

# Impacto y consecuencias del Arsénico en la salud y el medio ambiente en el Norte de Chile

## *The impact and consequences of arsenic on health and the environment in Northern Chile*

Hernán Castillo Bécar<sup>1</sup>, Gerardo Venegas Arancibia<sup>2</sup>

**RESUMEN:** El presente trabajo analiza la situación de diversas ciudades del norte de Chile contaminadas por arsénico y los principales riesgos que esto implica para la salud humana y el medio ambiente, situación que se presenta desde hace décadas y tiene relación directa con una de las principales actividades comerciales de Chile como es la extracción minera del Cobre. Los objetivos específicos son determinar cuáles son las ciudades del norte de Chile con mayor riesgo ambiental asociado a la contaminación por arsénico, identificar fuentes de contaminación de arsénico en las ciudades mayormente afectadas y mostrar cuáles son las principales enfermedades producidas por la exposición a este agente contaminante. La metodología utilizada es la recopilación de información secundaria proveniente de diferentes sitios web. De los resultados de esta investigación se desprende que las mineras aportan aumentando los niveles de contaminación de esta zona, elevando así el riesgo de que sus habitantes sufran alguna de las enfermedades asociadas a la exposición prolongada al arsénico.

**Palabras clave:** Arsénico, contaminación ambiental.

**ABSTRACT:** This paper addresses the situation of various cities in northern Chile contaminated with arsenic and the major risks involved for human health and the environment, a situation that has for decades and is directly related to a major business of Chile as Copper mining. The specific objectives of this study is to determine what are the cities of northern Chile with major environmental risks associated with arsenic contamination, identify sources of arsenic contamination in the cities most affected and show what are the main diseases caused by exposure to this pollutant. The methodology used is secondary information gathering from different websites. The results of this research shows that the mining provide increasing levels of pollution in this area, raising the risk that its inhabitants suffer any of the diseases associated with exposure to arsenic.

**Keywords:** Arsenic, environmental pollution.

(Recibido: 1 de Abril 2010. Aceptado: 10 de Junio 2010)

<sup>1</sup> Alumno de primer año, Ingeniería Comercial, Universidad de Talca, castillo.becar@yahoo.es

<sup>2</sup> Alumno de primer año, Ingeniería Comercial, Universidad de Talca, gevenegas@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

La Organización mundial de la salud establece niveles estándares de exposición máxima a este agente contaminante recogidos a partir de numerosas investigaciones de décadas pasadas (OMS, 1993). Estos datos están presentes en muchos estudios relacionados a este tipo de contaminación.

La actividad minera de la segunda región representa una de las principales actividades comerciales y laborales del país. Personas de todo el país van a trabajar a esta región en las empresas mineras que ahí operan debido a los niveles de renta que obtienen de dicho trabajo. Sin embargo esta industria en sus procesos emite residuos de material estéril rico en arsénico y otros minerales lo que afecta tanto al medio ambiente como a los residentes de la zona (Sancha, 1998).

La presente investigación se concentra en reunir datos y mostrar por una parte, las ciudades del norte de Chile con mayor contaminación de arsénico, determinar de dónde proviene dicha contaminación y por otra dar a conocer las enfermedades más comúnmente asociadas a la exposición prolongada a este agente contaminante.

## METODOLOGIA

La metodología utilizada para realizar este informe se basa en el análisis de diversa información disponible en la web, revistas y diarios electrónicos de circulación diaria. Debido a la cantidad de información disponible, la selección de los documentos y estudios a utilizar se realizó enfocándose tanto en el objetivo general como en los objetivos específicos, todos expuestos en la introducción de este trabajo.

Los datos utilizados para confeccionar las tablas se extrajeron de distintos sitios web citados en las referencias expuestas en el final del informe, o en el mismo cuadro.

