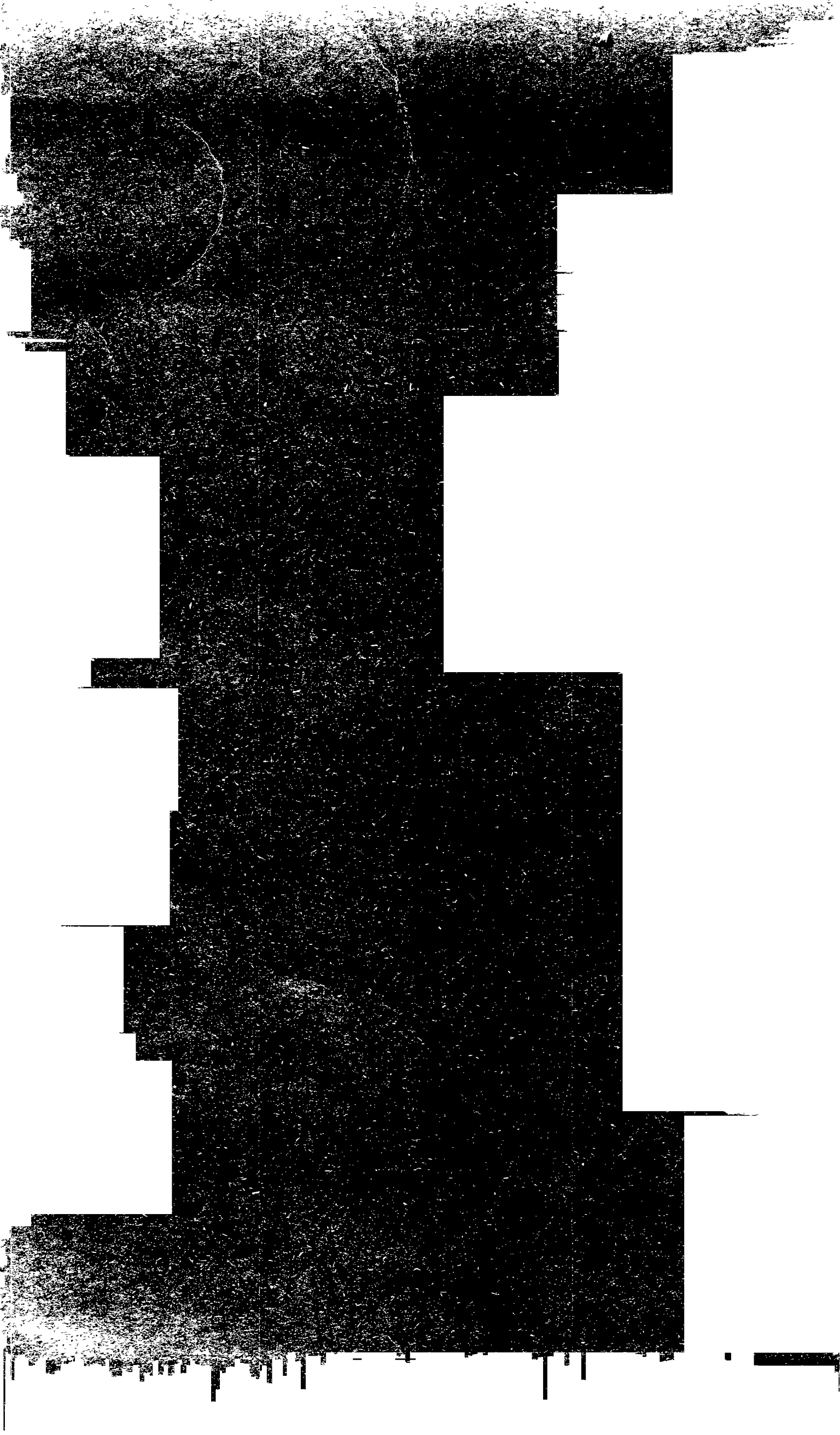


250
05 JAN

250-4081



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA
LABORATORIO GUILLERMO C. CESPEDES

EL ARSENICO EN AGUAS DE BEBIDA
EN LA REPUBLICA ARGENTINA
TECNICAS PARA SU ELIMINACION

Dr. CALLEGARO, Roque
Lic. CUSIMANO, Néstor
Lic. DEAMBROSI, Néstor

LA PLATA AÑO 1986.-

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
PO Box 93150, 2309 AD The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: *WH 4081*
LO: *250 86 AR*



EL ARSENICO EN AGUA DE BEBIDA

EN LA REPUBLICA ARGENTINA

TECNICAS PARA SU ELIMINACION

Introducción: -El arsénico es un no metal conocido desde muy antiguo siendo sabido desde un comienzo de su alta toxicidad, aunque al estado puro, por su escasa solubilidad no es peligroso. Al estado de sales u oxidos, por ejemplo el rango tóxico para el hombre del $A_s(III)$ está entre 1 a 2,5 mg A_s/Kg de peso.

Las sales reducidas son más tóxicas que las oxidadas. El $A_s(III)$ se lo considera de 3 a 20 veces más tóxico que en su forma de $A_s(V)$.

El arsénico se encuentra en mayor o menor cantidad en casi todos los suelos y formando parte de rocas tales como: - mispikel, oropimento, arseñolita, rejalgar, cobaltita, arsenopirita, etc.

En nuestro país la presencia de arsénico en el agua de bebida en cantidades que superan los valores aconsejables es más frecuente de lo que se cree y de lo que sería de desear. El uso de aguas arsenicales es común en nuestro país y también se encuentran en otros como Chile, México, Taiwan, etc.

En países como USA, Francia, Italia, Inglaterra, etc no es tan frecuente hallarlas y si se presentan, por lo general pueden reemplazarlas por otras fuentes más aptas, no siempre posible de obtener en nuestro caso.

En la República Argentina son varias las provincias que tienen importantes áreas con aguas arsenicales. Las principales són:-Córdoba, Chaco, Santiago del Estero, Salta, Buenos Aires, La Pampa, La Rioja etc.

Desde principio de siglos la bibliografía médica de Argentina, y aún antes, hace mención de frecuentes casos de hidroarsenicismo, enfermedad



crónica producida por la ingestión de aguas con contenido elevado de arsénico. En la literatura se la denomina con la sigla H.A.C.R.E. (hidroarsenicismo crónico regional endémico).

Estado de oxidación del A_s en las aguas: -Es importante determinar el estado en que se encuentra el arsénico en el agua. Frank y Clifford estudiaron el estado del A_s en el agua de San Isidro, New México donde hallaron en un agua con $80 \mu\text{g/l}$ un 40 % como A_s (III).

De 19 pozos de agua en Hanford, California con 30 a $90 \mu\text{g/l}$ de A_s el mismo se hallaba todo como A_s (III). Los autores señalan la posibilidad de hallarlo como A_s (III) o A_s (V) o mezcla de ambos. También se lo puede hallar en diversas formas de combinaciones orgánicas.

La toxicidad del arsénico está en relación directa a su grado de ionización, cuanto mayor es ésta más intensa es su acción tóxica.

Aún no se han profundizado lo suficientemente los estudios conducentes a determinar el estado en que se halla el arsénico en la aguas, sean superficiales o del subsuelo. En aguas bien oxigenadas podría hallarse como arseniato, mientras que en las subterráneas y en atmósferas reducidas su estado sería como sal arseniosa.

Las sales arseniosas son más difíciles de abatir que los arseniatos.

El estado de oxidación del A_s en el agua depende del potencial redox. En aguas superficiales, en presencia de oxígeno el arsénico está predominantemente como pentavalente, mientras que en condiciones reducidas, particularmente en aguas profundas el arsénico predomina como trivalente.

