

Arsénico y metales pesados en aguas del área Delita, Isla de la Juventud, Cuba

Regla Toujague ⁽¹⁾, T. Leonarte ⁽²⁾, A. Reyes Verdecia ⁽²⁾, B. L. Miravet ⁽¹⁾, R. M. Leal ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 No.2906, La Lisa, C. Habana, CP 11600, Cuba.

⁽²⁾ Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Delegación de Gerona, Isla de la Juventud, Cuba

Recibido: enero-octubre, 2003	Aceptado: noviembre, 2003
-------------------------------	---------------------------

Resumen

A finales de los años 90 se produjo una reducción del límite máximo permisible para arsénico (As) en agua potable, de 50 para 10 mg.L⁻¹. Esto se debió a la aparición de enfermedades crónicas como cáncer, en personas que durante largos períodos habían ingerido agua potable con concentraciones de arsénico inferiores a 20 mg.L⁻¹. Por ello, los estudios geoquímicos dirigidos a la identificación de acuíferos y regiones contaminadas por este metal se han incrementado.

En un área de 72 km² al noroeste de la Isla de la Juventud se realiza un estudio hidrogeoquímico para Arsénico (As), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Cadmio (Cd), a partir de muestras de aguas de la red de monitoreo para arsénico del Instituto de Recursos Hidráulicos de la Isla de la Juventud.

La Fluorescencia de Rayos X Dispersiva de Energía, por su bajo límite de detección (3 mg.L⁻¹), resultó ser más eficaz que la técnica de la Piridina para este estudio. Fue identificada contaminación por Pb y Zn en una estación. Los residuos de la actividad minera constituyen una fuente antrópica que acelera la contaminación natural de As en el área; todo ello como resultado de la oxidación de los sulfuros especialmente de la arsenopirita.

Se recomienda un rediseño de la actual red de monitoreo para As en el área y la realización de estudios en las aguas, los suelos y la salud humana, especialmente en la población del Batey de la Mina.

Palabras clave: Contaminación, metales pesados.

Abstract

At the end of the 90 the OMS ruled that the limit of arsenic in drinkable water should be lower than 10 mg.L⁻¹. This decision was taken because of the appearance of chronic diseases such as: cancer in persons who had been taking drinkable water with arsenic concentrations lower than 20 mg.L⁻¹ for long periods of time. Therefore the geochemical studies focused in the aquifer identification and contaminated regions by arsenic have been increase. From a water samples of the out of monitors belong to the Institute of Hydraulic Resources of the Isla de la Juventud (IJ), an hydrogeochemical study for Arsenic, Lead, Cooper, Zinc and Cadmium was developed. The study area is 72 km² and it's understand the gold mine of Delita and surrounding areas, located in the Norwest of the IJ.

The Piridine technique for contamination studies of natural waters, according the current international norms, was not successful. The fluorescence X-Ray Dispersive Energy indicates to be more effective for this end for its low detection limits (3 mg.L⁻¹). The Lead and Zinc contamination in one studies was identified.

Residuals of mining activity constitute an antropic source, that accelerate the natural contamination of As in the area, as a result of the oxidation of sulfurs, specially the arsenopyrite.

A reduction of the current monitored for As in the area, as well as, the realization of studies in waters, soils and human health, especially in the Batey de la Mina's population, is recommended.

Key words: Contamination, heavy metals.

Introducción

La disminución de los límites máximos permisibles para metales tóxicos en agua potable, como por ejemplo el arsénico, ($As=10 \mu g.L^{-1}$) ha estimulado el incremento de estudios dirigidos a identificar regiones contaminadas por este metal en el mundo. Un papel prioritario lo poseen las zonas vinculadas con depósitos de oro donde la lixiviación de los desechos de la minería contiene frecuentemente altos niveles de As. Entre las regiones más afectadas en el mundo se destacan Bangladesh, India, E. U, Hungría, Chile, China, Argentina, Taiwán, Ghana, México, Filipinas, Nueva Zelanda y Mongolia.

A partir de la bibliografía consultada, no tenemos referencia, del reporte en Cuba de la contaminación de acuíferos por As. No obstante, la actividad minera de oro ha sido objeto de estudios en diversas regiones del país. Un ejemplo de ello es la antigua Mina de oro Delita con posibilidades de ser explotada nuevamente. Por ello, para la presente investigación ha sido seleccionada esta área, localizada al Suroeste de la Isla de la Juventud, (IJ) (Fig.1).