## ANTECEDENTES

La exposición al Arsénico en el Norte de Chile para los habitantes de esta zona se ha transformado en un problema recurrente, ya que tienen que convivir con la presencia de este agente contaminante en el ambiente. Antes de desarrollar los objetivos de esta investigación es importante estar familiarizado con ciertos conceptos que se consideran relevantes, entre los que destacan:

**Salud:** "Estado en que el ser orgánico ejerce normalmente todas sus funciones" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Contaminación:** "Degradación que sufre el medio ambiente por las sustancias perjudiciales que se vierten en él" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Arsénico:** "Elemento químico, tri y pentavalente, metaloide, de color gris y brillo metálico, que combinado con el oxígeno constituye un veneno violento. Su símbolo es As y su número atómico, 33" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Minería:** "Técnica, industria y actividad de explotación de las minas" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Población:** "Conjunto de personas que habitan la Tierra o cualquier subdivisión geográfica de ella" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Cáncer:** "Tumor maligno originado por el desarrollo anormal e incontrolado de ciertas células que invaden y destruyen los tejidos orgánicos" (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Yacimientos mineros:** Fuente de suministro de minerales que se obtienen de la tierra (subterráneas o a tajo abierto) (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Agente contaminante:** Componente dispuesto a alterar las condiciones normales ambientales, provocando un cambio

posiblemente irreversible en el medio ambiente o medio contaminado (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

**Fuente contaminante:** Medio por el cual se propaga o difunde el agente contaminante, logrando tener contacto con el medio ambiente u objeto (wordreference.com diccionario de la lengua española, 2012).

### EFFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

La contaminación por arsénico es un problema que afecta a la zona norte de nuestro país desde hace décadas por dos razones. En primer lugar la zona es naturalmente elevada en niveles de As, encontrándose en el aire, agua y suelos. Esta contaminación natural afectó, por ejemplo, a la ciudad de Antofagasta y sus alrededores entre los años 1958 y 1970, periodo durante el cual se utilizó ríos que se originaban en la cordillera de los andes para el suministro de agua potable de la zona y que naturalmente presentaban altos niveles de concentración de arsénico (Reuters, 2007). Durante este período los habitantes de este lugar consumieron diariamente agua con 870 microgramos ( $\mu\text{g}$ ) de arsénico por litro, medida que sobrepasa casi 90 veces el estándar que permite la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 10 microgramos por litro (Smith, 2007). Posteriormente las autoridades de la región corrigieron el error instalando una planta de tratamiento contra arsénico, sin embargo estos años de exposición tuvieron como consecuencia que la mortalidad por cáncer de pulmón fuera 3 veces superior que en un área libre de contaminación y además elevadas cifras de personas con cáncer estomacal y de vejiga. El periodo de riesgo se ha extendido ya por más de 20 años incluso después de comenzar a tratar el agua contra este elemento nocivo (Bocanegra, Bocanegra, & Alvarez, 2002).

La segunda causa que hace a la zona norte del país el área más contaminada por arsénico en Chile es la alta actividad minera sobre todo en la segunda región. En esta zona funcionan desde la década de los 50' grandes proyectos de extracción minera, particularmente de cobre, como La Escondida, Chuquicamata y La Negra. Es

esta zona y sus proyectos de gran y mediana minería, la que aporta casi el 50 por ciento del cobre que se produce en el mundo (Sancha, 1998). Sin embargo la industria del cobre utiliza la técnica conocida como Pirometalurgia para la obtención de casi el 90 por ciento del total del cobre de la zona. Esta manera de extracción es un proceso altamente contaminante produciendo emisiones de material particulado y arsénico en las etapas de fusión y conversión, aportando así grandes niveles de contaminación al medio ambiente, particularmente al aire y el agua (Sancha, 1998). Esta contaminación emanada por la industria minera recae sobre la población local afectando así su buena salud y aumentando peligrosamente el riesgo de padecer alguna de las enfermedades producidas por el contacto permanente con el arsénico. Por lo anteriormente dicho las ciudades que rodean a los grandes yacimientos mineros de la segunda región y lugares aledaños están en mayor riesgo (Sancha, 1998).

### Ciudades Principalmente Afectadas

La mayor contaminación ocurre entre los paralelos 17°30' y 26°05' de latitud sur y entre la longitud oeste 67°00' y el Océano Pacífico. Las ciudades con exposición más alta a arsénico corresponden a Antofagasta, Calama, Santiago, Rancagua, Taltal, Tocopilla, San Pedro de Atacama. La población expuesta a la contaminación por arsénico es de aproximadamente 500.000 habitantes (Sancha et al., 1998).