En un trabajo de Frank y Clifford publicado por la E.P.A. en el corriente año se estudia el estado del A_s en las aguas de bebida. Los autores señalan que puede hallarse como A_s (III) o como A_s (V) o mezcla de ambos. También se lo puede encontrar de diversas formas en combinaciones orgánicas.

Además en los tratamientos ensayados para eliminar el mismo se observa que se extrae con mayor facilidad al estado de A_s (V) y se dificulta sustancialmente aquel presente como A_s (III).



Arsénico en alimentos: -Por lo general se lo halla en muy baja concentración, inferior a 1 mg/Kg según estudios publicados en "Arsenic" E.H.C. -1981. En peces marinos contienen un promedio de 5 mg/Kg (peso húmedo). En cambio en crustáceos, moluscos y peces de fondo el contenido de A_s es de varias décimas de miligramos por kilo de peso. En Japón se analizaron, en algas y vegetales comestibles del mar y determinaron concentraciones de A_s entre 19 y 172 mg/Kg con una media de 112 mg/Kg.

Según sus investigadores, en todos ellos el A_s se encuentra ligado a la parte grasa soluble y como compuestos organoarsenicales solubles en agua.

Los compuestos organoarsénicos de los alimentos marinos parecen pasar por el individuo sin transformarse, siendo eliminados tal como se ingieren.

Crecelius señala que el A_s orgánico de los alimentos no es metabolizado por el organismo humano.

Algunas sustancias organoarsenicales tienen alta toxicidad para ciertos órganos, mientras que los organoarsenicales de los alimentos marinos aparecen como de baja toxicidad.

Por el uso de pesticidas en tabacales, éstos solían contener unos 40 mg/Kg. Actualmente, en general, es inferior a 10 mg/Kg.

Las aguas con elevado contenido de arsénico son siempre muy alcalinas, con escasa dureza y fuertemente bicarbonatadas como puede apreciarse en las planillas de análisis que se agregan al final del trabajo.

En general el A_s se encuentra con mucho más frecuencia en las aguas subterráneas y dentro de éstas en las aguas freáticas o napas de poca profundidad. Hay excepciones, como ejemplo citaremos las aguas de la localidad de Monte Quemado, Provincia de Santiago del Estero donde se extrae agua de profundidades de 90 a 100 m y el contenido de A_s de la misma se halla entre 0,80 y 1,00 mg/l.

También hay aguas superficiales con contenido de arsénico que supera, a



veces, el valor de 0,10 mg/l límite máximo tolerable establecido por nuestro criterio de potabilidad.-Rios como el San Antonio, Chorrillos, Jacha! etc superan los valores normales.

En terrenos volcánicos del área de montaña, y noroeste de Salta (San Antonio de los Cobres) y zonas vecinas puede hallarse arsénico en agua de superficie.

En la formación pampeana es frecuente hallar fuentes de agua dulce con A_s que supera los límites de potabilidad de nuestras normas.

En la Provincia de Córdoba, una de las más afectadas por aguas arsenicales, en especial en Bell Ville y áreas cercanas fue donde primero se estudió el arsenicismo crónico. Esta enfermedad hasta entonces desconocida, fué llamada "mal de Bell Ville" por el Dr. Ayerza, luego también se la llama "mal de Ayerza" en todos los trabajos realizados por éste destacado médico; ello fué en 1917.

El Dr. Ayerza fué el primero, o uno de los primeros en sospechar de que la sintomatología observada en los enfermos podría ser debida al arsénico de las aguas consumidas por esos individuos. Otros autores atribuyen ésta primacía en sospechar del agua como vehículo de ésta enfermedad al Dr. Mario Goyenechea.

Acción del arsénico:-Sintomatología: -Es bien conocida la acción inhibitoria del arsénico sobre un elevado grupo de enzimas, afectando, muy en especial, las que poseen grupos sulfhidrilos.

Las sales de arsénico se la ha utilizado en medicina humana durante mucho tiempo; hoy han caído en desuso, primero, porque hay medicamentos que los reemplazan con ventaja y segundo porque las dosis terapéuticas y las tóxicas se hallan muy próximas.

En medicina veterinaria se usó y aún se suele hacer, aunque en forma limitada.

La forma como se metaboliza el arsénico en el organismo no es aún bien conocida aunque se sabe de sus propiedades tóxicas y cancerígenas. Hay autores que estiman que en cantidades de trazas el organismo lo requiere.

La marcada acción tóxica de las aguas altamente arsenicales es bien cono-



cida como así también su sintomatología y evolución con el tiempo de uso de esas aguas.

Lo que no se conoce bien y es de verdadero interés comunitario es conocer con la mayor amplitud cuales la incidencia sobre la población cuando ésta consume aguas con concentraciones de arsénico, por ejemplo con 0,10 a 0,20 mg/l de A_s . Lo mismo podemos decir de valores de A_s entre 0,20 - 0,30 mg/l estimando que para valores de 0,40 mg/l y más, sus efectos tóxicos inmediatos, de alguna forma se manifiestan en algún porcentaje de la población afectadas por esas aguas.

Personas que consumen una misma agua pueden presentar un grado distinto de agresión e incluso de manifestación de los síntomas clínicos.

Desde principio de siglo se tiene la inquietud de conocer el rol que ejerce el arsénico presente en el agua en concentraciones que superan valores establecidos en normas, sin alcanzar grandes excesos, que se saben deben ser desechadas.

El A_s se fija particularmente en piel, pelo, uñas. su análisis permite valorar, en cierta medida, el grado de ingestión. Los síntomas de piel comienzan con una hiperhidrosis palmo plantal que paulatinamente pasa a ser una hiperqueratosis de la misma zona, luego melanodermia y cáncer de la piel.

En el arsenicismo crónico pueden presentarse afecciones a la garganta, bronquitis, bronquiestasia, pérdida de apetito y de peso, inflamación de las vías respiratorias etc.

La excreción se hace en especial, por orina como arsénico inorgánico y como metilarsénico. Según Smith (1977) el promedio de orina de hombres no expuestos a aguas o medios con A_s excretan una media de 17,5 $\mu\text{g/l}$ y de acuerdo con Smith ello correspondería a una ingestión diaria de A_s de 0,025 a 0,040 mg/l de A_s inorgánico. Experiencia efectuada utilizando 41 hombres.

El A_s en los animales se halla principalmente en el hígado luego en piel, músculos, sangre etc y lo eliminan por orina en un 66 a 85 % durante 14 días. Buena parte se elimina entre el 1º y 3º día.



Braman y Foreback encuentran en orina entre 0,010 y 0,030 mg/l de A_s al estado de ácido dimetilarsínico, en un 40 a 87 % del A_s total.

En el interior del organismo tanto el A_s (III) como el A_s (V) son metilados. El mayor metabolito en orina está como ácido metilarsónico y ácido dimetilarsínico.

La exposición al A_s con una ingesta de 20 grs. de A_s origina la enfermedad llamada del pie negro.

En China (Taiwan) el uso de aguas arsenicales e ingestión de 20 grs de A_s ocasionan un 6 % de enfermos con cáncer de piel.

Otros autores han hallado que con la ingesta de 10 grs. de A_s , consumiendo un agua con 0,20 mg/l de A_s y tomando 2 litros diarios provocará aproximadamente un 25 % de incremento de tumores.

Si bien Grobe (1976) señala que el período de latencia de las distintas intoxicaciones por A_s tiene un rango de 20 a 30 años estimando la ingestión de arsénico en unos 10 a 20 grs. En nuestro país se han observado niños de 6-8-10-14 años con marcados signos de intoxicación arsenical y cáncer de piel.

