

FORO - PANEL TÉCNICO: “PROBLEMÁTICA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE TACNA” MAYO 2017

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Departamental de Tacna con fecha 18 de mayo del presente, organizó el Foro Panel Técnico “PROBLEMÁTICA HÍDRICA EN LA CIUDAD DE TACNA” con los expositores:

ING. ZENON PACORICONA SANGA – PET
ING. DANIEL CHIRE CHOQUE - DIRESA
ING. DANIEL ZEVALLOS RAMOS
(Proyecto de Investigación Boro y Arsénico – UNJBG).
ING. ALBERTO FRANCO VILDOSO – EPS

Y los panelistas del Consejo Departamental de Tacna:
ING. EDWIN PINO VARGAS
ING. EDGARDO AVENDAÑO CÁCERES
ING. DANTE MORALES CABRERA

Siendo coordinador y moderador el:
ING. ESMITH GONZALES VELASQUEZ

Llegando a las siguientes Conclusiones y Recomendaciones:

Conclusión 1: El agua destinada para el uso poblacional y agrícola en la ciudad y valle de Tacna, se encuentran contaminadas por el Boro, Arsénico y otros elementos, en los procesos naturales originados por la actividad tectónica de la Región y los agentes geológicos y ambientales; por tanto se dispone una cantidad de agua reducida y de mala calidad.

Conclusión 2: Los contenidos de boro y arsénico nocivos para la salud de la población y la agricultura, superan los límites máximos permisibles establecidos por los estándares nacionales e internacionales, como es el Organismo Mundial de la Salud OMS.

Conclusión 3: La entidad encargada del tratamiento y distribución del agua (EPS), en la actualidad dispone de un sistema deficiente para lograr que el agua del uso poblacional cumpla con los límites máximos permisibles. En la actualidad, la EPS TACNA se encuentra gestionando un proyecto de Ampliación y Mejoramiento de una planta de Tratamiento, con un presupuesto de 2 millones de soles, para potabilizar y disponer del agua de uso poblacional para alcanzar los límites máximos permisibles del As, establecidos en las normas nacionales e internacionales. Así mismo se está gestionando la ejecución de una nueva planta en Calana, con un presupuesto de 85

millones de soles, que permitirá atender la demanda del consumo de agua poblacional, dentro del límite máximo permisible de la norma de la OMS, cuyo plazo de ejecución es al 2020.

Conclusión 4: Se ha visualizado la existencia en el agua de consumo poblacional del contenido de Arsénico en los valles de Sama, Locumba y otras zonas rurales, muy por encima del límite máximo permisible que establece la norma de la OMS.

RECOMENDACIONES:

1.- Exhortamos a las autoridades políticas de la Región de Tacna a unificar criterios y esfuerzo para la pronta y/o urgente construcción de la Ampliación y Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Calana y la construcción de la nueva planta de tratamiento de acuerdo a los estudios y expedientes técnicos que contemplen tecnologías modernas para el Tratamiento del Arsénico y Boro, para llegar a valores por debajo del límite máximo permisible que recomienda la OMS.

2.- Para el caso de las cuencas de Sama, Locumba y otras zonas rurales invocamos a las autoridades (Alcaldes Provinciales y Distritales) el que gestionen plantas de Tratamiento Modulares específicos para el tratamiento del Boro y Arsénico para el agua de uso poblacional.

3.- Exhortamos a la EPS en gestionar en calidad de urgente, los proyectos antes mencionados para reducir los índices de As en el agua de consumo poblacional, que permita cumplir las recomendaciones en la norma señalada por el Organismo Mundial de la Salud OMS.

“EL COLEGIO DE INGENIEROS EXIGE CALIDAD DE VIDA PARA LA POBLACIÓN DE TACNA Y PONE A DISPOSICIÓN LOS PROFESIONALES Y NUESTRA SEDE, PARA COADYUVAR A LA SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA HÍDRICA PLANTEADA”.

COMISIÓN TÉCNICA – CIP TACNA



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “ANÁLISIS Y MODULACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE AGUAS MODERNAS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y BORO EN LAS CUENCAS DE LA REGIÓN TACNA”





EDITORIAL



El proyecto de remoción de boro y arsénico es vital para la población de la Región de Tacna, consiste en la toma de muestras de agua cruda y agua tratada de Candarave, Sama Inclán, Ite, Tarata, Ilabaya, Locumba y Tacna, lo que nos permitirá diseñar metodología moderna de remoción de los contaminantes como boro y arsénico y así poder otorgar mediante plantas portátiles agua de buena calidad.



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
“ANÁLISIS Y MODULACIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE AGUAS
MODERNAS PARA LA REMOCIÓN
DE ARSÉNICO Y
BORO EN LAS CUENCAS DE
LA REGIÓN TACNA”**

**RESOLUCIÓN RECTORAL
N° 4643-2015-UN/JBG**

Introducción:

Presentamos la Revista N° 1 para el conocimiento de los temas de Remoción de Boro y Arsénico sobre el agua en la Región de Tacna.

Miembros del Equipo:

Dr. Dante Morales Cabrera
Ing. Daniel Zeballos Ramos
Dr. Edgardo Avendaño Cáceres
Mgr. Zoila Luz Mendoza Rodas
Dr. Julio Miguel Fernández Prado
Mgr. Zoila Luz Mendoza Rodas
Mgr. Saúl Dante Rivera Borjas
Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani
Amparo Yashira Torres Ventura
Yrma Beatriz Vargas Paredes
Mgr. Lorena del Pilar Cornejo Ponce
Ing. Justo Sarmiento Yufra



EL ARSÉNICO

Es un elemento natural de la corteza terrestre que en algunas regiones del mundo puede estar presente en el agua cuando ésta atraviesa rocas que lo contienen en abundancia.

