



revista de la facultad de

Medicina y Odontología

Universidad de Antofagasta - Chile

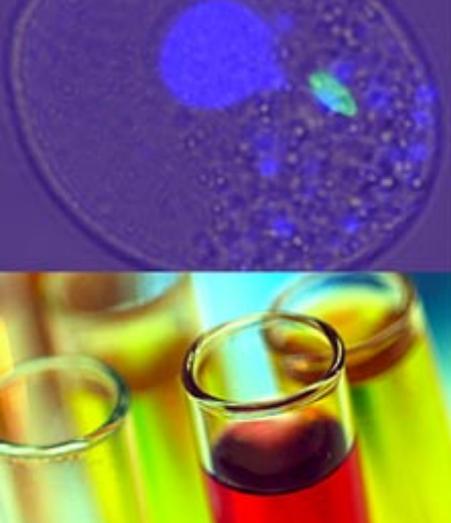


SEMINARIO INTERNACIONAL:
El Arsénico
y la Segunda
Región



EDICIÓN ESPECIAL
Publicación N° 2 - Julio 2006

ISSN 0718 - 3275



Indice

Revista N°2 - Edición Especial



Revista de la Facultad de
Medicina y Odontología



Universidad de Antofagasta

Director:

Prof. Claudio Melej G.

Comité Editorial

Prof. Dra. Verónica Bindhoff D.
Prof. Dra. Pamela Chávez C.
Prof. Dr. José Guzmán F.
Prof. Dr. Alex Arroyo M.
Prof. Dr. Marco Jara G.

Representante Legal

Prof. Dr. José Guzmán F.

Diseño, diagramación y producción

Origen Diseño Creativo
www.origendisenocreativo.cl

Impresión Imprenta Emelnor S.A.

EDITORIAL

- 2 **Seminario internacional : “El Arsénico y la Segunda Región”**
Dr. Alex Arroyo Meneses / Vicedecano Facultad de Medicina y Odontología,
Universidad de Antofagasta.

COMENTARIOS

- 3 **Un compromiso universitario**
Pedro Córdova Mena / Rector de la Universidad de Antofagasta.
- 3 **Arsénico e investigación**
Luis Loyola Morales / Rector Electo de la Universidad de Antofagasta.
- 4 **El estigma de ser considerado como un lugar no apto para vivir**
Jorge Molina Cárcamo / Ex Intendente Antofagasta
- 5 **Un evento que pone fin al mito de la calidad del agua potable en la región**
Prof. Dr. José Guzmán Farren / Decano Facultad de Medicina y Odontología.

PONENCIAS DEL SEMINARIO

- 6 **La batalla del Arsénico**
Expositor: Alexis Molina T. - El Mercurio de Antofagasta
- 8 **Historia del Arsénico en la II Región**
Expositor: Rubén Pedreros Quiroga / Codelco Norte
- 12 **Impacto multisectorial del Arsénico en la II Región**
Expositor: Jorge Molina C. / Ex Intendente de Antofagasta
- 16 **Efectos en salud ante la exposición de Arsénico en Chile: Estado de situación**
Expositor: Catterina Ferreccio Readí / Departamento de Salud Pública
Pontificia Universidad Católica de Chile
- 20 **Relación de Diabetes Mellitus y exposición prolongada al Arsénico**
Expositor: Dr. Claudio Ramos Ormeño / Universidad de Antofagasta Facultad
de Medicina y Odontología - Departamento Ciencia Médicas
- 22 **Lesiones dermatológicas producidas por la ingesta de Arsénico en
agua de la II Región**
Expositor: Dra. Patricia Carrasco Z. / Universidad de Antofagasta
- 24 **Arsénico y la II Región: Aspectos anatomopatológicos**
Expositor: Dr. Rodrigo Valdés Annunziata - Médico Anatomopatológico
- 26 **Mecanismo de genotoxicidad y mutagénesis del Arsénico:
Bases moleculares de sus efectos cancerígenos**
Expositor: Ricardo Marcos - Grupo Mutagénesis / Departamento de Genética
y Microbiología, Universidad Autónoma de Barcelona
- 30 **Enfermedad respiratoria crónica debido al Arsénico: Resultados recientes**
Expositor: Allan H. Smith - Profesor de epidemiología y director “Arsenic health effects
research program”, Universidad de California.

- 32 **CONCLUSIONES**

Seminario Internacional

“El Arsénico y la Segunda Región”



Dr. Alex Arroyo Meneses

Vicedecano Facultad de Medicina y Odontología
Universidad de Antofagasta
Coordinador Seminario

El Seminario Internacional desarrollado en nuestra ciudad en noviembre recién pasado, constituyó indudablemente un aporte al análisis contextualizado, histórico y actualizado de la problemática del arsénico en la región, su impacto en la salud y calidad de vida de sus habitantes.

El encuentro de expertos permitió además, dar una mirada al tema desde la perspectiva de los aspectos productivos y económicos de la zona. Esta jornada de análisis multisectorial de la realidad regional en torno a una peculiar característica medioambiental que ha influido e influye de manera decisiva en sus habitantes, permitió obtener valiosas conclusiones que contribuirán a desmitificar una serie de conceptos en torno al arsénico, a determinar la exposición y riesgo actual de los habitantes de la región y a destacar los importantes avances sanitarios que han contribuido a mejorar las condiciones medioambientales de nuestro entorno.

La Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Antofagasta, asumiendo la responsabilidad que le cabe como centro de educación superior, de generación de conocimiento y divulgación del saber y las implicancias sociales de esta realidad regional, organizó este evento que contó con la participación de autoridades científicas mundiales, nacionales y regionales sobre la materia.

Estos expertos dictaron conferencias de actualización del conocimiento sobre los efectos del arsé-

nico en la salud humana y en el cáncer. Relataron sus experiencias y hallazgos investigativos desarrollados en la Segunda Región y en otros sitios de nuestro planeta, en los cuales existen poblaciones humanas expuestas a este nocivo elemento presente en el agua de consumo humano.

Las conclusiones de este seminario plasmadas en nueve puntos, fueron el producto de una sesión especial en la cual participaron expositores y asistentes y fueron el resultado del consenso de todos los participantes considerando el tenor de las ponencias y el estado del arte en el conocimiento de la toxicología del arsénico. En ellas se incorporan además, recomendaciones que surgen de las investigaciones desarrolladas en la Segunda Región, dirigidas a las personas que estuvieron expuestas al arsénico o que han desarrollado a la fecha signos de exposición crónica para disminuir las posibilidades del desarrollo de enfermedades asociadas.

Expresamos nuestra satisfacción por el resultado de esta reunión científica, tanto por el éxito de la convocatoria debido al interés que despierta la temática, como por la participación de autoridades mundiales sobre la toxicología del arsénico y sus efectos sobre la salud.

La ocasión fue propicia, además del intercambio científico habitual, para proponer nuevas líneas de investigación regional que permitan develar algunos aspectos no conocidos de la toxicología del arsénico y de los efectos sobre la salud con exposiciones en bajas dosis. La vigilancia epidemiológica permanente en nuestra región, permitirá evaluar los esperados efectos benéficos en la salud de la población como consecuencia del importante logro sanitario de disponer de agua con calidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud.

Compromiso Universitario

En el mes de noviembre de 2005, la Universidad de Antofagasta a través de su Facultad de Medicina y Odontología, en su condición de Centro de Educación Superior, generadora de conocimiento y divulgación del saber, organizó el Seminario Internacional “El Arsénico y la Segunda Región”, con la participación de autoridades científicas internacionales, nacionales y locales, expertos en la materia.

A través de éste, buscamos analizar, contextualizar y actualizar la problemática del Arsénico y su impacto en la salud y calidad de vida de nuestros habitantes, situación que desde la década de los ‘60 era permanente preocupación dado los niveles que este elemento alcanzó en el agua potable de nuestra ciudad.

Las conclusiones que surgen después de escuchar a los

expositores, nos dan la tranquilidad que hoy en día las poblaciones de Antofagasta, Tocopilla, Mejillones y Taltal, están recibiendo un agua potable de óptima calidad, lo que permite reconocer los grandes esfuerzos realizados por la empresa encargada del suministro de agua, haciendo posible alcanzar la norma internacional de contenido de arsénico que recomienda la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud), la que viene a representar un factor de tranquilidad en la salud humana.

Cabe destacar que nuestra Universidad se involucro en esta idea de realizar un encuentro entre expertos en la materia, ya que una de las misiones de los centros de estudios superiores es divulgar el conocimiento, hacer que éste llegue a las personas para que éstas puedan conocer la realidad y obrar en conformidad a ella.



Pedro Córdova Mena
Rector Universidad de Antofagasta

Arsénico e Investigación

“El uso de agua de bebida con concentraciones de arsénico elevado ha sido una de las principales fuentes de exposición ambiental en poblaciones de todo el mundo incluyendo regiones en Taiwán, India, Bangladesh, México, Chile, Argentina, China. Sólo en los E.E.U.U, alrededor de 350.000 personas consumen agua de fuentes que contienen más de 50 microgramos de arsénico por litro...”

“...En Antofagasta, al norte de Chile desde 1955 el arsénico, de origen geológico, ha contaminado el agua de bebida. La concentración de arsénico fue de 0,6 ppm entre 1955 - 1970. En el período 1970 - 1972 la concentración disminuyó a 0,08 ppm debido a la planta de filtros que empezó a operar en mayo de 1970. Santiago muestra 0,00 ppm en su agua de bebida...”

Descripciones como éstas eran características en los decenios del 60 ó 70, período en que la literatura científica abundó sobre esta situación tanto a nivel nacional como internacional, destacando en los trabajos científicos médicos como Zaldivar R y Borgoño J. y académicos de la Universidad de Antofagasta, entre ellos el profesor Mladinic. Muchos investigadores extranjeros, atraídos por el fenómeno acopiaron vasta información publicada extensamente en revistas de circulación principal. Esto muestra la importancia de la investigación científica y su divulgación ante un problema de la naturaleza, que luego permite que se tomen las medidas adecuadas para dar así al grupo humano afectado la solución apropiada. Cabe destacar numerosos trabajos de este tipo que se realizaron en universidades como trabajos de

seminarios o tesis aportando valiosa información para configurar un esquema más certero del problema. Las ponencias del seminario internacional que se entregan en esta revista, conforman un valioso documento de actualización sobre un problema medioambiental, ya solucionado, gracias al esfuerzo intersectorial. Esperamos también que situaciones como la que señalo en la siguiente cita bibliográfica sean tratadas en forma rápida y efectiva utilizando experiencias previas y que lo logrado en Antofagasta sirva de modelo para su solución.