Un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de arsénico en aire significa un excesivo riesgo de cáncer de pulmón, pues se origina un incremento del 25 % de dicho cáncer.

En la Argentina cabe destacar los trabajos e investigaciones realizados en los últimos años por el Dr. Astolfi y sus colaboradores como también los de los Dres. Biagini, Salvador, Enriquez y otros referidos al hidroarsenicismo crónico regional endémico de los cuales caben algunas expresiones.

En intoxicaciones crónicas se lo encuentra en piel, pelo, uñas etc. -En el primer momento se detecta en sangre (24 hs). Se eliminan principalmente por vía renal. También se evidencia su presencia en heces al cabo del cuarto día .

En orina se elimina principalmente como ácido dimetilarsínico, monometilarsónico y como compuestos inorgánicos.



El A_s actúa sobre los sistemas enzimáticos y en especial sobre el piruvato oxidasa.

La ingestión de agua con exceso de A_s produce una hiperhidrosis, luego una hiperkeratosis (en especial en las palmas y plantas); tercero una melanodermia (en forma de gotas de lluvia) que afecta en especial, el cuello, esternón, bordes y huecos de las axilas, brazos, antebrazos y tronco.

En el arsenicismo crónico es frecuente el cáncer de piel muriendo un 33 % por cancer de otros órganos y enfermedades cardiovasculares según estudios de Shu Yeh en Taiwan donde el agua contenía entre 0,8 y 2,5 mg/l de arsénico

El incremento de muerte por cancer en la Provincia de Córdoba es de 23,84 % en zonas de aguas arsenicales contra 15 % de las áreas cuyas aguas están libres de A_s .

Según Woods y Fowler la porfiria hepática ocurriría como una consecuencia de exposiciones a largo plazo, o de tipo agudo pero con altas dosis de la sustancia tóxica. Por lo tanto, la porfiria hepática ocurriría como una consecuencia inicial a largas exposiciones a bajas concentraciones de arsénico, antes de evidenciarse una neta hepatotoxicidad y que tanto la excreción de la uroporfirina como de la coproporfirina relacionadas con la misma pongan en evidencia una manifestación pretóxica de exposición arsenical.

La excreción de porfirinas constituye un factor biológico de la acción del A_s "invivo" siendo de mayor interés médico que la determinación del A_s urinario total como revelador de su toxicidad.

Goldsmith relacionó el contenido arsenical de cabellos de personas consumidoras de diferentes fuentes de provisión de agua, con distintos tenores de A_s y señala que el nivel en cabellos se eleva por encima de $0,1 \mu\text{g}/\text{gramo}$ cuando el contenido del agua supera los $50 \mu\text{g}/\text{litros}$.

Valentine y colaboradores especifican que cuando las concentraciones de A_s en el agua de bebida están entre 100 y 400 microgramos podrían alcanzar



niveles de toxicidad, pero también señalan que serían necesarios más estudios antes de que se pudiera afirmar categóricamente la seguridad para la salud humana de que una concentración de A_s en agua de bebida de $100 \mu\text{g/litro}$ no la afecta.

Desarsenización: -En casi todos los tratamientos de desarsenización los distintos autores han hallado que el $A_s(V)$ es más fácil de extraer que el $A_s(III)$; Sea utilizando sales de hierro, alumina activada, alumbre, osmosis inversa, resinas de intercambio, electrodiálisis, etc.

En U.S.A Frank y Clifford estudiaron la capacidad de absorción del A_s por la alumina activada y la cinética de oxidación del $A_s(III)$ o $A_s(V)$ mediante el uso del cloro en función del pH y composición iónica.

Se hicieron estudios utilizando columnas de alumina activada comprobándose la eliminación por absorción del $A_s(V)$ y no el $A_s(III)$ conjuntamente con la capacidad de retención del fluor.

Obtuvieron que el rendimiento en columna del $A_s(V)$ es ochenta (80) veces superior al $A_s(III)$ aunque siempre remueve algo de este último. Para utilizar alumina activada se necesita oxidar todo el A_s a arsénico pentavalente

Hallan los autores que un mg/l de cloro oxida el $A_s(III)$ o $A_s(V)$ en el rango de pH entre 6 y 10 aún cuando se hace en forma lenta en presencia de T.O.C.

Utilizando 1 mg/l de cloro combinado (cloramina) oxida aproximadamente un 45 % del $A_s(III)$ a pH entre 6 y 10.

La presencia de hierro y/o manganeso presente en su forma reducida dificulta y retrasa la oxidación del A_s .

El cobre actúa como catalizador descomponiendo el ácido hipocloroso (HOCl) -Trabajan siempre con concentraciones de A_s relativamente bajas, $100 \mu\text{g/litro}$.

La oxidación de $100 \mu\text{g/l}$ de $A_s(III)$ por 10 mg/l de cloro se consigue en



una hora, reduciéndose el valor original de A_s a $5 \mu\text{g/l}$.

En el presente trabajo se resumen las experiencias realizadas en nuestro laboratorio utilizando dos tipos distintos de sulfato de aluminio como coagulante y una columna con virutas de hierro.

Se utilizaron tres fuentes de aguas de distintas localidades cuyos análisis se incorporan al final del trabajo.

La primera corresponde a Quemú-Quemú, Provincia de La Pampa. Las otras dos son de la Provincia de Buenos Aires, una de Médanos Partido de Villarino, y la otra de Ameghino Partido de General Pinto.

Al final del trabajo se agregan los resultados de análisis de los dos tipos de sulfato de aluminio utilizados y las características de la columna de virutas de hierro.

Con respecto a los tipos de sulfatos empleados, uno es fabricado por la Empresa Obras Sanitarias de la Nación a partir de tierras lateríticas de la Provincia de Misiones. El otro por la Firma Sabinur con mayor riqueza de alumina que el anterior.

a).- Ensayos utilizando como coagulante Sulfato de Aluminio (líquido) con alto contenido de hierro:

Se comienza utilizando agua de la localidad de Quemú-Quemú ($0,24 \text{ mg/l } A_s$) empleando concentraciones variables de coagulantes y a distintos pH.

Los resultados obtenidos se dan en los ensayos que se resumen en el correspondiente cuadro.

Para éstas aguas se aprecia que la dosis de coagulante debe de ser relativamente alta y que es necesario el agregado de cal para elevar el pH a valores adecuados favoreciendo una mejor coagulación, obteniéndose un sobrenadante limpio y con escaso hierro residual.

La dosis de coagulante está referida a un sulfato de aluminio con 14 - 15 % de óxidos útiles



En los momentos que se careció de agua con alto contenido de Arsénico, se ensayó concentrar por ebullición el agua de Quemú-Quemú hasta valores de $As = 0,85 \text{ mg/l}$.

En dicho cuadro se aprecia que cuando la coagulación del agua es deficiente, es decir denota la presencia de hierro residual elevado, los resultados son malos, pero si el hierro residual es nulo o muy escaso, siempre que se satisfagan las necesidades de sulfato, el rendimiento es bueno. Esto es comprensible por cuanto es el hierro el que absorbe el arsénico presente en el agua.

Se requieren dosis relativamente altas de sulfato de aluminio e hierro y complementados con algunos mg/l de coadyuvantes para favorecer la precipitación del hierro; en este caso se utilizó Superflock C.573 para mejorar la coagulación y obtener un agua límpida y con muy escaso hierro residual.