Los procesos que pueden dar lugar a una contaminación natural del agua por arsénico son muy variados:

- Áreas geotermales
- Regiones volcánicas
- Niveles de arcillas, intercalados en acuíferos detrítico que contienen minerales con arsénico
- Acuíferos que contienen óxido de hierro y manganeso, con fuerte afinidad por el arsénico



IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El proyecto permitirá realizar una Evaluación Comparativa de Tecnologías del tratamiento de Agua Potable para la remoción del Arsénico en la ciudad de Tacna, lo que logrará a encontrar alternativas de tratamiento de las aguas que se vierten en las cuencas de la Región Tacna, que permitirá realizar de manera práctica, la aplicación de tecnologías modernas con la finalidad de llevar a límites permisibles la presencia de elementos nocivos a la salud de la comunidad.

Toxicidad del Arsénico

El Arsénico es agente

NEUROTÓXICO y CANCERÍGENO



Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
CARCINÓGENO GRUPO A



Según el Centro de Investigaciones sobre Cáncer
CARCINÓGENO GRUPO 1

LA ÓSMOSIS INVERSA:

Es un proceso de hiper filtración a través de membranas de acetato de celulosa, poliamida y un delgado film de composite. Clifford y Lin (1995) utilizando el proceso de ósmosis inversa eliminaron más del 95 % de As(V) y 75 – 90 % de As(III) en ensayos con aguas de subsuelo de San Isidro, New Mexico y Hanford, California.

OSMOSIS INVERSA / NANOFILTRACION



**Autores:
DR. DANTE MORALES CABRERA, ING. DANIEL ZEVALLOS RAMOS (Responsables del Proyecto)**

INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio iónico es un proceso de adsorción que utiliza resinas base poliestireno. Estas resinas tienen la capacidad de intercambiar iones de menor preferencia presentes en la resina por iones de mayor preferencia presentes en el agua, cuando ésta es pasada a través de un lecho de resina. El ión propio intercambiable en una resina aniónica es el ión metálico retenido.

PLANTA PILOTO INTERCAMBIO IONICO



LA EPS TACNA Y EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. DS N° 031-2010-SA

RESEÑA TOXICOLÓGICA

El Arsénico es un elemento tóxico declarado por la OMS causante de una serie de especies cancerígenas, sin embargo en los estudios realizados en los países de La India, México y Argentina, la intoxicación por aguas con arsénico, causan en primera instancia problemas dermatológicos, conocido como queratosis palmar o plantar, mas del 90 % de los casos relacionados al cáncer por origen en el agua, tienen un común denominador, el cual hasta la fecha NO se ha mostrado en la localidad de Tacna, ya que los niveles de Arsénico siempre se han procurado reducirlos a niveles por debajo de 0.050 mg/l As, siendo la norma hasta el año 2010 con un valor de 0.100 mg/l As

Actualmente la norma se ha nivelado con la OMS en 0.010 mg/l As, por lo que el Ministerio de Salud ha brindado un plazo de 5 años para adecuar la tecnología de las plantas para alcanzar la norma a partir de la aprobación de las directivas del PCC y PAS, vale decir hasta el año 2019, actualmente la salida de Planta Calana se encuentra con valores entre 0.014 a 0.015 mg/l As de acuerdo a los últimos reportes de DIRESA, esto a raíz de las mejoras que se vienen implementando, así mismo se tiene una serie de proyectos para mejorar aún mas la calidad, a costos adecuados, los cuales se ampliarán líneas abajo

Debemos culminar esta parte, indicando que de acuerdo a los reportes del MINSA, las personas afectadas con cáncer en el Perú son mayormente: a la mama, próstata y útero. No se ha registrado ningún tipo de cáncer por consumo de agua ya que hasta la fecha NO se ha realizado un estudio epidemiológico completo en nuestra localidad y en ningún lugar del País ya que hay niveles superiores en Mollendo e ILO. La Región Tacna está en el puesto 20 en casos de cáncer a nivel nacional, siendo una de las regiones con menos casos de cáncer.

Antecedentes de la determinación del valor de referencia

Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 recomendaron una concentración máxima admisible de arsénico de 0,2 mg/l, basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud. En las Normas internacionales de 1963 se redujo este valor a 0,05 mg/l, el cual se mantuvo como límite superior provisional de concentración en las Normas internacionales de 1971. El valor de referencia de 0,05 mg/l también se mantuvo en la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984. En las Guías de 1993 se fijó un valor de referencia provisional para el arsénico en el límite práctico de cuantificación de 0,01 mg/l, basándose en la preocupación por su capacidad cancerígena en el ser humano (IPCS, 2001; OMS, 2003), ya que por encima de 0.050 existe un riesgo de cáncer del orden del 3 %.

En el Perú la Ley General del Agua indica un valor de 0,1 mg/L desde 1969 hasta el 2010.

En el 2010 entra en vigencia el DS N° 031-2010-SA, en el cual declara que la concentración máxima de Arsénico para consumo humano debe ser 0,010 mg/L As.

TRATAMIENTO DE AGUA: PLANTA CALANA

Cuando entró en vigencia el DS N° 031-2010-SA y se aprobaron las

directivas del PCC y PAS en el año 2014, se dio plazo hasta el año 2019 a todas las EPS del país para reducir la concentración de As hasta 0,010 mg/L y otros parámetros considerados como tóxicos. En la Localidad de Tacna el promedio de Arsénico en el agua cruda es de 0,120 mg/L siendo la norma de la Ley General de Aguas hasta el año 2010 con un valor guía de 0.100 mg/l As, por lo tanto en ese entonces la planta fue diseñada para la aplicación de Sulfato de Aluminio y bajar los niveles a valores menores a 0.100 mg/l, lo cual NO era nada complicado.

Después de que entrara en vigencia la norma, en el 2011 se hacen unos ajustes en la planta de Calana para poder reducir el nivel de Arsénico usando una combinación de sulfato de Aluminio y cal hidratada, se sabe que la cal hidratada puede llegar a remover Arsénico a un pH elevado, llegando con esto a concentraciones de 0,050 mg/L de Arsénico.