The Elqui watershed (northern Chile) constitutes a highly contaminated river system, with arsenic exceeding by up to three orders of magnitude the average for river waters. During the studied pre mining period (1975-1977), the high altitude river Toro waters already showed very large As concentrations (0.36-0.52 mg L-1). The initiation of full scale mining at El Indio (1980 onwards) led to an increase of these values, reaching a concentration of 1.51 mg L-1 As in 1995. During the same year other rivers of the watershed reached peak As concentrations of 0.33 mg L-1 (R. Turbio) and 0.11 mg L-1 (R. Elqui). These figures largely exceed the USEPA regulations for drinking water (0.01 mg L-1 As), and about 10% of the total As data from the river Elqui (and 70% from the river Turbio) are above the maximum level allowed by the Chilean law for irrigation water (0.1 mg L-1 As). Environ Geochem Health 2006.



Luis Alberto Loyola Morales
Rector Electo, Universidad de Antofagasta

El estigma de ser considerado como un lugar no apto para vivir



Jorge Molina Cárcamo
Ex Intendente Antofagasta

La Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Antofagasta, decidió realizar el Seminario dirigido a conocer la situación del arsénico contenido en el agua destinada al consumo humano en la Región de Antofagasta, el que contó con el patrocinio de la Intendencia, dada su evidente importancia.

Este fue un notable interés académico, pues el tema es grave y preocupa a todos quienes vivimos en esta región, que ha soportado el estigma de ser considerado como un lugar no apto para vivir, afectando negativamente la realización de nuevas inversiones.

El hecho se origina por el alto contenido de Arsénico en origen de las fuentes proveedoras de agua. Dichos niveles alcanzaban a 0,09 y 0,86 ppm. respectivamente, en Siloli y Toconce, en los años 50 del siglo pasado. En 1970 y 1978 se construyeron Plantas de Filtro en Antofagasta y Calama reduciendo significativamente esos índices a 0,12 ppm. sólo en 1984,

Chile establece la norma de calidad de agua de 0,05 ppm de arsénico. A su vez la norma de recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 0,01 ppm de arsénico; norma que por su exigencia y por la calidad del agua en origen, se estimaba difícil de lograr en la Región.

Sin embargo, el Estado de Chile desde 1970 mantuvo constante preocupación, y producto de esfuerzos operativos de la empresa pública ESSAN S.A. desde el año 2002 en Calama y desde Enero del 2003 en Antofagasta, se cumple con la norma OMS de 0,01 ppm.

Destaco el interés público por atender este asunto y lograr reducir su impacto a niveles internacionalmente aceptados, los que deberán ser mantenidos por la actual concesionaria privada Aguas de Antofagasta S.A.

Por ello la Intendencia Regional patrocinó el esfuerzo académico de la Universidad de Antofagasta que permitirá dar a conocer los logros obtenidos, producto del gran esfuerzo realizado, lo que posibilitará destruir mitos que afectan negativamente a la Región y sobre todo, nos dará la certeza de tener mejor calidad de vida en un tema tan relevante como el agua para consumo humano.

Varias fuentes de agua dulce contienen altos contenidos de arsénico como por ejemplo la fuente termal de los Géiser del Tatio.



Un evento que pone fin al mito de la calidad del agua potable en la región

Respondiendo a la invitación del Vice-decano Dr. Alex Arroyo, deseo incluir unas palabras en esta publicación especial sobre el seminario efectuado en noviembre pasado en Antofagasta.

Luego de leer su interesante editorial y haber revisado el resumen de las principales exposiciones efectuadas en tal evento, las cuales aparecen publicadas en nuestra revista de la Facultad de Medicina y Odontología, creo justo enfocarme al esfuerzo, dedicación y tiempo empeñado por el propio Dr. Alex Arroyo en cuanto el éxito tan impactante del evento.

Sin duda alguna, si yo no mencionara su tarea por razones personales muy lógicas, él quedaría en el anonimato, lo que no es de justicia en la vida académica.

El Dr. Arroyo se ha preocupado prácticamente durante toda su vida como profesional y especialista en Dermatología en estudiar el tema y profundizar sobre su impacto en la salud de la población. Sus valiosos contactos le han llevado a colaborar con labores de investigación del más alto nivel, que concluyen en un evento que como resultado fundamental pone fin al mito de la calidad del agua de la región.

Si tenemos problemas de alta incidencia de cáncer, deben buscarse entonces sus causas en otras etiologías u otras vías. La desmitificación de la zona como región invisible, es otro de los grandes méritos del seminario, aunque no por ello desconocemos que es dura y que existe una alta radia-

Prof. Dr. José Guzmán Farren
Decano Facultad de Medicina y Odontología



ción solar. Sin embargo, no hay duda que también hay diversas formas de polución y es a estos estudios que deben encaminarse las investigaciones en pro de una mejor calidad de vida.

En estas líneas, quiero agradecer a los participantes, colaboradores, autoridades de la zona y como lo mencioné en el encabezamiento, muy en especial a mi amigo y colaborador Dr. Alex Arroyo Meneses.

En este tipo de esfuerzos e iniciativas que se irán sumando a otras, se inicia la ancha avenida que conduce a una Facultad de Medicina y Odontología de relevancia regional y nacional.





La batalla del Arsénico

Expositor: **Alexis Molina Tapia** - El Mercurio de Antofagasta.

En una diversidad de casos internacionales, nacionales y comunales, la prensa ha sido un aliado importante en cuanto a denunciar hechos anómalos, los cuales de otra forma no habrían tenido una solución rápida y efectiva. Por una parte, está la presión ejercida frente a las autoridades y por otra la información clasificada que poco a poco va siendo entregada a la sociedad, quienes en este caso, confiaban en la entrega sana de un vital recurso: el agua.

En la problemática de la contaminación de este líquido por arsénico, el apoyo de “El Mercurio de Antofagasta” fue vital, pues recibió la denuncia de profesionales médicos, quienes no estaban siendo atendidos por quienes correspondía, contemplando impotentes como sus pacientes enfermaban y dejaban de existir.

La situación fue tan dramática, que si hoy colocamos en un buscador de internet las palabras

Antofagasta y Arsénico, encontraremos más de 700 links como respuesta. Y si vamos más allá, podemos decir que el diario “El Mercurio de Antofagasta”, ha publicado cerca de 180 artículos en relación al tema los últimos años.

La principal fuente de información y a su vez vocero de esta problemática fue el doctor Edmundo Ziede, conocido en su momento como “el doctor del Arsénico”. El, señaló en su oportunidad a la prensa que: “si yo no hubiese hecho esta campaña, la mitad de la población estaría con cáncer por culpa del Arsénico. Yo era el presidente del Colegio Médico y el Ministerio de Salud me quería callar. El Ministro me mandó a llamar y yo no fui. Querían quitarme el título. Finalmente mandé exámenes a Estados Unidos para analizar la sangre de unos niños, los cuales dieron positivo. ¡Los antofagastinos nos estábamos muriendo de arsenicismo!”.

CRONOLOGIA

El 15 de junio de 1968, crece la alarma pública ante la contaminación con arsénico del agua potable. Es así como un equipo de periodistas se dedicó a investigar el tema, buscando nuevos antecedentes, entre los cuales se detectó que los niños eran las principales víctimas, al sufrir manchas en la piel y alteraciones hepáticas. Esta condición produjo muertes por peritonitis agudas e infartos



Doctor Edmundo Ziede, conocido en su momento como “el doctor del Arsénico”

¡Los antofagastinos nos estábamos muriendo de arsenicismo!”

intestinales debido a la intoxicación arsenical crónica, lo cual fue ratificado por los posteriores certificados de defunción.

Obviamente el tema causó conmoción nacional, dado el impacto de conocer el alto nivel de Arsénico que consumían los antofagastinos en el agua potable. Esta situación derivó a que por el mismo diario los médicos capitalinos pidieran la evacuación de la ciudad.

Aún así, en un principio las autoridades minimizaron el problema y negaron los niveles de contaminación entregados a la opinión pública. Sin embargo, la documentación era aplastante por lo que se debió admitir la gravedad de la situación y el riesgo latente en el que estaba sumida la comu-



En 1968, se comenzó a denunciar por el diario el Mercurio de Antofagasta el serio problema del arsénico en el agua potable.

nidad. Fue el mismísimo presidente Eduardo Frei Montalva, quien ordenó una solución rápida a la crisis del Arsénico en el agua de consumo humano, oficializando de esta manera la denuncia.

Es así como el problema comenzó a solucionarse a principios de 1970, cuando entró en operaciones la planta de filtro del Salar del Carmen.

Debido a todo el apoyo investigativo y comunicacional prestado, “El Mercurio de Antofagasta” recibió el premio “SIP- Mergenthaler” por su aporte a la comunidad, el cual fue otorgado por la Sociedad Internacional de Prensa (SIP).



A través del Diario “El Mercurio” se conoció el inicio de la construcción de la primera Planta de Abatimiento de Arsénico.

Río Loa

● **CAPTACIÓN LEQUENA**

● **CAPTACIÓN QUINCHAMALE**

● **CAPTACIÓN TOCONCE**

■ TOCOPILLA

CALAMA ■ ● Planta de Filtros
Cerro Topáter

■ Géiser del Tatio

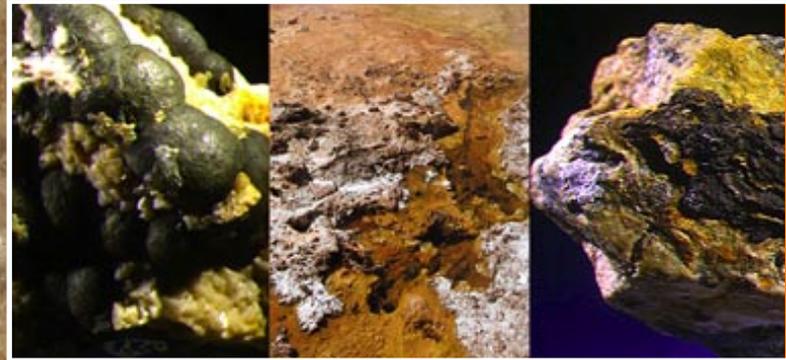
■ SIERRA
GORDA

■ BAQUEDANO

■ MEJILLONES

● Planta de Filtros Salar del Carmen

■ ANTOFAGASTA



Formas de **Arsénico Natural**

El Desierto de Atacama el más seco del planeta, a planteado a los habitantes de la Región de Antofagasta abastecerse de agua dulce desde ríos, vertientes y pozos de la Cordillera de los Andes. Debido a su formación geológica todas las fuentes de aguas posibles contienen concentraciones de Arsénico arrastrado de forma natural del sub suelo.

●
SONDAJE AGUAS VERDE

■ TALTAL



La historia del arsénico en nuestras tierras no es nueva, pues en la antigüedad ha sido posible identificarlo en cuerpos de agua superficial y en momias encontradas en valles de la zona norte.

Historia del Arsénico en la II Región

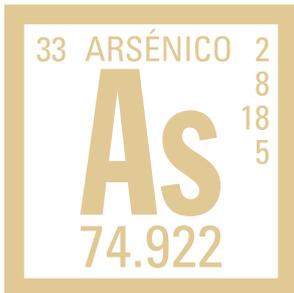
Expositor: **Rubén Pedreros Quiroga** - Codelco Norte.



