

Ponencias foro AGUA Y ARSÉNICO: PROBLEMÁTICA EN BAJA CALIFORNIA SUR

M. C. GABRIEL PATRÓN (NIPARAJÁ)

AGUA Y ARSÉNICO: PROBLEMÁTICA EN BCS

El arsénico se presenta en la naturaleza como un elemento asociado a las rocas ígneas y sedimentarias en forma de arsenopirita. De manera natural puede liberarse al agua subterránea por procesos de geotermalismo, es decir, agua que proviene de una gran profundidad y que cuando esta se encuentra a temperaturas mayores a 30 °C provoca que se libere el As de la roca, mezclándose así con el agua.

También se encuentra en los desechos de las antiguas minas de extracción de Oro, en donde molían la arsenopirita para extraer el oro, y como desecho dejaban pilas de mineral molido que reacciona con el oxígeno y el agua formando trióxido de arsénico y provocando que se incorpore al ecosistema. Este compuesto es soluble y extremadamente peligroso.

En los casos en la que la minería ha estado presente, las concentraciones de As en el agua han sido significativamente mayores que cuando se aporta de manera natural por geotermalismo.

Asimismo, se ha asociado al uso de fertilizantes.

Antecedentes de los estudios

Niparajá realizó un estudio midiendo las concentraciones de arsénico en 500 pozos en todo el estado. Las muestras se analizaron con un kit de campo y para su verificación se mandaron a corroborar en laboratorios especializados.

Se encontró que algunos pozos y norias presentan concentraciones elevadas de As y no todos están relacionados a procesos de minería.

Esto dio pie a que se analizaran, posteriormente, 80 pozos en Los Planes. Los resultados analizados en laboratorios del Servicio Geológico Mexicano muestran concentraciones elevadas de arsénico en el agua en algunos pozos asociados al cauce natural de los arroyos.

M. C. LILIA INÉS SANCHEZ VARGAS (CICIMAR)

ORIGEN DEL ARSÉNICO Y SU ENRIQUECIMIENTO EN EL AMBIENTE

El arsénico, como se mencionaba anteriormente se presenta en:

1. Rocas: sulfuros epitermales, sedimentarias, vulcanosedimentarias, metasedimentarias, Igneas (arsenopirita, rejalgar, niquelina, adamita...)
2. Aguas hidrotermales: aportes de elementos en solución

Se libera por:

1. Intemperismo químico: Formación de Aguas Ácidas, fracturas, fallas activas e inactivas, sedimentos, minerales hidrogénicos
2. Sedimentos: reacciones de oxidación y reducción

Tiene además distintos usos como: Agricultura, domestico, termoeléctricas, minería, etc.

Estos usos provocan la liberación de As en diferentes maneras, un ejemplo de ello:

1. La agricultura: herbicidas, fungicidas, plaguicidas, insecticidas, fertilizantes provocan que el As se vaya al agua por la irrigación
2. Minería: los procesos de extracción como la quema, sublimación y cianuración (en solución de As oro, Cadmio, Zinc y lo que queda se va a los jales. Exposición de la arsenopirita por permitir que se oxide y forme compuestos como oxido de As solubles en agua
3. Termoeléctricas: en la quema de hidrocarburos
4. Domésticos: raticidas y antiparasitarios veterinarios
5. Industriales: microelectrónica y preservación de la madera, pirotecnia, aclarante de vidrios

DR. ALFREDO ORTEGA RUBIO (CIBNOR)

CONTAMINACIÓN DE ARSÉNICO EN SUELOS EN BAJA CALIFORNIA SUR

Se realizó un análisis de sedimentos en El Triunfo y San Antonio (54 muestras) y 9 perfiles de suelo. Tomaron como grupo testigo suelo del Comitán.

Reportan concentraciones en sedimentos de hasta 20.86 mg/kg. El poblado de San Antonio resulto ser el que presentó mayores concentraciones de arsénico biodisponible, probablemente debido a la presencia de la mina San Juanes, más reciente que la de El Triunfo. Los factores que pueden

afectar o determinar estas concentraciones en los sedimentos y su distribución son: el tiempo de residencia de los residuos de la mina, la lluvia y el viento.