En el 2012 se decide realizar la precloración a la entrada de la planta, con la aplicación de cloro se obtiene una oxidación del As+3 a As+5, con lo que el tratamiento mejora y los niveles promedio a la salida de la planta Calana llegaban a 0,040 mg/L As.

En el año 2013 de acuerdo a la programación de insumos químicos se logra la compra de sulfato férrico y se decide retirar la cal hidratada del tratamiento, se sabe que el rendimiento del sulfato de aluminio es mucho menor que el sulfato férrico, para el caso de nuestro tipo de agua el Sulfato Férrico es uno de los mejores coagulantes. Se determinó que a dosis mayores de 25 mg/l de Sulfato Férrico la concentración de Arsénico a la salida de la planta llegaba en promedio de 0.030 mg/l As, de esta manera se logró llegar a un sistema de tratamiento confiable.

En el año de 2016 con el proyecto SNIP 205369 se realizó el cambio de material filtrante de la planta Calana, con lo cual según evaluaciones de la misma DIRESA tenemos una concentración de 0.014 a 0,015 mg/L As muy cercano a la norma, que indica un valor de 0,010 mg/L.

PROYECTOS

PROYECTO AMPLIACIÓN DE LA PLANTA CALANA A 500 LPS

La EPS Tacna cuenta con el proyecto de Ampliación de Planta Calana, donde uno de sus componentes es la construcción de un nuevo FLOCULADOR, ya que el actual solo brinda un periodo de retención de 7 min, siendo muy corto de acuerdo a los ensayos y aspectos teóricos. Con un nuevo floculador se tendrá un tiempo de retención entre 25 a 30 min, esto permitirá alcanzar los límites máximos permisibles de Arsénico en el agua para consumo humano con fecha de ejecución 2017, siendo la fecha límite dispuesto por el Ministerio de Salud el año 2019.

PROYECTO NUEVA PLANTA CALANA A 600 LPS

Con el proyecto de la Nueva Planta Calana No solamente se contará con agua con niveles de Arsénico a niveles de trazas, sino también se contará con un laboratorio a nivel de acreditación, con equipos de última generación y un sistema de control automatizado, que asegurará que el 100 % del agua producida cuente con los niveles de Arsénico dentro de norma, por los próximos 20 años.

PROBLEMAS DE SALUD PÚBLICA POR ARSENICO, PRESENTE EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Varios países de América han reportado la existencia de población expuesta crónicamente a concentraciones de arsénico en agua de bebida, superiores a las previstas por la normatividad de los países y de la OMS. Es el caso de Canadá, Estados Unidos, Chile, Perú, Bolivia, México, El Salvador y Nicaragua. Algunos de estos países han resuelto total o parcialmente el problema de disposición de tecnología, dependiendo de que la población afectada fuera rural o urbana.

Nos preguntamos: por que de estos reportes? cual es la importancia de realizar el tratamiento de aguas de consumo o de bebida contaminadas o con altos índices de arsénico?

El hidroarsenicismo crónico regional y endémico (HACRE) es un síndrome tóxico, crónico y adquirido, que se caracteriza por lesiones cutáneas benignas que aparecen de 1 a 15 años después de la ingesta de aguas contaminadas con arsénico (As), o sus sales inorgánicas, en proporciones incompatibles con el criterio de seguridad. El arsénico (As) es un metaloide, ampliamente distribuido en la naturaleza en aguas y suelos. La contaminación de los cursos de agua, tanto superficiales como profundos, constituye el principal problema ambiental generado por este elemento. El HACRE se desarrolla progresivamente, comprometiendo diversos órganos y sistemas, principalmente la piel. Una de las complicaciones más importantes del HACRE es el desarrollo de neoplasias, principalmente tumores cutáneos. el HACRE es una enfermedad prevenible

El arsénico fue clasificado por la INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC), como un agente carcinogénico para humanos con base en estudios epidemiológicos que relacionan la ingestión de arsénico en el agua de bebida y cáncer en la piel y estudios ocupacionales que relacionan la exposición al arsénico y cáncer de pulmón. La organización mundial de la salud (OMS) recomienda un valor orientador para agua de bebida de 0.01 mg As/l **LA PROBLEMÁTICA LOCAL**- hacemos extensivo una publicación que se dio en la página WEB de RPP noticias del 17/3/2017 que a la letra dice: Alto nivel de arsénico en agua potable preocupa a tacneños: El 92.6 % de los hogares tacneños tienen acceso al agua potable, sin embargo la calidad del servicio sigue siendo un problema para esta región, en la que se ha reportado altos niveles de partículas de arsénico en este recurso vital.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el nivel máximo permitido de arsénico por litro de agua es de 0,01 mg/l, sin embargo en nuestro país existe una cláusula de excepción que autoriza hasta 0.05 mg/l, nivel promedio al que se habría llegado en Tacna. (D.S 030-2010 MINEM)

El organismo internacional ha advertido, que "la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua (...) puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes".

Ante estos riesgos, el representante de la Defensoría del Pueblo en Tacna, Edwar Vargas, indicó que ha recomendado al Ministerio de Salud que elabore una normativa que permita fiscalizar y sancionar a la Empresa Prestadora Servicios (EPS) de agua potable, ante casos de contaminación.

EL HIDROARSENICISMO es una enfermedad ambiental crónica cuya etiología está asociada al consumo de aguas contaminadas con sales de arsénico y que en algunas regiones del mundo es de carácter endémico. En algunos estudios se le llama por su acrónimo HACER PATOLOGÍA, el hidroarsenicismo crónico endémico provoca alteraciones cardíacas, vasculares y neurológicas, repercusiones en el aparato y lesiones hepáticas, renales e hiperqueratosis cutánea que avanzan progresivamente hasta las neoplasias o cáncer. 1

Causas: La presencia de arsénico (As) en el agua está asociada a procesos hidrogeológicos e hidrotermales naturales en el mayor porcentaje de los casos y también por la intervención humana. En las causas naturales, las cuencas hidrográficas están asociadas a napas freáticas que subyacen en depósitos naturales de arsénico de origen volcánico. Movimientos geológicos, actividad volcánica.