Conocida ya la historia del consumo de arsénico en la II Región y de cómo parte de las fuerzas vivas de la comuna hicieron público el problema para así buscar soluciones expeditas, es bueno ir un poco más allá y entrar en detalle sobre las características de este componente, que llegó a convertirse en un gran enemigo para la salud y el desarrollo de la II Región.

Es así como primeramente debemos preguntarnos ¿Qué es el arsénico? y ¿Cuántos tipos existen?

El arsénico está básicamente definido como un elemento químico del grupo V de la tabla periódica, de número atómico 33 y masa atómica 74,92. Tiene aplicaciones industriales y como insecticida. Sus compuestos son sustancias tóxicas y sus vertidos se consideran contaminantes. Su símbolo es As.



Cabe destacar que los tipos de arsénico van de acuerdo a su origen y especie. Definamos primero el origen. Allí destacan el antrópico (elementos que se encuentran en el medio natural y cuyo origen es la actividad humana) y el natural. En los primeros están los liberados por la actividad minera como

una impureza frecuente en los minerales sulfurados de cobre; mientras que a nivel natural está presente en formaciones minerales del subsuelo, aflorando en altas concentraciones en las fuentes de agua subterránea de la zona norte.

En cuanto a la especie y fuentes, debemos mencionar el orgánico, como los alimentos marinos y vegetales; y el inorgánico, como agua, aire y suelo, donde es detectado en compuestos minerales estables, sulfuros insolubles, compuestos oxidados solubles, ionizado en agua y también en vegetales, éstos últimos con un porcentaje variable.

EPOCAS

La historia del arsénico en nuestras tierras no es nueva, pues en la antigüedad ha sido posible identificarlo en cuerpos de agua superficial y en momias encontradas en valles de la zona norte, especialmente cerca de los ríos Camarones y Loa, donde también se hizo presente en vegetales cul-

A nivel natural el As está presente en formaciones minerales del subsuelo, aflorando en altas concentraciones en las fuentes de agua subterránea de la zona norte.



En los minerales sulfurados de cobre, el As es eliminado como una impureza en la actividad minera.

tivados en las cercanías. Actualmente, es encontrado en emisiones como fundiciones de cobre y fuentes de agua potable

Sin lugar a dudas y dado su consumo masivo, tanto para seres humanos como animales, la inquietud radica en el arsénico encontrado en el agua, donde existe a nivel superficial como lagunas (Legía, Ascotán), vertientes (El Tatio) y ríos (Loa, Salado, Camarones, Siloli).

Sin embargo, la máxima preocupación radica en su presencia a nivel de agua potable. Para ello debemos retroceder el tiempo e informar que a comienzos de la década de los '50, Antofagasta contaba con agua potable sólo dos horas al día, la cual sin lugar a dudas contenía importante cantidad de este elemento químico. Esta grave situación poco a poco fue solucionándose gracias a la construcción de la Aducción Toconce en 1956, que si bien solucionó el problema del abastecimiento de este vital

elemento, determinó en otro aspecto aún más importante para la salud y a partir de 1958 que parte la población de la ciudad de Antofagasta y otras comunas menores (Mejillones), quedaran expuestas a importantes concentraciones de arsénico inorgánico presente en esa fuente de agua (800 ug/L). Esta alta exposición se mantuvo por espacio de aproximadamente 12 años, hasta que entró en funcionamiento la planta de abatimiento de arsénico de Salar del Carmen en 1970 y la construcción de la planta de Calama (Topáter) en 1977, que entró en funcionamiento en 1978, con las cuales se consiguió disminuir la alta exposición de la población a este tóxico.

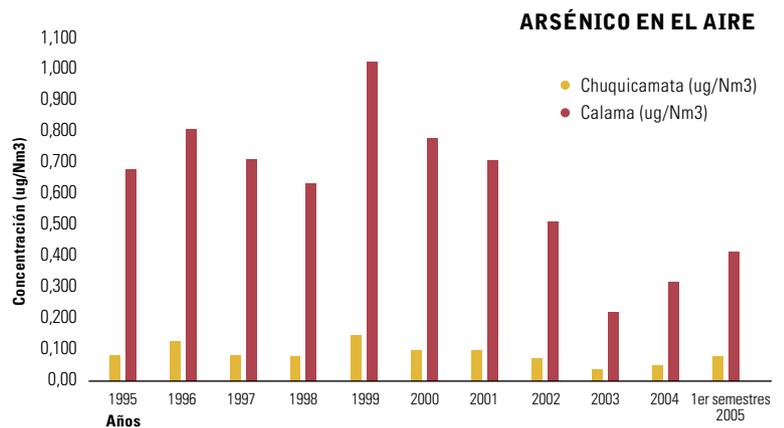
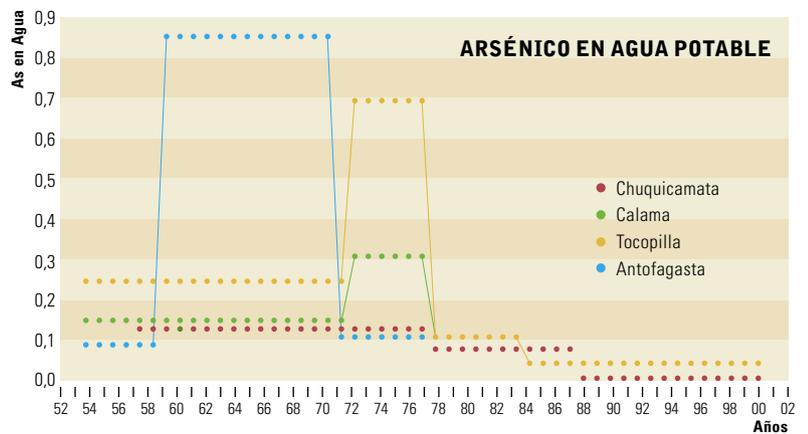
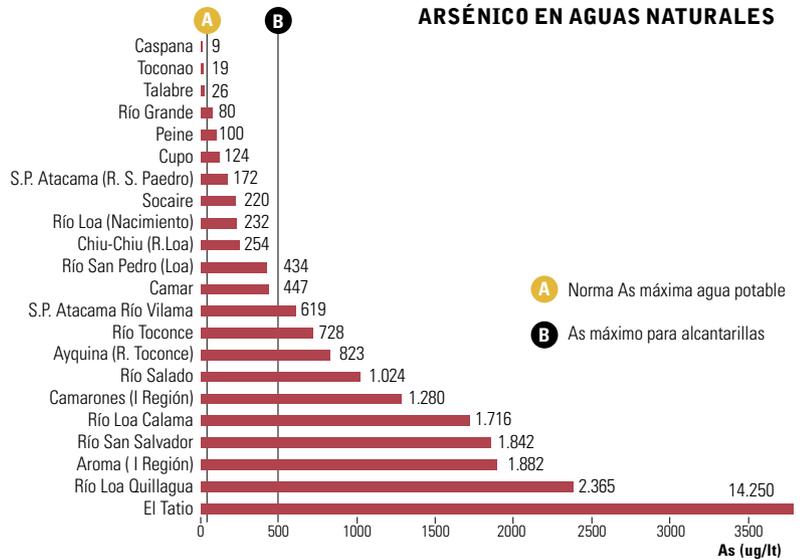
Es así que a partir de 1970 los niveles de arsénico en el agua de consumo humano, gracias a la norma nacional establecida y al funcionamiento de las plantas abatidoras descendieron a 120 ug/l. En 1984 una nueva norma, aún más exigente establece que el nivel máximo permisible sea de 50 ug/L, el cual, desde fines de 2002 y como consecuencia de optimización de procesos industriales y sin mediar norma sanitaria, descienden a no más de 10 ug/L lo que deja a nuestra región dentro de las recomendaciones sanitarias de la Organización Mundial de la Salud para la exposición al Arsénico.

En la actualidad, existen pocas comunidades rurales que aún esten expuestas a niveles sobre esta norma nacional lo cual nos permite esperar que los deteriorados indicadores de salud determinados por la exposición a este tóxico experimenten gradual mejoramiento en el futuro.



Captación Toconce, construida en 1950, para aumentar la disponibilidad de agua potable, debido al aumento de la población.

ARSÉNICO EN AGUAS NATURALES



ARSÉNICO EN LOS ALIMENTOS

		Contenido de Arsénico en suelo		
		Alto ppm	Medio ppm	Bajo ppm
Zanahoria	Follaje	5,05	4,22	2,70
	Raíz	0,84	1,10	1,03
Maíz	Follaje	10,01	14,41	9,58
	Grano	0,14	0,19	0,16

Los alimentos marinos lo concentran en especies orgánicas



Planta de Filtros Salar del Carmen
de Antofagasta, vista general desde
los decantadores de arsénico.

Impacto multisectorial del Arsénico en la II Región

Expositor : **Jorge Molina Cárcamo** - Ex Intendente de Antofagasta



Las fuentes de Arsénico en la Segunda Región, como ya se ha señalado anteriormente, tienen un origen natural en el cual el norte de Chile presenta grandes concentraciones en el suelo y menores concentraciones en las corrientes de agua. En segundo lugar está el origen industrial, que se desarrolla debido a la existencia de fundiciones de concentrados de cobre.

Ante ello, el gobierno ha debido desarrollar acciones multisectoriales, dada la necesidad de generar estructuras que salvaguarden a la comunidad de una posible contaminación por elevados índices de este elemento, lo que aumentaría considerablemente el riesgo a enfermedades relacionadas con este compuesto.

Es así y dado el impacto que el tema provoca, el gobierno ha implementado acciones como el control de aire y agua, la vigilancia en productos y consumidores, la construcción de nuevas estructuras y la vigilancia epidemiológica laboral y ambiental, abarcando de esta forma los sectores ambientales, agrícolas, de obras públicas y salud, respectivamente.

AIRE

Para el control de las emisiones de Arsénico en el aire, existe el Decreto Supremo N° 165/99 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia con aplicación desde el año 2000, donde se señalan los procedimientos a seguir en establecimientos de normas de calidad ambiental y de emisión.

Su objetivo es proteger la salud de las personas y los recursos naturales renovables, esperando un mejoramiento sustancial de la calidad atmosférica



en las zonas afectadas por emisiones de arsénico al aire y la reducción de exposición en personas, agua, suelos, flora y fauna.

Cabe destacar que todas las fuentes emisoras de Arsénico están obligadas a cumplir la norma, más aún reconociendo que en Chile existen siete fuentes activas relacionadas a fundiciones de concentrados de Cobre. Es así como la norma establece una cantidad anual máxima de emisiones para cada fuente existente.

AGRICULTURA

No sólo a nivel humano se desarrolla el problema del Arsénico, pues la agricultura y todos sus derivados también se ven afectados, situación que de manera última igualmente repercute en el hombre, dado el consumo que se realiza de carnes, vegetales e incluso los mismos afluentes de ríos.

Durante 1998 y 1999, en las localidades de Chiu Chiu y Lasana se estudió el nivel de arsénico en aguas del río Loa, llegando a estimaciones que eran inferiores al detectado en el agua potable.