Son presentados en este trabajo los resultados de un estudio realizado en aguas superficiales y subterráneas vinculadas al área de influencia de la antigua mina, en una superficie de 72 Km².

Son estudiados el arsénico y metales acompañantes como cobre, plomo, zinc y cadmio. Se realiza también una valoración cualitativa acerca de la efectividad de las técnicas analíticas utilizadas para la determinación de arsénico en este estudio.

Se presenta una valoración acerca de la presencia de As en las aguas estudiadas y su relación con posibles daños a la salud humana de poblaciones expuestas. Se indica la necesidad de realizar estudios de monitoreo más detallados en el área, especialmente en aguas, rocas y sus derivados. Se propone realizar estudios dirigidos a la salud humana en el poblado Batey de la Mina.

Materiales y métodos

Fue realizado un muestreo de aguas en el área (Junio del 2001) para conocer el comportamiento del arsénico en el área (Fig.1). Para el mismo fueron utilizados frascos plásticos de Polietileno (PE) de 500 mL debidamente limpios según metodología del proveedor, FRASPLAST. Los recipientes fueron conservados en sacos plásticos de polietileno sellados hasta el momento de realizar el muestreo.

Las muestras fueron acidificadas seguidamente a la colecta con una solución de HNO₃ 1:10 para reducir el pH de las mismas hasta pH<3. El pH fue medido en el Laboratorio del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos con el equipo CRISON GLP 21-22 de producción española.

Para comparar la efectividad de las determinaciones de arsénico en aguas, las muestras colectadas fueron analizadas por dos vías: Fluorescencia de Rayos X Dispersiva por Energía (FRXDE) utilizada por el Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN) y el Método de la Piridina según metodología de Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (1989) empleada por el INRH de Gerona, Isla de la Juventud (IJ). Por FRXDE fueron determinados también Fe, Cu, Pb, Zn, y Cd.

Resultados y discusión

Efectividad de las técnicas analíticas utilizadas para la determinación de As. Comportamiento de metales acompañantes.

Los resultados de los análisis de FRXDE indicaron concentraciones de As superiores al límite de detección (LD) de 3 mg.L⁻¹ solo en la estación Manantial La Mina (Figs 1 y 2) con un valor de 25 250 mg.L⁻¹, el cual supera tanto la Norma Cubana (NC) de 50 mg.L⁻¹ como el valor guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 10 mg.L⁻¹.

La obtención de un valor apreciable de As solo en esta estación puede estar relacionada con dificultades en la temperatura de almacenamiento o con el largo intervalo de tiempo entre la toma de las muestras y la medición. El As pudo nuevamente haber formado complejos con otros elementos o haberse adsorbido al material arcilloso presente en la solución.

Por el método de la Piridina dos puntos superaron el LD de la técnica cuyo valor coincide con el límite máximo permisible en aguas según la NC (50 mg.L⁻¹). Uno corresponde también al punto Manantial La Mina con 104 870 mg.L⁻¹ de As mostrando coincidencia en el comportamiento elevado por ambas técnicas. El otro valor fue dado en el Punto Jeep, aguas abajo de dicho Manantial con 220 mg.L⁻¹.

La disminución de la concentración de arsénico (As) entre estos dos puntos responde a que con la distancia de la fuente contaminante, en nuestro caso la Mina, la concentración de As en las aguas debe ir disminuyendo por efecto natural. No obstante su preferencia por la fase acuosa o sólida va a depender de las condiciones del medio. En áreas cercanas a la fuente como resultado de la oxidación de los sulfuros se produce acidez. Bajo estas condiciones el As tiende a ser adsorbido en los oxihidróxidos de hierro y aluminio y en las arcillas pudiendo estar

presente en los coloides que se transportan en las aguas subterráneas como resultado de la alteración de dichos sulfuros (Hernández y Fernández, 2002).

En un tercer punto, el del Pozo Bodega ubicado en el Batey de la Mina (Figs 1 y 3) la concentración de As coincide con el de la NC, ya citada anteriormente.

