

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

II CONGRESO ARGENTINO DE HIDROGEOLOGIA
IV SEMINARIO HISPANO ARGENTINO SOBRE TEMAS
ACTUALES DE LA HIDROLOGIA SUBTERRANEA

EDITA: ALFREDO FINEO

SERIE CORRELACION GEOLOGICA N° 13

Instituto Superior de Correlación Geológica - CONICET
Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán

1999



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
HYDROGEOLOGISTS
Grupo Argentino

UNESCO

MONTEVIDEO



PH



Universidad Nacional del Litoral
FACULTAD DE INGENIERIA
Y CIENCIAS HÍDRICAS

reparte

Cuenca del Alto Tieté TC

UN ESTUDIO SOBRE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS ASOCIADA
A LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS - CUENCA DEL ALTO TIETÉ,
ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Valquiria Campos¹, Raphael Hypolito¹ y Déborah Inês Teixeira Fávaro²

1. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 2. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

ABSTRACT

The application of fertilizers and pesticides results in high residual concentrations of heavy metals in soils, as well as in accumulation of toxic substances in crops and natural water.

Arsenic may accumulate in soil through the use of pesticides and application of synthetic fertilizers.

The mobility of As in soils depends on several factors including redox potential, soil mineralogy, pH and the presence of other anions that compete with As for soil retention sites, for example, phosphate.

Ingestion of inorganic arsenic, from drinking water is known to cause cancer. Studies in an area of Jundiaí, São Paulo, with high arsenic levels in well natural water. The application of pesticides and phosphate fertilizers on a wide scale is a common agricultural practice.

The intention of this study is to investigate the effects of mobility of As to the saturated zone with contamination the aquifer.

Based on data from the experiments, arsenate and phosphate adsorption, displayed similar adsorption. Nevertheless, AsO_4^{3-} adsorption on clay minerals decreased in the presence PO_4^{3-} . The effects of concentration of phosphate on arsenate sorption envelopes gave evidence for direct competitive adsorption. Thus the arsenate has been carried up to the phreatic water level.

RESUMEN

El arsénico puede acumularse en el suelo a través del uso de pesticidas y la aplicación de fertilizantes.

La movilidad del As en los suelos depende de varios factores, tales como el potencial de óxido-reducción, la mineralogía del suelo, el pH y la presencia de otros aniones, como por ejemplo, el fosfato, que compiten con el arsénico en los mecanismos de retención existentes en los componentes mineralógicos del suelo.

La ingestión de As inorgánico, proveniente de las aguas naturales, puede llevar a la ocurrencia de cáncer. Estudios realizados en el área de Jundiaí, en el estado de São Paulo, han revelado contenidos importantes de arsénico en las aguas naturales. La aplicación intensiva de pesticidas y fertilizantes resulta una práctica común en la agricultura.

El presente trabajo tiene como principal objetivo, verificar la posibilidad de desplazamiento del

567

7813

Handwritten initials and marks on the right margin.

arsénico para la zona saturada, con la consecuente contaminación de los acuíferos.

Algunos estudios realizados concluyen que la adsorción de los arseniatos y los fosfatos por los componentes mineralógicos del suelo presentase de manera similar. Sin embargo, la adsorción del AsO_4^{3-} por minerales arcillosos decrece ante la presencia de PO_4^{3-} . El comportamiento aniónico está directamente relacionado a la competitividad, con desplazamiento de equilibrios en función de la concentración. De esta forma, con posibilidad de migración de los arseniatos para el freático.

INTRODUCCIÓN

La posibilidad de aprovechar los recursos hídricos subterráneos resulta cada día más amenazada, debido a los impactos consecuentes de la actividad antrópica. El lanzamiento in natura de efluentes industriales, al igual que la intensificación del uso en la agricultura de los fertilizantes químicos y los pesticidas, ponen en grave riesgo la calidad de las aguas.

La aplicación continua de estos productos puede resultar en la acumulación de materias tóxicas que, aunque sea en concentraciones relativamente bajas, pueden comprometer o limitar el uso de las aguas para el consumo.

La mayoría de los pesticidas están constituidos por compuestos orgánicos, siendo más empleados aquellos que contienen compuestos de arsénico y metales pesados.

Los pesticidas presentan un alto potencial de generar contaminantes y el mayor riesgo encuentra asociado a su movilidad, lo cual aumenta la vulnerabilidad del freático.

En las reacciones químicas del suelo, los aniones arseniato (AsO_4^{3-}) y fosfato (PO_4^{3-}) se comportan de manera semejante, muchas veces dando lugar a neoformaciones mineralógicas. A pesar de presentar estructuralmente una similitud geométrica, el quimismo del arseniato es mucho más móvil, debido a la ausencia de mecanismos que proporcionan su retención.

El fosfato es retenido en el suelo a través de adsorción, siendo que la magnitud de este proceso depende de varios factores, dentro de los cuales incluyen el pH de la solución en equilibrio, la competitividad aniónica y la presencia de óxidos hidratados e hidróxidos de Fe y Al, como la goethita ($\alpha\text{-FeO}\cdot\text{OH}$) y la gibsita ($g\text{-Al}(\text{OH})_3$), respectivamente. (Goldberg & Glaubig, 1988 y Jacobs et al., 1970).