De esta manera se obtienen resultados que oscilan entre un 70 a 80 % de rendimiento efectivo. Si el arsénico del agua es muy alto como en este caso $1,35 \text{ mg/l}$, se reduce a $0,27 \text{ mg/l}$ con lo cuál mejora mucho la calidad del agua aunque sobrepasa la concentración máxima admitida de $0,10 \text{ mg/l}$ de As , según las normas para aguas de bebida, vigentes en nuestro país.

Cuando la concentración de arsénico en el agua original es inferior a $0,5 \text{ mg/l}$ el método por coagulación con sulfato de aluminio e hierro, con dosis del orden de 300 mg/l de éstos coagulantes, permite obtener un agua cuyo contenido de arsénico se encuadra dentro de los límites establecidos por las normas vigentes.

Comparativamente los dos tipos de sulfato ensayados, presentan similar eficiencia, en lo que hace a la eliminación de los excesos de arsénico. Se nota un mejor rendimiento en la eliminación de hierro a favor del tipo Sabinur

b).- Ensayo en columna con virutas de hierro:

Se utilizó una columna de vidrio de 36 mm de diámetro interno y 60 cm de altura, rellena hasta los 35 cms de altura con virutas de hierro común oxidable.



Una vez comenzada la oxidación se hace pasar el agua que se desea desarsenizar con un ajuste de pH a 6,5 a 7,0 en forma lenta hasta ver que el agua pase coloreada por la presencia de óxido de hierro.

Una vez en régimen la columna, la velocidad de paso está en los 2 m /hora. si se consigue que el agua pase coloreada por la presencia de hierro puede aumentarse la velocidad de pasaje a 4 - 5 m/hora.

Cuando el pH es el apropiado el simple pasaje del agua por filtro de arena fina retiene, previa decantación, todo el hierro suspendido. Se utilizo arena cuyo coeficiente de uniformidad fué de 1,6 y el tamaño efectivo de 0,45 mm.

Si las características del agua obtenida lo requiere puede ser necesario el uso de un coagulante con sulfato de aluminio con o sin el agregado de polielectrolito.

Lo importante es asegurar la eliminación de todo el hierro suspendido por cuanto éste lleva consigo el arsénico extraído del agua.

La planilla incorporada al final del trabajo muestra algunos de los resultados obtenidos con ésta columna en aguas altamente arsenicales como son las de Médanos y Ameghino.

Según ensayos efectuados en oportunidades anteriores con aguas conteniendo 2 mg/l de arsénico, éste era extraído practicamente en su totalidad por pasaje a través de columnas con virutas de hierro y posterior eliminación del hierro residual.



c) Resina inorgánica artificial obtenida por sinterizado:

Una firma de nuestro país la comercializa con la denominación de: Resina F.B.2-As- desarsenisan.

Sus características más salientes son:

Densidad aparente: $1,22 \text{ g/cm}^3$.

Granulometría: tamaño efectivo = $0,21 \text{ mm}$.

Coeficiente uniformidad = $3,2$.

Capacidad intercambio: $>140 \text{ mg/dm}^3$.

Caudal de operación por m^3 de resina = $2 \text{ m}^3/\text{hora}$

Se genera con NaOH al 1 %. Se necesita el equivalente a 3 volúmenes de resina la cuál se hace pasar a una velocidad de $0,6 \text{ m}^3/\text{hora}$. Una vez regenerada se contralava por 3 horas.

En 1984 en la localidad de Taco Pozo, Provincia de Chaco donde el agua tiene un contenido de arsénico de $0,12 \text{ mg/l}$ se instaló en una escuela una columna desarsenizadora de este tipo con carácter experimental.

En nuestras primeras experiencias con esta resina se obtuvieron los resultados indicados en la planilla que se acompaña.

Se continúa trabajando con aguas fuertemente arsenicales para valorar todo su real alcance.

Se utiliza una columna de 36 mm de diámetro con 500 ml de la resina desarsenizan, con pasaje de agua muy lento para alcanzar su total agotamiento.

Se aprecian durante las primeras carreras de filtración, simultáneamente con la reducción en el contenido de arsénico del agua ensayada, se logra disminuir el contenido de fluor.

Es necesario continuar experimentando, para determinar como se comporta después de la regeneración con distintos tipos de aguas con diversas concentraciones.



nes de arsénico.

Hasta el momento su comportamiento es satisfactorio.

d).- Tratamiento de agua con exceso de As en forma individual para uso domiciliario:

Con la finalidad de facilitar el tratamiento de agua con exceso de arsénico por parte de los consumidores, en cantidad necesaria para la bebida y alimentos, se efectuaron diversos ensayos como los que se vuelca en la planilla titulada, "Ensayos para procesos domiciliarios".

Como consecuencia de los ensayos realizados, se deduce que un método práctico para reducir el arsénico a valores que se ajusten a las normas vigentes, consiste en agregar 2 gr de magresia calcinada por litro de agua preferiblemente caliente, agitar energicamente y dejar sedimentar como mínimo una hora. Utilizar el agua limpida sobrenadante o en su defecto filtrar por algodón, tela o cualquier medio capaz de retener el material insoluble sin alterar la calidad y limpieza del agua.

Otra alternativa con la que puede alcanzarse buena reducción en la concentración de arsénico es mediante el uso de cal a la que se incorpora un poco de cloruro de magnesio, agitar enérgicamente, dejar en contacto, decantar y filtrar como en el caso anterior. O también agregando directamente cal hidratada en elevadas dosis del orden de 5 g/l y procediendo en la misma forma.



CONCLUSIONES: -Resumiendo lo realizado hasta el momento caben las siguientes consideraciones.

La frecuencia de ^{la presencia de} arsénico en fuentes de agua utilizadas en nuestro país para uso humano, hace necesario: a) Realizar un catastro de todas las áreas de aguas arsenicales, con especial mención cuando excede los tenores máximos establecidos en nuestras normas para así determinar el grado de incidencia de las distintas concentraciones de As, sobre la salud de la población que las consume. Por ejemplo, con tenores de 0,11 a 0,20 mg/l y de 0,21 a 0,30 mg/l etc. b) Aconsejar la necesidad de evitar el consumo de agua con elevado contenido de As, recurriendo a nuevas fuentes que se ajusten a las normas o realizar mezclas que permitan alcanzar dichas metas. Cuando esto no sea posible se debe recurrir a los tratamientos correctivos adecuados.

Posibles mecanismos de corrección : La desarsenización de las aguas puede realizarse de muy distintas maneras, su elección dependerá de la composición de las mismas, de los costos del material y equipos necesarios para tales fines, los que varían de acuerdo a las condiciones de cada país.

Se pueden utilizar medios no específicos como ósmosis inversa, resinas de intercambio, electrodiálisis, etc., u otros como ciertos coagulantes, adsorbentes, etc.

En nuestro país, dentro de los que pueden rendir medianamente bien se han utilizado, en especial, virutas de hierro con posterior eliminación del hierro residual, como así también coagulación con sulfato de aluminio con relativamente alto contenido de hierro,

En nuestras experiencias se han empleado dos tipos con distintos contenidos de hierro, con o sin agregado de polielectrolito catiónico, cuando se necesita mejorar la coagulación.

El uso de esos coagulantes solo alcanza límites aceptables cuando el contenido de A_s no excede, según el agua, de 0,5 a 0,6 mg/l. Para aguas con mayor contenido de arsénico el tratamiento que mejor ha rendido es el de las virutas de hierro. Con éstas puede reducirse a valores inferiores a 0,05 mg/l de A_s , para aguas con un contenido de arsénico de hasta 2 mg/l.



