

# TENDENCIA DEL RIESGO DE MORIR POR CANCERES ASOCIADOS A LA EXPOSICION CRONICA AL ARSENICO II REGION DE ANTOFAGASTA, 1950 - 1993.

Cuad. Méd. Soc. XXXVI, 4, 1995/ 39-51

*Dra. María Isabel Rivara Zúñiga\*,  
Dr. Germán Corey Orellana.\*\**

## RESUMEN

Se describen y analizan los antecedentes históricos, geográficos, demográficos, económicos y ambientales de la II Región y el comportamiento de las tendencias de mortalidad que presenta la población de la II Región de Chile entre 1950 y 1993, debido a los tres cánceres descritos como de mayor frecuencia asociados a la exposición crónica a arsénico; broncopulmonar, vesical y renal, debido a que su población ha estado expuesta a diferentes niveles de arsénico en el agua, en el aire y en el ambiente laboral.

A través de un corte transversal en 1993, se compara el riesgo de morir de cáncer de la II Región con la región control (VIII), encontrándose para todos los cánceres asociados al arsénico riesgos relativos (RR >1): cáncer total (1,2), broncopulmonar (6,1); vejiga (13,1), riñón (3,6), piel no melanoma (1,7), laringe (2,4) e hígado (1,4). Para los cánceres no asociados al arsénico el RR fue < 1.

La mortalidad, para los cánceres seleccionados, presenta un incremento sostenido en el período. Las tasas de crecimiento promedio anual en la II Región para el cáncer broncopulmonar fue de 6,4%, el vesical de 9,1% y para el renal de 7,9%.

La población de la II Región presenta alto riesgo de morir por cáncer como consecuencia del arsénico; sin embargo, a pesar de estas evidencias, se precisa evaluar el riesgo de presentar cáncer de las vías respiratorias y vías urinarias debido a la exposición aérea, independiente de la exposición digestiva, y evaluar el peso real que le corresponde a la exposición laboral, donde las migraciones poblacionales y las derivaciones de pacientes constituyen elementos confundentes importantes de corregir en futuros estudios, para contribuir a una adecuada decisión para su control.

## INTRODUCCION

Debido a las características geológicas de la zona Norte de Chile, entre la I Región de Tarapacá y la IV Región de Coquimbo, el arsénico se encuentra en forma natural formando parte de la corteza terrestre y disuelto en las aguas, encontrando su mayor concentración en la II Re-

gión de Antofagasta. También se encuentra en forma natural en el Norte de Argentina, Sur de Perú y Bolivia.

La II Región, con un total de 411.000 habitantes (INE, Censo 1992) presenta una extensa superficie territorial, alcanzando los 126.444 km<sup>2</sup>, la que, debido a sus características geográficas y a su clima desértico con escasez de cursos de

---

\* Médico Especialista en Salud Pública. Epidemióloga, Ministerio de Salud, Chile.

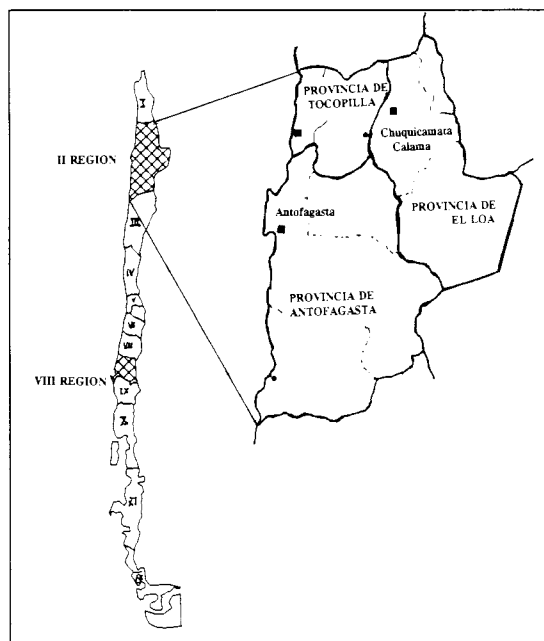
\*\* Médico, Epidemiólogo. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, México, D.F.

agua, concentra el 85% de su población en dos centros urbanos ubicados en la comuna de Antofagasta, en el litoral, con 228.000 habitantes (55% población) y en la comuna de Calama, en la precordillera, con 122.000 habitantes (30% población), presentando un índice de ruralidad de 1,14%, siendo el más bajo del país.

Como consecuencia de la contaminación natural con arsénico, la II Región ha presentado desde siempre altas concentraciones de éste, disuelto en las aguas para consumo humano. También se encuentra en los suelos y en los alimentos producidos en los valles de la región, que son regados con aguas arsenicales.

En la figura 1 se puede observar en forma gráfica la distribución político-administrativa de la Región II y la ubicación geográfica de las tres Provincias, Antofagasta, Tocopilla y El Loa.

FIGURA 1  
Distribución político-administrativa  
II Región de Antofagasta - Chile



En la comuna de Calama, ubicada en la Provincia de El Loa, se encuentra el principal centro productor de cobre del país, la División Codelco-Chuquibambilla, cuya extracción del mineral se realiza a tajo abierto. Por agotamiento de los compuestos oxidados superficiales de cobre, en 1952 se inicia la extracción de mineral a mayor profundidad, encontrando altas concentraciones de

arsénico y compuestos sulfurados asociadas al concentrado del mineral.

Debido a esta situación, la empresa instala en ese año una fundición de cobre para lograr una mayor pureza del mineral a través de un proceso pirometalúrgico. El material fundido pasa por una etapa de conversión y sublimación, generándose gran cantidad de anhídrido sulfuroso y de trióxido de arsénico, impurezas que son eliminadas directamente hacia la atmósfera, en forma gaseosa o contenidas en el material particulado, contaminando el aire, los suelos y los cursos de agua aledaños, situación que ha persistido por más de 40 años.

Existen antecedentes de hidroarsenicismo crónico en la II Región desde 1919, posteriormente se describen efectos tóxicos secundarios al hidroarsenicismo ocurrido entre 1958 y 1970, producto del consumo de agua con altas concentraciones de arsénico (Borgoño et al., 1971, 1977, 1980; Zaldívar, 1974; 1980). Otras investigaciones nacionales señalan una posible asociación entre la exposición crónica al arsénico y una mayor ocurrencia de cánceres y enfermedades crónicas en la población de la II Región (Sancha, 1982; Taucher, 1986; Martínez et al., 1987; Arroyo, 1987; Sandoval, 1987; Rivara, 1992, 1993, 1995).