La retención del As por los componentes mineralógicos del suelo depende, entre otros factores, de la cantidad y tipo de los minerales arcillosos. La caolinita, por ejemplo, tiene capacidad de adsorción mayor que la vermiculita, y ésta, a su vez, mayor que la montmorillonita (Onken & Adriano, 1997).

La adsorción de arsenato por la caolinita muestrase eficaz dentro de intervalos de pH desde 4,7 a 6,0, ocurriendo el decrecimiento de la retención entre valores de pH de 6,3 a 7,5. Este límite va al encuentro del punto de carga cero (PCC) de la caolinita, estimado en valores del pH entre 7,3 a 7,8 (Manning & Golberg, 1996).

De manera general, los contenidos de fosfatos aplicados en cada cultivo son extremadamente superiores a aquellos asimilados por los vegetales, y a partir del momento en que entra en solución el PO_4^{3-} , puede mantenerse disponible o sufrir fijación. Al mismo tiempo, una alta concentración de PO_4^{3-} puede desestabilizar uniones entre iones metálicos e minerales, pudiendo propiciar su transporte, con contaminación consecuente de acuíferos.

Se están realizando experimentos, mediante actividades de campo y de laboratorio, con el objetivo de verificar el comportamiento aniónico del fósforo y el arsénico, así como la posibilidad de desplazamiento de equilibrios químicos, con migración consecuente de estos iones para la zona saturada.

Area de estudio

El área de estudio está en el municipio de Jundiá, estado de São Paulo, Brasil (figura 1). Pertenece a la Cuenca del Alto Tieté, abarcando la actividad rural casi toda su extensión, basada fundamentalmente en la producción de frutas de mesa.

En los límites de la Cuenca Hidrogeológica Tieté se puede identificar el Sistema Acuífero Cristalino, que ocurre en el dominio de las rocas cristalinas del basamento pre-cámbrico.

El área ensayada se encuentra en una zona inclinada de relieve accidentado, siendo la pendiente mayor de 12%. Los resultados de la conductividad hidráulica indican permeabilidad de moderada a alta.

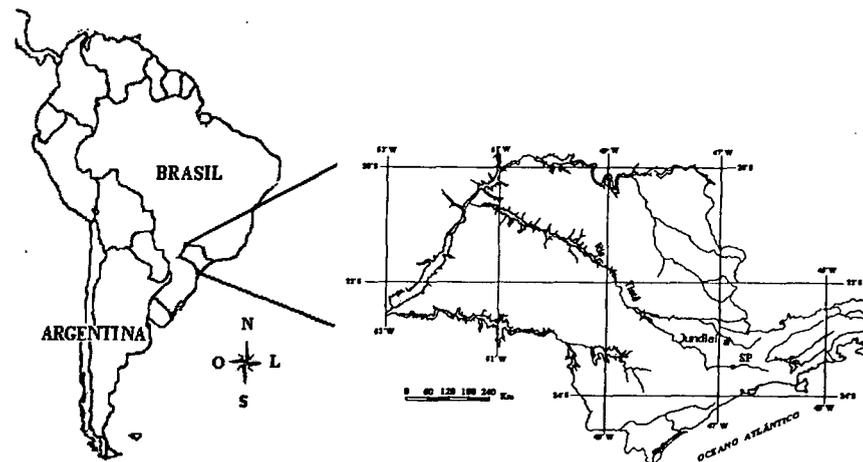


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

En el área de estudio fueron instalados equipos para el monitoreo de las aguas subterránea y atmosférica.

El muestreo de agua en la zona no saturada fue efectuado mediante el uso de lisímetros de succión y, estratégicamente, para el estudio del comportamiento de las líneas de evaporación del sistema, fueron instalados tensiómetros. La colecta de agua de lluvia fue efectuada a través de la instalación del colector de deposición total.

La construcción de pozos de captación posibilitó la toma periódica de aguas del freático.

Métodos

Los ensayos obedecieron a los criterios técnicos exigidos. En la obtención de los resultados analíticos los parámetros físico-químicos fueron debidamente controlados.

La perforación de los pozos tubulares se basó en datos geofísicos de resistividad eléctrica y de radar (GPR-Ramac/Malageoscience).

Los contenidos de arsénico fueron determinados por activación neutrónica en el reactor IEA-R1, y en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer Fias 100, con generación de hidretos.

Para la detección de fosfatos fueron utilizados el espectrofotómetro Femto 432C y el cromatógra-

Resultados y discusión

Hasta el momento, los resultados obtenidos revelan el decrecimiento del As con la profundidad, llegando a desaparecer al alcanzar el nivel del agua freática.

