

## **Medical Geology**

by Robert B. Finkelman, H. Catherine W. Skinner, Geoffrey S. Plumlee and Joseph E. Bunnell

Every day we eat, drink and breathe minerals and trace elements, never giving a thought to what moves from the environment and into our bodies. For most of us this interaction with natural materials is harmless, perhaps even beneficial, supplying us with essential nutrients. However, for some, the interaction with minerals and trace elements can have devastating, even fatal effects. These interactions are the realm of medical geology, a fast-growing field that not only involves geoscientists but also medical, public health, veterinary, agricultural, environmental and biological scientists. Medical geology is the study of the effects of geologic materials and processes on human, animal and plant health, with both good and possibly hazardous results.

In its broadest sense, medical geology studies exposure to or deficiency of trace elements and minerals; inhalation of ambient and anthropogenic mineral dusts and volcanic emissions; transportation, modification and concentration of organic compounds; and exposure to radionuclides, microbes and pathogens.

The name of the discipline may be new, but the impacts of geologic materials on human health have been recognized for thousands of years. Mercury, cadmium and selenium levels were measured from preserved, 7,000-year-old human hair in the Karluk Archaeological Site in Kodiak, Alaska; although the health implications of these data are difficult to determine due to the possibility of addition or degradation over time. Inhaled soot particles were detected in preserved lung tissue from the Tyrolean Iceman, which is at least 5,000 years old.

## **Geología médica**

por Robert B. Finkelman, H. Catherine W. Skinner, Geoffrey S. Plumlee y Joseph E. Bunnell

Geotimes, Nov. 2001

Todos los días nosotros comemos, bebemos y respiramos minerales y elementos traza y nunca tenemos en cuenta qué lo que se mueve del ambiente pasa a nuestros cuerpos. Para la mayoría de nosotros esta interacción con materiales naturales es indolente, quizás incluso beneficioso, proporcionándonos con nutrientes esenciales. Sin embargo, para algunos, la interacción con minerales y elementos traza puede tener devastadores, incluso efectos fatales. Estas interacciones son el reino de geología médica, un campo rápido-creciente que no sólo involucra geocientíficos sino también la salud médica pública, científicos veterinarios, agrícolas, ambientales y biólogos.

La geología médica es el estudio de los efectos de materiales geológicos y procesos en el hombre, animales y salud de las plantas, a veces con buenos resultados y posiblemente otras con consecuencias peligrosas.

En su sentido más amplio, la geología médica estudia exposición a o deficiencia de elementos traza y minerales; inhalación de polvos del ambiente y restos minerales antropogénicos y emisiones volcánicas; el transporte, modificación y concentración de los compuestos orgánicos; y exposición a los radionucléidos, microbios y patógenos.

El nombre de esta disciplina puede ser nuevo, pero los impactos de los materiales geológicos en la salud humana han sido reconocidos durante miles de años. Mercurio, cadmio y niveles de selenio fueron detectados y medidos en un cabello humano de 7,000 años de antigüedad y conservado en Karluk, Sitio Arqueológico en Kodiak, Alaska; aunque las implicaciones para la salud de esta información son difíciles de determinar puesto que existe la posibilidad de acumulación o degradación con el tiempo. Se descubrió en un tejido pulmonar conservado partículas de hollín inhaladas por el Hombre de hielo del Tirol, lo cual tiene por lo

|   |  |
|---|--|
| <p>This person may have suffered from respiratory ailments after he inhaled tiny mineral crystals, including quartz grains.</p> <p>Hippocrates and other Hellenic writers recognized that environmental factors affected geographical distributions of human diseases 2,400 years ago. And in 300 B.C., Aristotle noted lead poisoning in miners. Rocks and minerals have also been used for thousands of years to treat various maladies such as the plague, smallpox and fevers.</p> <p>Scientists began investigating the links between geologic substances and processes and medical conditions 300 years ago. Several decades ago, however, medical geology fell out of favor to some extent in the United States because of perceptions by some influential people that geologists were overstepping their bounds and were dabbling dangerously with epidemiology. Now, through partnerships such as that between the U.S. Geological Survey and the National Institute of Environmental Health Sciences - and because funding agencies are beginning to demonstrate a recognition of the value in multidisciplinary research - the field is flourishing. Currently there are many collaborative investigations between geoscientists and biomedical and public health researchers worldwide, embracing a wide range of medical geology issues.</p> <p>We present here three recent examples of medical geology studies that illustrate the impacts of minerals and trace elements on human health, and that also underscore the opportunities for geoscientists to make additional contributions to our society in this realm.</p> <p>Asbestos, earthquakes and fungi<br/>Dusts have long been linked to human health problems. One example is the link between disease and certain dusts containing asbestos.</p> | <p>menos 5,000 años. Esta persona pudo haber padecido dolencias respiratorias después de haber inhalado cristales minerales diminutos, incluyendo granos de cuarzo.</p> <p>Hipócrates y otros escritores Helénicos reconocieron que los factores ambientales afectaron las distribuciones geográficas de enfermedades humanas hace 2,400 años. Hace 300 años a.c., Aristóteles advirtió el envenenamiento por plomo en mineros. Rocas y minerales también han sido usadas durante miles de años para tratar varias enfermedades como las plagas, viruela y fiebres.</p> <p>Los científicos empezaron investigando los nexos entre las sustancias geológicas y procesos y las condiciones médicas desde hace 300 años. Hace varias décadas, en los Estados Unidos sin embargo, la geología médica resultó contraproducente hasta cierta extensión debido a perspicacias de algunas personas influyentes que los geólogos estaban sobrepasando sus límites y estaban rociando peligrosamente con elementos epidemiológicos. Ahora, a través de alianzas entre el U.S. Geological Survey y National Institute of Environmental Health Sciences – ya que las agencias consolidadas están empezando a demostrar un reconocimiento del valor de la investigación multidisciplinaria - el campo está floreciendo. Actualmente hay muchas investigaciones mundiales de colaboración entre los geocientíficos y los investigadores de salud, biomédicos e investigadores de salud pública, envolviendo una amplia gama de problemas y temas de la geología médica.</p> <p>Presentamos aquí tres ejemplos recientes de estudios de geología médica que ilustran los impactos de minerales y elementos traza en la salud humana, subrayándose también las oportunidades para los geocientíficos para aportar contribuciones adicionales a nuestra sociedad en este campo.</p> <p><b>Asbesto, terremotos y hongos</b><br/>Durante mucho tiempo los polvos han estado unidos a los problemas de salud humanos. Un ejemplo es el nexo existente entre enfermedad y</p> |
|---|--|

Another is the recognition that transport of dust, either within a small area or across an ocean, may contribute to ecological and human health problems. For example, Gene Shinn of the U.S. Geological Survey and others have found that dusts can transport pathogens, such as soil fungus spores, and transport human-produced or natural toxins such as pesticides or the heavy metals arsenic and mercury.