Mediciones de arsénico en pelo y orina realizadas en población general de la II Región han demostrado tener altas concentraciones comparada con otras regiones de Chile (Venturino, 1987).

En la V y VI Región se ha presentado contaminación con arsénico en el aire debido al traslado de concentrados de mineral desde Chuquibambilla, con una ley de arsénico promedio de 0,10%, lo que ha aumentado la población expuesta a este cancerígeno. El monitoreo en Puchuncaví, realizado en 1991-92 por el Depto. Ambiente S.S.Viña-Quillota (V Región), dio valores promedios de 0,35 ug As/m<sup>3</sup> aire, lugar donde se encuentra la refinería ENAMI-Ventana). En la VI Región se encuentra la División Codelco-El Teniente, donde mediciones puntuales realizadas entre el 91 y 93 dieron valores de hasta 8,4 ug As/m<sup>3</sup> aire.

#### ¿QUE SE SABE SOBRE EL ARSENICO?

1.- El arsénico se encuentra en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica.

En su forma orgánica no se acumula en el organismo humano, eliminándose por la orina en alrededor de 30 horas. En su forma

inorgánica pentavalente ( $As_2O_5$ ) se encuentra en ambientes básicos y bien oxigenados, siendo muy soluble en el agua, por lo cual se absorbe muy bien por vía oral (65% de solubilidad). En su forma inorgánica trivalente ( $As_2O_3$ ), se encuentra en ambientes ácidos y poco oxigenados, siendo escasamente soluble en agua y otros solventes (2% de solubilidad). El arsénico es metilado en el hígado y excretado en un 58% por la orina en alrededor de cinco días, del cual el 72% es excretado como arsénico orgánico y el 28% como inorgánico (Tapia, 1985). Cuando la capacidad de metilación del hígado es excedida, la sobreexposición aumenta el depósito de éste en ciertos tejidos de algunos órganos estimados como "órgano blanco", los que para cumplir con su función ya sea de desintoxicación como el hígado o como de excreción como riñones y vejiga concentran la dosis y aumentan el tiempo de exposición en el órgano y sus células.

Cuando la exposición es por vía aérea, el "órgano blanco" es el pulmón y los bronquios, aunque parte del arsénico también es absorbido en forma parcial dependiendo del tamaño de las partículas, siendo metilado en el hígado y eliminado por vía urinaria (ATSDR, 1992)

- 2.- El arsénico inorgánico, producto de procesos industriales, es emitido a la atmósfera en su forma trivalente (trioxido de arsénico), constituyendo uno de los compuestos más tóxicos para el organismo humano, junto con la arsina o compuesto gaseoso (Galvao y Corey 1987). Ha sido clasificado como cancerígeno humano por la IARC, 1987; OMS, 1989; IRPTC, 1992. La investigación epidemiológica internacional ha permitido establecer asociaciones significativas entre la exposición al arsénico y una mayor frecuencia de cánceres tales como el broncopulmonar, vesical, renal, dérmico de tipo no melanoma, hepático y laríngeo (IARC, 1980, EPA, 1988).
- 3.- Estudios sobre carcinogénesis han permitido demostrar que la vía de exposición al arsénico determina el tipo de cáncer en las poblaciones humanas. Las investigaciones sobre exposición por vía inhalatoria, realizadas en ambientes ocupacionales, han determinado que la exposición por esta vía es un factor de riesgo para la ocurrencia del cáncer de vías respiratorias como el broncopulmonar y laríngeo (Enterline, 1987). Cuando la vía de exposi-

ción es la digestiva, los órganos blancos son aquellos que cumplen esencialmente funciones de desintoxicación y de excreción, asociándose esta vía fundamentalmente con cáncer de hígado, riñón, vejiga, piel y pulmón (Chiang, 1990; ATSDR, 1992; Smith, 1992).

- 4.- Aún no ha sido posible determinar una dosis umbral ni un nivel seguro de exposición para el efecto cancerígeno del arsénico. Sin embargo, se sabe que la dosis es acumulativa en el tiempo y que el período de latencia para la expresión del cáncer dependerá de la dosis acumulada, estimándose como tiempo promedio alrededor de 20 años, aunque se han descrito períodos de latencia muy cortos, (ATSDR, 1992)
- 5.- Se ha calculado que el riesgo de adquirir cáncer broncopulmonar por exposición a  $1 \mu g As / m^3$  en el aire durante toda la vida (estimado en 70 años) es de  $4 \times 10^{-3}$ . (WHO, 1990).
- 6.- El arsénico también produce múltiples efectos sistémicos, de tipo irritativo, cardíaco, vascular, respiratorio, dérmico, genotóxico, mutagénico, inmunológico, neurológico, entre otros. De este modo, se describen isquemia precoz al miocardio, arritmias, alteraciones electrocardiográficas, vasculitis periférica, traqueobronquitis, perforación del tabique nasal, hiperqueratosis en la piel, hipopigmentación y úlceras, alteraciones genéticas, teratogénesis, anencefalia, labio leporino, bajo peso de nacimiento, abortos espontáneos, prematuridad, náuseas, vómitos y diarrea, parestesias y neuritis de miembros inferiores. (Bencko, 1977; WHO, 1981; EPA, 1984; ATSDR, 1992).

En la Tabla 1 se muestra los valores recomendados o normados por diferentes organizaciones o países para alimentos, agua, suelos, aire y ambiente laboral.

## OBJETIVO

Analizar los antecedentes geográficos, demográficos, económicos, laborales y de salud de la II Región y el comportamiento de las tendencias de mortalidad que presenta la población de la II Región de Chile entre 1950 y 1993, debido a los tres cánceres descritos como de mayor frecuencia asociados a la exposición crónica a arsénico, broncopulmonar, vesical y renal y de las tendencias de las concentraciones de arsénico en aire y agua.