**FIGURA 1. Ciudades Chilenas y nivel de contaminación por arsénico.**

CIUDADES Y NIVEL DE ARSENICO (Normal 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Antofagasta	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Chillán	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Calama	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alto Hospicio	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Temuco	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Talca	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: OMS

## FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN CIUDADES AFECTADAS

El Arsénico como elemento natural está presente desde siempre en la naturaleza. El Norte de Chile tiene niveles naturales particularmente elevados de este metaloide. Esta característica de la naturaleza de esta zona afecta al agua por ejemplo ya que en la cordillera nacen ríos que vienen con exceso de este agente contaminante y que han ocasionado problemas en la población que utiliza esta agua para consumo.

Además de la presencia del Arsénico “naturalmente” propia de esta zona, las numerosas empresas mineras que están establecidas desde hace décadas acrecientan el problema. En sus procesos de extracción del cobre principalmente, y de fundición del mismo las mineras generan cantidades importantes de residuos tóxicos, que a través de sus chimeneas (contaminación del aire) o de líquidos de residuos inorgánicos (contaminación de suelo y agua) aportan a la naturaleza distintos niveles de arsénico que puede afectar la salud humana (Sancha, 1998).

**FIGURA 2. Emisiones de As y S en fundiciones de Cobre de acuerdo a información de 1998 (ton/día)**

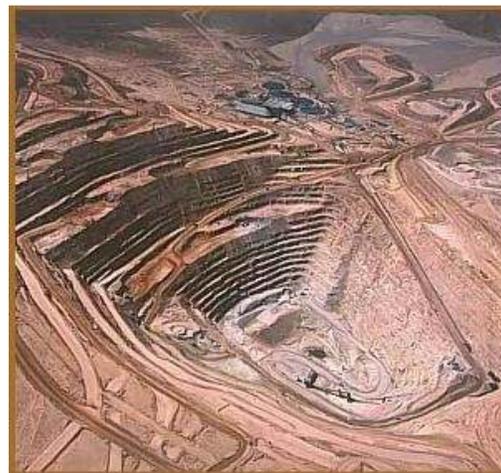
	S 1988	S 1992	As 1998	As 1992
Chuquicamata	387	364	2.0	1.1
El Salvador	451	451	0.3	0.3
Paipote	166	s/d	0.4	s/d
Chagres	22	s/d	0	s/d
Ventanas	396	122	0.7	0.3
El Teniente	889	523	0.6	0.3

Nota: s/d: sin dato.

**Fuente:** Durán H. 1990. *Impacto Ambiental de la Actividad Minera en Chile: Balance Preliminar CIPMA. Serie Documentos de Seminario 1990.*

A través del tiempo el gobierno ha ido imponiendo reglamentación que ayude a que las mineras de la zona norte del país deban procesar debidamente sus residuos con el objetivo de que no llegue a los habitantes la contaminación por arsénico y por otros metaloides a raíz de prácticas industriales que no están alineadas con la protección y cuidado del medio ambiente ni las personas. Estas medidas han permitido mejorar ciertos

aspectos con el paso del tiempo, sin embargo de cuando en cuando las empresas se ven involucradas en cuestionamientos por parte de las autoridades y la ciudadanía en relación a la conservación adecuada del medioambiente.



**FIGURA 3. La escondida II Región**

Fuente: Chilenet

## PRINCIPALES RUTAS DE EXPOSICIÓN AL CONTAMINANTE

**Vía Alimenticia:** Es una de las principales vías de propagación de enfermedades relacionadas al consumo del arsénico. El riesgo está presente al consumir alimentos como los mariscos, arroz, rábanos, lechuga, champiñones, verduras, y vino. Hay alimentos que también contienen un porcentaje de arsénico en su estructura, pero al ser cantidades pequeñas y su consumo ocasional, el riesgo de enfermarse a causa de ellos es prácticamente nulo. Cabe destacar que al estar en contacto con este agente contaminante por vía alimenticia, el contagio no es inmediato, es decir, es cronológico. Depende mucho del porcentaje del mineral que contenga el alimento, pero de todas formas es un contagio que se arrastra a través del tiempo y además no es necesario vivir en la zona en donde se produce el mineral, esto es porque hoy en día existe una exportación elevada de alimentos lo que aumenta el riesgo de propagación infecciosa. Afortunadamente para los habitantes del resto del país este riesgo es menor, porque el norte de Chile es muy árido, la producción de verduras u otros

alimentos es más reducida, y solo se exporta en temporadas invernales (Henke, s.f.).