Advancements in analytical techniques, as well as interdisciplinary research linking earth sciences, ecological sciences and medical sciences, are providing new insights into the roles that dusts play in human disease on a local to global scale.

The story of asbestos illustrates not only the progress made, but also the unresolved questions remaining. Inhaling asbestos can cause asbestosis, a fibrosis of the lungs, as well as lung cancer and malignant mesothelioma. These and other potentially deleterious health effects of asbestos have been recognized and studied for decades. Much of the resulting regulatory and remediation focus in the 1970s and 1980s was on the morphology and size of asbestiform materials commonly found in industrial or commercial applications. These include the serpentine mineral chrysotile, the most commonly used, and the asbestiform varieties of several of the amphibole minerals, including grunerite, known commercially as amosite; riebeckite, known as crocidolite, or blue asbestos; anthophyllite, tremolite; and actinolite.

In the 1980s, earth scientists helped medical scientists to recognize that there was more than one type of material called asbestos, and that the different asbestos materials are not equally carcinogenic. Chrysotile asbestos, for example, is commonly regarded as being less

ciertos polvos que contienen asbesto. Otro es el reconocimiento por el cual, el transporte de polvo, dentro de un área pequeña o a través del océano, puede contribuir a los problemas ecológicos y de salud humanos. Por ejemplo, Gene Shinn del U.S. Geological Survey junto con otros investigadores han encontrado que los polvos pueden transportar patógenos, como esporas de hongos de los suelos, y/o como producto del transporte humano, toxinas naturales como pesticidas, metales pesados, o arsénico o mercurio.

Avances en las técnicas analíticas, así como investigación interdisciplinaria que interconecta las ciencias de tierra, las ciencias ecológicas y las ciencias médicas, está proporcionando nuevas visiones en los papeles que juegan los polvos en las enfermedades humanas de escala local a global.

La historia del asbesto no sólo ilustra el progreso hecho, sino que también plantea preguntas que todavía permanecen sin resolver. La inhalación de asbesto puede causar asbestosis, una fibrosis de los pulmones, al igual que cáncer pulmonar y el mesotelioma maligno. Éstos y otros efectos para la salud potencialmente mortíferos del asbesto han sido reconocidos y estudiados durante décadas. Mucho del resultado normativo y los focos de remediación examinados en la década del 70 y 80 normalmente estuvieron orientados en la morfología y tamaño de materiales asbestiformes encontrados en aplicaciones industriales o comerciales. Éstos incluyen el mineral serpentínico crisotilo, el más frecuentemente usado, y las variedades asbestiformes de algunos de los minerales de la anfíbolita, incluso el grunerita, conocido comercialmente como amosita; riebeckita, conocido como crocidolita, o asbesto azul; antofilita, tremolita; y actinolita.

En los años ochenta, los geocientíficos colaboraron con los científicos médicos para reconocer que había más de un tipo de material llamado asbesto, y que los diferentes materiales de asbestos no son igualmente carcinogénicos. Por ejemplo, el asbesto Crisotilo normalmente se considera menos

|   |   |
|---|---|
| <p>carcinogenic than amphibole asbestos.</p> <p>The last several years have seen renewed public attention on the potential health effects of asbestiform minerals that occur naturally as trace constituents in rocks or mineral deposits. For example, in 1999 the Seattle Post-Intelligencer brought nationwide media and scientific attention to asbestos-related health problems in residents of Libby, Mont. Many residents have diseases that have since been attributed to their exposure to amphibole asbestos minerals. The minerals were naturally intergrown with the vermiculite mined and processed at Libby. The mine has since closed (see also page 29, this issue).</p> <p>Results of recent scientific studies at Libby underscore some of the uncertainties that remain about asbestos health effects. For example, the geologic occurrences of the different asbestos materials worldwide have not been catalogued, nor have they been compared to epidemiological data on disease occurrence. The potential for human exposures to dust released from these occurrences by road building, quarrying and natural weathering is thus poorly understood. The role that mineralogical characteristics - mineral composition, mineral solubilities in body fluids, surface charge, shape, and cleavage - play in the toxicity of individual asbestos minerals is also poorly understood.</p> <p>Libby amphiboles show a wide range of mineral compositions - including richterite and winchite - and a wide range of textures - including true asbestos fibers and acicular crystals or cleavage fragments - that are not regulated as asbestos.</p> <p>Another example of the links between dusts and human and ecological health is the tie</p> | <p>carcinogénico que el asbesto de la anfibolita.</p> <p>Los últimos años se ha renovado la atención pública en los minerales asbestiformes para los efectos sobre la salud potencial y que ocurren naturalmente como constituyentes traza en rocas o depósitos minerales. Por ejemplo, en 1999 el Seattle Post-Intelligencer atrajo a los medios de comunicación nacional y a la atención científica, los problemas de salud relacionados con el asbesto sobre los residentes de Libby, Montana. Muchos residentes tienen enfermedades que se han atribuido subsecuentemente a su exposición a la anfibolita mineral de asbesto. Los minerales estaban interrelacionados naturalmente con la vermiculita minada y procesada en Libby. Por lo tanto la mina fue cerrada subsecuentemente .</p> <p>Los recientes resultados de estudios científicos sobre Libby subrayan algunas dudas del asbesto que aún permanecen sobre los efectos de salud. Por ejemplo, las ocurrencias geológicas de los diferentes materiales de asbesto en el mundo no se han catalogado, ni se han comparado con los datos epidemiológicos sobre la ocurrencia de la enfermedad. El potencial para las exposiciones humanas al polvo liberado de estas circunstancias por la construcción de caminos, canteras y meteorización natural es escasamente comprendida. El papel que las características mineralógicas - composición mineral, solubilidades minerales en los fluidos del cuerpo, carga superficial, forma, y clivaje - juegan en la toxicidad de los minerales de asbesto individuales también es exiguamente entendida.</p> <p>Las anfibolitas de Libby muestran una amplia gama de composiciones minerales - incluso el richterita y winchita - y una amplia gama de texturas - incluyendo verdaderas fibras de asbesto y cristales aciculares o clivaje fragmentado - que no se codifica como de asbesto.</p> <p>Otro ejemplo de los eslabones entre los polvos y la salud humana y ecológica es el lazo entre el hongo</p> |
|---|---|