Posteriormente, se estudió el nivel de As en niños cuyas edades fluctuaban entre 6 y 14 años, quienes consumían dieta local de hortalizas regadas con aguas del río Loa. El estudio concluyó que el consumo de vegetales locales no provocaba arsenicismo en los consumidores y en consecuencia, el arsénico inorgánico del agua del río Loa no era una limitante para la producción y cultivo de hortalizas.

En cuanto a la producción animal, se ha investigado la leche de cabra y sus derivados, concluyéndose que los niveles son inferiores a la norma.

Los vegetales producidos en las zonas de Chiu-Chiu y Calama, contiene un bajo contenido de arsénico.

CRONOLOGÍA DE CONTROL

Como ya se ha señalado, el proceso de detección, asimilación y solución de la problemática de Arsénico en el agua potable tomó su tiempo y es por ello que a continuación resumimos su historia.

1970: Se construye la PF Salar del Carmen I, en Antofagasta y el Arsénico (As) en el agua baja drásticamente de 0,86 ppm a 0,12 ppm.

1971-1980: En 1971, comienza la puesta en funciones de captación Lequena para sistema Calama-Tocopilla. Baja la concentración de As en el agua potable a menos de 0,120 ppm.

1978 -1989: Se construye PF Cerro Topater en Calama y el As baja de 0,29 ppm a 0,12 ppm en Calama y de 0,70 a 0,12 ppm. en Tocopilla.

1984: Cambia la norma de calidad del agua, el As queda en 0,05 ppm y entra en funciones PF Salar del Carmen II en Antofagasta.

1989: Entra captación Quinchamale, PFSC II y Estanque de mezcla (As = 0,490 ppm. agua cruda).

1998: Entra en funcionamiento la Planta de Filtros de Taltal, con concentraciones de As en la fuente de 0,050 a 0,080 ppm.

2002 - 2005: Optimización del proceso en PFCT, permite obtener un contenido de As en el agua potable de 0,010 ppm.

2003 - 2005: Optimización del proceso en PFSC, permite obtener un contenido de As. en el agua potable de 0,010 ppm.

INVERSIONES

La gran cantidad de estudios y las plantas de tratamiento puestas a funcionar, obviamente significaron un costo que debió asumirse de una u otra forma. Por lo que no se puede dejar de mencionar que entre las últimas inversiones destaca la realizada en San Pedro de Atacama el 2000, cuando se dio el vamos a la Planta de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa con un gasto de M\$156.570, a lo que luego se sumó la instalación de una Unidad Osmosis Inversa que alcanzó los M\$ 132.566.

En Lasana y Chiu Chiu, se concretó el suministro para la Planta de Abatimiento de Arsénico, con una inversión de M\$74.705.

Finalmente el año pasado, la inversión realizada en torno a la erradicación del Arsénico alcanzó los \$ 318.940.038, entregando como resultado luego de diferentes muestras tomadas, que la totalidad de los servicios cumplen con los requisitos químicos establecidos (0.01 ppm).



Foto Superior: **Tranque de almacenamiento** de agua para tratar en la planta abatidora de arsénico de San Pedro de Atacama.

Foto Inferior: **Instalaciones en construcciones** de la Planta de Abatimiento de Arsénico para Lasana y Chiu - chiu.



Cientos de muestras toma a diario el personal de la Planta de Filtros del Salar del Carmen para controlar la calidad del agua potable.

SOLUCIONES

Si bien es cierto los problemas existen, nada mejor que buscarles pronta solución. Y es precisamente en ello que se ha esmerado el gobierno los últimos años. A pesar de la problemática que se ha generado en las zonas rurales de nuestra región, existe un claro ejemplo de preocupación hacia sus habitantes, que es representado en la construcción de dos Plantas de Abatimiento de Arsénico en el agua de la comuna de Sierra Gorda.

También está clara la necesidad de crear una opinión positiva en la comunidad, respecto de la calidad de nuestras aguas y para ello se ha establecido la difusión de actividades y controles que se realicen en relación al tema.

De esta forma, es posible involucrar a todos los actores relevantes en la II región: autoridades, universidades, asociaciones industriales, CChC, turismo, cámaras de comercio, líderes de opinión,

INVERSIONES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS EN ZONAS RURALES

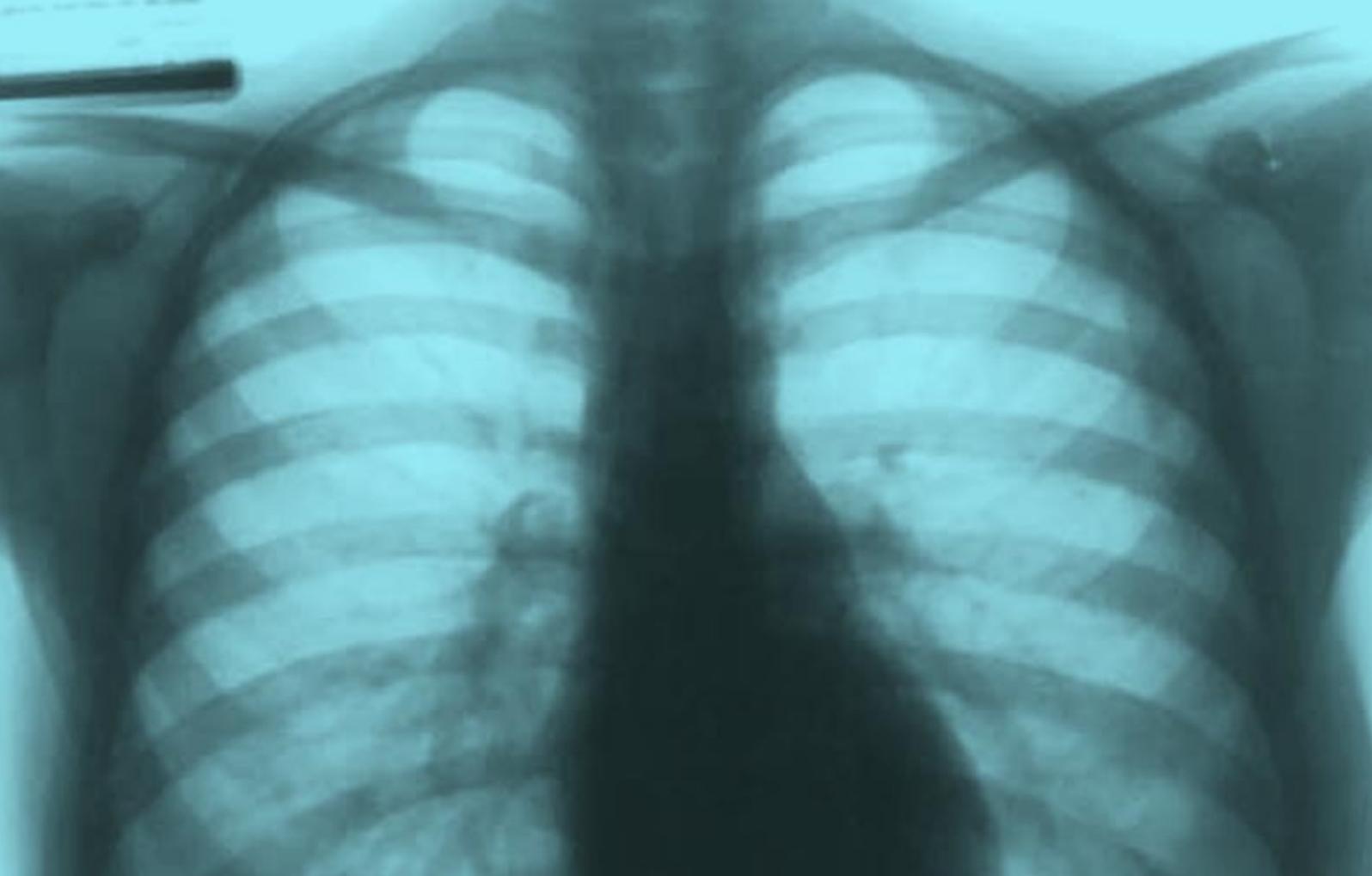
Localidad	Nombre Obra	Monto M\$	Fecha Inicio	Fecha Termino
San Pedro de Atacama	Suministro Planta Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa par San Pedro de Atacama	156.570	25.10.99	23.01.00
	Instalación Unidad Osmosis Inversa de San Pedro de Atacama	132.566	08.11.01	07.04.02
	Total	289.136		
Lasana Chiu Chiu	Suministro Planta de Abatimiento de Arsenico para Lasana y Chiu-Chiu	74.705	17.11.99	15.02.00
	Total	74.705		

juntas vecinales, colegios, etc, propiciando estudios, encuentros y seminarios donde se analice la evolución de las tasas de mortalidad por cáncer atribuible al As. Por último, existe la iniciativa de auspiciar la formación de un Centro de Estudios orientado al tema del Arsénico.

MUESTREO DE ARSÉNICO TOMADO PARA DISTINTAS LOCALIDADES DE LA II REGIÓN DE ANTOFAGASTA

LOCALIDAD	Muestras Programadas	Muestras tomadas	% cumple	Días control	Muestra > 0,05ppm	% Inaptitud	Media ppm
Antofagasta	60	48	80	16	0	0	0,01
Calama	8	6	75	3	0	0	0,01
Tocopilla	4	3	75	3	0	0	0,01
Taltal	7	4	57	2	0	0	0,01
Mejillones	3	0	-	-	-	-	-
María Elena	3	2	-	2	0	0	0,01
Chuquicamata	4	4	-	1	0	0	0,01

Observación: Todos los servicios cumplen con los requisitos químicos establecidos, Seremi de Salud II Región.



Haciendo un poco de historia a nivel nacional, podemos recordar que en 1958, se detecta una nueva fuente de agua en los ríos Toconce (As: 800 -1,000 ug/L) y Holajar (1.300 ug/L), con una alta exposición por 38 años (90-860 ug/L), cuyo máximo se presentó a partir del año anteriormente indicado y hasta 1970.

Posteriormente las plantas de tratamiento disminuyeron el contenido de As entre 1970-1978, el que bajó a 100 ug/L. De 1979 a 2003, el promedio marcó 40 ug/L, mientras que en 2004-2005 se llegó a 10 ug/L.

Luego del detalle anterior y antes de proseguir, debe dejarse claro que la norma chilena es de 50 ug/L, mientras que la recomendación de la Organización Mundial de la Salud es de 10 ug/L.

SALUD

Obviamente la primera preocupación ante índices inadecuados de Arsénico es la salud, que en corto plazo se ve afectada en cuanto a trastornos que aparecen cercanos al inicio de la exposición y desaparecen pronto después de suspendida ésta.

Entre 1976-1978, hubo 5 veces mayor riesgo de morir por cáncer pulmonar en Antofagasta y 4 veces en Tocopilla.