**Vía Hídrica:** El agua es un elemento de vital importancia en nuestras vidas. Muchas ciudades del norte de Chile como Calama, Arica, Iquique y Antofagasta, tienen gran porcentaje de su recursos hídrico contaminado por arsénico, por lo que la gente decide, en algunos casos, consumir agua envasada que se comercializa en la zona para evitar cualquier tipo de contagio. Es tal el nivel de presencia del metaloide en el agua nortina, que en algunas localidades es posible apreciarlo a simple vista al depositar agua en un vaso. La contaminación por vía hídrica, es una de las que más afecta a la gente que reside en el norte de Chile, esto porque las fuentes, desde donde se abastecen las empresas de distribución para la población, naturalmente presentan niveles de As elevados. A causa de esto deben someter el agua a procesos de purificación. Para que una persona se vea afectada a alguna enfermedad, el consumo de agua contaminada debe ser por un largo tiempo, excluyéndose del riesgo los turistas que se mantienen, por lo general, cortos periodos en la zona (Henke, s.f.).

**Vía Aérea (Inhalación):** La exposición al As por inhalación a niveles más altos de lo normal por lo general ocurre en lugares de trabajo que están cercanos a depósitos de desechos que contienen este mineral o cuando interactúan con el metaloide (minerías). En estos casos la propagación del elemento es más expedita y el grado de afección depende mucho del tamaño de los residuos, porque como se ha mencionado anteriormente mientras más pequeñas sean las partículas, será más fácil que estas ingresen al organismo, lo que puede llegar a ser fatal. En otros casos la contaminación por vía aérea puede producir el apareamiento de callos, verrugas en las palmas de las manos y pies y problemas a la garganta. La vía respiratoria es la forma más fácil de contagio, una persona si se propone, puede estar un día sin alimentarse o sin beber agua, pero no puede estar más de un minuto y medio sin respirar, y al estar expuesto en el lugar de trabajo a un ambiente que contiene As en el aire, el contagio es mucho más expedito, se torna constante la interacción persona - agente contaminante, favoreciendo así a una

propagación del metal por las vías respiratorias (Registry, 2007).

**Contacto Directo:** Esta vía de contagio va muy ligada a la respiratoria, porque por lo general quienes en su trabajo tienen un contacto directo de manipulación con este elemento es más propensa a contraer un cáncer o problemas de salud por lo general a la piel. La exposición por contacto directo está presente mayoritariamente en los lugares de trabajos por lo que al trabajar en un ambiente expuesto se hacen vitales las medidas de protección preventivas como mascarillas guantes y trajes. (O'Neill, 2007).

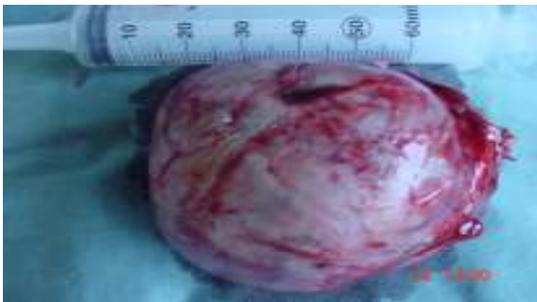
### PRINCIPALES ENFERMEDADES Y EFECTOS PRODUCIDOS POR LA EXPOSICIÓN AL ARSÉNICO

Este elemento ataca sin distinción a casi todos los órganos del cuerpo humano, bloqueando las reacciones enzimáticas de amplia distribución. Las principales enfermedades producidas al tener contacto con este agente contaminante tienen relación con la piel, aquí las lesiones son más sólidas y permanentes. El arsénico puede provocar cáncer en la piel y pulmón, que son causados por la inhalación del mineral y una exposición crónica. Mientras más pequeñas sean las partículas, mayor será el daño que producirán en las vías nasales, tendrán una mayor accesibilidad al organismo, y su proceso de fusión con el organismo será más rápido que el de una partícula más grande. También existen casos de cáncer a la vejiga, hígado, riñón, de los cuales se profundizara más adelante. Las enfermedades de un perfil más grave producidas por el contacto al arsénico son de carácter crónico, ósea que sus secuelas se producen por una relación cotidiana entre ambos elementos (personas, agente contaminante) por lo que los efectos nocivos se dan con la gente que vive o tiene constante relación con el material. Hay casos que son un poco menos graves pero ameritan un cuidado muy riguroso como son enfermedades gastrointestinales, que se dan a conocer después de una ingesta de este metaloide; son casos menos comunes a los provocados por inhalación o contacto vía dérmica. A continuación se presentara de forma detallada los diferentes tipos de

efectos que se producen por el contacto con este elemento (Henke, s.f.).