Para alcanzar una buena eliminación del arsénico utilizando las virutas de hierro se necesita reducir el pH en el agua de pasaje a valores entre 6,8 y 7,2. Al comienzo y hasta que toda la viruta se halle en franco proceso de oxidación puede ser conveniente trabajar con un pH menor, por ejemplo 6,5 y luego ir elevándolo hasta que el agua arrastre una cantidad de hierro suficiente para darle un tinte marrón claro.

Este lecho de virutas de hierro no necesita regeneración, solamente requiere luego de mucho uso reponer el material desgastado.

Conviene clorar el agua que pasó por la columna hasta tener un residual después de una hora de contacto de 0,5 a 1 mg/l. Generalmente se necesita entre 3 y 5 mg/l de cloro. Luego según convenga se puede decantar por un tiempo suficiente y filtrar por arena gruesa y fina.

El agua al atravesar la columna de hierro eleva su pH.

Otra alternativa aconsejable consiste en agregar unos 50 a 80 mg/l de sulfato de aluminio y 1 ó 2 mg/l de polielectrolito para eliminar así el exceso de hierro y consecuentemente el de arsénico.

También se ensayó una resina mineral que está en vías de experimentación, con resultado hasta ahora, que alienta continuar con la misma para determinar todo su alcance y posibilidad de uso. En las planillas adjuntas se dan los resultados alcanzados.



DETERMINACION DE ARSENICO EN AGUAS

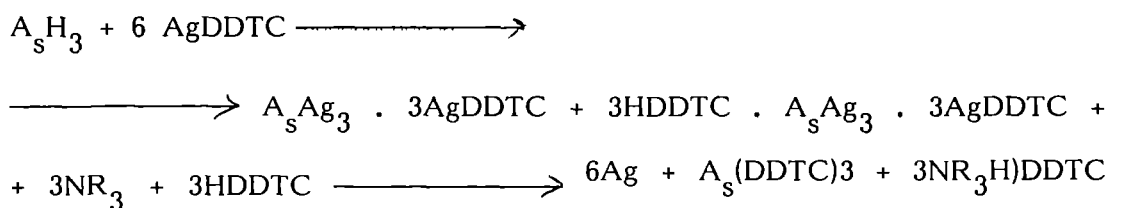
(Método del Dietil Ditio Carbamato de Plata)

1.- DISCUSIÓN GENERAL:

a).- Principio: -El arsénico inorgánico es reducido a ARSINA (AsH₃) por el Zn en solución ácido en un generador de Gutzeit. La arsina es luego pasada a través de un filtro conteniendo lana de vidrio o algodón impregnado en solución de acetato de plomo y luego a un tubo absorbedor conteniendo Dietil Ditio Carbamato de Plata disuelto en efedrina .

En el absorbedor el arsénico reacciona con la sal de plata formando un complejo soluble, rojo, susceptible de medirse fotocolorimetricamente o espectrofotometricamente.

La interpretación de esa reacción se expresa así:



En esas secuencias DDTC representa el anión diticarbomato y NR₃ una base.

b).- Interferencia: -Aunque algunos metales como cromo, cobalto, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, platino y plata interfieren en la generación de Arsina, la cantidad de estos metales presentes normalmente en agua no interfieren significativamente en el método.

Las sales de Antimonio en la muestra forman Estibina, que puede interferir con el color desarrollado, pues dá un color rojo con máxima absorbancia a 510 nm.

c).- Mínimo detectable: 1 μg de Arsénico.

2.- APARATOS Y REACTIVOS NECESARIOS:



- a).- Generador de arsina y tubos de absorción:-Se emplea el equipo standarizado que fabrica la firma IVA, de tres piezas y junta esférica.
- b).- Solución IK:-Disolver 15 grs de Ik en 100 ml de agua destilada y conservar en frasco color caramelo.
- c).- Reactivo de cloruro stannoso:-Disolver 40 grs de $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ libre de arsénico en 100 mls de HCl concentrado.
- d).- Solución de acetato de plomo:-Disolver 10 grs de $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ en 100 mls de agua destilada.
- e).- Reactivo de Dietil Di Tio Carbamato de Plata:-Disolver 0,625 grs de $\text{Ag SCSN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ en 200 mls de cloroformo que ya tiene disueltos 0,410 grs de L. Efedrina, ajustando finalmente a volumen de 250 mls con cloroformo. Si fuera necesario se filtra esta solución. Se la deberá conservar en frasco de color caramelo y al abrigo de la luz.
- NOTA: En la imposibilidad de conseguir L. Efedrina se puede trabajar con clorhidrato de Efedrina de esta manera: Disolver 0,5 grs de clorhidrato de Efedrina en aproximadamente 20 mls de NaOH 0,5 y luego se efectúan sucesivas extracciones con cloroformo para separar la L. Efedrina separada.
- f).- Zinc metálico:-Malla 20 - 30 mesh libre de Arsénico.
- g).- Solución stock de Arsénico:- Disolver 1,32 grs de As_2O_3 en 10 mls de agua destilada que con tenga 4 grs de Na(OH) y diluir a volumen de 1000 mls con agua destilada: Aquí 1 ml = 1 mg de As.
- h).- Solución intermedia de Arsénico:-Diluir 5 mls de la solución stock anterior (g) a 10 mls con agua destilada; 1 ml = 10 μg de As.
- i).- Solución standard de Arsénico:-Llevar 10 mls de la solución intermedia anterior (h) a 100 mls con agua destilada; 1 ml = 1 μg de As.

Las determinaciones se realizan en un espectrofotómetro ajustando a 535 empleando cubetas de 1 cm de paso de luz.

3.- PROCEDIMIENTO:-En el laboratorio se opera así, pero efectuando la digestión durante 15 minutos en baño de agua hirviendo.



b).- Preparación del filtro y del absorbedor: -Impregnar la lana ^{de vidrio} o el algodón con la solución de acetato de plomo. No dejarlo húmedo pues el agua puede ser arrastrada a la solución reactiva. Pipetear 4 mls de reactivo de Dietil Di Tio Carbamato de Plata al tubo absorbedor.

c).-Generación de Arsina y medición: -agregar 3 grs de Zn al generador y conectar el "filtro" y absorbedor inmediatamente. Asegurarse de la hermeticidad de las uniones.

Dejar así un tiempo de 120 minutos para el desarrollo completo de la arsina. Calentar ligeramente el generador para asegurarse la liberación completa de la arsina.

Verter directamente la solución del tubo absorbedor a la celda de medición midiendo la absorbancia o transmitancia a 535 nm, usando el reactivo Blanco como referencia.

d).- Preparación de la curva standard de calibración: -(para ello tomar términos que abarquen de 0,05 a 0,5 mg/l de Arsénico. Con ese objeto se parte de la solución standard de arsénico (i) tomando los valores que se dan en la tabla que sigue y llevando a volumen de 50 mls.

Mls Sol. Standard de Arsénico	Llevar a volumen de	As(mg/l)
2,5	50 mls	0,05
5,0		0,1
7,5		0,15
10,0		0,2
15,0		0,3
20,0		0,4
25,0		0,5
30,0		0,6



Graficando absorbencias o % T en el eje de las Y, Vs concentraciones de As en el eje de las X.

La estabilidad del color es del 100 % dentro de las 24 horas de desarrollado el mismo.

NOTA: -Se aconseja enjuagar muy bien el material inmediatamente luego de usarlo para evitar el depósito de material.

Luego lavar muy bien con mezcla sulfonítrica y/o sulfocrómica, agua corriente destilada y secar.