TABLA 1  
Valores recomendados y normas establecidas sobre niveles de arsénico en el ambiente  
(alimentos, agua, ambiente laboral, aire, suelos)

Elementos	Organización	Norma
- Alimentos	FAO/OMS	2 ug As/kg peso/24 hs
- Agua (consumo agua 2 lt/día)	Chile - 1984 EPA - 1990 OMS - 1993	50 ug As/lt agua 20 ug As/lt agua 10 ug As/lt agua
- Laboral Conc. ambiental en aire (CAMP) biológico (orina)	Chile - 1993 (D.S. 786)	116 mg As/m <sup>3</sup> aire 200 ug As/m <sup>3</sup> lt orina
- Aire exteriores EPA (24 hrs)	EE.UU. (anual) 0,3 ug As/m <sup>3</sup> aire Chile*	0,01-0,005 ug As/m <sup>3</sup> aire (En estudio - pendiente)
- Suelos	OMS/EPA	2,0 mg kg tierra

\* El Decreto 185, publicado en enero 1992, establece que los Ministerios de Salud, Minería, Economía y Agricultura dictarán una norma primaria de calidad de aire para arsénico, la cual aún se encuentra en estudio.

## MATERIAL Y METODO

Se ha utilizado la información oficial publicada en los censos nacionales de población y vivienda (1950, 1960, 1970, 1982 y 1992), Anuarios de Demografía y Mortalidad publicados entre 1950 y 1993 (INE, MINSAL); los registros del monitoreo de las concentraciones de arsénico del agua potable entre 1950 y 1993, realizado por la empresa de agua potable de Antofagasta (ESSAN); y los registros del monitoreo del arsénico en el aire comunitario entre 1986 y 1993, realizado por Codelco.

Se utiliza metodología de riesgo para el análisis de las tendencias, la mortalidad se ha estandarizado por edad. La población de la VIII Región se utilizó como población control por sus características geográficas, climáticas y económicas, estimándose como no expuesta a arsénico.

Para evaluar la velocidad de incremento de las tendencias se ha calculado la tasa media de crecimiento anual (TMCA) de la mortalidad por cánceres en la II Región comparada con la VIII Región y con el promedio nacional, a la cual se le han excluido las muertes ocurridas en la II Región.

La tendencia de la contaminación del aire entre 1952 y 1985 fue estimada a través de un modelo matemático utilizando las mediciones de ar-

sénico en el aire desde 1986 a 1992, las emisiones de arsénico, la ley de arsénico del concentrado del mineral y la producción de cobre anual desde 1952 a 1993 (Codelco, 1993; Pedrero, 1993; Chile exporta minería, 1993).

El arsénico orgánico contenido en los alimentos vegetales y animales se ha estimado irrelevante debido al bajo riesgo que presenta para la salud humana (Kabata-Pendias, 1986; S. Salud Antofagasta, 1991; Fundación Chile, 1993).

## ANÁLISIS DEMOGRÁFICO Y MIGRATORIO DE LA II REGIÓN

La población de la II Región representa el 2,9% del país. Los menores de 15 años representan el 28,8%, de 15-64 años el 65,7% y de 65 años y más el 5,5%. La estructura por edad es similar a la del país, con excepción el grupo de 65 años y más, que es un 20% menor que el promedio nacional (6,6%). En la Región VIII, alcanza el 6.1%.

La población mayor de 65 años se concentra en las comunas de Tocopilla (7,3%) y Antofagasta (6,1%); Calama presenta sólo el 3,2% de esta población, es decir, un 58,2% menos que el promedio nacional. Por otra parte, la II Región presenta uno de los índices migratorios más altos del país. Entre 1987 y 1992 presentó un índice migratorio de 10,5% en el contexto nacional.

Del total migratorio de la II Región, para los períodos 1965-1970 y 1977-1982, el 35% ocurrió internamente, entre sus comunas. Desafortunadamente no se tuvo disponible esta información para el período 1982-1992. El 30% de la población que migra hacia otras regiones es mayor de

35 años y sólo ingresa un 24% de ese grupo de edad.

En la tabla 2 se muestra la migración externa, donde el 86,4% de la población se desplaza, en orden de importancia, a la R. Metropolitana, I, IV, III y V Región.

TABLA 2  
Movimiento migratorio desde la II Región hacia otras regiones del país.  
Población mayor de 5 años en el período 1987-1992. Chile, Censo 1992

Migrante desde la II Región Llegan a:	Migrantes (n)	Migrantes (%)
- I Región de Tarapacá	7.118	18,85
- II Región de Antofagasta	-	-
- III Región de Atacama	4.250	11,25
- IV Región de Coquimbo	6.814	18,04
- V Región de Valparaíso	3.662	9,70
- Región Metropolitana	10.776	28,53
- VI Región del L.B. O'Higgins	723	1,91
- VII Región del Maule	774	2,05
- VIII Región del Bío-Bío	2.130	5,64
- IX Región de la Araucanía	534	1,41
- X Región de Los Lagos	661	1,75
- XI Región de Aisén	95	0,25
- XII Región de Magallanes	199	0,53
- Extranjero	35	0,1
- Total migrantes que salen de la II Región (1987-1992)	37.771	100,0

Fuente: INE-CELADE. Censo de Población y Vivienda Chile - 1992.

#### ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA CON ARSENICO

La población de la II Región ha consumido agua con diferentes concentraciones de arsénico en el agua, dependiendo del período y de la provincia o localidad.

En la tabla 3 se puede observar que la ciudad de Antofagasta fue la más afectada por el arsénico entre 1959 y 1970, alcanzando concentraciones promedio anuales de 860 ug As/l. En 1970 fue instalada una planta de abatimiento de arsénico, bajando las concentraciones a 110 ug As/l. Años después se instalaron las plantas de abatimiento de arsénico en Calama (1977) y en Chuquicamata (1989). En 1993, casi la totalidad de la población de la Región consume agua con una concentración promedio de 40 ug As/l, excepto unas 15.000 personas que viven en peque-

ñas localidades aún consumen entre 100 y 600 ug As/l.

La norma nacional de agua para arsénico en la década del 70 era de 120 ug/l, en 1980 ésta fue modificada a 50 ug As/l, la que se mantiene vigente hasta la fecha.

En los gráficos 1, 2, 3 se muestran las variaciones entre 1950 y 1993 de la concentración de As en el agua en las tres provincias, siendo El Loa la que presenta los niveles más bajos en el período.

#### ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CON ARSENICO

En los últimos 15 años la ley de cobre del mineral extraído ha disminuido de 40 a 30% y la ley de arsénico fluctúa entre un 1,22 y 0,8%. Las emisiones de arsénico han alcanzado en ocasio-

**TABLA 3**  
**Concentraciones de arsénico en el agua de consumo humano en localidades de la Región II**  
**Promedios anuales para diferentes períodos, 1950-1993.**  
 (microgramo As/litro de agua)

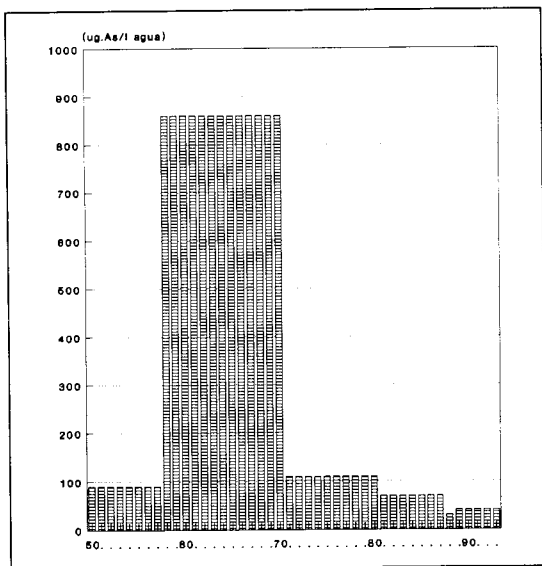
Localidad	1950-1957	1958-1970	1971-1977	1978-1980	1981-1987	1988-1989	1990-1993
Antofagasta	90	860	110**	110	70	40	40
Calama	150	150	310	110**	110	40	40
Chuquicamata	250	130	130	80	80	10**	10
Tocopilla	250	250	700	110	110	40	40
Taltal*	60	60	60	60	60	60	60
Mejillones	s/d	s/d	110	s/d	40-100	20-40	40
María Elena	250	250	110	110	110	30	40
Pedro de Valdivia	250	250	110	110	110	30	40
5 localidades con < 3.000 hab.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	500

\* Taltal se ha abastecido desde siempre con agua de pozo subterránea, sin tratamiento.

\*\* Instalación plantas de tratamiento en Antofagasta, 1970; Calama, 1977; Chuquicamata, 1989.

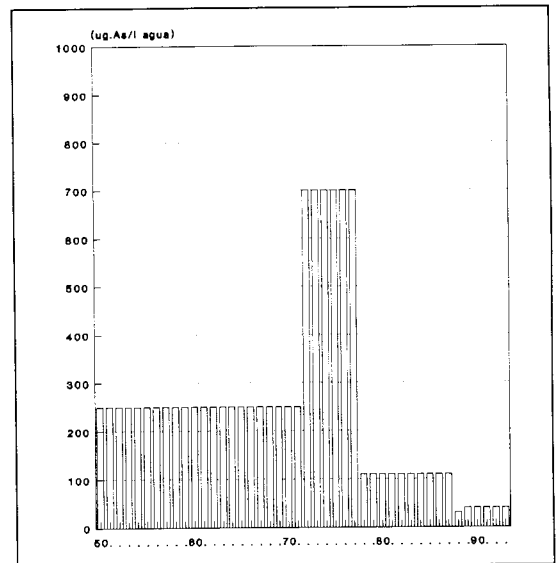
**GRAFICO 1**

Concentración de arsénico - Agua potable  
 Promedio anual - Provincia de Antofagasta  
 II Región 1950 - 1993



**GRAFICO 2**

Concentración de arsénico - Agua potable  
 Promedio anual - Provincia de Tocopilla  
 II Región 1950 - 1993



nes promedios anuales de hasta 25 toneladas/día, como ocurrió en 1980. En los últimos 7 años éstas han disminuido aproximadamente a unas 15 ton/día, debido a que la empresa ha iniciado algunos cambios tecnológicos menos contaminantes.

Las estaciones de monitoreo de arsénico en el aire, instaladas en Chuquicamata (1986) y en

Calama (1989), entregan promedios diarios, medidos en las partículas totales (PTS) y en su fracción respirable (PM10). El muestreo se realiza cada dos días en filtros de alto volumen (HV), los que son analizados por absorción atómica.

Los niveles diarios sobrepasan frecuentemente los valores recomendados por la EPA (0,3 ug/m<sup>3</sup> aire en 24 horas), registrándose en ocasiones pro-

GRAFICO 3

Concentración de arsénico - Agua potable  
Promedio anual - Provincia de El Loa  
II Región 1950 - 1993

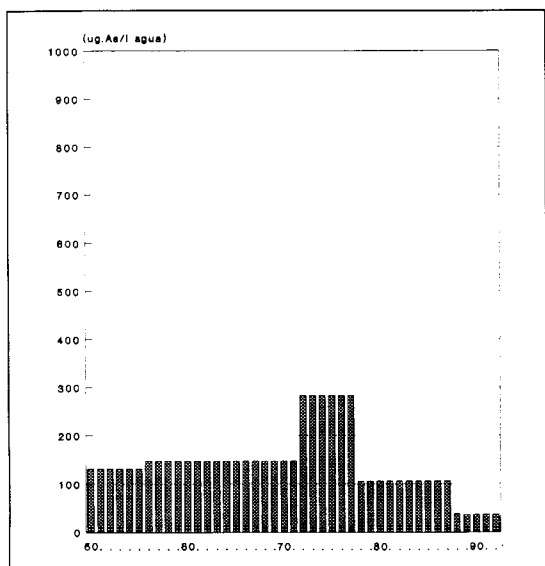
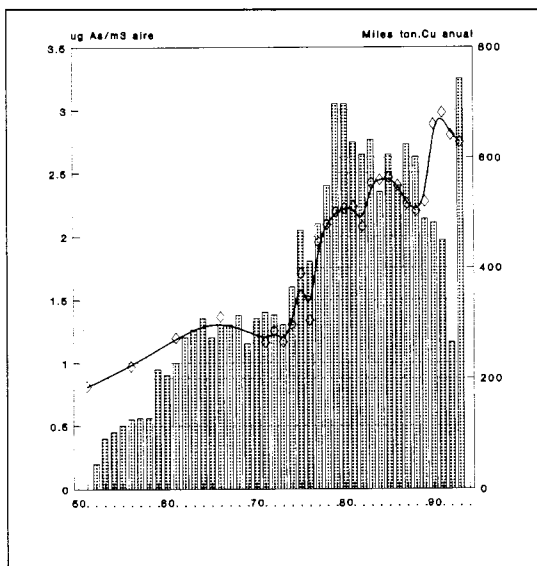


GRAFICO 4

Concentración de arsénico en el aire  
Promedio anual - Provincia de El Loa  
vs producción de cobre 1950 - 1993



medios de hasta 42 ug As/m<sup>3</sup> aire en 24 horas, como ocurrió en 1991.