between soil fungus and various illnesses such as valley fever and asthma. For example, landslides and their resulting dust clouds generated by the 1994 Northridge earthquake triggered an outbreak of coccidioidomycosis, or valley fever, among residents of the nearby Simi Valley in southern California. The landslide released the soil fungus *Coccidioides immitis* (*C. immitis*), which causes valley fever, into dust clouds, exposing people to the fungus. Recently, *C. immitis* has been found in populations of sea otters off the southwestern coast of California, indicating that the soil fungus has wide-ranging adverse ecological impacts. Many aspects of *C. immitis* ecology are known, such as its occurrence in arid deserts of southwestern North America. Ongoing earth science research is helping us to understand even key geological uncertainties: the interplay among soil-forming processes, climate, and the geochemical characteristics and parental rock materials of soils in which *C. immitis* thrives.

#### You are what you eat

The human skeleton, a unique structure that defines our species, has two functions. It is the structural support for the muscles that permits our upright stance and mobility. Each of its more than 200 distinctly shaped bones is a storehouse that reflects our diets. The body processes the elements in our food and drink and a portion is deposited in our bone tissues. The skeleton records the environment in which it forms.

Hydroxylapatite,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ , is the mineral in bone. It is the main stiffening agent for these unique biological tissues and, because of its distinctive crystal structure, acts as a storehouse for a host of naturally occurring elements. Formation of the fine-grained, apatitic mineral requires an adequate supply of calcium and phosphorus, which are

de los suelos y las varias enfermedades como fiebre del valle y asma. Por ejemplo, los deslizamientos y nubes del polvo generadas como resultado del terremoto de Northridge en 1994 activaron una expulsión de coccidioidomycosis, o fiebre del valle, entre los residentes cercanos al Valle de Simi en California del Sur. El deslizamiento liberó el hongo del suelo, conocido como el *Coccidioides immitis* (*C. immitis*), el cual causa la fiebre de valle, en las personas expuestas al hongo incluido en las nubes de polvo. Recientemente, el *C. immitis* ha sido encontrado en poblaciones de nutrias de mar fuera de la costa suroeste de California, lo cual indica que el hongo de la tierra tiene amplio rango de impactos ecológicos adversos. Muchos aspectos de la ecología del *C. immitis* es conocida, como su ocurrencia en desiertos áridos del sudoeste de América del Norte. La investigaciones geocientíficas continúan ayudando para que entendamos dilemas geológicos importantes incluyendo: la interacción entre los procesos formadores de los suelos, clima, y las características geoquímicas y materiales de la roca parental de los suelos en cuales crece el *C. immitis*.

#### Usted es lo que come

El esqueleto humano, una única estructura que define nuestras especies, tiene dos funciones. Es el apoyo estructural para los músculos que permiten nuestra posición erguida y movilidad. Cada uno de los más de 200 huesos distintamente formados un depósito que refleja nuestras dietas. El cuerpo procesa los elementos en nuestra comida y bebida y una porción se deposita en nuestros tejidos de los huesos. El esqueleto registra el ambiente en el cual se forma.

Hidroxiapatite,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ , es el mineral en los huesos. Es el principal agente para el endurecimiento de estos únicos tejidos biológicos y, debido a su distintiva estructura de cristalina, actúa como un depósito para albergar elementos que ocurren naturalmente. La formación de minerales apatíticos de grano fino, requiere un suministro adecuado de calcio y fósforo, los cuales están disponibles fácilmente de una dieta normal y

easily available from a normal diet and are metabolized by specialized cells that continually rejuvenate the bone tissues to keep our skeletons fully mineralized. Research has shown that both adequate diet and exercise are required for a viable skeleton.

The present focus on osteoporosis, the degeneration of bone usually associated with older and less active individuals, has led people to consume food and drink that has added calcium and vitamin D, the hormone the body needs for proper uptake of calcium. Actually, many other cations can substitute for calcium within the crystal structure of hydroxylapatite. This fact has interesting health implications.

Magnesium is one possible substitute for calcium. The percentage of magnesium in apatitic biominerals is usually less than one percent, an amount similar to that found in apatites in other rock reactions. But our nutritional requirements for magnesium are large because it is a key element and cofactor in several metabolic events besides the construction and maintenance of bone. The magnesium in bone mineral is small; but because it is continuously resorbed and redeposited in the bone tissues, magnesium can be made available for other metabolic events. That the bones can be a source of magnesium may become important when ingestion levels of the element are inadequate.

Strontium is another calcium substitute. Where strontium concentrations in nature are high, discrete apatite minerals form - such as strontium-apatite,  $(\text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ . Although not an essential element for human health, strontium is always present in miniscule amounts, a few parts per million, in bone mineral. The possibility that strontium might displace a portion of the

son metabolizados por células especializadas que continuamente rejuvenecen los tejidos del hueso para guardar nuestros esqueletos totalmente mineralizados. La investigación ha mostrado que se requieren dieta adecuada y ejercicio para tener un esqueleto aceptable.

El presente enfoque en osteoporosis, o sea la degeneración del hueso normalmente asociada con individuos más viejos y menos activos, ha llevado a las personas a consumir comida y bebida, a la cual se le han agregado calcio y vitamina D, la hormona que el cuerpo necesita para la captación apropiada de calcio. Realmente, muchos otros cationes pueden ser sustitutos del calcio dentro de la estructura de cristal de hidroxilapatito. Este hecho tiene interesantes implicaciones para la salud.

El magnesio es un posible sustituto del calcio. El porcentaje de magnesio en biominerales apatíticos normalmente es menor de uno por ciento, una cantidad similar a eso es encontrada en el apatito en otras reacciones de la roca. Pero nuestros requisitos nutritivos para el magnesio son grandes porque es un elemento importante y cofactor en varios eventos metabólicos, además de la construcción y mantenimiento de hueso. El magnesio en mineral del hueso es pequeño; pero porque es continuamente resorbido y redepositado en los tejidos del hueso, el magnesio puede estar disponible para otros eventos metabólicos. Que los huesos pueden ser una fuente de magnesio puede llegar a ser importante cuando los niveles de ingestión del elemento son inadecuados.