Conozcamos un poco algunos porcentajes en esta larga historia:

- Se detectó un 18% - 24% de aumento en muertes infantiles en el período 1958-1965
- Se identificó daño cardiovascular, respiratorio y lesiones arsenicales de piel en niños de Antofagasta entre 1960-1978, quienes fueron vistos en hospitales de Santiago.
- Los efectos subagudos disminuyen rápidamente al controlar la exposición en Antofagasta. Luego de un año post exposición, se notó una clara disminución a la prevalencia de arsenicismo en la piel.

Efectos en salud ante la exposición de Arsénico en Chile: estado de situación

Expositor: **Catterina Ferreccio Readi** - Departamento de Salud Pública Pontificia Universidad Católica de Chile

- Tres años post-instalación de las plantas de tratamiento, los índices de disnea y tos cayeron de un 38% a 7%.
- Los efectos crónicos del As en Antofagasta, empiezan luego de 20 años de la exposición y persisten mientras existan los expuestos.
- Entre 1976-1978, hubo 5 veces mayor riesgo de morir por cáncer pulmonar en Antofagasta y 4 veces en Tocopilla.
- Luego de este episodio, a nivel nacional se realizaron constantes muestreos en regiones, sectores productivos, agua potable, alimentos y orina de escolares.

IMPACTOS A LARGO PLAZO (1994-1996)

A nivel nacional se realizaron estudios de todos los cánceres asociados al As, para lo que se acudió a los registros históricos y mediciones recurrentes, donde obviamente se sumó la experiencia del norte de Chile (I, II y III Regiones).

Ante ello se dedujo que entre 1950-1996 hubo una exposición de As en agua y aire en las 335

comunales del país, logrando una mortalidad entre 1985-1992 por cánceres asociados al As en pulmón, vejiga, riñón, piel e hígado.

En relación al agua, Antofagasta registró un índice de 0.0320 ug/L, San Pedro de Atacama 0.6000 ug/L, Taltal 0.0600 ug/L, Chuquicamata 0.0200 ug/L, Tocopilla y el resto de la II Región 0.0320 ug/L.

Los resultados en el aire no fueron más alentadores, pues Antofagasta estaba ubicada dentro de las ciudades con más altos índices de Arsénico a nivel país. Ostentaba un 0.057 ug/m³.



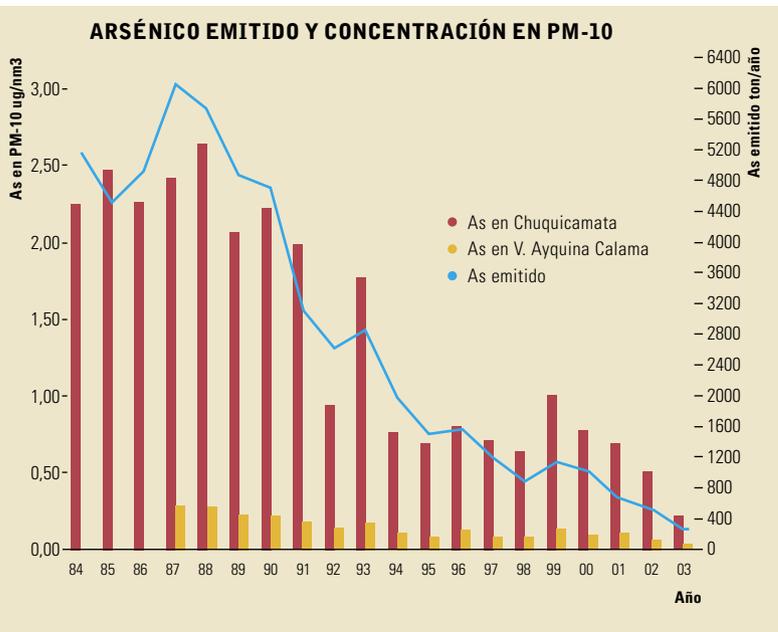
En el período 1958-1965 aumentaron las muertes de niños en un 25%.

En cuanto al Arsénico inhalado en la vida, el promedio es de 1,4 mg. en el grupo sometido a estudio entre 1970 y 1984.

En relación al porcentaje de contribución al total de As por vía de exposición durante 1994-1995, Antofagasta en el agua acumula un 81.7%, en el aire un 1.4% y en la comida un 16.7%. Calama por su parte marcó un 82.9%, 2.7% y 14.3%, respectivamente.

RESULTADOS

Finalmente los resultados arrojaron un exceso altamente significativo de cánceres causados por As en comunas de la II Región. Además, las dosis acumuladas de As por aire inhalado eran muchísimo menores que las acumuladas por agua. Sin embargo, el elemento en el aire no puede explicar las diferencias observadas en la mortalidad.



En cuanto a resultados de estudio en casos de cáncer al pulmón y vejiga en el norte de Chile, se pudo deducir que la dosis de As acumulada a lo largo de la vida fue 2 veces mayor entre los casos que en los controles.

También se observó una clara relación dosis-respuesta y aunque el As acumulado por el aire también fue dos veces mayor en los casos, no alcanzó significación estadística. Asimismo se ob-

servó una interacción significativa entre fumar y el As, existiendo, además, relación de riesgo de cáncer al pulmón y As en el agua potable.

ESTUDIOS

En un estudio poblacional de cánceres asociados al As en el Norte de Chile, se confirmó un aumento en la mortalidad para cánceres arsenicales, estimando que el Arsénico causó un 7% de las muertes entre los mayores de 30 años, siendo éste el mayor impacto reportado por una exposición ambiental en una población general.

Asimismo se realizaron estudios en cuanto a la mortalidad relacionada con el As en Chile, con el objeto de investigar todas las causas de mortalidad asociadas en la II Región entre 1950-2000, estudiando la latencia entre exposición - efecto, impacto en enfermedad cardiovascular, diabetes,

RESULTADOS AS AIRE UG/ M3 - FONDEF 2-24

Ciudad	Fondef	Empresas
Arica	0.004	
Iquique	0.025	Anaconda: 1.276
Antofagasta	0.057	Chuquicamata: 1.011
Viña del Mar	0.026	Copiapó: 0.148
Santiago	0.02	Puchunc: 0.358
Calera	0.009	
Rancagua	0.038	Coya: 0.537
Concepción	0.007	

trastornos reproductivos y cambios en el tiempo de los riesgos específicos.

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

En 1996 se realizaron nuevas investigaciones en relación a la exposición ocupacional. Se estudiaron 32 ex - mineros de la II Región, muertos por cáncer al pulmón entre 1987 y 1991. Hubo 127 controles pareados en cuanto a edad-sexo y fecha de



Relación Diabetes Mellitus y exposición prolongada al arsénico

Expositor: **Dr. Claudio Ramos Ormeño** - Universidad de Antofagasta
Facultad de Medicina y Odontología-Departamento Ciencias Médicas

Sin lugar a dudas, la comunidad científica internacional ha buscado un sinnúmero de relaciones en cuanto a la exposición de As. Todo ello para analizar de mejor forma las enfermedades en sus pacientes y contribuir a la prevención.

Es así como se han realizado estudios internacionales en cuanto a la relación entre este elemento químico y la Diabetes. Las investigaciones tienden a señalar que esta asociación no es alarmante como en otras patologías, pero sí significativa. El estudio “Ingested inorganic arsenic and prevalence of diabetes mellitus” (1994), sobre la relación directa de OR para Diabetes Mellitas (DM) con nivel de exposición a As, muestra una consistente asociación entre exposición y DM, aunque los expertos aclaran que tiene un problema de diseño, pues se excluyó del análisis un 19% de los sujetos sin índice de exposición. Pese a ello, no se puede negar la relación directa entre exposición al As y prevalencia de DM.

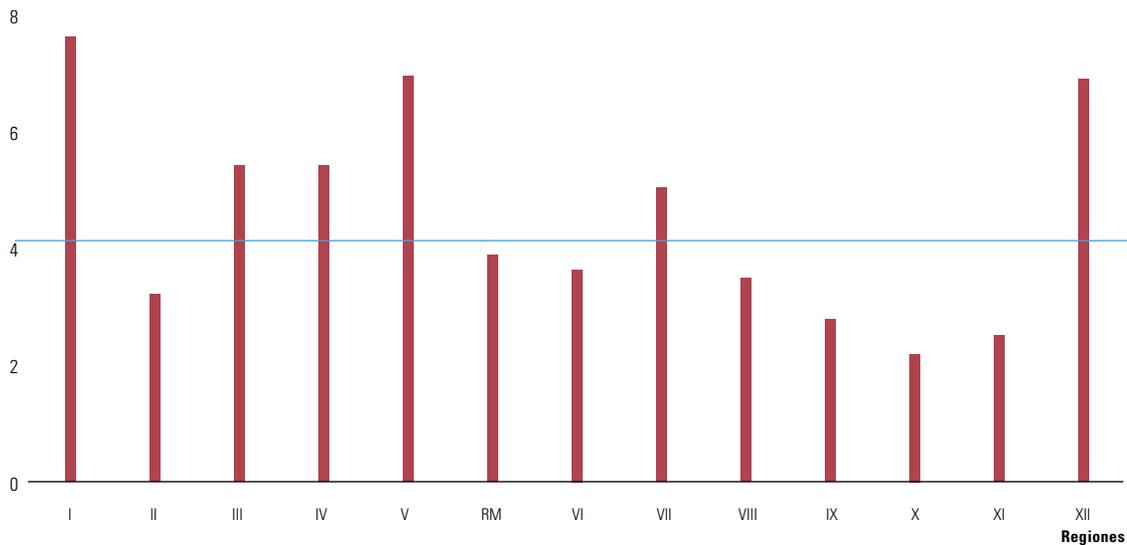
Por otra parte, en el estudio Diabetes Mellitus associated with arsenic exposure in Bangladesh (1998), sólo se incluyeron sujetos con lesiones

de piel (keratosis) como grupo expuesto y se usó TGPO como criterio diagnóstico de DM. Asimismo, el análisis de As en el agua se efectuó en una sola oportunidad y no se señala técnica analítica. En este último estudio, no se encontró significativo exceso de mortalidad por Diabetes en personas expuestas al arsénico.

El estudio estadounidense “Drinking water Arsenic in Utah: a cohort mortality study (1999), debió por su parte salvaguardar algunos inconvenientes, puesto que la Diabetes tiene baja mortalidad en USA. Es por ello que en la investigación se

Las investigaciones tienden a señalar que esta asociación entre As y la diabetes no es alarmante como en otras patologías, pero sí significativa.

PREVALENCIA DE DIABETES POR REGIONES CHILE - 2003



usaron las tasas esperadas de muerte para poder comparar, sin indicar la relación exposición-efecto para ningún evento cardiovascular. Es por ello que se puede aseverar que la exposición en el grupo más expuesto, probablemente se sobrestimó debido a la no inclusión de una de las comunidades en el análisis.

Finalmente, en el estudio “Relations between exposure to arsenic, skin lesions and glucosuria” (1999), se encontró que la prevalencia de glucosuria ajustada por edad y sexo era mayor entre individuos expuestos con lesiones cutáneas, que en aquellos expuestos sin lesiones cutáneas.