TECNICA RESUMIDA:

- 1.- Verter 50 mls de muestra al erlermeyer del equipo + 5 mls . Hcl Conc. + 2 mls sol. IK + 8 gotas (0,4 ml) de reactivo SnCl_2 -Agitar vigorosamente entre cada adición. Dejar en reposo (digestión 15 minutos en agua caliente).
- 2.- En el tubo de burbujeo verter 4 mls de reactivo de Dietil Di Tio Carbamato de Plata. Colocar el filtro de algodón humedecido con Acetato de Plomo en el tubo intermedio que sigue al Erlenmeyer y armar el equipo.
- 3.- Agregar 3 grs de Zn a cada Erlenmeyer, tapar inmediatamente con el tubo de desprendimiento y burbujeador. Asegurarse de la hermeticidad con una gota de agua (sobre la junta esférica hará de cierre hidráulico). Dejar para desarrollo completo de color durante 120 minutos, calentando los últimos 30 minutos en un baño de agua caliente para asegurarse la total liberación de Ansina.
- 4.- Verter directamente la solución del tubo burbujeador a la cubeta del espectrofotómetro leyendo el % T o la absorbencia a 535 nm.
- 5.- Para evaluar los resultados de las muestras es conveniente proceder a realizar una Curva Patrón con valores de As (en mg/l) que vayan de 0,06 a 0 6, entrando allí con valores de las lecturas obtenidas.



LA PLATA, 20 de Agosto 1986.-

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA: Ameghino

FUENTE:

FECHA DE EXTRACCION 12-X-86

pH :	8,0
	mg/lit
Residuo salino a 105°C	2.595
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	1.615
Dureza (CO ₃ Ca)	44
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	173
Cloruros (Cl ⁻)	213
Nitratos (NO ₃ ⁻)	41
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	
Fluor (F ⁻)	10,5
Arsenico (As)	1,25
Vanadio (V)	3,50
OBSERVACIONES:	



LA PLATA, 20 de Agosto 1986.

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA: Medanos

FUENTE:

FECHA DE EXTRACCION 4-3-85

pH :	8,45
	mg/lit
Residuo salino a 105°C	1.655
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	1.020
Dureza (CO ₃ Ca)	36
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	145
Cloruros (Cl ⁻)	78
Nitratos (NO ₃ ⁻)	15
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	
Fluor (F ⁻)	24.0
Arsenico (As)	0.80
Vanadio (V)	5,50
OBSERVACIONES:	



LA PLATA, 20 de Agosto 1986.-

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA: Quemú-Quemú

FUENTE:

FECHA DE EXTRACCION 17-I-86

pH :	9.0
	mg/lt
Residuo salino a 105°C	1065
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	670
Dureza (CO ₃ Ca)	78
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	64
Cloruros (Cl ⁻)	67
Nitratos (NO ₃ ⁻)	32
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	
Fluor (F ⁻)	7.0
Arsenico (As)	0,24
Vanadio (V)	0,62
OBSERVACIONES:	



LA PLATA, 20 de Agosto 1986.-

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA: Ameghino

FUENTE:

FECHA DE EXTRACCION: 24-7-86

pH :	8,15
	mg/l
Residuo salino a 105°C	2.930
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	1.530
Dureza (CO ₃ Ca)	50
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	188
Cloruros (Cl ⁻)	206
Nitratos (NO ₃ ⁻)	34
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	
Fluor (F ⁻)	11,70
Arsenico (As)	1,15
Vanadio (V)	2,60
OBSERVACIONES:	



LA PLATA, 20 de Agosto 1986

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA: Medanos

FUENTE:

FECHA DE EXTRACCION : 28-7-86

pH :	8,1
	mg/lit
Residuo salino a 105°C	1730
Alcalinidad (CO ₃ Ca)	1020
Dureza (CO ₃ Ca)	38
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	157
Cloruros (Cl ⁻)	74
Nitratos (NO ₃ ⁻)	23
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	
Fluor (F ⁻)	26,4
Arsenico (As)	0,85
Vanadio (V)	3,5
OBSERVACIONES:	

ALGUNAS POBLACIONES DEL PAÍS QUE CONSUMEN AGUAS DE BEBIDA CON CONTENIDOS RELATIVAMENTE ELEVADOS DE ARSÉNICO (*Sobrepasa los límites admitidos*).

Provincia de Buenos Aires	Arsénico mg/l
Alberdi	0,13 a 0,80
América	0,10 a 0,24
Bolívar	0,05 a 0,20
Cabildo	0,08 a 0,15
Coronel Dorrego	0,08 a 0,24
Francisco Madeiro	0,30 a 0,40
General Guido	0,30
General Lamadrid	0,12 a 0,80
General Villegas	0,18 a 0,40
Guaminí	0,18 a 0,40
Lezama	0,06 a 0,30
Médanos	0,30 a 2,00
Meridiano V°	0,12 a 0,24
Michaela Cascallares	0,12 a 0,24
Martínez de Hoz	0,24 a 0,40
O'Brien	0,24 a 0,45
Oriente	0,08 a 0,15
Piedritas	0,16 a 0,30
Pinzón	0,10 a 0,14
Puán	0,08 a 0,25
Quiroga	0,16 a 0,18
Salazar	0,12 a 0,18
Stroeder	0,20 a 0,25
Suipacha	0,16 a 0,20
Tapalqué	0,20 a 0,40
Tristán Suárez	— 0,30
Villa Sauce	0,12 a 0,16
Provincia de Córdoba (incluida la zona del arsenicismo)	
Alejandro	0,20 a 0,26
Almafuerte	0,10 a 0,24
Arias	0,20 a 0,50
Arroyito	0,10 a 0,50

25

Assunta	0,50 a 1,80
Ausonia	0,12 a 0,40
Ballesteros	0,20 a 0,50
Barreto	0,20 a 0,60
Berrotarán	0,16 a 0,28
Brikman	0,20 a 0,24
Coronel Bustos	0,15 a 0,28
Del Campillo	0,10 a 0,60
Elena	0,20 a 0,32
El Tío	0,15 a 0,60
Etruria	0,08 a 0,16
Gigena	— 0,36
Idiazábal	0,10 a 0,12
Isla Verde	0,40 a 0,60
Justiniano Posse	0,10 a 0,50
Jovita	0,08 a 0,20
La Francia	2,00 a 12,00
Laborde	0,20 a 0,30
Las Juntas	0,14 a 0,50
La Laguna	0,12 a 1,30
Los Surgentes	0,11 a 0,25
Mackenna	0,04 a 0,50
Mataldi	0,18 a 1,00
Monte Burg	0,35 a 1,00
Monte Maíz	0,35 a 0,50
Olmos	0,10 a 0,50
Ordóñez	0,20 a 0,50
Pedro E. Funes	0,08 a 0,20
Pascanas	0,12 a 0,20
Pilar	— 0,50
Porteña	0,18 a 0,50
San Marcos del Sur	0,50 a 0,60
Santa Eufemia	0,25 a 0,40
Santa Victoria	0,12 a 0,14
Serrano	0,12 a 0,30
Tránsito y Villa Tránsito	0,30 a 0,50
Viamonte	0,12 a 0,20
Villa Huidobro	0,10 a 1,00
Villa Valeria	0,10 a 1,20

Provincia de Salta

San Antonio de los Cobres	0,12 a 0,35
En esta zona se encuentra	
Río Chorrillos (Confluencia Chorrillos y Pompeya)	3,50
Río San Antonio	0,70
Toma Ferrocarril	0,30
(Estas curvas deben variar con los deshielos)	