En la tabla 4 se puede observar que los promedios anuales presentan un incremento sostenido en el tiempo, alcanzando hasta 3 ug As/m<sup>3</sup> de aire, hacia los años 80, para disminuir a 2 ug As/m<sup>3</sup> de aire y repuntar nuevamente a 3,25 ug As/m<sup>3</sup> en 1993.

En el gráfico 4 se muestra la tendencia de la concentración promedio anual de arsénico en el aire de Chuquicamata vs la producción de cobre.

Dependiendo de los regímenes de vientos, la ciudad de Calama, ubicada a 17 km. del área minera, recibe el impacto directo de la contamina-

ción emitida en Chuquicamata. El monitoreo del aire en Calama registra valores aproximados a la décima parte de los de Chuquicamata. Al correlacionar los promedios mensuales de contaminación de Chuquicamata y Calama se obtiene un r=0,78 (p<=0,001).

ANALISIS DE LA CONTAMINACION CON ARSENICO EN EL AMBIENTE LABORAL

Además de la contaminación ambiental, la población trabajadora de Codelco está expuesta a la contaminación del ambiente laboral, estimándose que el riesgo de esta población es mayor

TABLA 4

Mediciones de la contaminación del aire por arsénico en la II Región en partículas totales en suspensión (PTS 1986 - 1993. Promedio anual (ug As/m<sup>3</sup> de aire normal)

Provincias	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993 ene/jun
- Antofagasta	-	-	-	-	-	0,019	0,005-0,01	
- Chuquicamata (Codelco)	2,4	2,73	2,63	2,14	2,11	1,97	1,16	3,25
- Calama	-	0,34	0,32	0,27	0,28	0,21	0,14	0,25

\* Promedios de muestras parciales o mediciones puntuales

\*\* Cierre Hornos Reverberos: (1) en marzo 91, (1) en junio 91.

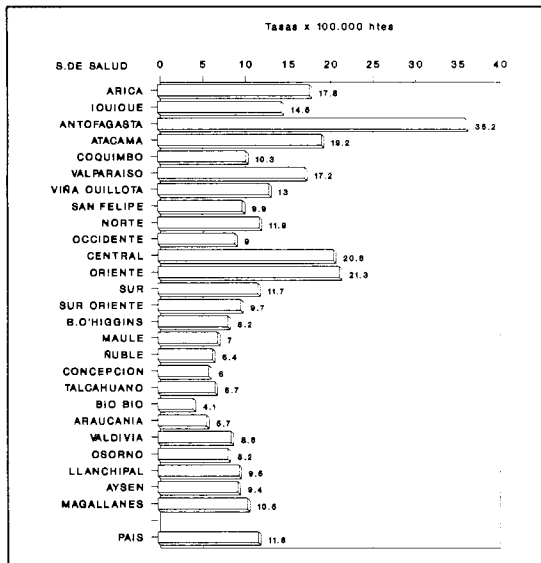
por efecto acumulativo de dosis. Los programas de vigilancia biológica miden mensualmente el nivel de arsénico en la orina de los trabajadores que laboran en áreas definidas de mayor riesgo. En 1993, el 36% de los exámenes presentan ci-

fras mayores de 300 ug de As/l de orina, siendo retirados de su puesto de trabajo sólo cuando se determina alguna sintomatología clínicamente.

Según establece el D.S. 786/1993, si se sobrepasa el límite biológico de la Norma de 200 ug As/m<sup>3</sup> orina, el trabajador debe ser retirado de las faenas, mínimo por 15 días o al menos ser cambiado de su puesto de trabajo para permitir que su organismo se desintoxique.

GRAFICO 5

Mortalidad por cáncer broncopulmonar  
Distribución por Servicio de Salud  
Chile 1993



HABITO DE FUMAR

Se descarta el efecto del tabaco como factor confundente, ya que no se observaron diferencias significativas entre el hábito de fumar en ambas regiones (Mideplan, CASEN 1990). Sin embargo, no es posible descartar efectos sinérgicos entre tabaco, arsénico y otros contaminantes encontrados como plomo, cadmio, selenio (S.Salud Antofagasta, 1991), acentuando así sus efectos tóxicos para el ser humano.

PERFIL DEL RIESGO DE MORIR POR  
CANCERES EN 1993

Se realiza un corte transversal en el año 1993 para evaluar el riesgo de cáncer que tiene la población de la Región II, presentando las tasas de mortalidad más elevadas del país para los cánceres broncopulmonar, vesical y renal (gráficos 5, 6 y 7).

GRAFICO 6

Mortalidad por cáncer vesical  
Distribución por Servicio de Salud  
Chile 1993

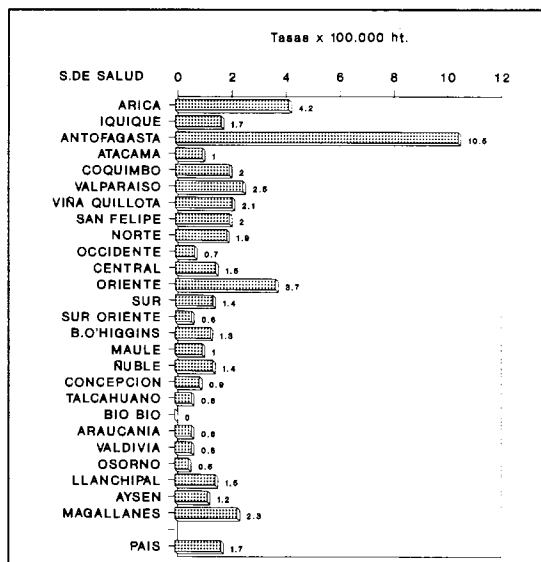
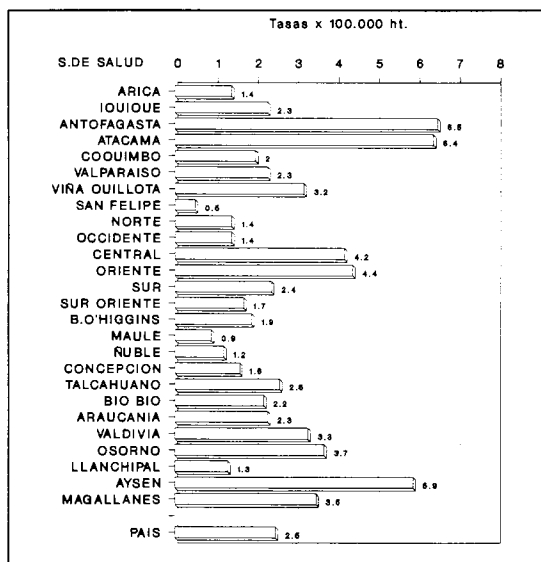


GRAFICO 7

Mortalidad por cáncer renal  
Distribución por Servicio de Salud  
Chile 1993





El cáncer broncopulmonar alcanzó a 1.634 casos a nivel nacional con una tasa 11,8 x 100.000, la II Región aportó con 145 casos, los que representan el 8,9% del total nacional, con una tasa de 36,2 x 100.000.