DRA. JANETTE MURILLO (CICIMAR)

EVALUACIÓN GEOQUÍMICA (AS) DE SEDIMENTOS DE LA REGIÓN MINERA DE SAN ANTONIO, ARROYOS DE LA CUENCA DE SAN JUAN DE LOS PLANES Y DEL FONDO MARINO DE BAHÍA LA VENTANA, BCS, MÉXICO

Realizó una evaluación geoquímica (As) de sedimentos de la región minera localizada en la cuenca de los planes, midiendo concentraciones de As total en desechos (sedimentos) de minería y arroyos de la cuenca de SJLP

Se realizaron muestreos en plataforma continental, en la cuenca y arroyo San Antonio. Los resultados muestran que los sedimentos en la zona de la mina presentan concentraciones muy elevadas de arsénico que están por arriba de lo presentado de manera natural en la corteza terrestre.

Además, presenta como evidencia la concentración de arsénico presente en los sedimentos y que rebasa por mucho los límites permisibles que indican el rango para evitar efectos en la salud de los seres vivos (ERL, ERM). Por otro lado, el factor de enriquecimiento e índice de geoacumulación presenta mayores concentraciones en el área de La Bocana.

En general, en la cuenca se encontraron elevadas concentraciones de este nocivo elemento que representa efectos nocivos para la salud de la población. Los sitios con mayores concentraciones de arsénico se presentan desde la mina y a lo largo del arroyo.

Se evidencia que el arsénico está siendo movilizado por la lluvia, de la zona minera a lo largo del arroyo San Antonio y depositado en el mar.

M.C JUAN ARMANDO ROMERO GUADARRAMA (CICIMAR)

CONTAMINACIÓN POR ARSENICO, MERCURIO Y PLOMO EN LA CUENCA EL CARRIZAL

Investigó la presencia de arsénico, mercurio y plomo en jales del distrito minero El Triunfo, y en los sedimentos superficiales del arroyo principal (Hondo-Las Gallinas-El Carrizal) hasta su desembocadura.

Análisis de jales: en los primeros 17 km del Triunfo para abajo, el arsénico está por encima del valor medio en sedimentos de hasta 400 mg/kg; para el Hg pasa algo similar, los primeros 17 km concentraciones de 250 mg/kg. En el caso del plomo igualmente de hasta 1200 mg/kg

El aporte de los elementos arsénico y plomo analizados se debe a procesos antropogénicos (minería) y su enriquecimiento a procesos naturales

Para el caso del mercurio y su presencia en el arroyo, se explica que está siendo enriquecido pero únicamente por procesos antropogénicos.

A lo largo del arroyo se encontró que su enriquecimiento va decreciendo arroyo abajo, en dirección al Océano Pacífico. Las concentraciones van desde muy severas hasta moderadas consecutivamente.

M C. MARTA ALICIA SANCHEZ (CICIMAR)

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA CONTAMINACIÓN POR ELEMENTOS TRAZA EN LA ZONA MINERA EL TRIUNFO B. C. S. Y EN LA DESEMBOCADURA DE SU ARROYO PRINCIPAL EN EL OCÉANO PACÍFICO

La investigación se realizó en la zona minera El Triunfo tomando muestras de la terraza aluvial del arroyo Las Gallinas, de una cuenca evaporítica (además de una duna a su alrededor) y de un pozo de visita.

Se utilizó un rango de contaminación para comparar las concentraciones de los diferentes sitios.

La estratigrafía muestra depósitos de jales en el horizonte C y A y en el pozo a 4 km de la presa de jales. Se aprecia una brecha con matriz arenosa que indica que quizá hubo un evento extraño como huracán y arrastró sedimentos.

La terraza aluvial es la más contaminada considerada como “contaminación extremadamente severa”. El arroyo Hondo, cerca de pilas de jales, se encuentra severamente contaminado por Arsénico, Plomo y Zinc. Esta contaminación se exagera durante las lluvias extremas (huracanes). En el núcleo se mantiene una contaminación severa por arsénico y plomo. Estas concentraciones se relacionan con la presencia de materia orgánica y sedimentos finos.

Se encontró que hasta los sistemas a 45 km de distancia de la zona minera, como son las dunas, se encuentran contaminados.