El estroncio es otro sustituto del calcio. Donde las concentraciones de estroncio en naturaleza son de forma alta y discreto de minerales apatito, - como estroncio-apatito,  $(\text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ . Aunque no es un elemento esencial para salud humana, el estroncio siempre está presente en minúsculas cantidades, unas pocas partes por millón, en los minerales del hueso. La posibilidad de que el estroncio pueda desplazar una porción del calcio en el bioapatito se volvió una controversia nacional

calcium in bioapatite became a national controversy during nuclear bomb testing in New Mexico in the 1950s. Parents worried that strontium-90 from the fallout, following the same pathway as calcium, would be in the milk ingested by their children, deposit in their bones, and cause bone cancers. The amount of the radioactive element was determined at the time to be very small - less than 11 picocuries per gram of calcium in samples of milk taken across the country. Biological discrimination factors play a roll in the transfer of strontium. Calcium uptake is seven times greater than strontium uptake in the transfer from plants to cow, and another three times greater between fluids and precipitation of mineralized tissues. The small amounts of strontium-90 present in milk that could be deposited in children's bones would be swamped by the preferential partition of the calcium in bioapatite.

One of the most thoroughly researched ions that partition into apatite is fluorine. Biominerals formed in the presence of fluorine always contain a trace of the element. Some regions have concentrations as high as 14 parts per million of fluorine in their water, and these high water concentrations were shown in the early decades of the 20th century to be responsible for mottled teeth. However, in what is one of the most direct connections between geology and health, we have controlled studies showing that adding one part per million of fluorine to domestic water can actually improve dental health for children by reducing tooth decay.

The adage "you are what you eat" is most appropriate. Human nutritional requirements include calcium, phosphorous, magnesium and fluorine if we wish to maintain a healthy, mineralized skeletal and dental system. All nutrients come from Earth's rocks and minerals, the bailiwick of geologists.

durante la prueba de la bomba nuclear en Nuevo México en los años cincuenta. Los padres se preocuparon que el estroncio-90 de la precipitación radiactiva seguiría la misma ruta del calcio y estaría en la leche ingerida por sus niños, depositado en sus huesos, y ser la causa de cánceres en los huesos. La cantidad del elemento radiactivo fue determinada en el momento de ser muy pequeña - menos de 11 picocuries por gramo de calcio en las muestras de leche tomadas en el país. Los factores de discriminación biológica juegan un papel en la transferencia del estroncio. La captación del calcio es siete veces mayor que la captación del estroncio en la transferencia de las plantas a la vaca, y otras tres veces más entre los fluidos y precipitación en los tejidos mineralizados. Las cantidades pequeñas de estroncio-90 presente en leche que podría depositarse en los huesos de niños serían anegadas por la partición preferencial del calcio en el bioapatito.

Uno de los iones más completamente investigados en el apatito es el flúor. Los biominerales formados en presencia de flúor siempre contienen trazas del elemento. Algunas regiones tienen concentraciones tan altas como 14 partes por millón de flúor en el agua, y estas altas concentraciones de agua aparecieron en las primeras décadas del 20 siglo de ser responsable para los dientes manchados. Sin embargo, es una de las relaciones más directas entre la geología y salud, pues tenemos estudios de control que muestran que agregando una parte por millón de flúor al agua doméstica se puede realmente mejorar la salud dental de los niños al reducir las caries.

El adagio "usted es lo que come" es muy apropiado. Los requisitos nutritivos humanos incluyen calcio, fósforo, magnesio y flúor si nosotros deseamos mantener un sistema mineralizado esquelético y dental saludable, Todos los nutrientes vienen de las rocas de Tierra y minerales, la mayordomía de los geólogos. La generación de proyectos interdisciplinarios entre geólogos y los

Generating interdisciplinary projects between geologists and medical researchers can benefit geologists personally and professionally, and can lead to improvements in global health.

#### From coal to chili peppers

Exposure to toxic levels of trace elements is one of the widespread forms of environmental health problems. Millions of people worldwide suffer health problems because they have been exposed to arsenic, lead, fluorine, mercury, uranium, etc. The devastation caused by excess arsenic in drinking water in Bangladesh, West Bengal India and elsewhere has been headline news. An estimated 25 to 75 million people are at risk of arsenosis in that region.

In Guizhou Province, China, the cool, damp autumn weather forces villagers to bring their harvests of chili peppers and corn indoors to dry. They hang the peppers over unvented stoves that, until the middle of the last century, had been fueled by wood. Due to the destruction of the forests, wood is now scarce so the villagers have turned to the plentiful outcrops of coal for heating, cooking and drying their harvests. But mineralizing solutions in this area have deposited enormous concentrations of arsenic - up to 35,000 parts per million - and other trace elements in these coals.

The chili peppers dried over these arsenic-rich coals are a key component of the villagers' diet and, unfortunately, their principal source of arsenic. Thousands of villagers are now suffering from arsenic poisoning and exhibit typical symptoms, including hyperpigmentation (flushed appearance, freckles), hyperkeratosis (scaly lesions on the skin, generally concentrated on the hands and feet), Bowen's disease (dark, horny, pre-cancerous lesions of the skin), and squamous cell carcinoma.

investigadores médicos puede beneficiar personalmente y profesionalmente a los geólogos, y puede conducir a adelantos en la salud global.

#### Del carbón a pimientos picantes

La exposición a niveles tóxicos de elementos traza es una de las formas más extendidas de problemas ambientales de salud. Millones de personas mundialmente sufren problemas de salud porque han sido expuestas al arsénico, plomo, flúor, mercurio, uranio, etc. La devastación causada por el exceso de arsénico en el agua para beber en Bangladesh, India Bengalí Oriental y en otras partes ha sido titular de noticias. Un estimado de 25 a 75 millones de personas está en riesgo de arsenosis en esa región.

En Provincia de Guizhou, China, el clima fresco y húmedo del otoño les obliga a los lugareños a llevar sus cosechas de pimientos picantes y maíz dentro para secarlos. Colgaban hasta mediados del siglo XIX, los pimientos encima de las estufas, en las cuales se usaba leña como combustible. Debido a la destrucción de los bosques, la madera es ahora escasa así que los lugareños optaron los abundantes afloramientos de carbón para calefacción, cocina y secada de sus cosechas. Pero soluciones mineralizadas en esta área han depositado enormes concentraciones de arsénico - hasta de 35,000 partes por millón - y otros elementos traza de tales carbones.