La investigación se realizó en 1.595 personas de un total de 1.795 elegibles para él mismo, considerando sólo a quienes estaban en sus casas al momento de la entrevista. Además, se utilizó el nivel actual de arsénico en agua y no la exposición acumulativa. También se usó medición de glucosa urinaria con tira reactiva, lo cual no es muy exacto.

DIABETES CHILE - 2003

Como conclusiones a los estudios realizados en torno a la diabetes y el arsénico, tanto en nuestro país el año 2003, como los presentados anteriormente, se puede deducir que:

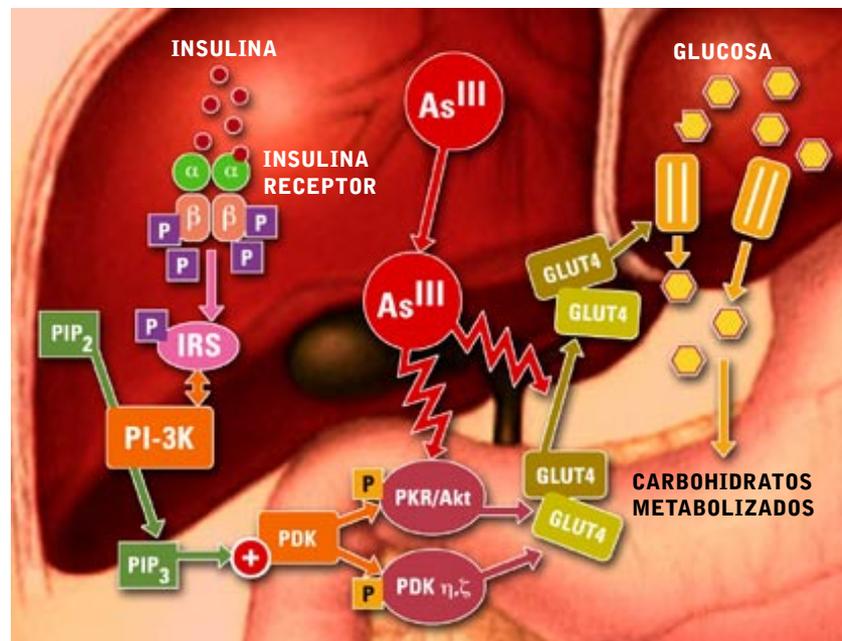
- No hay mayor prevalencia de Diabetes en la Segunda Región en el período observado (2003).

- Hay consenso en que los signos y síntomas que produce el arsénico parecen diferir entre individuos, grupos poblacionales y distintas áreas geográficas.

- La exposición al As es también causa de severa enfermedad vascular que produce gangrena de los pies en Taiwan. Esto no ha sido observado en otras partes del mundo ni tampoco en la región de Antofagasta.

- Debido a esto, no se puede establecer una definición universal de la enfermedad causada por el arsénico.

INSULINA Y ARSÉNICO





Lesiones dermatológicas producidas por la ingesta de As en agua de la II Región

Expositora: **Dra. Patricia Carrasco Z** -Universidad de Antofagasta.

Superior: Paciente de avanzada edad
con un carcinoma baso celular.

Inferior: Paciente que ha desarrollado
la enfermedad de Bowen.



Una de las principales consecuencias del As es la que queda registrada la piel y en esta ponencia se destaca que las manifestaciones clínicas dependen del individuo, la concentración y el tiempo de exposición al As. Si es crónica y con concentraciones mayores a 10 microgramos/ litro, pueden llegar a producirse alteraciones cutáneas, HTA, cardiopatía coronaria, Diabetes Mellitas, aumento de la incidencia de cáncer de piel, pulmón, vejiga y renal.

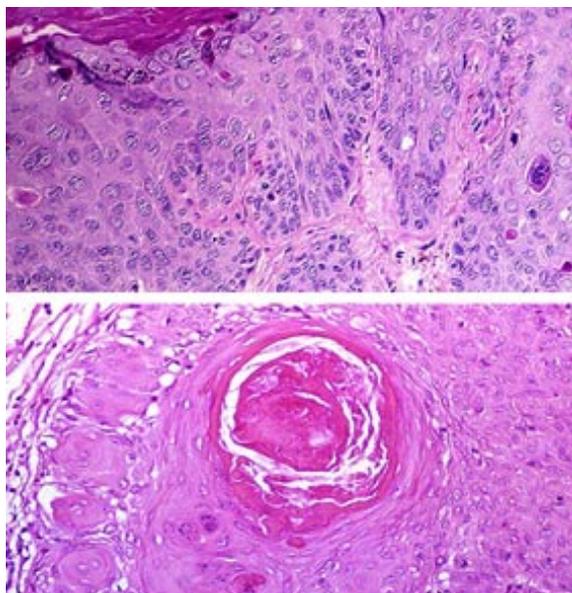
En lo estrictamente relacionado a la piel, es posible señalar que el Arsénico produce pigmentación en sal y pimienta, Hiperqueratosis palmo-plantar, aparición de cáncer in situ (enfermedad de Bowen), Eitelioma Basocelular y Carcinoma Espinocelular.

Sin embargo, hay que tener en cuenta ciertas condicionantes y características ya que la morbilidad por Arsénico tiene un tiempo de latencia y exposición. Es así como en 5 años se muestra la hiperpigmentación, a los 14 años la hiperkeratosis y, a los 24 años el cáncer.

En cuanto a estudios de comparación de las características biológicas y clínicas de tumores cutáneos asociados al Arsénico y a la luz ultravioleta



En relación a la enfermedad de Bowen (carcinoma in situ de la piel), podemos decir que en el Chile de 1998 a 2003, existe un índice que señala que el año 2000 tuvo un salto importante, pues lo padecieron 60 mujeres y 50 hombres.



Enfermedad de Bowen: Marcada atipia de queratinocitos con disqueratosis, mitosis y células gigantes, que compromete todo el espesor de la epidermis.

Carcinoma espinocelular: Focos de queratinización anormal en forma de "perlas córneas".

(LUV), se puede decir que las lesiones asociadas al As no se producen en zonas fotoexpuestas, por lo general son de carácter múltiple y con tumores superficiales. En lo que ambas coinciden, es en la baja agresividad biológica.

ENFERMEDADES

En relación a la enfermedad de Bowen (carcinoma in situ de la piel), podemos decir que en el Chile de 1998 a 2003, existe un índice que señala que el año 2000 tuvo un salto importante, pues lo padecieron 60 mujeres y 50 hombres. En cuanto al Eitelioma Basocelular (tumores malignos originados en la epidermis), se informa que el año 2000 registró 120 mujeres y 100 hombres afectados, llegando éstos últimos a 120 en 1999.

En la ciudad de Antofagasta de 1998 - 2002, la frecuencia de Cáncer Espinocelular (neoplasia de las células queratinizantes que pueden mostrar características malignas) detectó su máximo en 1999 con 40 hombres y 25 mujeres.

La frecuencia de otros tumores malignos en la Segunda Región entre 1998 a 2002, señala que en el último año se produjo el más alto índice con 7 mujeres y 11 hombres enfermos.



Arsénico y la II Región: Aspectos Anatomopatológicos

Expositor: **Dr. Rodrigo Valdés Annunziata** - Médico Anatomopatólogo.

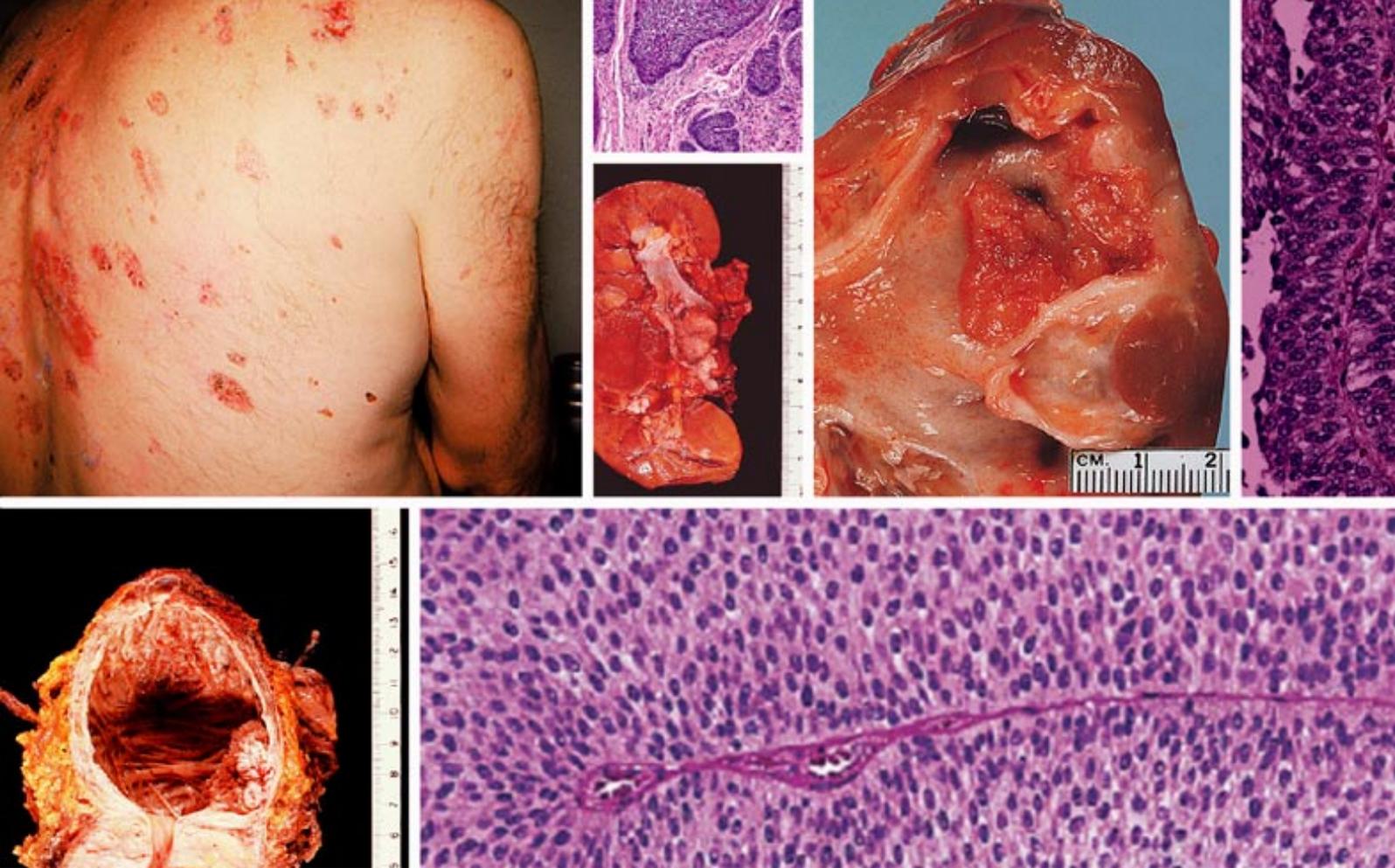
Bien es sabido que entre 1955-70 existió una alta exposición al Arsénico en la II Región, cuya disminución fue progresiva en relación a las concentraciones en el agua potable desde 1970 a 2003. Es por ello que se ha planteado la posibilidad que estemos pasando el umbral máximo de exceso de casos atribuibles al As.