Los más contaminado son las zonas superficiales más cercanas, se presenta un factor de enriquecimiento de severo a muy severo en todos los casos, pudiendo concluir que los desechos mineros son la fuente principal de contaminación de As y plomo entre otros. Existe contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

DRA. GRISELDA MARGARITA RODRÍGUEZ (CICIMAR)

Se plantea la hipótesis de que la movilidad de los elementos traza y metales pesados potencialmente tóxicos como el cobalto, cromo, cadmio y zinc, en sedimentos del ambiente marino en Santa Rosalía es regulada por las características geoquímicas naturales y antropogénicas (antigua actividad minera) en interacción con los procesos biogeoquímicos *in situ*.

El 50% de las muestras de sedimento superficial excedieron el valor del denominado efecto de rango-medio (ERM) en el caso del cobre, principal contaminante en este ambiente

Geo movilidad y clasificación de los sedimentos: las muestras del centro obtuvieron que el fierro y el níquel en los tres tipos son de la fracción residual (natural o no), difícil que se transfieran a la columna de agua.

M C. MARIA LUISA LEAL ACOSTA (CICIMAR)

APORTE NATURAL DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (ARSÉNICO Y MERCURIO) POR FUENTES GEOTERMALES E HIDROTERMALES SOMERAS Y SU INFLUENCIA SOBRE EL AMBIENTE COSTERO DE BAHÍA CONCEPCIÓN PENÍNSULA DE B. C. S

En algunas regiones con actividad tectónica puede presentarse la entrada de fluidos geotermales e hidrotermales y con ellos el aporte de elementos traza provenientes de estos fluidos

Sin embargo, su efecto en la biota no ha sido estudiado, y para tales motivos se ha usado el alga café *Sargassum sinicola* como biomonitor de la concentración de elementos traza disueltos en la zona costera. Este estudio se realizó en Bahía Concepción con la finalidad de evaluar la importancia de las descargas geotermales, hidrotermales y de agua subterránea.

Se encontró que en el área de estudio los niveles de estos iones son mayores que en el agua de mar siendo los fluidos los principales aportadores de estos iones. Además, permanecen en la fase disuelta lo que permite que sean asimilados por la biota.

Los contenidos de As en las algas analizadas rebasan los niveles encontrados en otras zonas así como los valores de ERL (efectos de rango bajo)

AGUSTÍN BRAVO GAXIOLA (CEMDA)

CONSIDERACIONES LEGALES EN TORNO AL ARSENICO

En cualquier constitución existe el derecho a la salud, por ello las autoridades y la población están obligadas a respetar.

Si la NOM o cualquier regulación en torno al As permiten un daño a la salud o al ambiente, es inconstitucional y puede ser impugnada. La NOM-127SSA1-1994 mal aplicada representa un sufrimiento para ancianos y niños por lo que implica su condición de desventaja.

La NOM parte de un enfoque epidemiológico pero no atiende a derechos institucionales.

Decisión política, que tanto es tantito en cuanto a la contaminación o condiciones de salud demeritada. Esto no se refleja en disposiciones legales (la NOM-127SSA1-1994). Actos sustentados en normas inconstitucionales pueden ser impugnados mediante el litigio.

Debe prevalecer el enfoque preventivo/precautorio por encima del enfoque epidemiológico.

La importancia de modificar el régimen legal además de favorecer el litigio a favor de límites que auspicien derecho salud/ambiente.

Como propuesta: Necesidad de ordenar el territorio, pensando en remediación, en donde puede hacerse tal o cuál actividad.

MARIA GONSEBATT (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS)

ARSÉNICO Y SALUD

Presenta predicciones de poblaciones expuestas a niveles de arsénico por encima de la norma midiendo niveles de exposición y efectos en la población más expuesta. Los efectos se determinan mediante el uso de un indicador biológico de efecto, en el caso del arsénico es el daño cromosómico.

Se presentó el caso de la comarca Lagunera

As en suelo mg/kg 17.4 – 4424.2

Biodisponibilidad en 30 a 60% dependiendo del tipo de suelo (en jales), lo que provoca que sea 9.7 veces mayor riesgo por arriba de la norma internacional (niños viviendo en zona de jales SLP,

México). Existen estudios epidemiológico en China sobre cómo aumenta la incidencia de cáncer a medida que aumenta la concentración de As en el agua.