Los pimientos picantes secados a partir de estos carbones ricos en arsénico son un importante componente de la dieta de los lugareños y, infortunadamente, su fuente principal de arsénico. Miles de lugareños ahora están padeciendo de envenenamiento por arsénico y muestran los típicos síntomas, incluyendo hiperpigmentación (apariencia vacía, pecas), hiperqueratosis (lesiones escamosas en la piel, generalmente se concentran en las manos y los pies), la enfermedad de Bowen (lesiones oscuras, córneas, pre-cancerosas de la piel), y carcinoma de la célula escamosa.

En la misma región, problemas de salud causados



In the same region, health problems caused by the fluorine volatilized during domestic coal use are far more extensive than those caused by arsenic. More than 10 million people in Guizhou and surrounding areas suffer from various forms of fluorosis. Typical symptoms of fluorosis include dental fluorosis, or mottling of tooth enamel, and various forms of skeletal fluorosis including, osteosclerosis, limited movement of the joints, and outward manifestations such as knock-knees, bowlegs and spinal curvature. Fluorosis combined with nutritional deficiencies in children can result in severe bone deformation.

In Guizhou, fluorosis and arsenism are both contracted from eating foods dried over coal-burning stoves. In 1989, Baoshan Zheng and Ronggui Huang demonstrated that adsorption of fluorine by corn dried over unvented ovens burning coal high in fluorine (greater than 200 parts per million) is the probable cause of the extensive dental and skeletal fluorosis in southwest China. The problem is compounded by the use of clay as a binder for making briquettes. The clay used is a residue formed by the intense leaching of a limestone substrate that has created the area's karst topography. The residue contains a mean fluorine concentration of 903 parts per million.

American and Chinese geoscientists are helping minimize the villagers' exposure to arsenic and fluorine by mapping the vertical and lateral distribution of the elements in the mineralized coals; developing models for predicting the occurrence of mineralized coals; studying the combustion behavior of the different forms of arsenic and fluorine in the coal; and helping to develop simple, inexpensive field test kits for quickly determining concentrations in the coal. The situation in Guizhou illustrates the many opportunities for the geoscience community

por volatilización del flúor durante el uso del carbón doméstico son más amplios que aquéllos causados por el arsénico. Más de 10 millones de personas en Guizhou y las áreas circundantes padecen varias formas de fluorosis. Los síntomas típicos de la fluorosis incluyen fluorosis dental, o moteado del esmalte del diente, y varias formas de fluorosis incluyen la del esqueleto, u osteosclerosis, movimiento limitado de las articulaciones, y manifestaciones externas como golpes en las rodillas, piernas arqueadas y curvatura espinal. La fluorosis combinada con deficiencias nutritivas en niños puede producir severas deformaciones de los huesos.

En Guizhou, la fluorosis y el arsenismo se contraen por comer comidas secas por encima de las estufas de carbón. En 1989, Baoshan Zheng y Ronggui Huang demostraron que la adsorción del flúor por maíz secado encima de los hornos de carbón alto en flúor (mayor de 200 partes por millón) es la probable causa de la extensa fluorosis dental y del esqueleto en el suroeste de China. El problema se complica aún más por el uso de arcilla como una cubierta para hacer briquetas. La arcilla usada es un residuo formado por una intensa lixiviación de un sustrato de caliza, la cual han creado la topografía kárstica del área. El residuo contiene una concentración media de flúor de 903 partes por millón.

Los geocientíficos americanos y chinos están ayudando a minimizar la exposición de los lugareños al arsénico y flúor mapeando la distribución vertical y lateral de los elementos en los carbones mineralizados; desarrollo de modelos para predecir la ocurrencia de carbones mineralizados; estudiando el comportamiento de la combustión de las diferentes formas de arsénico y flúor en el carbón; y ayudando desarrollar equipos de prueba de campo simples, baratos para determinar concentraciones rápidamente en el carbón. La situación en Guizhou ilustra las muchas oportunidades para la comunidad del geocientífica de hacer equipo con científicos médicos y ayudar

|  |  |
|--|--|
| <p>to team with medical scientists and help relieve human suffering.</p> <p>Medical geology, a long-recognized but perhaps underutilized discipline, presents the geoscience community with tremendous opportunities for collaborative work with the biomedical and ecological research communities. Such collaborations have great potential to help understand, mitigate and possibly eradicate environmental health problems that have plagued humans for thousands of years.</p>   | <p>disminuir el sufrimiento humano.</p> <p>Geología médica, es reconocida desde hace mucho tiempo pero quizás es una disciplina subutilizada, ofrece tremendas oportunidades a la comunidad geocientífica para el trabajo en equipo de las comunidades de investigación biomédicas y ecológicas. Tales colaboraciones tienen gran potencial para ayudar a entender, mitigar y posiblemente erradicar problemas de salud ambientales que han invadido a los humanos durante miles de años.</p>  |
| <p>INTRODUÇÃO À GEOLOGIA MÉDICA<br/>Wilson Scarpelli<br/>Introdução</p> <p>A Geologia Médica, ou Geomedicina, está em franco desenvolvimento no Brasil, já ativada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com um programa específico, o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica, o PGAGEM. É ciência de equipe, exigindo bom entrosamento e entendimento com outras ciências. Em detalhe, estuda variações regionais na distribuição dos elementos, principalmente os metálicos e metalóides, seu comportamento geológico-geoquímico, as contaminações naturais e artificiais e os danos à saúde animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências.</p> <p>Os seres vivos constituem-se dos elementos constituintes de seus alimentos. Para os humanos são essenciais, como macronutrientes, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S, O, H e Se, e como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V e Zn, mais F, I e Si. Há séculos foi dito “Tudo é venenoso, nada é venenoso. É questão de dosagem”. Todos esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde. Especificamente quanto aos micronutrientes, sua assimilação em</p> | <p>INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA MÉDICA<br/>Wilson Scarpelli<br/>Introducción</p> <p>La Geología Médica, o Geomedicina, está en un franco desarrollo en el Brasil, activada por el Servicio Geológico de Brasil (CPRM) mediante un programa específico, el Programa Nacional de Investigación en Geoquímica Medioambiental y Geología médica, PGAGEM. Es una ciencia de equipo y exige buenas relaciones y entendiendo con otras ciencias. En detalle, estudia las variaciones regionales en la distribución de los elementos, principalmente los metálicos y metaloides, según su comportamiento geológico-geoquímico, las contaminaciones naturales y artificiales y los daños y perjuicios a la salud animal o a la vegetal por excesos o deficiencias.</p> <p>Los seres vivos están constituidos por los elementos constitutivos de su alimentación. Para los humanos son esenciales, los macronutrientes como, Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S, O, He, Se, y, como micronutrientes, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V y Zn, más F, I y Si. Hace siglos se dijo “Todo es venenoso, nada es venenoso. Es cuestión de dosificación”. Todos esos nutrientes son importantes y su ausencia acarrea daños y perjuicios a la salud. Específicamente con relación a los micronutrientes, su asimilación en exceso puede ser fatal.</p> |

excesso pode ser fatal.