En la tabla 5 se presentan los riesgos relativos entre la II y la VIII Región. La II Región presenta RR > 1 para el cáncer total (1,2) y para los seis cánceres asociados a arsénico, alcanzando para el cáncer broncopulmonar (6,1); vesical (13,1), renal (3,6), piel no melanoma (1,7),

laríngeo (2,4) y hepático (1,4). Para los cánceres considerados como no asociados al arsénico, el RR fue < 1.

La tabla 6 presenta las diferencias de los riesgos de cánceres entre las provincias de la II Región. El Loa, siendo la zona más contaminada por arsénico (aire, agua y ambiente laboral), presenta RR inferiores para los cánceres broncopulmonar, vesical y renal, en relación a la región control y entre las otras dos provincias de la Región.

TABLA 5  
Mortalidad por cánceres en la Región II comparada con la VIII según riesgo relativo, Chile 1993 (tasas por 100.000)

CIE	Mortalidad por Cáncer	II Región tasa	VIII Región tasa	RR II/VIII p < = 0,05
140-208	Cáncer Total	136,7	114,2	1,2 s
162	CA Broncopulmonar	36,2	5,9	6,1 s
188	CA Vejiga	10,5	0,8	13,1 s
189	CA Riñón	6,5	1,8	3,6 s
173	CA Piel no melanoma	1,2	0,7	1,7 s
161	CA Laringe	1,7	0,7	2,4 s
155	CA Hígado	6,2	4,5	1,4 s
172	CA Piel melanoma	0,2	0,7	0,3 s
150	CA Esófago	1,5	5,2	0,7 s
151	CA Estómago	13,7	24,1	0,6 s
156	CA Vesícula	7,2	13,5	0,5 s
157	CA Páncreas	4,5	3,9	1,13 s
174	CA Mama	7,5	11,4	0,7 s
180	CA Cérvix	16,6	18,4	0,9 s
185	CA Próstata	6,9	10,3	0,67 s
186	CA Testicular	1,0	2,2	0,45 s
200-208	CA Hematológico	7,5	7,7	0,97 s

TABLA 6  
Comparación del riesgo relativo de morir de cáncer broncopulmonar, vesical y renal entre las Provincias de la II Región y la Región control (1992).

Cáncer	Provincia de			II Región (RR)	VIII Región (RR)
	Antofagasta (RR)	Tocopilla (RR)	El Loa (RR)		
- Broncopulmonar	11,6	6,6	1,7	6,1	1,0
- Vesical	11,4	2,7	3,2	13,1	1,0
- Renal	4,7	-	1,7	3,6	1,0

**TABLA 7**  
 Comparación de las Tasas Medias de Crecimiento Anual (TMCA) para los cánceres broncopulmonar, vesical y renal entre las Regiones II, VIII y el país para el período 1950-1992

Cánceres asociados a arsénico	II Región	VIII Región	País (excluida la II Región)
	TMCA (%)	TMCA (%)	TMCA (%)
- Cáncer total	3,0	2,5	2,6
- Broncopulmonar	6,4	4,1	2,9
- Vesical	9,1	4,6	3,4
- Renal	7,9	5,6	5,6

**TENDENCIAS DE LA MORTALIDAD POR LOS CANCERES SELECCIONADOS**

En la tabla 7 se muestran las diferencias de la tasa media de crecimiento anual para estos cánceres, entre las Regiones II, VIII y el país, para el período 1950-1993. En la II Región el crecimiento anual para el cáncer broncopulmonar es de 6,6%, para vejiga de 8,6% y para renal de 7,3%. En la región control y el promedio nacional las tasas son significativamente menores.

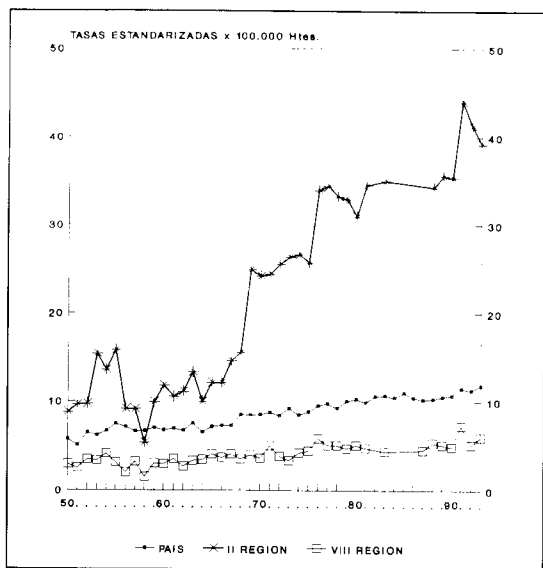
Los gráficos 8, 9, 10 muestran el incremento sostenido de las tendencias, para los tres cánceres seleccionados: broncopulmonar, vesical y renal y sus diferencias con la región control.

res seleccionados: broncopulmonar, vesical y renal y sus diferencias con la región control.

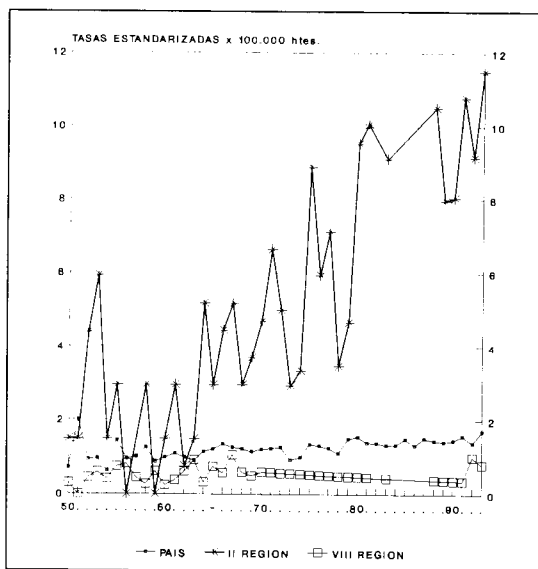
**COMENTARIOS**

El análisis demográfico y migratorio indica que la II Región tiene una población significativamente más joven que el promedio nacional y que la región control y que además presenta una alta migración interna y externa. La información demográfica disponible permite evaluar parcialmente los movimientos migratorios de la población.