Entre las consideraciones generales resalta la alta prevalencia de tumores con tipos y grados histológicos determinados en pacientes de ciertas localidades, sin dejar de mencionar la asocia-

ción de distintos tumores en un mismo paciente, consecutiva o concurrentemente.

Además, se determinó la temprana edad de presentación de diversos cánceres y sus manifestaciones clínicas o en la anatomía patológica, considerando cambios en el tipo de tumores y piezas quirúrgicas de pacientes locales, con importante evolución en el tiempo.

Entre las características morfológicas de los estudios realizados, se determinaron cánceres de piel y de la vía urinaria distal, con los resultados que a continuación se detallan:



Los tumores habitualmente de alto grado evolucionan agresivamente en las localizaciones viscerales y se han descrito como asociados al arsénico en Antofagasta.

CARCINOMA DE URETRA

- Se registró un 1% de neoplasias malignas en aparato genitourinario y sólo un 0,02% de todas las neoplasias malignas.
- Se considera único entre las neoplasias urinarias (más común en mujeres que en hombres).
- En la 6° y 7° década, la neoplasia fue excepcional en edades menores.
- En la literatura como tipo histológico predominante se describe el carcinoma pavimentoso.
- En Antofagasta el cáncer pavimentoso es uno de los de menor frecuencia.

Carcinomas transicionales de uretra (revisión de patología asociada en 26 casos).

En estudios con este tipo de patología, se concluyeron los siguientes índices:

- Insuficiencia Vascular periférica: 8 casos
- Carcinoma espinocelular/Bowen: 2 casos
- Carcinoma basocelular: 2 casos
- Carcinoma pulmonar: 2 casos

- Carcinoma basocelular superficial+Enf. de Bowen +Insuficiencia vascular eei: 1 caso

RESUMEN

En la práctica de la anatomía patológica en la II Región, se detectaron diferencias no sólo por cantidad, sino también por tipo y grado de tumores diagnosticados. Los tumores que se han descrito como asociados al arsénico, forman parte de la casuística habitual en afecciones en Antofagasta. Son tumores habitualmente de alto grado y evolución agresiva en las localizaciones viscerales no así en las localizaciones cutáneas.

Sin embargo, se puede aseverar que existe una tendencia decreciente en la presentación de nuevos cánceres de este tipo, aunque todavía existe una cantidad de casos mayor a lo esperable, los que posiblemente se tendrán por los próximos 30 años. A pesar de ello, existen grandes oportunidades para la investigación de afecciones, por lo que resulta importante un buen sistema de registro, adecuadas bases de datos y de material biológico.

A microscopic image of several cells, likely yeast or bacteria, showing internal structures like nuclei and organelles. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. The text is centered over the middle of the image.

Mecanismos de genotoxicidad y mutagénesis del Arsénico: Bases moleculares de sus efecto cancerígeno

Expositor: **Ricardo Marcos- Grupo de Mutagénesis.**

Departamento de Genética y Microbiología,
Universidad Autónoma de Barcelona.

Ya conocemos que el arsénico se nos presenta mediante exposición aguda y crónica, lo que puede generar Hiperqueratosis (engrosamiento de la capa córnea de la piel) y cánceres a la piel, hígado, pulmón y vejiga, considerándose además otros efectos tales como: alteraciones cardiovasculares, anomalías en el desarrollo, desórdenes neurológicos, diabetes, pérdida de la audición, fibrosis de hígado-pulmón y alteraciones hematológicas.

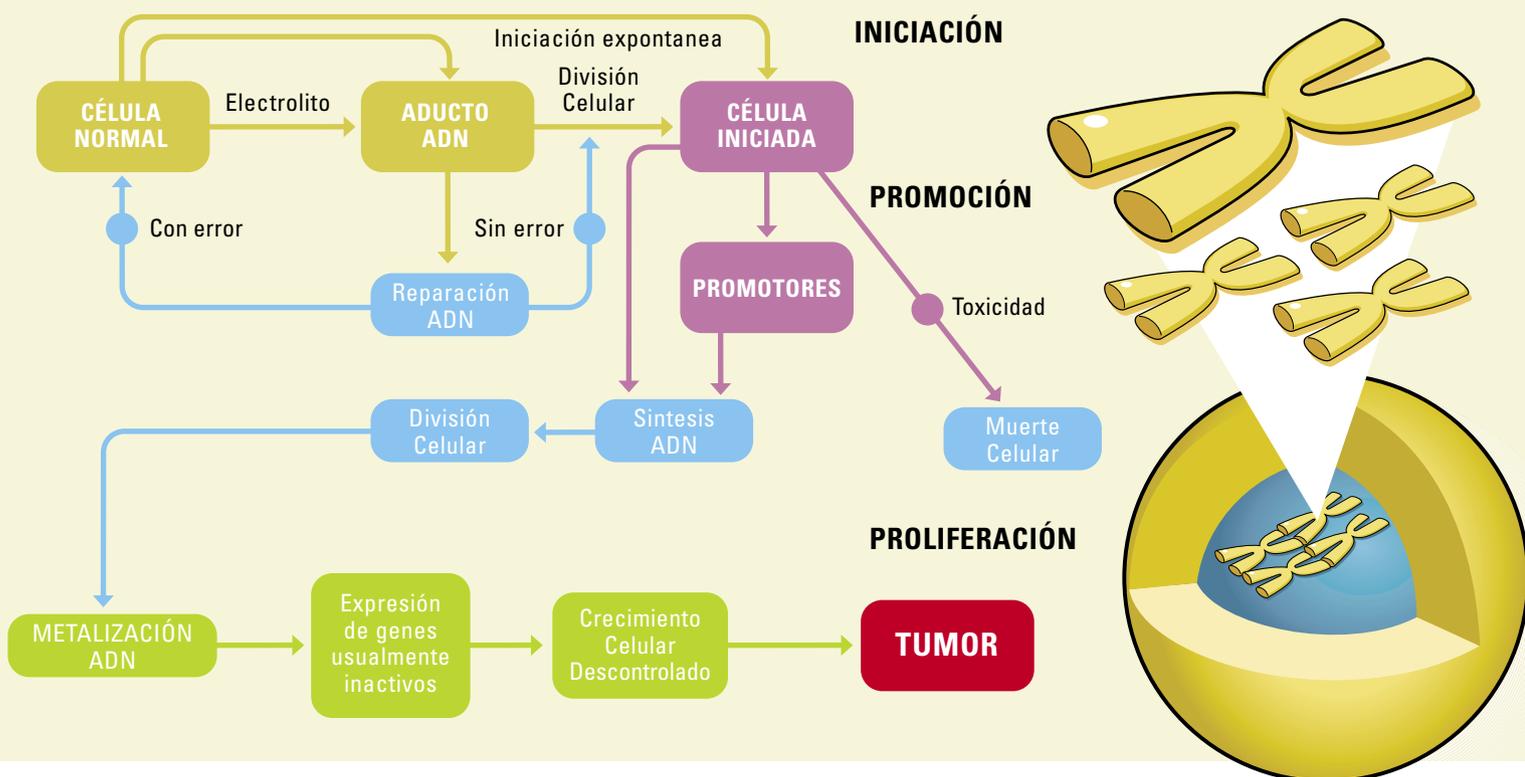
Entre los mecanismos de carcinogénesis, destacan los genotóxicos (agentes que a niveles subtóxicos de exposición, producen algún tipo de alteración en el material genético o en sus componentes asociados) y no genotóxicos. Entre estos últimos destacan las alteraciones en el patrón de metilación, la inhibición del mecanismo de reparación del DNA dañado y la apoptosis (muerte celular programada que incluye la fragmentación del DNA nuclear).

Ante ello hay que aclarar que la reparación de las lesiones en el DNA involucran a multitud de enzimas, dependiendo del tipo de lesión a reparar.



Un paciente de la India afectado por Hiperqueratosis en pies y manos, debido a una exposición crónica de arsénico.

ETAPAS FUNDAMENTALES EN EL PROCESO CANCERÍGENO. ADAPTADO DE MIRSALIS ET AL., 1990



SECUENCIA DE ROTURA DE UNIÓN



A continuación, se comentan diferentes estudios que llevan a la certeza del efecto negativo del arsénico en el cuerpo humano.

GENOTOXICIDAD

En cuanto a la genotoxicidad, podemos señalar que existen dos visiones en relación a su forma de desenvolverse en el organismo. O sea, puede no actuar como inductor de mutación génica y por otra parte sí ser inductor de mutación cromosómica, produciendo aberraciones, intercambios entre cromátidas hermanas (SCE) y micronúcleos (MN).

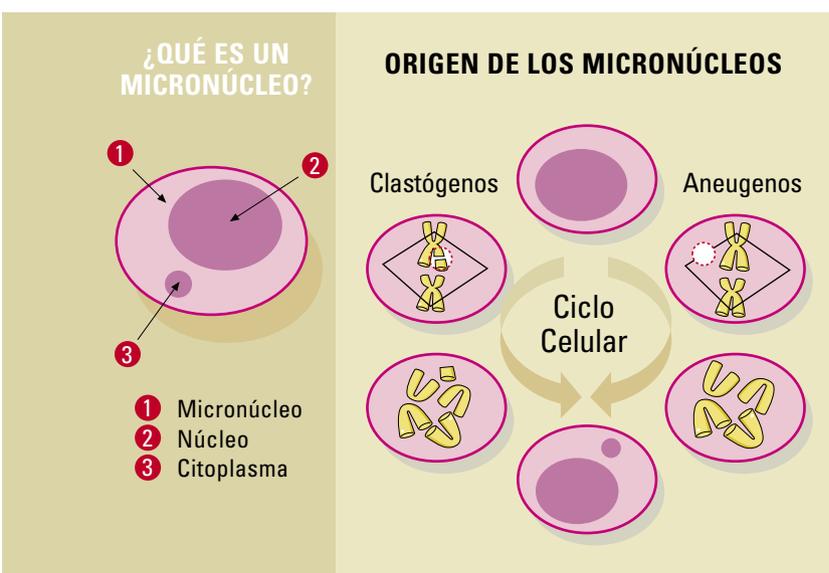
La genotoxicidad como inductor de daño, fue detectado con el sistema de Ensayo del Cometa (método que permite extraer el ADN de la célula para evaluar los daños presentes en él) que mide roturas de cadena simple, como las inducidas por la acción directa de los agentes genotóxicos.