Ao serem liberados pelo intemperismo, os elementos podem ser recristalizados em minerais neo-formados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos ou postos em solução. Quando solubilizados, ou passam ao solo e são levados a águas de sub-superfície ou são transportados pela drenagem. No solo, estando solubilizados, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entram na cadeia alimentar quando carregados em solução pela drenagem, assimilados por seres aquáticos. Podem ser também assimilados pelos seres vivos por inalação ou por contato dermal.

De modo geral, o solo, as águas correntes e as plantas refletem a composição das rochas do substrato, essa relação sendo muito usada em exploração mineral para depósitos metálicos. Ao alimentar-se das vegetação, os animais silvestres também refletem o quimismo da região onde vivem. Essa relação é observada também com humanos, havendo casos clássicos de doenças acompanhando faixas geológicas litologicamente anômalas. Anomalias são relacionadas também a poluições naturais e antrópicas. Entre as poluições naturais mais frequentes estão as cinzas ejetadas em erupções vulcânicas e núvens de pó geradas em áreas desérticas.

Disponibilidade dos elementos

Para os materiais geológicos, de seu conteúdo metálico total apenas uma fração é disponível para assimilação pelos seres vivos, grande parte permanecendo retida em estruturas cristalinas, em forma não disponível para assimilação pelos organismos.

A los elementos liberados por la meteorización, los pueden ser recristalizados en nuevos minerales, adsorvidos en minerales arcillosos, incorporados en óxido-hidróxidos de hierro y manganeso, precipitados como carbonatos o puestos en solución. Cuando están en solución, pasan a los suelos y son llevados o transportados por las aguas del subsuelo o son transportados por los drenajes. Estando en solución, puede ser asimilados por las raíces de las plantas y puede entrar en el la cadena alimentaria. También entran en la cadena alimentaria cuando son transportados en solución por los desagües, y asimilados por los seres acuáticos. Igualmente pueden ser asimilados por los seres vivos mediante inhalación o por el contacto dérmico.

En general, los suelos, las aguas corrientes y las plantas reflejan la composición de las rocas del substrato tal relación es muy usada en exploración minera para depósitos metálicos. Al alimentarse de vegetales, los animales silvestres, también reflejan la química del área donde viven. Esa relación también es observado en los humanos y tiene casos clásicos de enfermedades geológicas de las tiras acompañando el litologicamente anómalo. Las anomalías son también relacionado a las poluciones naturales y antrópicas. Entre en las poluciones natural más frecuente ellos son los ejetadas grises en erupciones volcánicas y los núvens de polvo generaron en desérticas del áreas.

Prontitud de los elementos

Para el geológicos material, de su volumen metálico total justo

el fragmento está disponible para la asimilación para el usted es parte viva, grande quedándose retuvieron en estructuras del cristalino, en no la forma disponible para asimilación para los organismos.