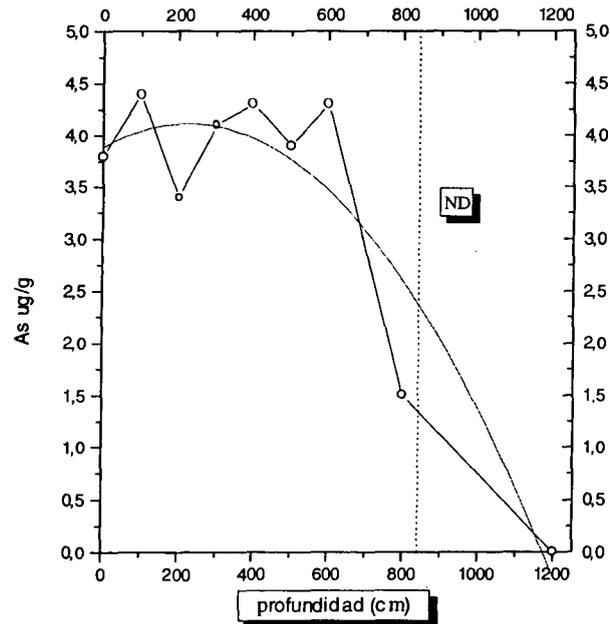


Figura 2. Proyección del contenido de arsénico (mg/g) en función de la profundidad (cm).

Con el objetivo de verificar la capacidad de retención de PO_4^{3-} y AsO_4^{3-} se realizaron estudios experimentales, consistentes en la agitación de masas conocidas de muestras junto con soluciones conteniendo diferentes concentraciones de arsénico y fósforo, observándose el comportamiento aniónico después de pocos minutos de hecha la mezcla.

Los contenidos de los aniones utilizados en los experimentos fueron calculados sobre la base de los datos suministrados por Renzoni et al. (1994), que reportan niveles de As en el suelo de 0,2 a 40 mg/g. De esta forma, para los ensayos fueron utilizadas, para 1,000 g de suelo, las siguientes concentraciones: 0,2; 2,0; 10; 20; y 40 mg/g.

El porcentaje de fijación de cada anión en función de sus concentraciones adicionales encuentranse en los diagramas de la figura 3.

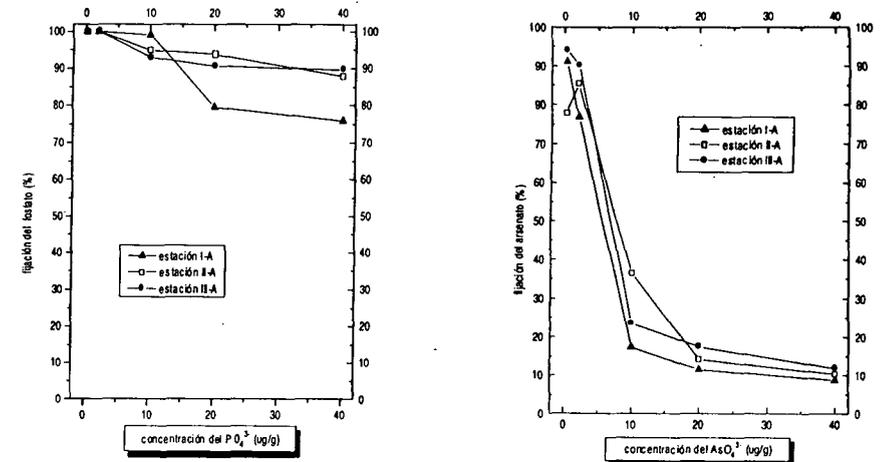


Figura 3. Proyección de los contenidos de arseniato y fosfato (%) en función de la concentración (mg/g) de esos aniones, utilizados experimentalmente.

Estos datos revelan que, ya en los primeros minutos, la absorción de PO_4^{3-} con relación a la de AsO_4^{3-} fue más efectiva.

Según los estudios experimentales realizados por Onken y Adriano (1997), la absorción en el suelo ocurre en el transcurso de varios días.

Los resultados preliminares indican que los contenidos de fosfato en el suelo son muy superiores a los de arseniato. En este caso, la competitividad sería favorable al fósforo debido al desplazamiento de equilibrios en función de la concentración, colocando al arsénico en condiciones favorables para su desplazamiento hacia el freático.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo desarrollado gracias al auxilio de la Fundación de Amparo a la Pesquisa del Estado de São Paulo - FAPESP.

BIBLIOGRAFÍA

- Goldberg, S. y Glaubig, R. A., 1988. Anion sorption on a calcareous, montmorillonitic soil-arsenic. Soil Science Society of American Journal, (52): 1297-1300.
- Jacobs, L. W. ; Syers, J. K. ; Kenney, D. R., 1970. Arsenic sorption by soils. Soil Science American Proceeding, (34): 750-754.
- Manning, B. A y Goldberg, S., 1996. Modeling arsenate competitive adsorption on kaolinite, montmorillonite and illite. Clays and Clay Minerals, 44 (5): 609-623.
- Onken, B. M. y Adriano, D. C., 1997. Arsenic Availability in soil with time under saturated and subsaturated conditions. Soil Science Society American Journal. (61): 746-752.
- Renzoni, A. ; Mattei, N. ; Lari, L. ; Fossi, M. C., 1994. Contaminants in the environment: a multidisciplinary assessment of risks to man and other organisms. Lewis Publishers, Florida. 286 p.