En las poblaciones expuestas a agua con As se noto que presentan aberraciones cromosómicas y un sistema inmunológico deprimido.

El As es procesado por todos los órganos, hay una enzima que metaboliza el As y existe un compuesto más toxico que provoca esta enzima, más que el inorgánico.

Las investigaciones en ratones muestran que en efecto existe un efecto degenerativo en el cerebro. Además de provocar un aumento en la enzima oxidante teniendo un impacto directo en el sistema nervioso central; envejecimiento prematuro y cáncer.

DR. CARLOS GUILLERMO COLIN TORRES (HOSPITAL SALVATIERRA)

AGUA Y ARSÉNICO

Este elemento se ha utilizado a través de la historia con diferentes aplicaciones, entre ellas se encuentra la medicina, incluso actualmente es utilizado como agente quimioterapéutico en el tratamiento de la tripanosomiasis.

Sin embargo, el efecto que tendrá el arsénico en el ser humano dependerá de su acumulación en tejidos y de cómo lo asimile el cuerpo.

Uno de los efectos de los arseniatos se presenta en el ciclo de Krebs, sustituyendo un fosfato (P) por un arseniato en la formación de ATP. Por su parecido al fósforo, se deposita en hueso y dientes por años; además cruza la barrera placentaria y puede causar daño al feto.

Absorción gastrointestinal de 80 a 90 %; distribución en hígado, corazón musculo, tejido nervioso.

Afecta la circulación de la sangre incrementando la aterosclerosis

Enfermedad del pie negro

Hipertensión arterial sistémica

Infarto agudo al miocardio

En el aparato digestivo los daños van desde leves hasta agudos; provoca cólicos abdominales y diarreas leves hasta gastroenteritis hemorrágica.

En hígado afecta el parénquima hepático, infiltración adiposa, necrosis central y cirrosis; además afecta el sistema renal, sistema nervioso con: atrofia muscular, alteraciones del sueño, mareo y alteraciones de la memoria.

En piel provoca lesiones como la pigmentación (gotas de lluvia), la queratosis y lesiones verrucosas.

Finalmente distintos tipos de cánceres como el de piel, pulmón, vejiga, renal, hepático y algunas leucemias

Consecuencias e importancia de su cuantificación

DRA. MYRIAM V. MORENO LÓPEZ (LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS)

CONSECUENCIAS Y LA IMPORTANCIA DE SU CUANTIFICACIÓN

Mucho se habla del arsénico utilizado como veneno pero poco se habla sobre aquel que se consume de manera diaria en el agua en pueblos y ciudades.

Es el causante de una variedad de efectos adversos a la salud humana, sus compuestos no tienen ningún olor o sabor específico. El arsénico puede estar presente en suelo, sedimentos, animales, plantas, alimentos, aire y agua y la mayor amenaza que presenta el arsénico para la salud pública proviene del agua de consumo, aún en dosis pequeñas se relaciona con diversos tipos de enfermedades ya antes mencionadas.

Es un elemento acumulativo en tejido vivo, como las raíces, hojas, tallo etc. de las plantas; en los animales y ser humano se acumula en cabello, uñas, orina, dientes, sangre.

La toxicidad dependerá de su forma química. Existen unos más tóxicos que otros. Ahí radica la importancia de diferenciarlos y la concentración en la que se encuentran en nuestro medio ambiente.

Para ello existen diferentes técnicas que permiten hacer esta diferenciación

DRA. LUZ. MARIA DEL RAZO (CINVESTAV, IPN)

ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS NACIONALES, EXPOSICIÓN A ARSÉNICO

Caso de Zimapam Hgo.

También historia minera y también consecuencias de la contaminación por esta actividad.

Comenzaron a relacionar las enfermedades con las altas concentraciones de As y encontrar las lesiones clásicas de exposición crónica. Encontraron que los pozos profundos que pertenecen a la red de distribución de agua presentaban concentraciones muy elevadas de arsénico.

Establecieron que un aumento en la ingesta de agua con As representaba un riesgo al presentar lesiones de piel por esta exposición en el agua de bebida.

Relación dosis respuesta bien establecida.

Población infantil (menores de 20 años) con mayor riesgo a afecciones cardiovasculares.