Yo FENAFEG

IGc de USP, 2003,

|   |  |
|---|--|
| <p>I FENAFEG<br/>IGc da USP, 2003</p> <p>A biodisponibilidade de um elemento corresponde ao teor efetivamente disponível para assimilação pela biota, por via oral, por inalação e por contato dermal. Normalmente é constituída pela fração solubilizada dos elementos. Por exemplo, uma rocha com 10% Mn pode ter apenas 0,5% Mn biodisponível.</p> <p>A biodisponibilidade dos elementos é definida por sua forma de ocorrência, mineralogia hospedeira, especiação química, pH e potencial de oxidação das soluções, clima, temperatura, características da biota do ambiente e, também, pelas interferências com outros elementos associados (como ocorre entre Mo e Cu, entre Cu e Fe, entre Zn e Cd e outros).</p> <p>Toxicidade</p> <p>A Associação Brasileira de Normas Técnicas tem normas que permitem caracterizar o grau de toxicidade de muitas substâncias (norma NBR-10004), as quais baseiam-se em análises químicas efetuadas em meio neutro (ensaio de solubilização) e em meio levemente ácido (ensaio de lixiviação), conforme detalhado nas normas NBR-10005 e NBR-1006.</p> <p>Para arsênio, é Tóxico um material, geológico ou não, que libera mais de 5 mg/L em ensaio de lixiviação, e Não Inertes os que não são tóxicos mas que liberam mais de 0,05 mg/L em ensaio de solubilização. Materiais que não liberam menos que esses valores são classificados como Inertes. Minérios óxido-hidróxidos de manganês de Serra do Navio, embora apresentem altos teores de arsênio, cerca de 0,17%, não são tóxicos, resultando em soluções</p> | <p>El biodisponibilidade de un elemento corresponde de hecho al texto disponible para la asimilación para el biota, oralmente, para la inhalación y para el contacto dérmico. Normalmente es constituido por el solubilizada del fragmento de los elementos. Para ejemplo, una roca con 10% Mn puede tener simplemente 0,5% biodisponível de Mn.</p> <p>El biodisponibilidade de los elementos es definido por su forma de la ocurrencia, el hospedeira de la mineralogía, especiação químico, pH y potencial de oxidación del soluciones, clima, temperatura, las características del biota del pone y, también, para las interferencias con otros elementos asociados (cuando pasa entre la Muela de molino y El asno, entre el Asno y Fe, entre Zn y Cd y otro).</p> <p>Toxicidade</p> <p>La Asociación brasileña de Normas Técnicas tiene normas que permiten para caracterizar el grado de toxicidade de muchas substancias (norma NBR-10004), qué base en análisis químicos hechos en un poco el neutral (ensayo de solubilização) y en un poco ligeramente el ácido (ensayo del lixiviação), de acuerdo con detallado en las normas NBR-10005 y NBR-1006.</p> <p>Para el arsênio, es Toxicant un material, geológico o no, eso libera más de 5 mg/L en ensayo del lixiviação, y No Inerte el ones que no es toxicant pero eso ellos liberan más de 0,05 mg/L en ensayo del solubilização. Materiales que no ellos liberan menos de esos valores es clasificado como Inerte. Minérios óxido-hidróxidos de manganeso de Montaña de la Nave, aunque ellos presentan alto textos del arsênio, aproximadamente 0,17%, no es toxicant y produce soluciones con aproximadamente 0,01 mg/L en los ensayos del solubilização y lixiviação que el</p> |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| <p>com cerca de 0,01 mg/L nos ensaios de solubilização e lixiviação, o que os caracteriza como Inertes. Já o protominério carbonático, embora também Inertes, apresenta maiores teores em solubilização e lixiviação. A caracterização por essas normas não considera que a toxicidade é também função da especiação dos elementos. Por exemplo, As 5 é mais tóxico que As 3, arsênio em compostos salinos é mais tóxico que arsênio em compostos orgânicos, Cr3 é mais tóxico que Cr6 etc.</p> <p><b>Biodisponibilidade absoluta</b><br/> Por biodisponibilidade absoluta de um elemento entende-se o teor máximo daquele elemento em um material geológico que pode ser assimilado por um ser vivo em suas funções vitais. Esse teor é menor que o teor total do material e frequentemente também menor que o teor biodisponível. A biodisponibilidade absoluta compreende assimilação por via oral, por inalação e por contato dermal. A assimilação por via oral pode ser quantificada com ensaios de laboratório e, também, com cobaias. No caso de determinação da biodisponibilidade absoluta para pessoas, os ensaios de laboratório são efetuados ao pH de cerca de 1,5, correspondendo ao pH do estômago.</p> <p>I FENAFEG<br/> IGc da USP, 2003</p> <p><b>AFETAÇÕES GEOLÓGICAS NATURAIS</b><br/> Regiões geológicas com baixos ou altos teores de biodisponibilidade de micronutrientes raro apresentam populações com doenças características desses teores baixos ou altos. O fenômeno é particularmente real com</p> | <p>caracteriza como Inerte. Ya el carbonático del protominério, aunque también Inerte, presenta textos más grandes en solubilização y lixiviação. La caracterización para esas normas no considera que el toxicidade también es función del especiação de los elementos. Por ejemplo, Los 5 son más toxicant que Los 3, el arsênio habiendo compuesto salina él es más toxicant que el arsênio habiendo compuesto orgânico, Cr3 son más toxicant que Cr6 etc.</p> <p><b>Biodisponibilidade absoluto</b><br/> Para el biodisponibilidade absoluto de un he/she del elemento nos entiende el texto del máximo de ese elemento en un geológico material que puede ser asimilado a través de uno para ser vidas en sus funciones vitales. Ese texto es más pequeño que el texto total del material y frecuentemente también más pequeño que el biodisponível del texto. El biodisponibilidade el he/she absoluto entiende asimilación oralmente, para la inhalación y para el contacto dérmico. La asimilación puede cuantificarse oralmente con ensayos de laboratorio y, también, con cobaias. En el caso de determinación del biodisponibilidade absoluto para las personas, los ensayos del laboratorio son hecho al pH de aproximadamente 1,5, correspondiendo al pH del estómago.</p> <p>Yo FENAFEG<br/> IGc de USP, 2003,</p> <p><b>AFECTACIONES GEOLÓGICAS NATURAL</b><br/> Geológicas del áreas con bajo o los textos altos de biodisponibilidade de el micronutrientes raro presenta poblaciones con enfermedades de la característica usted dio textos bajos o altos. El fenómeno es particularmente real con poblaciones que usted obtiene sus vitualla y agua de beber del contorno de donde ellos viven.</p> |
|--|--|

populações que obtêm seus alimentos e água de beber das imediações de onde vivem.

Entre os exemplos mais citados, incidências de papeira onde há deficiência de

iodo, de fluorose onde há excesso de flúor, de selenose, mais evidente com animais, onde há falta de selênio, e feridas e câncer onde há excesso de arsênio. As ocorrências ocorrem sobre todo o globo, nos Estados Unidos, China, Índia, Chile etc.

No Brasil existem várias áreas com altos teores de flúor em águas naturais, causando fluorose aos que dela bebem. As águas do Delta Amazônico têm altos teores de arsênio, provavelmente contaminando parte da fauna marinha e os que dela alimentam-se; esse arsênio provém da erosão dos Andes e deposita-se no delta com óxido-hidróxidos de ferro e manganês, sendo é liberado em solução com a recristalização por redução desses óxidohidróxidos.

Entre outras anomalias naturais anotadas no Brasil, a ocorrência de altos teores de lítio em sedimentos de drenagem em Araçuaí-Itinga, MG, e muitas pessoas de baixa estatura na região de Paracatu, MG, possivelmente causado pelos altos teores de zinco na drenagem.

#### AFETAÇÕES QUÍMICAS GEOLÓGICAS ANTRÓPICAS

Entre as afetações geológicas mais comuns causadas por atividades antrópicas

estão as águas ácidas, resultantes da decomposição meteórica não controlada de rejeitos de mineração ricos em sulfetos de ferro e outros metais. Essas águas tem pH muito baixo, sendo particularmente tóxicas quando apresentam

Entre los ejemplos mencionados, incidencias de papeira donde hay deficiencia de Yo yoduro, de fluorose donde hay exceso del flúor, de selenose, más evidente con animales, donde hay que a los selênio les falta, y heridas y cáncer donde hay exceso de arsênio. Las ocurrencias pasan globo, en Estados Unidos, en general China, India, Chile etc.

En Brasil varias áreas existen con textos del flúor altos en aguas naturales, fluorose causando al esa bebida de ella. Las aguas del Delta de la Amazona tienen textos del arsênio altos, contaminando parte de la fauna marina probablemente y el ones que alimentaba de ella; ese provém del arsênio de la corrosión del usted Camina y se deposita en el delta con óxido-hidróxidos de hierro y manganeso, ser es liberado en solución con el recristalización para la reducción de esos óxidohidróxidos.

Entre otras anomalías naturales anotadas en Brasil, la ocurrencia de textos del lítio altos en sedimentos del desagüe en Araçuaí-Itinga, MG, y muchas personas de estatura baja en el área de Paracatu, MG, posiblemente, causado por los textos altos de cinc en el desagüe.

