

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL



**“EVALUACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES EN CHILE Y  
SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO ENTRE  
LOS AÑOS 1980-2009”**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS EN LA  
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS Y AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

Profesor Guía: Sra. FERNANDA RODRIGUEZ FERNANDEZ

**JUAN CARLOS ARMIJO ASTUDILLO  
MIGUEL ALDO SANCHEZ SILVA**

VIÑA DEL MAR, 2012

“Educar no es dar carrera para vivir, sino templar el alma para las dificultades de la vida”

**Pitágoras**

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a nuestras familias, quienes con mucha paciencia sacrificaron largas horas que hoy ven su fruto. Nuestro deseo siempre fue estar con ustedes, piensen que este tiempo fue sólo un pequeño lapso para compartir más y mejores momentos.

Con mucho amor para ustedes,

Juan Carlos Armijo Astudillo - Miguel Sánchez Silva

## **Agradecimientos**

Agradecemos a nuestra Profesora Guía Sra. Fernanda Rodríguez F., quién hizo que no perdiéramos el camino trazado. Agradecemos también a nuestros profesores, quienes siempre tuvieron un tiempo para nosotros. Nos es imposible, no dar los agradecimientos a Daniela Méndez, nuestra gran secretaria del PCE, quien hizo mucho por nosotros.

## INDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
INDICE	IV
INTRODUCCION	1
1.- Planteamiento del Problema	1
Objetivo General	2
Objetivo Especifico	2
Justificación y Viabilidad	2
Justificación	2
Viabilidad	2
2.- Contexto Conceptual	2
Revisión Bibliográfica.	2
Estado del Arte	2
3.- Hipótesis	3
4.- Descripción de la Metodología de la Investigación	3
CAPITULO I	4
MARCO TEÓRICO	5
1.- Definición y Composición del PIB.	5
2.- Definición de Externalidades.	6
2.1.- Externalidades	6
2.1.1.- Clasificación de las externalidades	7
2.1.2.- Consecuencias producidas por la externalidad	8
3.- Modelo de Análisis	9
CAPITULO II	11
DIAGNÓSTICO DE LOS SECTORES MINERÍA, FORESTAL Y TRANSPORTE	12

1.- La Minería en el Norte de Chile	12
1.1.- Impacto en el ecosistema y la salud humana	14
1.1.1 Agua	15
1.1.2 Aire	17
1.1.3 Suelo	19
1.1.4 Recurso Humano: Social y Cultural	20
1.1.4.1 Impacto en la Salud Humana	21
1.2.- Efectos Ambientales de la Acuicultura	22
1.2.1.- Disminución de la Biodiversidad	23
1.2.2 PVC, Antibióticos y Mareas Rojas	24
2.- La Industria Forestal en Chile	25
2.1.- De la Industria de la Celulosa	27
2.2.- De la Industria de Aserrío	28
3.- Contaminación atmosférica en Santiago industria del transporte	30
3.1.- Efectos en el hombre de los contaminantes atmosféricos	31
3.2.- Origen de los Contaminantes	35
CAPÍTULO III	41
VALORACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES	42
1.- Externalidad Sobre el Suelo	42
2.- Externalidad Sobre la Salud	45
CAPÍTULO IV	49
RESULTADOS	50
1.- Suelo	50
2.- Salud	51
CONCLUSIÓN	53
GLOSARIO	55
BIBLIOGRAFÍA	56

## INTRODUCCIÓN

### **1.- Planteamiento del Problema**

En la actualidad, existe un tema muy nombrado en las ciencias económicas como son las externalidades, si bien éstas han sido parte de estudio, aun así en la práctica no se les da la importancia en términos cuantitativos. De ahí nace el interés por esta investigación de tal manera de ser aplicada a la realidad.

El hecho de que las externalidades no sean consideradas para efectos de las cuentas de la nación, es lo que motiva esta tesis, ya que de serlo podrá lograr un impacto en términos contables, pudiendo llegar a cambiar la forma de hacer economía, afectando las transacciones, los negocios que se hagan en nuestro país y, sobre todo, un impacto importante en el medio ambiente.

