Se encontraron actividades altas de uranio en las muestras recolectadas, por encima de los valores normales reportados en el agua de ríos, los cuales varían entre 3.0 y 370 mBq/l (Ivanovich y Harmon, 1982). Las elevadas actividades de uranio en las muestras del río pueden deberse probablemente a los escurrimientos provenientes de las Sierras denominadas La Gloria y El Cuervo Peña Blanca, o a la explotación e instalación de la planta de procesamiento del mineral de uranio.

La relación de las actividades de $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ correspondientes al estudio de las muestras se presenta también en la Tabla 1. Las relaciones $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ en todos los puntos muestreados del río Chuvíscar fueron

Tabla 1. Resultados de las actividades de ^{238}U y ^{234}U (mBq/l) en muestras de agua del río Chuvíscar.

Clave	Localización	^{238}U			^{234}U			$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$		
1	RCh-d	280	±	10	1260	±	50	4.5	±	0.2
2	RCh-c	280	±	40	1220	±	170	4.4	±	0.9
3	RCh-b	188	±	7	830	±	30	4.4	±	0.2
4	RCh-a	209	±	8	940	±	30	4.5	±	0.2
5	Rio Chuvíscar	226	±	10	923	±	40	4.1	±	0.3
6	RCh-f	215	±	9	870	±	13	4.0	±	0.2
7	RCh-g	139	±	5	599	±	18	4.3	±	0.2
8	RCh-h	166	±	7	680	±	30	4.1	±	0.2
9	RCh-i	144	±	5	610	±	20	4.2	±	0.2
10	RCh-Uramex	60	±	4	237	±	12	4.0	±	0.3
11	Berna	47	±	2	211	±	5	4.5	±	0.2

mayores que 4. Los valores de la relación de actividades entre los isótopos de ^{234}U y ^{238}U muestran un fuerte desequilibrio entre ambos isótopos y éstos se encuentran muy por encima de los valores típicos del agua natural (1.2-1.5). Por lo tanto los valores de la relación de actividades $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ encontrados en la mayoría de las muestras analizadas se consideran indicio de contaminación antropogénica (Ivanovich y Harmon, 1982).

CONCLUSIONES

Los resultados de las muestras tomadas en el río Chuvíscar pueden deberse principalmente a la lixiviación del uranio procedente tanto de los abanicos aluviales que descienden del flanco oeste de la Sierra La Gloria, como de la secuencia volcánica que constituye a dicha sierra, la cual es correlacionable con la geología del distrito uranífero de Peña Blanca que, al igual que la Sierra de Peña Blanca, tiene varias anomalías radiométricas, tanto en la cima de la sierra, como en su flanco oriental.

Por otra parte, los valores de la relación de la actividad entre isótopos de uranio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ encontrados en las muestras del río Chuvíscar revelan un fuerte desequilibrio entre ambos isótopos dando indicios de contaminación antropogénica que comenzó durante la operación y cierre de la planta de procesamiento de minerales con uranio, URAMEX. Es necesario entonces un estudio amplio de la influencia del sustrato geológico y de la posible contaminación antropogénica en el río Chuvíscar y sus alrededores.

REFERENCIAS

- Alhassanieh, O., Abdul-Hadi, A., Ghafar M. and Aba A., 1999, Separation of U, Pa, Ra and Ac from natural uranium and thorium series, *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 51, p. 493-498.
- Colmenero, L., Montero, M.E., Villalba, L., Rentería, M., Torres, E., García, M.L., García, R., Mireles, F.G., Herrera, E.F and Sánchez, D.A., 2004, Uranium-238 and thorium-232 series concentrations in soil, radon-222 indoor and drinking water concentrations and dose assessment in the city of Aldama, Chihuahua, Mexico, *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 7, p. 205-219.
- Hawley, J.W., 1969, Notes of the geomorphology and Late

Cenozoic geology of northwestern Chihuahua, *New México Geological Society, Guidebook of the Border Region, 20th Field Conference*, p. 131-142.

- Ivanovich, M. and Harmon, R. S. (Eds.), 1982, Uranium Series Disequilibrium Applications to Environmental Problems, *Oxford University Press*, 604 pp.
- Martínez, A., 1989, Medidas de isótopos de U, Ra y ^{210}Po en muestras ambientales, *Programa del tercer ciclo de Física Atómica Molecular y Nuclear*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Martínez, A., Morón, M.C. y García-León, M., 1991, Measurements of U and Ra-isotopes in rainwater samples, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 152-1, p. 37-46.
- Montero, M.E., Villalba, L. y Colmenero, L., 2000, Puesta en marcha de un programa de vigilancia radiológica ambiental para el Estado de Chihuahua, *Memoria del Congreso Nacional de la Sociedad Nuclear Mexicana*.
- Raisz, E., 1959, Landforms of México, map scale 1:3,000,000, *Geography Branch of the Office of Naval Research*, Cambridge, Massachusetts.
- Talvitie, N. A., 1972, Electrodeposition of actinides for alpha spectrometric determination, *Analytical Chemistry*, Vol. 44, p. 280-283.
- Villalba, L., Martínez, A., Colmenero, L. y Montero, M.E., 2001, Determinación de Uranio y Radio en muestras de agua de los alrededores de la ciudad de Chihuahua, *Memorias del XII Congreso Anual de la Sociedad Nuclear Mexicana y XXV Aniversario de la Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica*, Zacatecas, Zacatecas.

Manuscrito recibido: 10 de octubre de 2005.

Manuscrito corregido recibido: 11 de enero de 2006.

Manuscrito aceptado: 10 de febrero de 2006.