La intoxicación crónica por el arsénico es causada por la exposición prolongada a cantidades relativamente menores de dicha sustancia. en la intoxicación crónica pueden aparecer varios tipos de cáncer (de piel, pulmón, riñón o vejiga). Otros efectos pueden ser cambios en el color de la piel, ceguera, cojera e incluso gangrena.

La intoxicación crónica por arsénico puede producir:

- síntomas digestivos: náuseas y vómitos, dolores abdominales de tipo cólico, diarreas leves; lesiones degenerativas del hígado, como cirrosis o carcinoma hepático.
- síntomas cutáneos: eritemas, pápulas, vesículas, úlceras, hiperqueratosis palmoplantar, verrugas, hiperpigmentación (véase discromía) y epitelomas.

Lesiones cardíacas y vasculopatías periféricas. Perforación de tabique nasal, cuando es por inhalación. Cáncer de pulmón.

La organización mundial de la salud estima que el consumo prolongado de agua potable con un contenido de arsénico mayor de 0.01 mg por litro podría llegar a provocar arsenicosis. Sin embargo, no debe considerarse como un "límite de tolerancia" sino como un "valor de referencia" a nivel global. La OMS recomienda hacer estudios locales para determinar los límites de tolerancia reales. Los valores efectivos podrían ser mayores si en la región se bebe menor cantidad de agua (no es lo mismo en áreas tropicales que en templadas). También depende de la alimentación y de otros factores. Los límites deberían basarse más en estudios sobre humanos y en la tolerancia de éstos en cada región, más que en factores medioambientales.

El objetivo de la presente publicación tiene un carácter de difusión sobre la problemática del consumo de agua potable en Tacna que según reportes de diversas entidades que realizaron en distintas fechas los monitoreos y análisis instrumentales, el agua que consume nuestra ciudad supera los valores de 0.01 mg /L As lo cual consideramos es un problema que debe mover la conciencia de las autoridades y entidades llamadas a paliar dicha problemática de salubridad publica.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE AGUAS

Por: Ing. Julián Nieto Quispe
 Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
 Facultad de Ingeniería

INTRODUCCIÓN

El volumen total de agua del planeta equivale a 1 400 millones de Km³. El 90% no es utilizable por los seres vivos por estar combinada en la litósfera. El 10 % restante se distribuye así:

Océanos	97,6 %
Casquetes polares y glaciares	1,9 %
Agua dulce	0,5 %

El agua es un compuesto esencial para la vida. Se utiliza en la alimentación de los seres vivos, en la agricultura, en la industria, etc. El agua es el medio en el que se producen la mayoría de las reacciones físicas químicas y bioquímicas que son fundamentales para la vida (Fernández, 2007).

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre; Esto hace que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos (Fernández, 2007).

Tabla 1. El agua y sus componentes más comunes

Sales más comunes	Cationes	Aniones
Ca(HCO ₃) ₂	Calcio (Ca ⁺⁺)	Bicarbonato HCO ₃ ⁻
Mg(HCO ₃) ₂	Mg (Mg ⁺⁺)	Carbonato CO ₃ ⁼
Fe(HCO ₃) ₂	Sodio (Na ⁺)	Sulfato SO ₄ ⁼
CaSO ₄	Potasio (K ⁺)	Cloruro Cl ⁻
Mg SO ₄	Hierro (Fe ⁺⁺)	Nitrato NO ₃ ⁻
Na ₂ SO ₄	Manganeso (Mn ⁺⁺)	Silicato HSiO ₃ ⁻
K ₂ SO ₄	Aluminio (Al ⁺⁺⁺)	Fosfatos PO ₄ ³⁻
CaCl ₂		
MgCl ₂		
NaCl		
KCl		
SiO ₂		

Fuente: García, 2007.

En el agua pueden encontrarse cationes de metales pesados tales como titanio, cromo, níquel, cobalto, plomo, zinc, mercurio, cadmio, selenio, arsénico, boro, e indicios de productos radiactivos de la desintegración de radio, radón y uranio. Pero los análisis de agua convencionales no muestran estos elementos; tampoco existen datos o estudios publicados sobre la tasa de indicios de estos elementos metálicos (García, 2007).

Contaminantes	A.A.M.I. estándares propuestos (máx. perm.)	Nivel asociados con síntomas en pacientes	Síntomas reportados	Método remoción propuesto
Inorgánicos disueltos				
Aluminio	0.01 mg/L	0.060 mg/L	Enfermedad de los huesos, muerte	RO/DI
Calcio	2.0 mg/L	88.0 mg/L	Síndrome agua dura, náusea, vómitos, debilitamiento, inestabilidad, presión sanguínea	SO/RO/DI
Cloro	0.5 mg/L	—	—	CA
Cobre	0.1 mg/L	0.490 mg/L	Náusea, escalofríos, dolor de cabeza, daño hepático, hemodilisis, anemia, muerte	RO/DI
Sulfato	100.0 mg/L	200.0 mg/L	Náusea, vómitos, acidosis metabólica	RO/DI
Zinc	0.1 mg/L	0.2 mg/L	Anemia, náusea, vómitos, fiebre	RO/DI
Nitrato	2.0 mg/L	21.0 mg/L	Metahemoglobinemia, hipotensión, náusea	RO/DI
Magnesio	4.0 mg/L	88.0 mg/L	Síndrome agua dura, náusea, vómitos, debilitamiento, inestabilidad, presión sanguínea	SO/RO/DI
Potasio	8.0 mg/L	—	—	RO/DI
Bario	0.1 mg/L	No establecido	No descrito en literatura	RO/DI
Arsénico, cromo, plomo, plata	0.05 mg/L	—	Varias, depende del contaminante	RO/DI
Cadmio, selenio	0.01 mg/L	Standard solo	Varios síntomas, incluyendo muerte, agua bebida	RO/DI
Mercurio	0.02 mg/L	—	—	RO/DI

CA = Carbón activado; RO = Ósmosis inversa; DI = Desionización; SO = Ablandamiento; A.A.M.I. = The Association for Advancement of Medical Instrumentation

TÉCNICAS ANALÍTICAS INSTRUMENTALES

Entre las nuevas técnicas y aplicaciones incluidas en los "Standard Methods" encontramos: el conteo y distribución de tamaños de partículas, la aplicación del plasma acoplado inductivamente y espectroscopia de masas (ICP-MS) al análisis de metales, la utilización de la voltametría anódica de redisolución, los nuevos sistemas de supresión para cromatografía iónica, los dispositivos de análisis automático por inyección de flujo, la electroforesis capilar iónica, la medición de carbono orgánico total con persulfato caliente como oxidante y las aplicaciones de la cromatografía al análisis de contaminantes (Francois, 2011).