Este trabajo se desarrollará de la siguiente forma: primero estará enfocado a explicar las externalidades y las consecuencias que éstas tienen en la economía. Posteriormente se mostrará como estas externalidades están presentes en nuestro país, con ello, se analizarán los casos más representativos de empresas que lleguen a tener un peso contable en el desarrollo económico. Y por último, se demostrará la hipótesis planteada, considerando los términos contables dentro la medición del PIB, para que de esta forma se aprecie si realmente es significativa su cuantificación y, de ser así, que soluciones se podrían dar para una nueva o mejor medición de la actividad económica del país.

### **Objetivo General**

Analizar el efecto de las externalidades en el crecimiento económico de nuestro país. Demostrando que las mediciones actuales sobre valoran la producción.

### **Objetivo Específico**

1.-Ratificar, a través de un análisis cuantitativo el impacto económico que tienen las externalidades en el cálculo del PIB.

2.- Demostrar a los actores productivos que las externalidades afectan la economía nacional.

### **Justificación y Viabilidad**

#### Justificación

La Justificación de este trabajo radica en dar a conocer el impacto económico originado por las externalidades negativas de una empresa y como éstas no son consideradas en la conformación del PIB.

#### Viabilidad

Este tema es viable en términos de información dado que se cuenta con datos y herramientas de cálculo necesarias para demostrar el tema objeto de desarrollo.

### **2.- Contexto Conceptual**

Revisión Bibliográfica.

Economía, Estadísticas, Finanzas, Internet.

#### Estado del Arte

El tema de las externalidades nace de la inquietud de reconocer su importancia e investigar sobre un tema relevante para la economía, dado que para efectos contables nacionales no se le otorga importancia ya que no son consideradas dentro de los ratios financieros ni en los balances de las empresas. Es por ello que

no existe una conciencia general en la industria y las externalidades son producidas sin discriminación y sin tener en cuenta los efectos negativos que estas pueden ocasionar.

### **3.- Hipótesis**

La actual medición de la actividad económica se encuentra sobre valorada dado que no se consideran las externalidades en el proceso de cuantificación de la producción.

### **4.- Descripción de la Metodología de la Investigación**

El tipo de investigación utilizada para este proyecto esta basada en la investigación mixta, del tipo explicativa - descriptiva.

Con esta metodología mixta de investigación lo que se busca es exponer todos los puntos asociados al negocio, con el objeto de dejar establecido los parámetros que lo rigen actualmente.

El método de investigación para este proyecto, será el método mixto cuantitativo - cualitativo, dado que parte de la investigación se basa en recoger y analizar datos cuantitativos sobre cifras estadísticas, como también establecer los aspectos cualitativos de orden económico y ambiental.

**CAPITULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

## Marco Teórico

### 1.- Definición y Composición del PIB.

El Producto Interno Bruto (PIB) es una de las variables más importantes de una economía y mide la cantidad de producción realizada durante un periodo, por ejemplo de un año, sus componentes son las siguientes:

$PIB = C + I + G + (X - M)$  donde:

C = Es el consumo de bienes y servicios efectuado por las personas y las empresas.

I = Es la inversión que hacen las empresas del sector privado, comprando equipos, e insumos necesarios para desarrollar su actividad.

G= Son los gastos realizados por el gobierno.

X = Son las exportaciones o ventas de productos.

M = Son las importaciones de bienes y servicios.

En la fórmula del PIB encontramos a  $(X - M)$  a este término se le llama balanza de pagos si X es mayor que M significa que lo que exportamos es mayor que lo que importamos y esto es beneficioso para el país por lo tanto se dice que el saldo de la balanza de pagos es favorable al país, porque aumenta el PIB de lo contrario se dice que es desfavorable

## **2.- Definición de Externalidades.**

### **2.1.- Externalidades**

Para entender que son las externalidades, previamente veremos las definiciones de autores que se refieren a esta materia.

Una **externalidad** existe cuando la producción o el consumo de un bien afecta directamente a las empresas o a los consumidores que no participan directamente en su compra o venta y cuando dichos efectos no se reflejan completamente en el precio de mercado.

Cuando las **externalidades** están presentes, los precios de mercado no reflejan todos los costos y beneficios sociales asociados a la producción de un bien, la intervención del gobierno puede mejorar el funcionamiento de la economía, por ejemplo al obligar a las empresas a tratar sus residuos antes de desecharlos, según el economista Kervin Vergara.