La diferencia entre el valor de As obtenido para el punto Manantial la Mina a través de las dos técnicas empleadas se debe a que, las muestras medidas por la Piridina fueron analizadas en los 5 días posteriores a la toma de estas, en cambio, la medición por FRXDE se realizó 4 meses después de la toma de dichas muestras. Por ello este último valor es inferior.

Cuatro estaciones se encuentran con valores de pH por debajo de la NC (pH: 6-9) para la preservación de la vida acuática, estas son: Manantial, Punto Jeep, Pozo Los Blanquitos y Pozo Malva. El Pozo Bodega está en el límite mínimo de la norma con un valor de pH ≤ 6.0 .

El predominio de un medio ácido (pH ≤ 6.0) y de un ambiente reductor en el sistema (Fe alto en las aguas, ver tabla 1) sugieren que las especies predominantes de As en las aguas subterráneas de Delita sean los arsenitos (As^{3+}). No obstante, la presencia de arseniatos (As^{5+}) no se descarta. Según criterios de Williams (1997) la conversión de As^{3+} para As^{5+} y viceversa bajo condiciones reductoras constituye un proceso lento por lo cual ambas especies pueden coexistir.

El As en Delita tuvo como primera fuente la propia mineralización oro-arsenopirítica homónima y la oxidación natural de los sulfuros y sulfoarseniuros, típica en zonas minerales de este tipo. En Delita este proceso natural se ha visto acelerado como resultado de la actividad minera. Aunque en los últimos 35 años se han realizado solamente estudios tecnológicos y de exploración en la mina, esto ha contribuido con la disponibilidad de este metaloide al medio acuático del área.

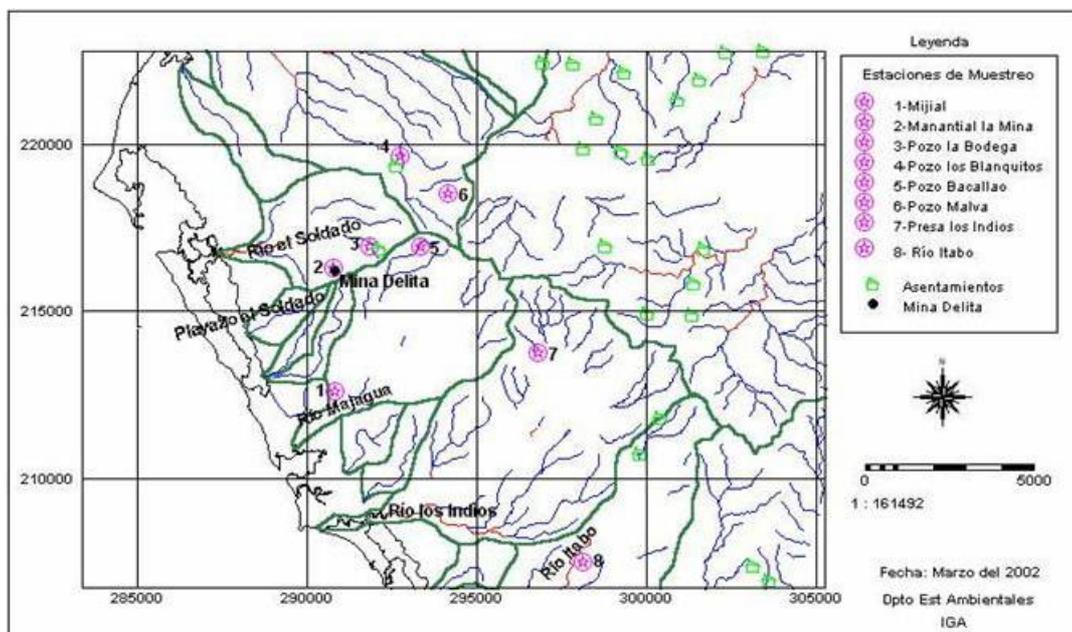


Figura 1 Localización del área de estudio

Los resultados de las determinaciones de Cu, Pb, Zn, Cd y Fe se presentan en la Tabla I. Los valores de Cu se encuentran en todos los casos por debajo del valor guía de la OMS: 2 mg.L^{-1} , variando entre 7 y $183 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. El Zn supera el valor guía estipulado por la CEPIS-OMS (3 mg.L^{-1}) solo en el punto Manantial la Mina y este hecho está relacionado con la presencia de esfalerita en la mena primaria.