Figura 1. Técnicas de análisis clásicas y modernas.
 Fuente: Francois, 2011

Casi cualquier propiedad física de un elemento o compuesto puede servir como base para una medición instrumental. La capacidad de una solución coloreada para absorber luz, capacidad de una solución para transmitir corriente o un gas para conducir calor, puede ser la base de un método instrumental, para detectar la presencia (cualitativo) o para medir la cantidad de un elemento o compuesto en una muestra (cuantitativo).

La mayoría de los métodos instrumentales quedan en alguna de las tres áreas principales: espectrometría, electroquímica y cromatografía (Skoog, 2008).

Los avances en la química y en la tecnología están haciendo posible nuevos métodos y extendiendo el uso de las existentes. La espectroscopia fotoacústica es un ejemplo de método analítico reciente. Algunos métodos existentes se han combinado para extender la utilidad de los métodos individuales. Ejemplos de métodos acoplados o agrupados exitosamente son: cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS) y el de plasma con acoplamiento inductivo espectrometría de masas (ICP-MS).

La aplicación de la capacidad de las computadoras a los instrumentos analíticos ha llevado al uso extenso de métodos como la transformada de Fourier para producir las nuevas técnicas espectroscopia de infrarrojos (IR) y resonancia magnética nuclear de pulsos (NMR) (Skoog, 2008).

TÉCNICAS INSTRUMENTALES PARA ANÁLISIS DE AGUAS

Armijo (2002) presenta una recopilación de las técnicas de análisis de aguas, basándose en el "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", cuyo resumen se ilustra en la tabla 2; donde podemos apreciar las novedades incluidas las normas oficiales, como también las nuevas aplicaciones de técnicas y nuevas técnicas.

Tabla 3. Tendencias instrumentales de análisis de aguas

Novedades en normas oficiales	Nuevas aplicaciones de técnicas o equipos	Nuevas técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Cromatografía iónica (CI) • Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP) • Electroodos específicos • Análisis automáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de cationes por cromatografía iónica • Determinación de metales de transición por cromatografía iónica con quelación • Determinación de cationes y otras sustancias por electrodos específicos • Nebulización ultrasónica con EA ICP 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de nitrógeno por quimiluminiscencia • Extracción con fluidos en condiciones supercríticas • Detectores de fibra óptica • Espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente/Espectrometría de masas ICP/MS)

Fuente: Armijo (2002)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijo C., Francisco. (2002). Nuevas tendencias en las técnicas analíticas de las aguas. Instituto Geológico y Minería de España. Ministerio de Economía Industria y Competitividad. Accedido el 5/04/2017. Disponible en: http://aguas.igme.es/igme/publica/pdf/aguas_mine/5_nuevas.pdf
- Fernández L., José A. (2007). Análisis de aguas. Departamento de Ingeniería Química Ambiental. Universidad Pública de Cartagena. España.
- García G., Severino. (2007). El agua en Hemodilisis. Revista Agua Latinoamericana. Vol. 7, N°3, 2007.
- Francois C., M. Angélica. (2011). Introducción al análisis químico. Escuela Ciencias Ambientales. Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco. Chile.
- Skoog, Douglas A.; Holler, Crouch, Stanley R. (2008). Principios de análisis instrumental. 6ta. Edición. CENGAGE Learning. Snta Fe. México.



MUESTREO DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA:

El departamento de Tacna se divide en 04 provincias que son Tacna, Tarata, Candarave y Jorge Basadre (Fig. No1 Provincias de Tacna). Estas provincias a su vez están constituidas por distritos

De acuerdo al ámbito interregional del consejo de recursos hídricos de la cuenca Caplina-Locumba. Esta incluye la cuenca del río Caplina, la cuenca del río Sama, la cuenca del río Uchusuma, la cuenca del río Caño y finalmente la cuenca del río Locumba; el ámbito de las cuatro primeras cuencas se enmarcan 100% dentro del departamento de Tacna, en cambio la cuenca del río Locumba es parcialmente compartida con el departamento de Moquegua. Las cuencas Uchusuma y Caño, aunque transfronterizas, han sido incluidas en el ámbito de decisión del Consejo de Recursos Hídricos, porque sus cuencas altas se ubican íntegramente en el departamento de Tacna. La cuenca del río Maure, no pertenece al ámbito de decisión del Consejo de Recursos Hídricos, por tratarse de una cuenca transfronteriza cuya gestión debe implementarse en el plan Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. (ANA, 2015, Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Caplina – Locumba)



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Tacna#/media/File:Provincias_de_Tacna.png

Provincia	Población	Superficie (km²)	Densidad	Capital	Distritos
Total Tacna	352,501	16,075.89 km²	17.96	Tacna	28
Candarave	8,573	2261.10	3.70	Candarave	Cairani Comilaca Candarave Curibaya Huansara Quilahuani
Jorge Basadre	9,892	2928.72	3.37	Locumba	Ilabaya Ite Locumba
Tacna	325,731	8066.11	32.57	Tacna	Alto de la Alianza Cañana Ciudad Nueva Gregorio Albarracín Inclán Pachía Palca Pocollay Sama La Yarada-Los Palos Tacna Héroes Albarracín Estique Estique Pampa Sitajara Susapaya Tarata Tarucachi Ticaco
Tarata	8,305	2819.96	2.77	Tarata	

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Tacna



Cuencas hidrográficas del Departamento de Tacna

Fuente: Insumos para la formulación del PGRHC Caplina-Locumba (ANA, 2015)

El muestreo y análisis de calidad físicoquímica que se viene realizando en el presente proyecto de investigación ha sido realizado en las cuencas hidrográficas Locumba, Sama y Caplina. Considerando en una primera etapa como puntos de muestreo los distritos (Tacna, Sama, Candarave e Ite) de las provincias que tengan la mayor población afectada o potencialmente afecta por la problemática de la contaminación natural de arsénico y boro en sus fuentes de abastecimiento de agua (Agua no sometida a procesos de potabilización), y agua para consumo humano (agua sometida a proceso de potabilización).