Otra definición de la Dra. Dora del Carmen Orfila Univ. Buenos Aires:

“Una externalidad es principalmente un problema de costos. Cuando los costos privados y los costos sociales difieren, se trata de una externalidad”. Se conoce muy bien que los costos de una empresa privada buscan lograr la minimización de éstos para así obtener la mayor ganancia posible. En cambio, cuando se trata de un emprendimiento estatal, no es la búsqueda de la mayor ganancia el objetivo primordial. El estado trata de dar a sus habitantes bienes o servicios que produce, aunque para ello minimice sus ganancias, o deba operar con costos altos e incluso continuar con una determinada producción sin cubrir tales costos durante un cierto tiempo, pero siempre en bien de la sociedad a la que sirve.

Edward J. Mishan expone simplemente el argumento marshaliano en los siguientes términos:

“Suponiendo que todas las firmas son igualmente eficientes, una expansión de la industria competitiva, debido por ejemplo a la incorporación de una nueva firma, reduce los costos medios de todas las otras firmas, incluyendo la nueva. Dado que

la reducción total de costos experimentada por todas las firmas intramarginales es atribuida a la entrada de la nueva firma, el verdadero costo de la producción adicional no es el costo total calculado por esta firma, sino que ese costo total menos los ahorros que experimentan las otras firmas.

En definitiva podría decir que las externalidades es una influencia entre unidades económicas de tal forma que la conducta de una de ellas se ve afectada por decisiones tomadas por otra entidad. Es decir, las externalidades son el accionar de una persona o empresa que afecta a otra empresa u otra persona, y que por esta acción no se le compensa, esta no pasa por el mercado, el cual no considera las causas producidas por la externalidad de una acción.

### **2.1.1.- Clasificación de las externalidades**

#### Externalidad Positiva

Las externalidades producidas serán positivas en aquellos casos en que la interrelación entre dos empresas sea positiva. Normalmente es más fácil encontrar ejemplos de externalidades negativas que positivas.

Un ejemplo de externalidades positivas podría ser el incremento en el valor de mercado (precio) de los inmuebles de una zona urbana como consecuencia de la construcción de una nueva línea de metro que mejore los accesos de dicha zona. Casi de forma inmediata el valor de mercado de las viviendas aumentará, sin embargo a los propietarios no les ha costado nada incrementar el valor de sus viviendas ni el constructor de la línea de comunicaciones cobra por las plusvalías generadas en la zona de referencia.

#### Externalidad Negativa

Se produce cuando las acciones de un agente reducen el bienestar de otros agentes de la economía. Supongamos, por ejemplo, que existe un criadero de truchas en un lugar determinado. Para que las truchas crezcan y se desarrollen correctamente, deben mantenerse en aguas limpias libres de contaminación. Sin embargo, en un lugar cercano, existe un cultivo de flores que utiliza sustancias

químicas para controlar las plagas de las flores. Por el viento y las condiciones climáticas, estos compuestos químicos contaminan las fuentes de agua cercanas, por lo tanto, el criador de truchas se ve seriamente afectado por las acciones del cultivo de flores cercano; es decir, está sufriendo un efecto negativo externo a él.

Otro tipo de clasificación

- El consumo: Es el caso cuando las decisiones de consumo de un agente afectan a la utilidad de otro. Estas decisiones pueden ser positivas o negativas. Es negativa si, por ejemplo, nuestro vecino escucha música durante la noche afectando nuestro sueño y nuestro derecho a dormir. Es positiva en el caso en que disfrutemos la música por que nos gusta.
- La producción: cuando las decisiones de producción de una empresa afectan a las posibilidades de producción de otra.
- En el consumo y la producción: A modo de ejemplo, las decisiones de producción de una empresa afecta al nivel de utilidad que alcanza un consumidor.

### **2.1.2.- Consecuencias producidas por la externalidad**

Como es de total conocimiento, las empresas no fueron concientes de las consecuencias de la emisión de gases que producen calentamiento global. De las cuales se pueden identificar dos consecuencias:

- Impedir la optimización de recursos
- Menor desarrollo de tecnología no contaminante

En la primera, las empresas no han internalizado todos los costos producidos por ellas, con su consiguiente despilfarro de recursos, dado por la no optimización de los mismos. A lo largo de la historia esto ha causado un cierto sesgo hacia una producción más contaminante. Con lo cual existen menores costos percibidos por la empresa.

En la segunda consecuencia observamos un menor desarrollo de la tecnología no contaminante, esto conlleva a producir de una forma indiscriminada a la hora de

evaluar los daños en el medio ambiente y en otros agentes que se puedan ver afectados.