El Zn es un elemento esencial para la salud humana por participar en más de 200 enzimas (Voisin A. 1961), no siendo hallados hasta el momento reportes sobre efectos nocivos ocasionados por la presencia de este metal en el organismo.

En cuanto al Pb, metal altamente tóxico, solo supera el valor guía de la OMS ($10 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$) en la cala del río Itabo con $46.43 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, según datos del INRH, 2002. Su presencia en estas aguas debe asociarse fundamentalmente a la lixiviación de sulfuros como la Galena, importante portador de este metal en el depósito Delita.

La ingestión de Pb presenta efectos adversos para la salud. Se han observado afectaciones asociadas a tumoraciones así como también efectos neurológicos en individuos que han consumido bajas concentraciones de Pb durante largos períodos de tiempo (Crounse, R.G et al 1983).

Por otro lado, fueron realizadas también determinaciones de Cd siendo los resultados en todos los casos inferiores al límite de detección del equipo ($LD= \text{de } 0.5 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$).

El Fe mostró concentraciones superiores al valor guía (OMS) de 300 $\mu\text{g.L}^{-1}$ y de la NC (500 $\mu\text{g.L}^{-1}$) en 4 estaciones (Tabla I). El Fe alto está relacionado con la oxidación de sulfuros en toda el área y en la parte Oeste de la Isla. Esta puede ser la causa por la cual algunos pobladores del Batey y otras localidades se quejan del sabor corrosivo del agua de beber en la región. A pesar de ser un elemento esencial para la salud los altos valores de Fe en estas aguas deben ser estudiados.



Figura 2. Punto de muestreo Manantial la Mina donde brotan las aguas subterráneas del área



Figura 3. Batey de la Mina Delita donde residen alrededor de 15 familias

Tabla I. Resultados de macro componentes y trazas por FRXDE en muestras de agua en estaciones de muestreo de Delita y región, Junio – 2001

No	Estaciones	mg.L^{-1}					
		As	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
1	Mijail	nd	198	<5	47	<0.5	3.1
2	Manantial La Mina	25 250	284 700	<5	5 530	<0.5	3.1
3	P. Bodega	nd	44	7	25	<0.5	4.75
4	P. Blanquitos	nd	615	<5	212	<0.5	3.9
5	P. Bacallao	nd	110	<5	21	<0.5	1.5
6	P. Malva	nd	168	<5	98	<0.5	1.5
7	Presa Los Indios	nd	240	<5	33	<0.5	0.5
8	Aeropuerto Siguanea	nd	1 301	<5	44	<0.5	3.3
9	Río Itabo	nd	1 080	17	22	<0.5	3.1

nd : no determinado

Norma cubana para As en agua de consumo humano: 50 mg.L^{-1}
 Valores guía de la OMS en aguas de consumo humano: As: 10 mg.L^{-1} ,
 Fe: 300 mg.L^{-1} , Cu: 2 mg.L^{-1} , Zn: 3 mg.L^{-1} y Pb: 10 mg.L^{-1}

Arsénico y salud humana en el área de estudio

Los estudios sobre aguas y suelos en Delita relacionados con la salud humana se han limitado a su utilización como aguas minero medicinales y al uso de fangos medicinales.

Estudios de Bustamante et al. (1985) indican por sus propiedades ($T = 28$ o C , $Fe = 33 \text{ mg.L}^{-1}$, mineralización: $0.7\text{-}1.0 \text{ g.L}^{-1}$ y $As = 5\ 000\text{-}7\ 000 \text{ mg L}^{-1}$) a las aguas del pozo Mina Delita como idóneas para tratamientos diversos. Consideradas del tipo arsenical – ferrosa, estas aguas han sido indicadas para el tratamiento de enfermedades respiratorias en niños, enfermedades musculares y nerviosas, problemas de raquitismo y de crecimiento en niños.

Por la alta mineralización de los suelos de la región, los fangos del Playazo El Soldado (Fig. 1) han sido indicados para el tratamiento de patologías en la piel (Rodríguez y Bosh, 2000). No obstante, el estudio de estos debe continuarse fundamentalmente para evaluar el comportamiento de elementos tóxicos como el arsénico y el plomo entre otros así como también de la cadena del azufre.