**Efectos cardio-vasculares.** Sin distinción alguna la exposición aguda o por un periodo de tiempo prolongado provocan una variedad de efectos cardiovasculares, por ejemplo: hipertensión, taquicardias y enfermedades vasculares entre otras. La magnitud del daño puede variar por distintos factores como la dosis de arsénico, la edad o la susceptibilidad individual; hoy en día los efectos cardiovasculares son uno de los problemas más graves que entrega el arsénico (Gehle, 2009).

**Efectos renales.** Los riñones no son el órgano más sensible a sufrir enfermedades derivadas de la toxicidad arsénica, sin embargo las principales patologías renales son la necrosis tubular aguda, fallas renales agudas, cálculos, insuficiencia renal, y necrosis cortical (Gehle, 2009).



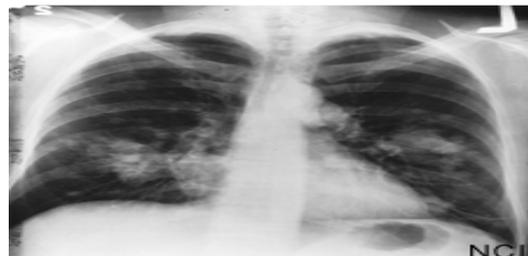
**FIGURA 4.** Muestra un riñón con padecimiento de cáncer, por una exposición al arsénico.

**Efectos neurológicos.** Las enfermedades neurológicas principales son: neuropatía periférica, también hay casos en los que una exposición mayor produce una encefalopatía, que se caracteriza también por adormecimientos cerebrales, calambres musculares, sensibilidad muscular y sudoración en la parte distal de las extremidades, lo que si no es tratado a tiempo, puede desembocar en enfermedades más graves como tumores, infartos cerebro vasculares. (Gehle, 2009).

**Efectos dérmicos.** Principalmente estas enfermedades comienzan con una pigmentación de la piel. Una queratosis benigna por ejemplo al entrar en contacto con este cuerpo extraño se puede transformar en una queratosis maligna,

desembocando en una hipermentación y cáncer de piel, hiperqueratosis que puede presentarse en cualquier parte del cuerpo, por ejemplo: en axilas, ingle, cuello, parpados, pezones y sienes (Gehle, 2009).

**Efectos respiratorios.** Sus principales consecuencias en contacto directo con el organismo son lesiones inflamatorias, y erosivas en la mucosa respiratoria, las cuales podrían llegar a provocar una perforación en el tabique nasal. El cáncer al pulmón frecuentemente se produce por una exposición al arsénico en trabajadores de fundidoras y ciudades mineras. Estas enfermedades por lo general afectan el sistema hematopéyico (Gehle, 2009).



**FIGURA 5.** Muestra el crecimiento del pulmón izquierdo, el cual tiene cáncer.

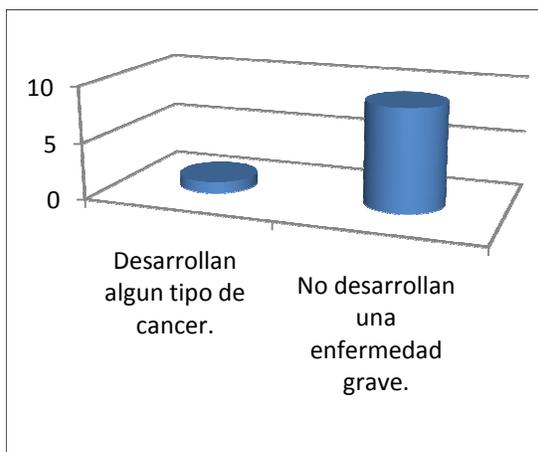
**Cáncer de piel.** El cáncer de piel se caracteriza por afectar zonas expuestas como palmas de la mano, pies, y tronco. El cáncer de piel se subdivide en distintos tipos de padecimientos como lo son: carcinoma intraepidérmico, carcinomas de las células basales y carcinoma de las células escamosas. Todas empiezan de la misma forma pero su desarrollo varía en distintos niveles de gravedad (Caceres, 1999).