Las muestras fueron tomadas, transportadas y analizadas por el personal de un laboratorio acreditado y supervisado por personal del proyecto de investigación; teniendo en consideración las normas adecuadas de toma de muestras, su conservación y los protocolos de análisis. Los análisis fueron realizados en el laboratorio acreditado mediante ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente). La cual es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en un rango dinámico lineal de 8 órdenes de magnitud (ng/l – mg/l). Los parámetros de campo fueron pH y conductividad. Lo resultados obtenidos están siendo contrastados con los datos obtenidos en los últimos años por el programa de monitoreo participativo de calidad de agua que realiza la Autoridad Nacional del Agua de Tacna (estos datos serán utilizados para la contrastación de las fuentes de agua no tratada) y con los datos de los últimos años realizados por el Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (PVICA) que pertenece a la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la Dirección Regional de Salud de Tacna (DESA-TACNA) (estos datos serán utilizados para la contrastación del agua para consumo humano).

Estos resultados servirán para establecer los puntos de muestreo adecuado para la modulación de la tecnología de remoción de arsénico y boro con el agua de los distritos seleccionados. A la vez permitirá establecer las eficiencias de remoción de las tecnologías que actualmente se vienen utilizando en las zonas seleccionadas.

Autor:
DR. EDGARDO AVENDAÑO CÁCERES



Zonas de Muestreo de calidad físicoquímica de agua
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Zonas de Muestreo de calidad físicoquímica en la provincia de Tacna
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Zona de Muestreo de calidad físicoquímica en la provincia de Tacna (Captación de la EPS-Tacna en Cerro Blanco)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Planta de Tratamiento Calana (agua para consumo humano EPS-Tacna)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



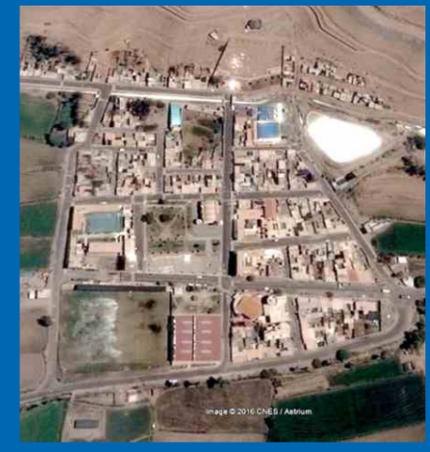
Planta de Tratamiento Altolima (agua para consumo humano EPS-Tacna)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Zona de Muestreo de calidad físicoquímica distrito de Sama Grande (Pertenece a la provincia de Tacna)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Zona de Muestreo de calidad físicoquímica distrito de Candarave (Pertenece a la provincia de Candarave)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth



Zona de Muestreo de calidad físicoquímica distrito de Ite (Pertenece a la provincia de Jorge Basadre)
Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth

GESTIÓN E INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

En Tacna el 20 de abril de 2016, se aprueba con Resolución Rectoral 13032-2016-UN/JBG, la estructura orgánica del Vicerrectorado de Investigación, documento en donde se aprueba las funciones generales de la Unidad de Gestión de la Producción Científica (UGPC), asimismo se le establece como órgano de apoyo con carácter técnico el cual es un soporte del Vicerrectorado de Investigación.

Con Resolución Rectoral N° 1000-2016-UN/JBG se designa al Lic. Adm. Leonardo Ticona Gómez como Jefe de la UGPC a partir del 18 de julio del 2016, actualmente la UGPC se encarga de proponer programas, normas y procedimientos de orientación, promoción, coordinación, control, monitoreo, evaluación y proyección de las actividades desarrolladas durante el proceso clave de la producción científica de la Universidad.

Uno de los logros obtenidos por esta oficina es la gestión en la novena convocatoria de "Financiamiento de Planes de mejora para el fortalecimiento de la calidad vinculada a investigación de las universidades públicas institucionalizadas", que organizó el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) en la cual obtuvimos resultados positivos y actualmente nuestros docentes vienen recibiendo capacitación en el desarrollo de sus proyectos.

La UGPC, como oficina está avocada a conseguir un nuevo panorama en el horizonte científico de nuestra universidad: sensibilizando, promoviendo y movilizando a docentes, estudiantes y administrativos, para la realización de sus actividades, para la ejecución de las mismas se cuenta con 3 Secciones:

Sección de Estrategias de Promoción y Proyección de la Investigación (EPRI):

La sección encargada de organizar y promover actividades de investigación a la comunidad universitaria. En el 2016 exitosamente se realizó la actividad "Perú con Ciencia Tacna 2016", evento que tuvo una duración de tres días en los cuales se desarrolló la Feria de Proyectos científicos e innovadores, donde participaron estudiantes universitarios, escolares participantes de la Feria Eureka 2016, tesis basadinas, docentes, proyectos en ejecución financiados por canon e instituciones invitadas. A raíz de la organización del "Perú con Ciencia Tacna 2016" nuestra universidad se hizo merecedora a un reconocimiento por parte del CONCYTEC, denominado "Mural Participativo", la Sección además viene realizando la difusión y proyección de actividades enmarcadas en I+D+i y para el 2017 está preparando un diplomado en metodología de investigación dirigido para los docentes de la UNJBG y un tutorial de elaboración de tesis, dirigido a estudiantes de los últimos años de todas las carreras profesionales, todo ello en beneficio de la Comunidad Basadrina.