Los intermediarios formados del metabolismo del arsénico son metilarsénico III (MAsIII) y dimetilarsénico III (DMAsIII) y son compuestos muy reactivos con mayor acción tóxica.

Además, se tomó la concentración de TGF- α como marcador temprano para determinar el cáncer de vejiga, encontrando que la gente con lesiones en piel tiene mayor probabilidad de cáncer de vejiga. Se estableció también la relación de la exposición al arsénico y la diabetes Mellitus.

Se obtuvo que en Zimpan intervinieran las autoridades para la disminución de arsénico en el agua de consumo humano. Se clausuraron 4 pozos.

El entendimiento del metabolismo del arsénico (Biotransformación) es importante para la comprensión de los efectos tóxicos asociados a la exposición crónica

COURTHNEY CORLE, INTERNATIONAL COMMUNITY FOUNDATION (ICF)

EXPOSICIONES AMBIENTALES Y EL CÁNCER: ¿HACIA DÓNDE VAMOS?

Se ha demostrado que las altas concentraciones de arsénico en el agua de consumo humano aumentan el riesgo de, entre otras enfermedades y padecimientos, el cáncer de pulmón, piel, vejiga, riñón, hígado tanto en diferentes países como en diferentes estados de la republica mexicana, sin embargo, no existe una relación en BCS de causa efecto.

Hacen falta los estudios epidemiológicos. Estos estudios permiten conocer los determinantes y la distribución de las enfermedades. También se utiliza para entender si una exposición es la causa de una enfermedad y además muestra una serie de factores importantes a estudiar antes de determinar que hay una relación causal entre la exposición y la enfermedad como son:

Temporalidad, congruencia, especificidad, gradiente biológico, plausibilidad, coherencia, experimento y analogía.

Si bien existen otras exposiciones ambientales que pueden causar cáncer y otros factores que influyen a la salud se necesitan, para estudiar la asociación entre la salud y el arsénico, datos detallados para los casos de cáncer en el área de exposición, un grupo control de comparaciones, registros médicos para información de los otros factores de riesgo para cada persona, desarrollo de cuestionarios para estudiar la relación entre la exposición y la enfermedad, registros históricos de los niveles de arsénico en el agua potable.

También se necesita establecer el tipo de estudio epidemiológico.

Existe evidencia suficiente para decir que en efecto existe un impacto negativo para la salud cuando hay arsénico en el agua potable; hay muchos estudios que han mostrado los efectos

nocivos del arsénico durante los últimos 20 años; debemos abordar el tema para proteger a las poblaciones expuestas a los altos niveles de arsénico en el agua potable; existe una necesidad de mejorar las regulaciones de los niveles de arsénico en el agua.

DR. ROGELIO ORTIZ BATANERO

TASA DE INCIDENCIA DE CÁNCER INFANTIL

No puede pasarse por alto las altas incidencias de cáncer en el estado y específicamente en grupos de edad menores de 18 años. Los casos analizados incluyen a los NO derechohabientes (IMSS e ISSSTE), es decir solo secretaria de salud

El número de casos ha ido en aumento

En edades de 5 a 14 años en el año 1977 4to lugar, para 2001 subió a ser el segundo lugar.

Sin embargo este porcentaje ha ido incrementándose, ahora de 10 a 14 años tiene el primer lugar la causa de muerte.

Considerando todos los grupos de edad, los distintos tipos de cáncer son la segunda causa de muerte registrada en el sector salud y la tercera en la secretaría de salud. En menores de 20 años es la cuarta causa reportada para Secretaría de Salud (SS).

Reportes tanto de la SS como por el sector salud en general, la principal causa de muerte de 5 a 9 años en el estado son cánceres de tipo leucemia, linfomas, mieloma múltiple entre otras. De 1 a 4 años es el segundo lugar, siendo las enfermedades respiratorias la principal causa.

El cáncer se presenta en menores de 20 años, el 61.2 % son hombres y el 38.8% mujeres (datos de la Secretaria de Salud, no incluye IMSS e ISSSTE).

Del 2000 al 2010 el porcentaje de cáncer en niños menores de 18 en BCS se presentó de la siguiente manera: 45.1 % en niños de 5 a 14 años, 30% en niño de 1 a 4 años y el 24.3% en niños de 15 a 19 años.