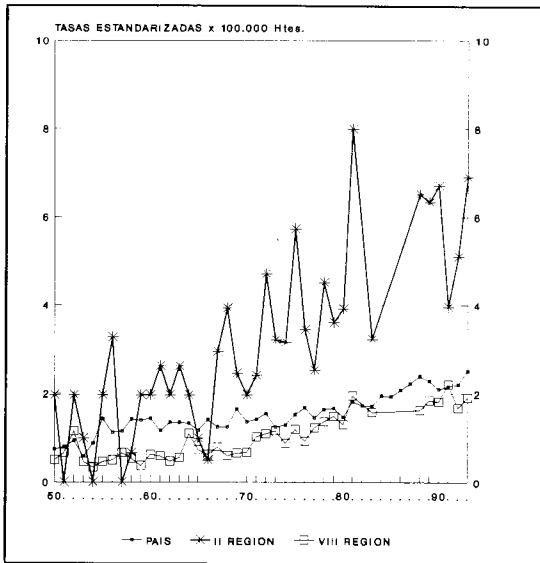
**GRAFICO 8**  
 Cáncer broncopulmonar  
 Tendencia mortalidad promedio anual  
 País, II y VIII Región 1950 -1993



**GRAFICO 9**  
 Cáncer vesical  
 Tendencia mortalidad promedio anual  
 País, II y VIII Región 1950-1993



**GRAFICO 10**  
**Cáncer renal**  
**Tendencia mortalidad promedio anual**  
**País, II y VIII Región, 1950 - 1993**



Siendo la Provincia de El Loa una zona de atracción laboral por la actividad económica de la minería, ha condicionado que la población que ha trabajado y vivido gran parte de su vida migre después de la jubilación, precisamente en la edad de mayor riesgo de presentar cáncer (>65 años), desplazándose hacia sectores como Tocopilla o Antofagasta o hacia las regiones Metropolitana, I, III, IV y V, probablemente buscando una mejor calidad de vida.

Además, Codelco como Administración Delegada atiende a su población en un Servicio de Salud propio, que no pertenece al sistema público, si bien es supervisado por éste. Por esta razón, ha mantenido un sistema de derivación de pacientes hacia centros asistenciales de la Región Metropolitana, lo que impide conocer la real magnitud de los cánceres que presenta la población que ha vivido en la Provincia de El Loa.

Considerando que en los certificados de defunción se registra la muerte según la residencia en el momento de morir, existiría un subregistro de la mortalidad por todas las enfermedades crónicas además de los cánceres, no sólo en la Provincia de El Loa, sino también a nivel regional, impidiendo evaluar el riesgo por exposición a arsénico.

De este modo, la Provincia de El Loa presenta un fenómeno paradójico. En circunstancias que su

población presenta una mayor exposición a un cancerígeno como el arsénico, especialmente a través del aire, del agua y del ambiente laboral, presenta las tasas de mortalidad por cánceres asociados a arsénico más bajas de la Región, lo que puede llevar a conclusiones erróneas respecto al real riesgo asociado al arsénico, y por lo tanto a que se implementen medidas de control que no sean las más adecuadas.

La contaminación industrial generada en Chuquibambilla ha pasado a ser un factor de alto riesgo para la salud de la población que allí habita, debido a la exposición a arsénico y a otros contaminantes como anhídrido sulfuroso, selenio, cadmio, ya sea a través de la vía aérea, digestiva y de la piel.

## CONCLUSIONES

La población de la II Región presenta un alto riesgo de morir por cánceres asociados al arsénico, fundamentalmente broncopulmonar, vesical y renal. Por los antecedentes que se han analizado, todo hace presumir que el arsénico sea el factor causal principal de estos daños, sin descartar la posibilidad de que existan factores sinérgicos entre el tabaco y otros contaminantes del ambiente.

Si bien no fue posible determinar el riesgo de cáncer en la población trabajadora de empresa minera, se estima que es una población de alto riesgo de presentar cáncer de vías respiratorias y urinarias, debido a los altos niveles de arsénico en orina que ellos presentan, los que deberían ser retirados de sus puestos de trabajo para su desintoxicación, según establece la ley.

Siendo la Provincia de El Loa la más afectada por la contaminación de arsénico, especialmente en el aire, y la que presenta el menor riesgo de cáncer, se requiere realizar estudios epidemiológicos que permitan diferenciar la exposición ocupacional como un factor de riesgo asociado a la exposición ambiental, así como considerar las migraciones poblacionales y las derivaciones de pacientes hacia otros centros asistenciales como factores de confusión que deben ser corregidos en trabajos futuros.

Se precisa evaluar el riesgo de presentar cáncer de las vías respiratorias y vías urinarias debido a la exposición aérea, independiente de la exposición digestiva y evaluar el peso real que le corresponde a la exposición laboral, así como el riesgo conjunto de las exposiciones a través del aire, agua y ambiente laboral.

Si se estima que 80% de los cánceres están asociados o relacionados con exposiciones crónicas a productos químicos y físicos ambientales o laborales, cuyas dosis son acumuladas a través del tiempo en diferentes órganos o células llamadas "blanco", cada día es más urgente diseñar y poner en marcha Sistemas de Vigilancia Epidemiológicos Integrales, en los cuales se consideren todos los factores de riesgos, sociales, ambientales y laborales, que están determinando los daños, para que se tomen las medidas más adecuadas que permitan mejorar realmente la calidad de vida de la población.