Los fangos del Soldado son utilizados actualmente con buenos resultados en pacientes con afectaciones en la piel, artropatías y algunos casos de inflamación pélvica. Los principales clientes de estos tratamientos son los pacientes de los policlínicos No.1 y No.2 de Nueva Gerona.

Como se ha mostrado, los estudios clínicos realizados hasta el momento en Delita han estado dirigidos al uso externo del agua o el suelo para fines terapéuticos. Sin embargo, no han sido reportados estudios sobre salud humana dirigidos a relacionar la aparición y comportamiento de enfermedades diversas con la ingestión de aguas arsenicales en estas áreas. Es por ello que a continuación se realizará una primera valoración a partir de los resultados obtenidos en esta investigación y de informaciones ofrecidas por médicos del Instituto de Higiene y Epidemiología de Gerona, IJ, a la luz de actuales investigaciones internacionales sobre efectos tóxicos del arsénico.

Se ha comprobado por autores como Bencko (1977); Gonsabatt & col.; (1997) el incremento de enfermedades cardiovasculares y de efectos genotóxicos en grupos de personas expuestas a la contaminación de As reafirmando su carácter tóxico acumulativo lo cual condiciona su toxicidad crónica.

Médicos argentinos también indican que la ingestión de agua con altos índices de As provoca Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico, la conocida enfermedad del HACRE que produce alteraciones cardíacas, vasculares y alteraciones neurológicas entre otras dolencias. Según el Dr. Besuschio del Dpto. de Patología de la Universidad de Buenos Aires “la acción del arsénico introducido en el organismo, en muy pequeñas cantidades, durante años alcanza a todo el organismo. Una vez desencadenado no se detiene, es decir, cuando el arsénico está realizando sus trastornos y efectos tóxicos la progresión de la enfermedad no se detiene.”

De manera general, según estudios del Dr. Robles y col. (2001) el municipio Isla de la Juventud ha mostrado en la última década un comportamiento ascendente en la tasa de mortalidad por causa de enfermedades cerebrovasculares sobresaliendo notablemente por encima de otras regiones del país. Especialmente el Policlínico No.1 donde son atendidos los pobladores del Batey de la Mina (Fig.3) del Consejo Popular No.6 Argelia Victoria, muestra un incremento notable en los años 1994, 1996 y 1999 (Tabla II).

Si se considera el tiempo de tránsito de las aguas subterráneas de Delita, que es de 13 años (Molerio, 2002) y se le resta a la fecha del primer incremento de las muertes por esta causa (1994) esos años, la fecha resultante es 1981, fecha que marca el inicio de la década en que se realizaron los más importantes estudios de exploración en la mina, así como también se realizó (1982) el desagüe de esta y el vertimiento directo de las aguas subterráneas a la superficie, pudiendo existir alguna relación entre estos eventos.

Por otro lado, aunque no existe un estudio detallado por policlínicos y áreas que indique el comportamiento de las muertes por tumores malignos, esta dolencia constituye la primera causa de muerte en adultos así como también de mortalidad prematura en el municipio, también con tendencia ascendente en la última década. El cáncer de pulmón, según estudios de Robles et. al (2001) ha mostrado un incremento asustador entre los años 2000 y 2001 para todo el municipio.

Tabla. II. Tasa de mortalidad en la última década por causa de enfermedad cerebro vascular en pacientes del Policlínico No. 1 de Nueva Gerona, Isla de la Juventud.

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Tasa	6	7	7	9	14	6	14	7	8	11	7

Fuente: Mortalidad por Enfermedad Cerebro vascular Isla de la Juventud 1990-2000. Dr. Martínez- Pinillos et.al 2001.

Otros metales tóxicos en Delita

Según Góngora et. al (1993) el área del yacimiento Delita es considerada un sector prospectivo para mineralización de uranio, siendo identificada en una muestra del pozo mina una concentración de 1 ppb de uranio. Dicho valor se vio incrementado a 128 ppb después de tratar el agua con una resina intercambiadora.