El Municipio de La Paz presenta el 52 % de los casos seguido de Los Cabos con el 31%

Somos el 4to lugar en México en casos de cáncer en menores de 20 años.

C.P BEATRIZ GONZÁLEZ GÓMEZ

COSTOS ECONOMICOS DEL CÁNCER MAMARIO

Generalmente no se tiene idea de cuánto cuesta esta enfermedad en sí. Además de los gastos en medicamentos, consultas y tratamientos están los gastos de la vida diaria que incluye la

administración de la casa y cuidado de la familia. Cuidado del paciente ya sea a domicilio o a largo plazo. Los llamados costos ocultos que dependerán de si el paciente necesita transportarse a otra ciudad y le implicará un costo adicional de boletos de avión, hotel, comidas etc.

Además se suma el costo de trabajar menos por lo que implica el tiempo de las terapias y la enfermedad y por consiguiente ganar menos dinero. En estos casos, el paciente también puede optar por tratamientos alternativos y suplementos alimenticios.

El costo (en miles de pesos) de atención médica por cáncer mamario en el IMSS en el año 2002 en cada una de las etapas de la enfermedad fue:

Etapas I \$74,522.00

Etapas II \$102,042.00

Etapas III \$154,018.00

Etapas IV \$199,274.00

M. I. CÉSAR CALDERÓN

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS PARA REMOCIÓN DE As EN LA COMARCA LAGUNERA

El éxito de estas técnicas es tratar de convertir el arsénico disuelto en uno no soluble o en su defecto de filtrarlo o adherir a un medio sólido. Se presentaron alternativas con sus pros y sus contras como son:

Clarificación convencional (coagulación química)

Coagulación convencional

Electrocoagulación

Adsorción

Procesos de membrana y filtración directa en medios porosos

Filtración en arena

Microfiltración y ultrafiltración

Nanofiltración/osmosis inversa

Siendo todas las tecnologías eficientes para la remoción de arsénico. Sin embargo, es necesario considerar la necesidad de remover otras sustancias del agua, el espacio disponible y la seguridad de contar con suficientes operadores con el nivel de calificación requerido.

PAUL ROBINSON (SOUTHWEST RESEARCH AND INFORMATION CENTER)

ARSENIC IN BCS: OCURRENCE IN SOIL, WATER AND MINERAL DEPOSIT AND REMEDIATION TECHNOLOGIES AND THEIR ESTIMATED COSTS

Es importante resaltar el resumen y análisis que hace Paul Robinson sobre la cantidad de desechos de minas y las elevadas concentraciones de As en el agua en los distritos de El Triunfo y San Antonio, como ya se ha manejado en las ponencias anteriores.

Sin embargo, el Dr. Robinson maneja el tema de la remediación como una alternativa para tener una calidad de agua casi cercana, o dentro de la norma que indica concentraciones mínimas para consumo humano. También habló sobre el peligro de que se autorice la extracción a cielo abierto por la minera "La Pitaya".

"La Pitaya" realiza un acuerdo con el ejido de que los jales y contaminantes serán su responsabilidad evadiendo las responsabilidades ambientales. Es gravísima la situación por la cantidad de material de desecho que se encuentra en San Antonio y El triunfo, debe hacerse un plan de remediación urgente que permita remover las cerca de 800,000 a 1 millón de toneladas repartidas en 350 a 400 km².

Además, es de considerar que el futuro del acuífero de Los Planes no solo está en peligro por las concentraciones de arsénico y otros elementos asociados a la extracción de oro como sulfatos, también presenta una elevada extracción de agua e intrusión salina.

Para determinar las tecnologías adecuadas para tratarlo se necesita ver las características del suelo así como de los químicos en el agua.

Costo de mitigación: a nivel comunitario (todos se comparten responsabilidades y costos) y a nivel casero (uno es el responsable).

Hay que evaluar la oportunidad de proveer agua de otras fuentes que no estén contaminadas.

Existe el caso de una mina en EU que recupera el agua contaminada con hierro, magnesio y manganeso principalmente. Pasa por 3 diferentes estanques para hacer un tipo de limpieza por filtración y uso de plantas y al final de la remediación se obtiene agua con cantidades de arsénico al límite y casi libre de hierro, magnesio y manganeso. Todo esto a un costo muy elevado.