Ahora que somos conscientes de las externalidades causadas por las empresas contaminantes debemos encontrar la solución posible más eficiente para poder solucionar este problema.

### **3.- Modelo de Análisis**

A través de este trabajo se pretende ratificar la hipótesis planteada utilizando la herramienta financiera denominada Valor Actual Neto la que se define a continuación.

El **Valor Actual Neto** (VAN), es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los Flujos de Caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de períodos considerado.

El tipo de interés es  $k$ . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el Costo de Oportunidad

**CAPITULO II**  
**DIAGNÓSTICO DE LOS SECTORES MINERÍA, FORESTAL Y TRANSPORTE**

## Diagnóstico de los Sectores Minería, Forestal y Transporte

A continuación se presentarán las externalidades más representativas que se concentran en nuestro país. La idea es tener en cuenta el impacto que éstas generan en el medio ambiente y en las personas, para poder determinar un sistema de evaluación donde se pueda cuantificar el valor de aquéllas, valor que hasta hoy no es calculado por ninguna entidad encargada de analizar los costos asociados a una externalidad.-

El sustento para analizar estos sectores económicos, se debe a su incidencia en el PIB nacional, por ello se ha desarrollado la siguiente tabla, para graficar su importancia.

**Participación en el PIB Nacional de los Sectores en Estudio**

Sector/Año	2003	2004	2005	2006	Promedio	% Partic.
Minería	4.321,571	4.585,327	4.406,827	4.408,742	4.430,617	9,73
Transporte	4.711,435	4.970,811	5.313,540	5.656,641	5.163,107	11,34
Forestal	1.842,431	1.994,737	2.179,570	2.307,651	2.081,097	4,57
PIB Nac.	39.130,058	41.541,807	44.178,853	57.262,645	45.528,341	

Fuente: Elaboración propia

### 1.- La Minería en el Norte de Chile

La estructura productiva de la Zona Norte se origina principalmente en la dotación de los recursos naturales, ya sean mineros, pesqueros o agrícolas existentes en la zona. Entre ellos, destaca el sector minero, por su participación en la actividad regional, exportaciones, inversiones y empleos que genera, tanto de manera directa como indirecta.

Grandes e importantes yacimientos mineros se explotan en la zona, siendo los principales los ubicados en Antofagasta. El sector minero de la Zona Norte representa más del 90% de las exportaciones, el 44% del PIB.

Por otro lado, la minería contribuye en forma significativa al PIB, adicionalmente a través del encadenamiento con otros sectores económicos de servicios complementarios, en la forma de vinculaciones laterales con el sector Energía, Agua y Gas y en la forma de encadenamientos de consumo, los que estarían representados por los sectores Comercio y Servicios Financieros y otros servicios personales de consultoría y asesoría, principalmente.

Los ocupados directos en minería ascienden a aproximadamente 45.000 personas, cerca del 60% del total de mano de obra ocupada en ese sector en el país. A esta cifra habría que añadirle aproximadamente 30.000 puestos de trabajo que se generan a través de los encadenamientos, contratistas y externalización (outsourcing).

Como ya se mencionó, la capital minera de Chile se ubica en la Región de Antofagasta que se extiende aproximadamente en unos 500 kms. Los principales centros urbanos de esta zona son Antofagasta y Calama. La población indígena se compone de unos pocos miles de personas distribuidas en pequeñas comunidades dispersas de 100 a 300 habitantes o menos. Dicha población se localiza donde existen condiciones favorables para el desarrollo de la agricultura y ganadería de subsistencia. En esta zona se desarrolla la minería a toda escala siendo la más importante la gran y mediana minería que aportan más del 50% del cobre que se produce en el mundo. En la gran y mediana minería, a diferencia de lo que sucede en la pequeña y de nivel artesanal, no participan mujeres y niños, sino solo adultos que trabajan bajo normas de seguridad. Esto hace que los impactos de la actividad minera en la salud de los trabajadores no sean tan inmediatos ni de la magnitud que podría esperarse por el volumen del material procesado. Los impactos en salud en esta actividad económica se producen después de años de trabajo y se asocian, principalmente, a la exposición a emisiones gaseosas de fundiciones y polvo fino en suspensión generado por los procesos de extracción minera y de chancado del mineral siendo el arsénico el

principal elemento contaminante.