Sección de Administración de Proyectos (APRO):

La Sección de Administración de Proyectos, cumple un rol muy importante en el seguimiento y evaluación del avance físico financiero de los proyectos de investigación, además de colaborar con los docentes investigadores de nuestra universidad en la realización de las actividades técnicas administrativas de los proyectos de investigación. En el 2016 se realizaron 02 convocatorias de financiamiento con fondos de

Canon, Sobre canon y regalías mineras para pre y pos grado de nuestra universidad.

Para el presente año se realizarán nuevas convocatorias para el concurso de financiamiento a la investigación que involucrará estudiantes y docentes de nuestra universidad, a través de ello se financiará los proyectos a desarrollarse con fondos del canon minero.

Sección de Monitoreo y Evaluación de la Investigación (MEIN):

Se vienen realizando hasta la fecha visitas y reuniones a los proyectos de investigación y a los estudiantes que vienen ejecutando sus tesis financiados con fondos del canon, con el objetivo de recopilar información para su posterior evaluación y finalmente recomendaciones que se tendrá que dar a cada proyecto.

Por otro lado, se están llevando a cabo reuniones de trabajo para la reestructuración de los diferentes planes operativos de los Proyectos de Investigación financiados por canon.



INTRODUCCIÓN

PROBLEMÁTICA ARSÉNICO PRESENTE EN EL AGUA DE CONSUMO

¿Qué es el arsénico?

El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide, sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal pesado. La mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos de arsénico no tienen olor y la mayoría no tiene ningún sabor especial. Por esta razón, generalmente no se puede saber si están presentes en los alimentos, el agua o el aire.

¿Cómo puede afectar mi salud el arsénico?

La exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes.

Tal vez el efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos. Varios estudios han demostrado que la ingestión de arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer de la piel y de cáncer del hígado, la vejiga y los pulmones.

¿Cómo nos exponemos al arsénico?

Debido a que el arsénico se encuentra naturalmente en el ambiente, la exposición al arsénico se da a través de los alimentos, el agua potable o del aire que respiramos.

En el Perú el problema del arsénico se ha observado en ríos de Tacna, Lima y

en otras regiones, asimismo el problema de arsénico se presenta en diversas ciudades de 14 países de Latinoamérica, entre ellos Perú, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, otros; por lo cual se ha estimado que 14 millones de personas estarían expuestas a agua con un contenido de arsénico mayor a 10 g/L, valor límite recomendado por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) de 10 g/L.

¿Cómo podemos reducir el riesgo de exposición al arsénico?

- La intervención más importante en las comunidades afectadas consiste en prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento de agua potable destinada al consumo como agua de bebida, a la preparación de alimentos y al riego de los cultivos alimentarios.
- Una opción es reservar el agua con bajos niveles de arsénico para beber, cocinar y regar y utilizar el agua con mayor concentración para otros fines, por ejemplo para bañarse o lavar la ropa.
- Discriminar entre las fuentes de abastecimiento con altos niveles de arsénico y las fuentes con bajos niveles de arsénico.
- Instalar sistemas de eliminación del arsénico, ya sea de manera centralizada o a nivel doméstico.

MATERIAL ADSORBENTE REMOVEDOR DE ARSENICO DEL AGUA

El material adsorbente propuesto tiene por función la remoción de arsénico de aguas contaminadas no aptas para el consumo humano por la cantidad de arsénico en su composición para convertirla en agua apta para el consumo humano, asimismo por su alta eficiencia de remoción y bajo costo relativo se le puede emplear en el tratamiento de efluentes industriales y en parte de procesos industriales.

El presente material adsorbente está elaborado a base de cáscara de coco, el cual al ser sometido a ciertas condiciones fisicoquímicas se convierte en un material muy eficiente debido al elevado grado de porosidad y una gran área superficial propia de este material, asimismo este material es altamente selectivo por la naturaleza química de su superficie la cual le da la propiedad de atraer y atrapar de manera preferencial moléculas de arsénico.

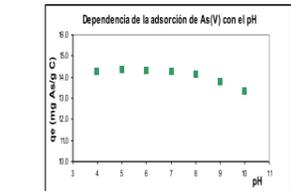
Aplicaciones

- El material adsorbente removedor de arsénico puede ser empleado para solucionar el problema de la potabilización del agua debido a la presencia de arsénico que la hace no apta para el consumo humano.
- También ha sido probado exitosamente en soluciones con altos contenidos de arsénico, y considerando el bajo costo de producción del mismo; el material podría ser empleado en el tratamiento de efluentes con alta carga de arsénico en la industria minera o afines.
- Este material adsorbente de arsénico se puede emplear en filtros de punto de uso (Viviendas, centros comerciales, etc.) o como medios filtrantes en plantas de tratamiento de pequeña y gran escala.
- Al tener origen orgánico y por la naturaleza química de la superficie del material este producto es altamente afín a compuestos orgánicos, por lo cual el material puede ser empleado en el tratamiento de contaminantes orgánicos del agua tales como restos de hidrocarburos, solventes, plaguicidas, pesticidas y afines.

Estudio de saturación del material adsorbente de arsénico empleando un filtro con 500 g del producto desarrollado, el estudio determinó que se pudo obtener 10,000,00 l de agua con una cantidad menor a 10 ug/L de arsénico a partir de una fuente contaminada con 100 ug/L de arsénico.