Provincia de San Luis

Fortuna	0,12 a 0,25
El Caldén	0,27

Provincia de Santa Fe

Aleoria	0,10 a 0,25
Amenábar	0,12 a 0,14
Armstrong	0,08 a 0,12
Arteaga	0,08 a 0,12
Berabevú	0,12 a 0,20
Bouquet	0,10 a 0,14
Carearañá	0,05 a 0,24
Carlos Pellegrini	0,12 a 0,18
Carmen	0,14 a 0,24
Ceres	0,20 a 1,10
Chañar Ladeado	0,10 a 0,24
Díaz	0,08 a 0,20
Diego de Alvear	0,16 a 0,28
Elortondo	0,12 a 0,18
Eusebia	0,12 a 0,36
Gaboto	0,08 a 0,24
Golondrina	0,12 a 0,14
Ercilia	0,12 a 0,36
Humboldt	0,20 a 0,25
Lazzarino	0,40 a 1,20
Los Amores	0,12 a 0,28
María Susana	0,20 a 0,28
Maggiolo	0,28 a 1,70
Moisés Ville	0,12 a 0,36
Viamonte	0,12 a 0,22

San Cristóbal	0,12 a 0,40
San Eduardo	0,12 a 0,20
Santa Isabel	0,12 a 0,24
Sastre	0,10 a 0,18
Suañi	0,18 a 0,26
Tortugas	0,06 a 1,00
Vila	0,60 a 1,20
Villa Cañas	0,10 a 0,24

Provincia de Santiago del Estero

La Cañada	0,30
Malbrán	0,14 a 0,60
Matará	0,10 a 0,20
Monte Quemado	0,90 a 1,00
Pintos	0,16 a 1,00

Provincia de Tucumán

Ranchillos	0,12
------------	------

Provincia de La Pampa

Catrieló	0,15 a 0,30
Eduardo Castex	0,10 a 0,20
Ingeniero Luaggi	0,12 a 0,40
Juan Toro	0,40
Quemú-Quemú	0,16 a 0,75
Telén	0,06 a 0,40
Trenel	0,16 a 0,40
Uriburu	0,15 a 1,30
Villa Jordán	0,12 a 0,70
La Maruja	0,10 a 0,80

Provincia de Santa Cruz

Cañadón Oneto	0,08 a 0,16
Jaramillo	0,16 a 0,18
Fitz Roy	0,15 a 0,22

a) CORRECCION DE AGUAS ARSENICALES. Métodos: por coagulación.

Ensayo	Fecha	Procedencia	Coagulante (14-15 % oxut) (mg/l)	Tipo	pH nat.	pH ajust.	As nat	TRATADA			R %	Observaciones
								As mg/l	Fe mg/l	pH		
1	24-4-86	Quemú-Quemú	50	laterítico	8,1	-	0,24	0,24	4,0	8,2 *	0	* a las 24 Hs
2	"	"	100	"	-	-	0,24	0,20	6,0	8,2 *	16,6	* "
3	"	"	150	"	"	-	0,24	0,13	7,0	8,2 *	54	* "
4	5-5-86	"	50	"	8,1	8,3 (cal)	0,24	0,22	0,04	8,3 *	8,3	* "
5	"	"	100	"	"	8,3 (cal)	0,24	0,19	0,04	8,3 *	20,8	* "
6	"	"	150	"	"	8,3 (cal)	0,24	0,14	0,05	8,3 *	41,6	* "
7	8-5-86	"	100	"	8,1	8,3 (cal)	0,24	0,20	0,035	7,9	16,6	
8	"	"	200	"	8,1	8,3 (cal)	0,24	0,09	0,07	7,6	62,5	
9	"	"	300	"	8,1	8,3 (cal)	0,24	0,05	0,02	7,3	79,1	
10	13-5-86	"	150	"	8,1	8,4 (cal)	0,24	0,155	0,065	7,8	37,5	clorada
11	"	"	200	"	8,1	8,4 (cal)	0,24	0,085	0,12	7,65	66,6	clorada
12	"	"	300	"	8,1	8,4 (cal)	0,24	0,02	0,05	7,4	91,6	"

a) CORRECCION DE AGUAS ARSENICALES. Métodos por coagulación.

Ensayo	Fecha	Procedencia (concentrada)	Coagulante (14-15 % oxut) (mg/l)	Tipo	pH nat.	pH ajust.	As nat mg/l	As	Fe	pH	R %	Observaciones
								mg/l	mg/l			
								TRATADA				
13	16-5-86	Quemú-Quemú	300	laterítico	-	8,3	0,85	0,85	3,0	7,6	0	clorada
14	20-5-86	"	300	"	8,7	-	0,84	0,84	17	8,6	0	"
15	21-5-86	"	300	sabinur	8,8	8,3	0,85	0,85	7,5	7,7	0	"
16	22-5-86	"	300	"	8,9	7,0 (H ₂ SO ₄)	1,15	0,225	0,04	7,0	81	" +5 mg/l superflock
17	23-5-86	"	300	laterítico	8,9	7,1 (H ₂ SO ₄)	1,35	0,27	0,40	7,6	80	" + 5 mg/l superflock

a) CORRECCION DE AGUAS ARSENICALES. Método por coagulación.

Ensayo Nº	Fecha	Procedencia	Coagulante (14-15 % oxut)	tipo	pH nat	pH ajust	As nat mg/l	TRATADA				R %	Observaciones
								As mg/l	F mg/l	Fe mg/l	pH		
18	6-7-86	Ameghino	300	Sabinur	8,0	-	1,15	0,27	8,5	1,5	7,4	76,5	Clorada (M.C)
19	6-7-86	"	300	"	8,0	7,2	1,15	0,30	8,5	0,7	7,2	74	Clorada (R.C)
20	6-7-86	"	300	"	8,0	8,3	1,15	0,30		0,05	7,5	74	Clorada (B.C)
21	7-7-86	"	200	" + 2P	8,0	8,4	1,15	0,54		0,02	7,9	53	(M.B.C) sin cloro
22	8-7-86	"	300	Laterítico	8,0	-	1,15	0,25	8,5	6,0	7,5	78	(M.C) clorada
23	"	"	300	"	8,0	8,3	1,15	0,35	9,2	1,5	7,7	69	(B.C) clorada
24	"	"	200	Lat + 2P	8,0	-	1,15	>0,54	10,8	0,06	7,8	< 53	(M.B.C) clorada
25	20-8-86	Médanos	300	Lat + 1P	8,2	8,5	0,85	0,31	19	0,1	7,8	64	(M.B.C) clorada
26	"	"	300	Sab + 1P	8,2	8,5	0,85	0,19	16,5	0,02	7,7	78	(B.C) clorada

Obs: F⁻ Agua de Ameghino = 11,7 mg/l

F⁻ " " Médanos = 26 mg/l

MC = Mala coagulación

RC = Regular "

Bc = Buena coagulación

MBC = Muy buena coagulación

P = mg/l de polielectrolito catiónico (C.573)



SULFATO DE ALUMINIO CONTENIENDO HIERRO

SABINUR:

BASE: - Bauxita

Oxidos útiles: 7,3 %

O_3Fe_2 : 1,8 %

Densidad: 1,31

SULFATO DE ALUMINIO

LATERITICO (O.S.N)