#### AFECTACIONES QUÍMICAS GEOLÓGICAS ANTRÓPICAS

Entre las afectaciones geológicas más común causado por antrópicas de actividades ellos son las aguas ácidas, los resultantes del decomposición meteórico no controlaron de rejeitos minero rico en sulfetos de hierro y otros metales. Aquéllos

las aguas tienen pH muy bajo y es particularmente toxicant cuando ellos presentan

textos de primacía altos, cadmio, cobre, cinc, cobalto, el mercurio y otros metales. La incidencia es particularmente seria en secciones de él ara de carbón y de sulfetos de metales básicos.

La polución para el mercurio es común en

|  |   |
|--|---|
| <p>altos teores de chumbo, cádmio, cobre, zinco, cobalto, mercúrio e outros metais. A incidência é particularmente séria em setores de lavra de carvão e de sulfetos de metais básicos.</p> <p>Poluição por mercúrio é comum em áreas de garimpagem de ouro, afetando vastas regiões do Brasil. Os garimpeiros usam mercúrio para coletar o ouro dos concentrados na forma de um amálgama e recuperam o ouro metálico “queimando” o amálgama e volatilizando o mercúrio, o qual é levado pelo vento mas logo precipita-se.</p> <p>Operação industrial de pelotização de finos de minério de manganês no Amapá modificou a composição mineralógica do minério, com os minerais neoformados sendo menos estáveis nas condições intempéricas atuais. Parte da produção foi rejeitada e a acumulada numa pilha mantida no local. Ensaio de solubilização e lixiviação de amostras da pilha de rejeitos mostrou que são Não Inertes . Parte do arsênio solubilizado da pilha contaminou o lençol freático na área da pilha, mas a contínua oxidação do lençol, favorecida pelas condições meteorológicas locais, está levando à contínua neutralização desse arsênio, que está sendo reassimilado por óxido-hidróxidos de ferro e manganês neoformados.</p> <p>I FENAFEG<br/>IGc da USP, 2003<br/>AFETAÇÕES FÍSICAS</p> <p>Fibras de amianto são carcinogênicas. O pulmão tem sistema natural que lhe possibilita expelir pequenos grãos de poeira que chegam a seu interior, porém tem dificuldade de expelir fibras de amianto industrial. Retidas no pulmão essas fibras criam condições para acúmulo de complexos químicos que levam à formação de cânceres, principalmente</p> | <p>áreas de garimpagem de ouro y afecta inmensas áreas de Brasil. El garimpeiros usa mercurio para coleccionar el oro del se concentrado en la forma de una amalgama y ellos recuperan el oro metálico “quemando” él la amalgama y volatilizando el mercurio que es tomado por el viento pero pronto las prisas del he/she.</p> <p>El funcionamiento industrial de pelotização de multa de minério de manganeso en Amapá modificó la composición del mineralógico del minério, con el neoformados mineral, siendo menos estable en las condiciones el intempéricas actual. Sale del la producción fue rechazada y el acumulado en un montón mantenido en el lugar. Ensayos de el solubilización y lixiviación de muestras del montón del rejeitos mostraron eso no es Inerte. La parte del solubilizado del arsênio del montón contaminó el freático de la hoja en el área del montón, pero la oxidación continua de la hoja, favorecida por las condiciones, meteorológico local, está tomando a la neutralización continua de ese arsênio, ése está siendo reasimilado para óxido-hidróxidos de hierro y neoformados del manganeso.</p> <p>Yo FENAFEG<br/>IGc de USP, 2003,<br/>AFECTACIONES FÍSICAS</p> <p>Fibras de amianto son carcinogênicas. El pulmón tiene sistema natural que él facilita expeler granos del polvo pequeños que llegan su interior, aun así, el he/she tiene dificultad de expeler fibras de amianto industrial. Retenido en el pulmón esas fibras crean condiciones para la acumulación de complejos químicos a los que toman el la formación de cánceres, principalmente entre los fumadores. El amianto industrial es producido con fibras serpentinas y de anfibólitos y los produjo con el anfibólito es más canceroso.</p> <p>El radônio 222 es gas natural formado durante</p> |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| <p>entre fumantes. O amianto industrial é produzido com fibras de serpentina e de anfíbios e os produzidos com anfíbio são mais cancerígenos.</p> <p>O radônio 222 é gás natural formado durante a transformação radioativa de urânio em chumbo, ocorrendo em regiões de granitos, gnaisses, folhelhos etc.</p> <p>Embora tenha vida média muito curta, de apenas 3,8 dias, por ser gás é muito móvel, sendo facilmente inalado em ambientes fechados. Pode provocar câncer no pulmão ao decair em elementos radioativos durante seu período de permanência no pulmão.</p> <p>Pó de sílica inalado em excesso causa silicose, nos pulmões. Em mineração, se usa aspersão de água para evitar seu risco em operações de perfuração por percussão, em britagens, peneiramentos etc.</p> <p>Pó de manganês se inalado aos pulmões pode causar danos ao sistema neurológico. Em mineração obriga-se ao uso de máscaras em locais de poeira manganésifera e com pouca ventilação.</p> <p><b>BIOREMEDIÇÃO</b></p> <p>O USGS emprega micro-organismos para neutralizar contaminações ao meioambiente por produtos orgânicos.</p> | <p>la transformación radiactiva de uranio en primacia, pasando en áreas de granitos, gnaisses, el folhelhos etc.</p> <p>Aunque el he/she tiene vida elemento muy curte, de 3,8 días justos, por ser gas mucho es,</p> <p>el pedazo de mobiliario, inhalándose fácilmente en atmósferas cerradas. Puede provocar cáncer en el pulmón al deteriorarse en elementos radiactivos durante su periodo de durabilidad en el pulmón.</p> <p>Polvo de Sílica inhalado en exceso causa silicose, en los pulmones. Minando, la aspersión de agua se usa para evitar su riesgo en funcionamientos de la perforación para percusión, en britagens, el peneiramentos etc.</p> <p>Polvo de manganeso si inhaló a los pulmones puede causar daño y perjuicios al sistema neurológico. En he/she minero pone bajo una obligación al uso de máscaras en lugares del polvo manganésifera y con ventilación pequeño.</p> <p><b>BIOREMEDIÇÃO</b></p> <p>USGS acostumbra computadora-organismos personales a neutralizar contaminaciones al medioambiente para los productos orgánicos.</p> |
|---|---|