Estudio de la influencia del material adsorbente con el cambio del pH del agua a procesar, se observa que el pH más adecuado es de 5 a 8.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

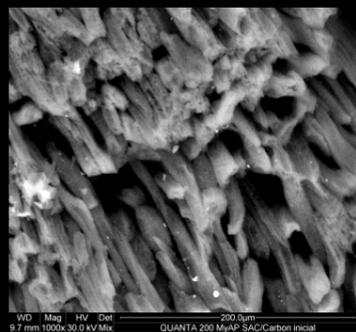
Propiedades características del material desarrollado

Composición del material	Cáscara de coco activado modificado superficialmente
Forma/Color Físico	Granulado / color Pardo rojizo
Contenido de humedad	< 5 %
Tamaño de partícula	50 – 200 Mesh
Área Superficial	1450 m ² /g.
Densidad de masa	0.70 gramos por cc
Volumen de poro menor a 100 nm	0.49 cm ³ /g
Tamaño de poro promedio	1.60 – 2.00 nm

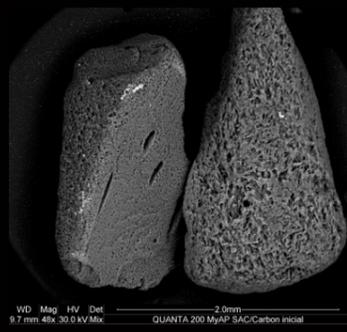
Parámetros de diseño operacional

Flujo de trabajo	1.5 LPM
Dirección de flujo de trabajo	Horizontal de abajo hacia arriba o viceversa
EBCT	1.5 min
Carga de presión típica	< 5 psi
Regeneración	Si, hasta tres veces
Temperatura óptima de funcionamiento	Menor a 60 °C
pH de operación óptimo	5 a 8

Microfotografía de la superficie del material adsorbente tomado con un microscopio electrónico de barrido (SEM) en escala de micrómetros; se observa los microporos que le dan la gran área superficial de trabajo del material y por donde quedan atrapadas las especies de arsénico.



Microfotografía de dos partículas del material adsorbente tomado con un microscopio electrónico de barrido (SEM) en escala de milímetros; se observa la naturaleza porosa de las partículas del material.



Debido a que el arsénico se encuentra naturalmente en el ambiente, la exposición al arsénico se da a través de los alimentos, el agua potable o del aire que respiramos.



¿Cómo nos exponemos al arsénico?

En el Perú el problema del arsénico se ha observado en ríos de Tacna, Lima y en otras regiones, asimismo el problema de arsénico se presenta en diversas ciudades de 14 países de Latinoamérica, entre ellos Perú, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, otros; por lo cual se ha estimado que 14 millones de personas estarían expuestas a agua con un contenido de arsénico mayor a 10 µg/L, valor límite recomendado por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) de 10 µg/L.

¿Cómo podemos reducir el riesgo de exposición al arsénico?

- La intervención más importante en las comunidades afectadas consiste en prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento de agua potable destinada al consumo como agua de bebida, a la preparación de alimentos y al riego de los cultivos alimentarios.
- Una opción es reservar el agua con bajos niveles de arsénico para beber, cocinar y regar y utilizar el agua con mayor concentración para otros fines, por ejemplo para bañarse o lavar la ropa.
- Discriminar entre las fuentes de abastecimiento con altos niveles de arsénico y las fuentes con bajos niveles de arsénico.
- Instalar sistemas de eliminación del arsénico, ya sea de manera centralizada o a nivel doméstico.



Descripción

El presente material adsorbente está elaborado a base de cáscara de coco, el cual al ser sometido a ciertas condiciones fisicoquímicas se convierte en un material muy eficiente debido al elevado grado de porosidad y una gran área superficial propia de este material, asimismo este material es altamente selectivo por la naturaleza química de su superficie la cual le da la propiedad de atraer y atrapar de manera preferencial moléculas de arsénico.

Aplicaciones Potenciales

- El material adsorbente removedor de arsénico puede ser empleado para solucionar el problema de la potabilización del agua debido a la presencia de arsénico que la hace no apta para el consumo humano.
- También ha sido probado exitosamente en soluciones con altos contenidos de arsénico, y considerando el bajo costo de producción del mismo; el material podría ser empleado en el tratamiento de efluentes con alta carga de arsénico en la industria minera o afines.

MATERIAL ADSORBENTE REMOVEDOR DE ARSENICO PARA POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Número de patente otorgado por INDECOPI 8060



Disposición del material adsorbente en un sistema de filtrado en laboratorio

El filtro elaborado con la corteza de coco permite obtener el agua cristalina y apta para el consumo humano.



- Este material adsorbente de arsénico se puede emplear en filtros de punto de uso (Viviendas, centros comerciales, etc.) o como medios filtrantes en plantas de tratamiento de pequeña y gran escala.
- Al tener origen orgánico y por la naturaleza química de la superficie del material este producto es altamente afín a compuestos orgánicos, por lo cual el material puede ser empleado en el tratamiento de contaminantes orgánicos del agua tales como restos de hidrocarburos, solventes, plaguicidas, pesticidas y afines.
- Podría emplearse en el tratamiento de intoxicaciones agudas con arsénico inorgánico mediante el lavado gástrico, debido a la estabilidad e inocuidad del material desarrollado.
- Otra aplicación potencial que se está desarrollando es en el diagnóstico de pacientes afectados con exposición crónica al servir como un medio extractante de arsénico inorgánico de la orina del paciente para posteriormente realizar el diagnóstico en el material aislado de la muestra.



Corteza de coco



Aspecto macroscópico de material adsorbente

¿Qué es el arsénico?

El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide, sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal pesado. La mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos de arsénico no tienen olor y la mayoría no tiene ningún sabor especial. Por esta razón, generalmente no se puede saber si están presentes en los alimentos, el agua o el aire.

¿Cómo puede afectar mi salud el arsénico?

La exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas. También se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes.

Tal vez el efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos. Varios estudios han demostrado que la ingestión de arsénico inorgánico puede aumentar el riesgo de cáncer de la piel y de cáncer del hígado, la vejiga y los pulmones.



LA EXPOSICIÓN A ARSÉNICO COMO PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA

Contacto

Oficina Ejecutiva de Transferencia Tecnológica y Capacitación
051 - 748111-anexo 1193, 1173
Contacto: Lic. Brigitte Espíritu Sanchez
email: bespiritu@ins.gob.pe