Sólo a través de medidas de protección del ambiente y de prevención específica del trabajador se evitará la carga de enfermedades crónicas y cánceres que cada día aumentan en el país, proceso en el cual le corresponde participar a todos los sectores del acontecer nacional, incluyendo la comunidad.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Arroyo, A. (1987). Doc. Tumores Malignos en la II Región de Chile.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Public Health Service, 1992. "Toxicological Profile for Arsenic".
3. Bencko V. (1977). Carcinogenic, Teratogenic, and Mutagenic Effects of Arsenic Environmental Health, 1977. Perspectives, 19.
4. Borgoño J.M. y Greiber, R. (1971) Estudio epidemiológico del arsenicismo en Antofagasta. Rev. Med. de Chile, 99, 9.
5. Borgoño J.M., Vicens P., Venturino H. (1977) Arsenic in the drinking water of the city of Antofagasta: Epidemiological and clinical study before and after the installation of a treatment plant. Environmental, Health Persp. 19.
6. Borgoño J.M., Vicens P., Venturino H. (1980). Estudio clínico epidemiológico del hidroarsenicismo en la II Región. Rev. Med. de Chile 108.
7. CODELCO-Chuquicamata (1993). "Programa de Control de Trabajadores Expuestos a Arsénico de origen Laboral". Informe.
8. Chiang A., Hermosilla P. (1990) "Determinación de arsénico en individuos expuestos a altos niveles de contaminación". Rev. Chil. Nutr. Vol. 18, N° 1.
9. Chile exporta minería, 1993.
10. Demografía 1950-1992, INE, Ministerio de Salud de Chile y Proyecciones de Población por sexo y edad, Chile.
11. Enterline, P., Henderson, V., Marsch, Gary (1987) Exposure to arsenic an Respiratory Cancer (A reanalysis). American Journal of Epidemiology, v. 125.
12. Environmental Protection Agency, EPA, U.S. (1984). Health Assessment Document for Inorganic Arsenic. Final Report, Research Triangle Park, NC: EPA 600/8-83-021F.
13. Environmental Protection Agency, EPA, U.S. (1988). Risk Assessment Forum. Special Report on Ingested Inorganic Arsenic Skin Cancer, Nutritional Essentiality.
14. Galvao, L.A.C, Corey G. (1987). Arsénico, Serie Vigilancia 3 ECO/OPS.
15. International Agency Research of Cancer (IARC), (1987) Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. IARC, Monographs, Volumen 1 to 42, Supplement 7, WHO, France.
16. International Register of Potentially Toxic Chemicals (1992) IRPTC Legal File on Arsenic. United Nations Environment Programme-International.
17. Martínez O.L. (1987). Carcinogénesis Ambiental. Cuad. Méd.-Soc., XXVIII 1, 17-24.
18. Martínez O.L., Delgado M., Paredes R. (1987). Factores de riesgo ambientales para el cáncer broncopulmonar, estudio de casos y controles, Cuad. Med. Soc. XXVIII 1.
19. Mideplan (1990). Encuesta CASEN. Población, Educación, Vivienda, Salud, Empleo y Pobreza.
20. Pedrero, R. (1992). CODELCO-Chuquicamata, Cuantificación de Dosis total de Arsénico en la II Región, Informe Doc. Antofagasta.
21. Peña, L., Jamett, A., Santander, M. Gras, Muñoz, L. (1989). Estudio Concentración de Cu, Hg. As en niños de la II Región. U.de Antofagasta, Comisión Chilena de Energía Nuclear. Doc.
22. Rivara Z. M. Isabel (1992). ¿Será el arsénico la causa del alto riesgo de morir por enfermedades crónicas en la II Región, en Chile? VIII Congreso Argentino de Toxicología, XII Jornada Interdisciplinaria de Toxicología, I Congreso Latinoamericano de Toxicología ATA, I Encuentro Latinoamericano sobre Drogas de Abuso. Buenos Aires.
23. Rivara Z. M. Isabel (1993). Perfil Epidemiológico de la II Región de Chile, 1990. II Congreso Chileno Epidemiología. Ministerio de Salud, Santiago, Chile.
24. Rivara Z., M. Isabel (1993). Evaluación del Riesgo de morir por Cáncer Asociado a la Exposición Crónica de Arsénico en la II Región de Chile, 1950-1990. II Congreso Chileno de Epidemiología.
25. Rivara Z. M. Isabel (1993). Estimación del Costo Social del Cáncer Broncopulmonar Atribuible a Exposición Crónica al arsénico, 1980-1990. II Congreso Chileno de Epidemiología.
26. Rivara M.I., Cebrián M., Corey G., Romieu I., Hernández M. (1995). Cancer Risk in an Arsenic Contaminated Area of Chile. International Congress on Hazardous Waste: Impact on Human and Ecological Health, Atlanta, Georgia.

27. Sancha, A.M. (1982). Arsénico en Agua Potable: Antecedentes para la evaluación del riesgo a la salud pública y experiencia chilena en arsénico. Publicación 0-16. U. de Chile, Fac. Ciencias Físicas y Matemáticas.
28. Sandoval O. H., Venturino P.H. (1987), Contaminación Ambiental por Arsénico en Chile. Cuad. Méd. Soc., XXVIII 1, 30, 37.
29. Smith H. Allan et al. (1992). Cancer Risks from Arsenic in Drinking Water International Seminar Proceedings. Arsenic in the environmental and its Incidence on Health.
30. Tapia, R. (1985). Toxicología del Arsénico Inorgánico. Doc.
31. Taucher, E. (1986). Comunicación al Departamento de Salud Pública del Colegio Médico de Chile. Acta reunión 99.
32. Tseng WP, Chu HM, How SW et al. (1968) Prevalence of Skin Cancer in an Endemic Area of Chronic arsenicosis in Taiwan. J. Natl. Cancer 40:453-463.
33. Venturino, H. (1987). Determinación de Concentración de Arsénico Urinario en diferentes Regiones de Chile. Cuad. Méd. Soc., XXVIII, 1, 38-40.
34. World Health Organization, WHO (1981). Arsenic, Environmental Health, Criteria 18.
35. World Health Organization, WHO (1993). Drinking Water Guidelines.
36. World Health Organization, WHO (1990). Publicaciones Regionales, Serie Europea N° 23, "Guías de Calidad de Aire para Europa".
37. Zamorano, T. (1987). Mortalidad por Cáncer de Pulmón en la II región de Chile. Relevancia actual del arsenicismo crónico, Chuquicamata.
38. Zaldívar, R. (1974). Arsenic contamination of drinking water and foodstuffs causing endemic chronic poisoning. Beitr. Pathol. 151, 384-400.
39. Zaldívar, R. (1980). A morbid condition involving cardiovascular, bronchopulmonary, digestive and neural lesions in children and young adults after dietary arsenic exposure. Zentralbl. Bakteri. Abt. I. Orig. B 170, 44-56.