Oxidos útiles: 3,5 %

b) ENSAYOS EN COLUMNA DE HIERRO

Procedencia	pH de pasaje	Cloración (mg/l)	Sulf Alum (14-15 % oxut mg/l)	Poliel. (mg/l)	As (mg/l)	As (mg/l)	R %	Fe (mg/l)	V (mg/l)	Obs.
						TRATADA				
Ameghino	7,0	5	200	12,5(C573)	1,15	N/d	100	0,09	0	
"	8,1	-	-	-	1,15	N/d	100	1,5	0	
"	7,0	5	-	-	1,15	0,013	98,8	0,035	0	Dec 24 hs
"	7,0	5	200	5(C573)	1,15	Vest	99	0,13	0	
"	7,0	5	-	-	1,15	0,06	94,8	0,015	0	cal pH 9,1
"	7,0	5	-	-	1,15	0,03	97,4	0,035	0	cal pH 10,5
"	7,0	5	-	-	1,15	0,28	74,8	0,35	0,3	
"	7,0	5	300	-	1,15	0,06	94,8	0,01	Vest	
"	8,1	2,5	-	-	1,15	0,12	89,6	0,4	0,6	cal pH 9,1
"	8,1	2,5	-	-	1,15	0,02	98,2	0,035	0,7	cal pH 10,5
"	8,1	2,5	-	10(C573)	1,15	0,14	87,9	0,01	0,3	
"	8,1	2,5	-	"	1,15	0,23	80,0	0,3	0,5	

b) ENSAYOS EN COLUMNA DE HIERRO

Procedencia	pH de pasaje	cloración (mg/l)	Sulf. Alum (14-15 % ox. ut.)	Polielect. (mg/l)	As (mg/l)	As (mg/l)	R %	Fe (mg/l)	V (mg/l)	Obs.
						TRATADA				
Ameghino	6,5(HCl)	-	-	-	1,15	0,03	97,4	0,07	N/d	Fueron
"	7,0 (")	-	-	-	1,15	0,08	93,0	0,05	N/d	filtradas
"	7,5 (")				1,15	0,15	87,0	0,25	0,20	por col
"	8,1				1,15	0,29	74,8	0,30	0,40	de arena
"	6,5 (")				1,15	N/d	100	0,05	N/d	
"	6,5 (")	5	50	2	1,15	N/d	100		N/d	filtrada
"	6,5 (")	5			1,15	N/d	100		N/d	por papel

c) COLUMNA DESARSENIZADORA FB2 DESARSENIZAN

Agua proveniente de Ameghino

lt	As mg/l	R %	F mg/l	R %
cruda	1,15	-	11,17	-
0,4	N/D	100	0,7	94
2,3	0,02	98	1,06	91
0,5	N/d	100	0,75	94
3,0	0,005	99	0,90	92
1,0	0,025	98	1,06	91
4,5	0,1	91	1,20	89
7,5	0,32	72	5,2	55
1,8	0,18	84	Agotada	
2,0	0,14	88		
4,0	0,17	85		

Continúa

Capacidad de retención de As > 140 mg/l resina (Según fabricante)

Capacidad de retención de F = 348 mg/l resina.

Obs: El agua que pasa por la columna desarsenizadora tiene un pH = 10,9

d) ENSAYOS PARA PROCESOS DOMICILIARIOS.

Procedencia	pH agua natur	Cal g/l		Cal - Cl ₂ Mg Sol. Sat. g/l ml/l		Oxido Magnesio g/l		OMg + Cl ₂ Mg Sol. Sat. g/l ml/l		As mg/l Nat	As mg/l Trat.	Re %
		frio	caliente	frio	caliente	frio	caliente	frio	caliente			
Ameghino	8,1		0,5							1,15	> 0,5	-
"	8,1				0,5 - 0,3					"	0,37	68
"	8,1				5 - 1					"	0,07	94
"	8,1						5			"	0,02	98
"	8,1								5 - 1	"	0,02	98
"	8,1						5			"	0,01	99
"	8,1								5 - 1	"	0,01	99
"	8,1					5				"	0,05	95
"	8,1					5				"	0,07	94
"	8,1			5 - 1						"	0,07	94
"	8,1	2								"	> 0,5	"
"	8,1					2				"	0,08	93
"	8,1			2 - 1						"	0,05	95
"	8,1	5								"	0,02	96
"	8,1	5								"	0,03	97

34



BIBLIOGRAFIA

- 1).- E. Astolfi - J. C. García Fernandez y otros : "Arsenic in the water and a comparison with the Atlantic Coastline" - Octubre 1975- Fundación para Educación, Ciencia y Cultura .
- 2).- Rogelio A. Trelles-Américo Larghi-J.P.Paez : "El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana, con contenido elevado de arsénico, vanadio y fluor. Año 1970. Facultad de Ingeniería de Buenos Aires, Instituto de Ingeniería Sanitaria.
- 3).- Elvio Dodero - Liliana Martinez - G.Tarquini : "Arsénico en aguas ; su eliminación mediante una planta de provisión de agua potable por ósmosis inversa". Año 1984 INTI.
- 4).- Roberto E. Biagini - Miguel A. Salvador : "Arsenicismo crónico en la provincia de Salta". Año 1983-6º Congreso Argentino de Saneamiento Provincia de Salta.
- 5).- Rogelio A. Trelles "Principales enfermedades que interesan al Ingeniero Sanitario". Año 1978.- Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de Buenos Aires.
- 6).- Roque Callegaro, Néstor Deambrosi, Néstor Cusimano, E.Cotta: "Arsénico fluor y vanadio en aguas de bebida". "Técnica para corregir su exceso". Junio 1976-XV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria.
- 7).- Rogelio A. Trelles: "Química de las aguas de la República Argentina-Facultad de Ingeniería de Buenos Aires.Instituto de Ingeniería Sanitaria.1972.
- 8).- Arguello Pitt L.: "El problema del hidroarsenicismo en Córdoba y sus nuevas proyecciones ".Academia Nacional de Medicina. Junio 1965.
- 9).- Zinni M. y Vivaldo J. C.: " El arsenicismo crónico endémico en las aguas de consumo". Buenos Aires 1942. Ed. A.López.
- 10).- Ayerza, Abel : "Arsenicismo regional endémico" Academia Nacional de Medicina. 1918.
- 11).- Steinsleger Marcos : "Intoxicación arsenical crónica" Revista Médica del Rosario , Año 1920.
- 12).- Zinni,Marcos y Vivaldo J.C.: "La función renal en el arsenicismo crónico endémico". Prensa Médica Arg. Año 1924.



- 13).- Roffo, Angel - Rosner,S.: "Cáncer arsenical". As. Médica Argentina, Año 1936.
- 14).- Navarini, Emilio P.: "Aguas tóxicas argentinas". "Importancia del control permanentes de las aguas de consumo". Revista de As.Bioquímica Argentina Año 1942.
- 15).- Zinny,Mario - Berlanga,Rafael - Mendizabal,I: "Tratamiento del arsenicismo crónico producido por las aguas de consumo".
- 16).- Biaginni: "Hidroarsenicismo crónico y cáncer de pulmón"- Volumen 16, Nº3- Archivo de Dermatología, 1966.
- 17).- Nazario - Grinfeld - Altamira: "Hidroarsenicismo crónico regional endémico". Volumen 13 Nº 12. Acta Médica de Córdoba. Año 1968.
- 18).- Callegaro,R. - Cusimano,N. - Deambrosi,N.: "Arsénico y vanadio en aguas de bebida, forma de eliminar el exceso".
- 19).- Frank Phyllis - Clifford Dennis: E.P.A.-Arsenic(III) oxidation and removal from drinking water. Abril 1986.
- 20).- I.P.C.S.: International Programme on Chemical Safety Enviromental Health Criteria 18. Arsenic-OMS Geneva 1981.
- 21).- Astolfi E. - Maccagno, A. - García Fernandez - Vaccaro - Stimola.: "Relation between Arsenic in drinking Water and Skin Cancer" - The Human Press Inc. 1981.
- 22).- Enriquez, Aníbal E.: Epidemiología en la República Argentina del Hidroarsenicismo crónico regional endémico. (H.C.R.E.) Nov.1977.