ENSAYO SMART EN DROSOPHILA

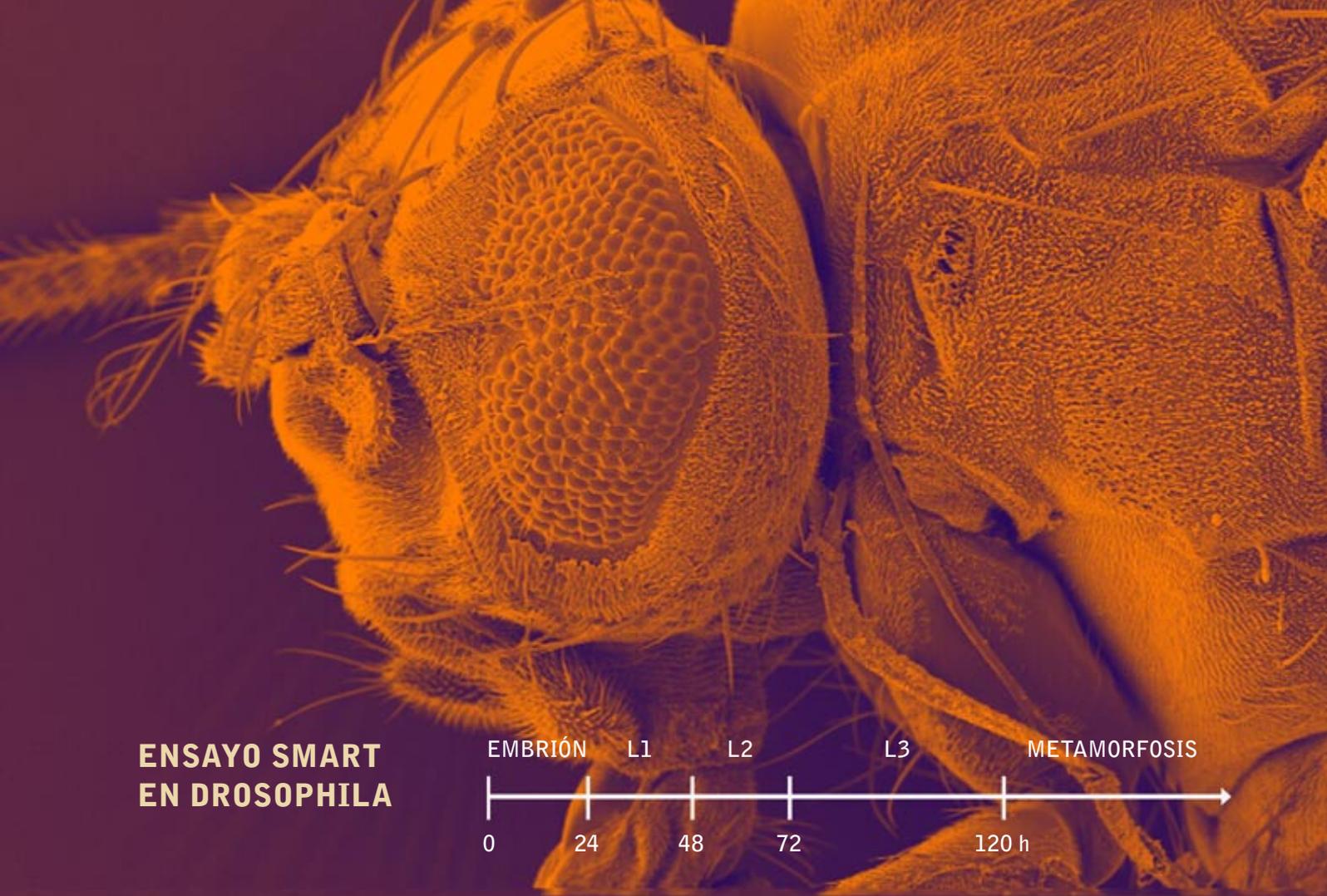
Este ensayo se realiza en un modelo in vivo, que ofrece muchas ventajas en la detección del potencial genotóxico de cualquier compuesto, incluido el arsénico. Entre los resultados finales que arrojó el estudio desarrollado pudo concluirse que: el *Drosophila* no metaboliza el arsénico, el DMA (Acido DiMetil Arsénico), es recombinogénico y el arsénico reduce la acción genotóxica del dicromato potásico, pero no la del EMS.

CONCLUSIÓN

Luego de diversos estudios, la investigación de los profesionales dejó claro que la exposición a As induce daño genético en las células de las personas expuestas, fundamentalmente daño cromosómico, aunque los efectos dependen del tipo de exposición, del biomarcador usado y de las características genéticas de las personas expuestas.



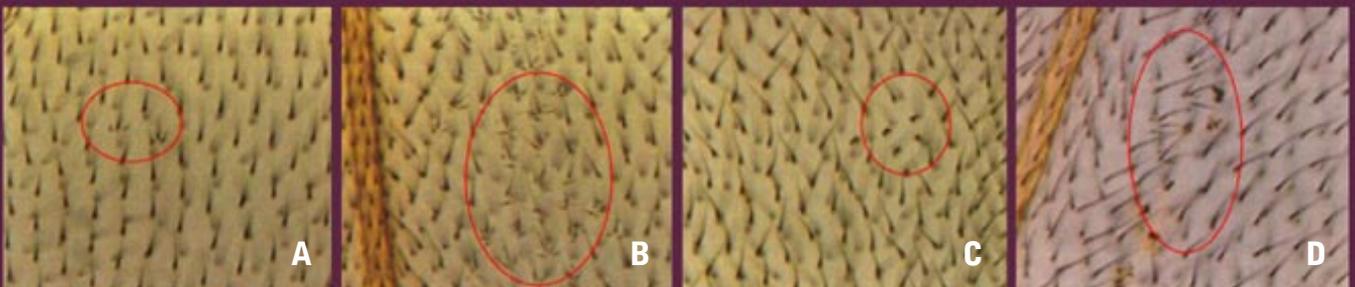
La exposición a As induce daño genético en las células de las personas expuestas, fundamentalmente daño cromosómico, aunque los efectos dependen del tipo de exposición.



ENSAYO SMART EN DROSOPHILA



EJEMPLOS DE SECTORES EN ALAS DE DROSOPHILA



A: Sector simple pequeño mwh / B: Sector simple grande mwh / C: Sector simple flr / D: Sector doble



Enfermedad Respiratoria Crónica debido al Arsénico: Resultados Recientes

Expositor: **Allan H. Smith** - Profesor de epidemiología y director "Arsenic health effects research program", Universidad de California.

La epidemiología estudia las causas de las enfermedades en las distintas poblaciones humanas, entregando como resultado sistemas de prevención. En cuanto a la relación cáncer de pulmón - arsénico, en 1998 se realizaron importantes estudios en Taiwán, desde donde nació la idea que algo en el agua potable pudo tener impactos importantes en las afecciones

pulmonares, sin dejar de considerar que entre las causas conocidas están el tabaquismo, la entrada al organismo de asbesto, arsénico y otros éteres.

Sin embargo, la II Región, tiene ventajas importantes para este tipo de estudios y sus efectos en la salud, pues posee el clima más seco de la tierra y el agua para consumo baja a las ciudades desde ríos y acueductos. En su historia, está registrada que la

existencia de concentraciones de arsénico en fuentes de agua fue detectada en los años 50, lo que a nivel de pacientes se puede identificar de manera individual, con el sólo hecho de conocer su historia residencial.

El agua potable con arsénico fue evaluada como carcinógena para los seres humanos luego de la suficiente evidencia registrada en torno al cáncer de vejiga, pulmón, piel y vías urinarias. Comprobándose que en 15 años de concentración de arsénico media del agua (570 ug/L) existe condición para asumir un 5 a 10% de muertes atribuibles al arsénico, o sea entre 1 a 10 personas.

Los pacientes se pueden identificar de manera individual, con el sólo hecho de conocer su historia residencial en la II Región.

AGENTES CARCINÓGENOS EN AGUA POTABLE

En países como Estados Unidos también se han tomado medidas en cuanto a los índices de As en el agua potable. Estas comenzaron a gestarse en 1942 cuando se fijó el primer estándar, el cual fue reducido en 1962. Posteriormente y luego de otras consideraciones, en 1993 se propone una nueva baja en los niveles, llegando a 10 ug As/L.

Sin embargo las dudas persistían, pues con esas medidas los riesgos no fueron eliminados y las incertidumbres de menor importancia en estudios epidemiológicos relacionados a la exposición al arsénico no eran consideradas aceptables, dado que en un examen inicial realizado entre 1995 y 1996, se encontró que entre 7.600 personas, 415 tenían lesiones en la piel.

En India también se realizaron estudios. Allí se seleccionaron personas con lesiones de piel que vivían en 21 aldeas con fuentes primarias del agua potable con hasta 500 ug As/L, lo que fue considerado como un efecto altamente superior a los daños provocados por el tabaquismo.

Es así como se pudo investigar que las lesiones de piel eran detectables luego de 23 años de la primera exposición, destacando que la gran mayoría había consumido agua que contenía más de 200 ug As/L.

Volviendo al Norte de Chile, los siglos de exposición al elemento contaminante derivaron en casos de lesiones cutáneas, identificadas notoriamente en Chiu Chiu y con índices similares a los de India. Las fuentes arsenicales fueron detectadas a fines de la década de los 50, situación que comenzó a controlarse luego de la instalación de una planta abatidora de arsénico en 1970.

Cabe destacar que la mortalidad crónica de la enfermedad pulmonar obstructiva en hombres jóvenes varió según la exposición lograda durante la niñez o en el mismo útero.

Es así como los especialistas señalan que hay mucho que aprender sobre los daños del As y sus efectos en la salud, por lo que no se puede dejar de investigar ni educar.



Conclusiones

Luego de muchos estudios realizados y ponencias aquí detalladas, los participantes entregaron importantes conclusiones donde señalan que en la II Región, hay importantes concentraciones de Arsénico determinadas por la estructura geomorfológica de la zona, lo que ha hecho que se hable de arsenicismo endémico natural. Se suma a ello, la explotación minera de los suelos, que liberan a la atmósfera y algunas fuentes de agua cantidades significativas de este elemento, aportando un fuerte componente social al fenómeno natural. Entre los aportes y sugerencias destacan:



- La II Región ha alcanzado un logro, al suministrar agua para consumo humano con los estándares de calidad para el arsénico recomendados por la Organización Mundial de la Salud. Ante ello, se recomienda mantener este estándar de calidad mejorando así los indicadores de salud de la población.



- Para aquellas personas que ya presenten signos de exposición al arsénico, se recomienda mantener estilos de vida saludable, sin tabaco, con actividad física regular y aumentar el consumo de frutas, verduras, micronutrientes y antioxidantes en la alimentación.



- Algunas enfermedades asociadas al arsénico ya muestran tendencia a disminuir. Sin embargo, se requiere más plazo para que con los niveles actuales de arsénico en el agua, se aprecie una disminución clara de las enfermedades crónicas asociadas a su ingesta.

Para verificar esto, los científicos recomiendan mantener una estrecha vigilancia sanitaria sobre los indicadores de salud asociados al Arsénico y sobre la calidad química del agua potable. Para ello se incentiva desarrollar investigación por parte de equipos multidisciplinarios y aclarar algunos aspectos que aún no están bien definidos en cuanto a la toxicología del elemento en estudio.