**FIGURA 6.** Muestra las manos de una persona, con los primeros síntomas de una exposición al Arsénico.

**Efectos reproductivos.** Se destacan los abortos espontáneos, malformaciones cognitivas y además física. Estos efectos son irreversibles, ya que un lactante que nace con una malformación, siempre tendrá secuelas adversas, aunque se someta a tratamientos y terapias, su recuperación jamás será completa, es decir, su padecimiento será de por vida. (Sancha, 1998)

**FIGURA 7. Estadística de riesgo de cáncer por consumo de agua contaminada por As (1 de cada 10).**



**Fuente:** (Bocanegra, Bocanegra, & Álvarez, 2002)

**Tratamiento médico.** Generalmente comienza por una estabilización del paciente, en caso que la contaminación se produzca por vía alimenticia se aplica un lavado intestinal al paciente, de lo contrario de monitorean los órganos vitales y secundarios hasta lograr determinar la vía de contagio, gravedad y tratamiento a seguir. Es de vital importancia que las personas al presentar síntomas relacionados con la contaminación por As, acudan rápidamente a una consulta médica (Henke, s.f.).

## CONCLUSIONES

Después de investigar y analizar la información que se utilizó para la realización de este trabajo, podemos concluir lo siguiente.

El problema de la contaminación por Arsénico es una situación a la cual se

debiera poner más atención por parte de las autoridades sobre todo en términos de prevención y fiscalización a las empresas que aportan durante todo el año a que las personas que viven en las ciudades y pueblos más afectados, estén en constante riesgo de padecer alguna de las enfermedades antes mencionadas. A nivel nacional no existe mucha conciencia de la gravedad de la situación de constante riesgo a la cual están sometidos los habitantes de la zona norte (ciudades más afectadas), tal vez recursos estatales podrían destinarse a alguna campaña de televisión y radio con el fin de presionar a las empresas que agravan la situación, a incrementar sus esfuerzos por realizar su actividad comercial sin este costo para las personas y el medio ambiente como es la contaminación.

Por otra parte es muy importante que las personas que habitan los lugares de riesgo estén constantemente atendiendo a los síntomas propios de las enfermedades más comunes producidas por la contaminación, con visitas periódicas al médico y tratando de evitar el contacto directo con residuos contaminados, debido a que tienen más probabilidades de contraer enfermedades que los habitantes de otras zonas del país.

## BIBLIOGRAFÍA

Sancha A.M, (1998), Estudio de caso: Contaminación por arsénico en el norte de Chile y su impacto en el ecosistema y la salud humana.

Santander M., Jamett A., Peña L., Gras N., (1994), Arsénico en el cabello de los habitantes del norte de Chile.

Herane Tschorne M., (2007) ,Secuencia de tratamiento para la remoción de arsénico de acuíferos (Memoria para optar al título de Ingeniero Industrial), leído.

Radic., (2009), Colegio Médico detallo realidad de arsénico en Calama, Disponible en:  
<http://calama.colegiomedicolegal.cl/Default.aspx?tubid=588&ctl=mid=1948&itemID=115>.  
 leído.

Rodríguez V., Morote M., Aravena A., (2008), Estudio epidermologico de enfermedades

**Castillo, Venegas**

relacionadas con ingesta crónica de arsénico a través de agua de consumo.

Bocanegra, E., Bocanegra, O., & Álvarez, A. (2002). Arsénico en aguas subterráneas: su impacto en la salud.

Henke, L. (s.f.), Un repaso general del tratamiento inquietudes y aplicaciones para los sistemas de pequeña y muy pequeña escala.

O'Neill, R. (2007). Cáncer profesional / Cáncer cero.

Registry, A. f. (2007). Arsénico.

Castro de Esparza, M.L., (2006), Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública.

Reuters (2007), Revelan brote de cáncer en zona de Chile por agua con arsénico. La Jornada, 14/06/2007. Obtenido el 04 de Marzo del 2011, desde <http://www.jornada.unam.mx/2007/06/14/index.php?section=ciencias&article=a03n1cie> .

Caceres A., (1999), Arsénico, Normativas y Efectos en la Salud.

Gehle K., (2009), La toxicidad del arsénico, Estudios de caso en medicina ambiental.