La minería impacta el medio físico (remoción de material, cambio en el paisaje), emite gases y material particulado, y adicionalmente vierte efluentes líquidos sin controlar en cursos o masas de agua, además de inducir importantes cambios sociales, económicos y culturales en la población.

Cerca del 90% del cobre chileno se obtiene mediante pirometalurgia.

La principal faena de la gran minería de la zona, hasta la década de los noventa, ha sido Chuquicamata que explota enargita ( $Cu_3AsS_4$ ), especie rica en arsénico. Desafortunadamente la obtención de cobre por pirometalurgia es un proceso altamente contaminante, produciendo emisiones de  $SO_2$ , material particulado y Arsénico en las etapas de fusión y conversión. Estas emisiones salen al ambiente tanto por la chimenea como por diferentes fugas a lo largo del proceso, estas últimas se conocen como emisiones fugitivas y pueden resultar, en algunos casos, mayores a las que se emiten por chimenea. Chuquicamata es una actividad minera que con sus emisiones contamina directamente el aire y suelo. Los ríos por ser un recurso muy escaso no se han utilizado para descargar relaves, usándose el Salar de Talabre para esos fines. Por su emplazamiento en el desierto, los residuos sólidos de Chuquicamata se acumulan sin cobertura expuestos al sol y viento y eventuales arrastres por crecidas de cursos de agua. Las características geográficas del lugar hacen que la contaminación por depósito de residuos no tenga un área de influencia muy extensa, además que, en general, el tamaño del residuo hace que su impacto sea más local. Otras faenas de la zona norte, también de propiedad del Estado como Potrerillos han descargado por años sus relaves al río Salado que, finalmente, contaminó el mar (bahía de Chañaral) hasta que la comunidad organizada logró que la Corte Suprema de Justicia ordenara en 1988 el fin de esta acción, lo mismo ha sucedido con la fundición Paipote.

### **1.1.- Impacto en el ecosistema y la salud humana**

Los estudios hechos en Chile muestran un alto nivel de arsénico en los distintos

medios ambientales y un fuerte impacto en la población de la Región de Antofagasta. El análisis de toda la información existente requiere de un conocimiento acabado del comportamiento histórico de la contaminación con As en la Región, ya que su cuantía y duración han sido variables, según la localidad estudiada: grandes ciudades, pueblos atacameños, campamentos mineros y según el medio evaluado: agua o aire.

**Figura N°1**

**Emisiones de Azufre y Arsénico de las Fundiciones de Cobre de Chile, (ton/día)**

	Azufre	S		Arsénico	As
	1988	1992		1998	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

**Fuente:** Durán H. 1990. Impacto Ambiental de la Actividad Minera en Chile

### 1.1.1 Agua

El régimen hídrico de la zona norte es muy particular, algunos ríos y hoyadas de la cordillera no drenan al océano, sino que son cuencas cerradas en cuya parte más baja se ubican salares y lagos andinos.

El ecosistema de salares y lagunas está considerado como extremadamente frágil por la escasez de recursos hídricos. La composición química de la aguas de la zona es muy variada en un rango de calidad que va desde muy buena (fusión de nieve) hasta muy salobre, predominando una alta salinidad que limita su uso.

A ello se agrega la presencia generalizada de arsénico y boro. La Región de Antofagasta presenta aguas superficiales con concentraciones variables de As que están relacionadas con el origen del recurso. El crecimiento poblacional derivado de la intensa actividad minera desarrollada en el último siglo ha obligado a utilizar todos los recursos hídricos disponibles. En los inicios del siglo XX el

problema fue cantidad de agua para satisfacer, en una zona desértica, las necesidades de la población y sólo a partir de 1960 surgió, dramáticamente, el cuestionamiento de su calidad, al detectarse los primeros impactos en salud por uso del agua del río Toconce con elevadísimas concentraciones de As (0.600-0.900 mg/L). Esta situación de contaminación de las fuentes de agua ha debido enfrentarse con la instalación de cuatro plantas de tratamiento de remoción de As del agua para entregar a la población del norte de Chile un agua para consumo con niveles de arsénico de acuerdo a las recomendaciones internacionales. La Fig. N°2 muestra antecedentes sobre concentración de As en el agua que se consume en las principales ciudades de Chile.