Conclusiones

1. Por poseer un límite de detección muy elevado (50 mg.L-1) que a su vez es el valor de la NC para As en agua potable, el método de la Piridina no es recomendable para la determinación de este elemento tóxico en agua para estudios ambientales. La técnica de FRXDE por su bajo LD es más eficaz para estos fines.
2. La presencia de As y Pb en las aguas terrestres de Delita responden fundamentalmente a las instalaciones mineras ya inactivas y a los residuos de esta actividad ricos en arsenopirita y galena y sus derivados secundarios. Esta actividad ha acelerado la contaminación natural y perpetua que ocurre en zonas mineralizadas como resultado de la oxidación de los sulfuros
3. El incremento notable de la tasa de muertes por enfermedad cerebro vascular en el Policlínico No.1 de Nueva Gerona en los años 1994, 1996 y 1999 pudiera responder entre otras causas a la ingestión de aguas arsenicales de Delita, considerando el tiempo de tránsito de estas. Otros indicadores como el cáncer de pulmón deberá ser mejor estudiado por años y áreas de salud.

Recomendaciones

1. Utilizar la técnica de Generación de Hidruros para la determinación de As en las aguas por su eficacia en estudios ambientales.
2. Ampliar la red de monitoreo para arsénico, plomo y otros metales tóxicos previo a la reapertura de la mina Delita. Estudiar los cuerpos de aguas, las menas del depósito, los suelos y la vegetación.
3. Realizar una evaluación de la exposición en salud humana en áreas cuyas aguas se encuentran afectadas según este estudio, especialmente en la población del Batey de la Mina.
4. En los fangos del estero El Soldado estudiar el comportamiento de metales tóxicos como arsénico y plomo entre otros así como también la cadena del azufre y la presencia de elementos radiactivos.
5. Realizar un estudio geoquímico-ambiental vinculado con las entidades de salud locales dirigido a estudiar en el municipio las tasas de incidencia de enfermedades cerebro-vasculares y cánceres diversos.
6. Fomentar la ejecución de proyectos sobre educación ambiental en el municipio especial Isla de la Juventud en los diferentes niveles de enseñanza.

Referencias

- Alvarez y Castellanos, 1986. Investigaciones sobre el beneficio de la mena compleja aurífera del yacimiento Delita. Bloque Experimental. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), Ciudad de la Habana. Cuba.
- Bosch M y A.O Rodríguez., 2000. Proyecto de Explotación de los fangos El Soldado. Unidad Geólogo-Minera Isla de la Juventud. Habana. Cuba.
- Bustamante; et al, 1985. Propuesta de recuperación y estudio de las fuentes de agua minero medicinales del territorio de la Isla de la Juventud. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), Ciudad de la Habana. Cuba.
- CEPIS-OMS, 2002. En: www.cepis.ops.oms.org
- Crouse, R.G et al. 1983. Geochemistry and Man: Health and Disease. 2. Elements Possibly Essential, Those Toxic and Others. In: Thornton, I. Editor. Applied Environmental Geochemistry. Academic Press. London 1983. p 309-331
- Hernández, M.E y L.Fernández, 2002. Presencia de arsénico de origen natural en las aguas subterráneas del acuífero detrítico del terciario de Madrid. Boletín Geológico y Minero, 113 (2): 119-130.
- Molerio L. L; 2002. Factores de control y variabilidad de la contaminación por arsénico en las aguas terrestres de la mina Delita y su área de influencia. 55 pág.
- NC: 93-02, 1985. Community Hygiene Drinking Water. Sanitary Requirements and Sampling
- Robles J.A; Morillo Sixto; et al, 2001. Mortalidad por enfermedad Cerebrovascular Isla de la Juventud 1990-2001
- Toujague R., 1999. Arsênio e metais associados na região aurífera do Piririca, Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas UNICAMP. São Paulo, Brasil. pp. 56
- Toujague, R et. al 2002. Identificación y caracterización de las fuentes de arsénico en la región de la mina Delita, Isla de la Juventud.
- Voisin A. 1961. Suelo, hierba, cáncer. Editorial Tecnos, S. A. Madrid, 1961.
- Water and Wastewater, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1989), 17th ed, APHA, AWWA, WPCF
- Williamns, M., 1997. Mining - related arsenic hazards: Thailand case-study Summary Report. Keyworth, Nottingham, UK. British Geological Survey, pp.36.