No obstante los esfuerzos que han significado la construcción, operación y mantención de las plantas de remoción de arsénico del agua, para el Norte de Chile, aún quedan algunas poblaciones, en pueblos indígenas y otros poblados dispersos, que se abastecen de aguas con elevadísimos contenidos de arsénico. La actividad minera ha entrado en serios conflictos con las etnias atacameña y aymara en relación a derechos y usos de agua al no estar éstos debidamente reconocidos. Conflictos adicionales se derivan porque no se han definido todavía los caudales ecológicos, las prioridades de uso del agua ni los estándares de calidad que los cuerpos de agua debieran mantener.

El aumento de producción de cobre durante la década de los 90 ha aumentado significativamente la demanda por agua. Actualmente la minería usa del orden del 35% del agua disponible. Se han conocido, que en las que pequeñas comunidades rurales se han quedado sin este recurso por la instalación de faenas minera en las inmediaciones ó por nuevas asignaciones de derechos de agua.

Figura N° 2

Arsénico en agua de ríos del norte de Chile

Río	Arsénico mg/l (Range)
Río Vilama	0.600-0.700
Río San Pedro	0.150-0.200
Río Silapeti	0.010-0.020
Río Toconce	0.600-0.900
Río Lequena	0.150-0.350
Río Colana	0.070-0.090
Río Inacaliri	0.080-0.090
Río Lluta	0.200-0.700
Río Lauca	0.300-0.400
Río San Pedro	0.400-0.500
Río San Salvador	2.00-2.50
Río Loa	1.50-2.50
Río Huasco	<0.005
Río Copiapó	<0.005

Fuente: Dirección General de Aguas Chile

### 1.1.2 Aire

En Chile, se encuentra As en el aire, no tan solo en la Región de Antofagasta, sino también en otras zonas, tanto por causas naturales como antrópicas. El As atmosférico se encuentra mayoritariamente en las zona norte, centro y sur del país. Esta estimación ha sido considerada por las autoridades como meta a alcanzar, en el futuro, una vez que se pongan en marcha los planes de descontaminación programados para la gran minería del cobre.

Mediciones hechas en los últimos años muestran niveles de As decreciente en el campamento minero de Chuquicamata y en la ciudad de Calama que son centros poblacionales impactados por las emisiones de la fundición.

Antecedentes de As en aire en áreas de trabajo de la fundición Chuquicamata (Figura N° 3 y 4) obtenidos por el método de “seguimiento” en que la concentración medida corresponde a la contaminación presente en el aire en los distintos ambientes a que el trabajador está sometido durante su faena, señalan que la contaminación es alta y muy variable. Sin embargo, es necesario destacar a este respecto que el método de seguimiento sobredimensiona el problema al no representar la cantidad real de contaminante que ingresa al organismo del trabajador por no estar considerado el rol protector de las medidas de seguridad, que en la gran minería, en los últimos años, son de uso obligatorio.

**Figura N°3**  
**Arsénico en polvo total ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{día}$ ) Región de Antofagasta Mayo-Junio 2008 Mediciones**  
**estáticas (24 horas)**

Localidad	As en aire
Urbana	
Calama	0.114
Antofagasta	0.053
Rural	
Lasana	0.106
Chiu-Chiu	0.086
Caspana	0.033
San Pedro de Atacama	0.029

**Fuente:** Dirección General de Aguas Chile

**Figura N°4**  
**Arsénico en polvo total en diversas áreas y sitios de trabajo de la fundición (mg/m3) Método de seguimientos Promedios Anuales (2008)**

Area y/o sitio Trabajo	n	Promedio
Horno flash		
Piso de carga	5	0.131
Piso de quemadores	5	0.078
Piso de sangría	5	0.043
Piso de operación caldera	5	0.148
Plataforma superior caldera	3	0.168
Horno reverberos		
Piso de operación	9	0.408
Plataforma de carga	3	0.090
Plataforma superior caldera	4	0.063
Piso de operación calderas	4	0.044
Convertidores	8	0.032

**Fuente:** Centro de Investigaciones Ecobiológicas y Médicas de Altura (CIEMA). División Chuquicamata-CODELCO Chile.

### 1.1.3 Suelo

El recurso suelo en la zona norte, ha sido evaluado en muy contadas ocasiones por su poca potencialidad agrícola derivada de las bajas temperaturas medias del suelo que impiden la germinación y desarrollo de la mayoría de las especies cultivables y la limitada disponibilidad de agua. Pero si nos situamos en la comunidad de Ventanas donde esta instalada un centro de fundición cuenta con un bajo desempeño en la agricultura ya que las emisiones han acelerado el proceso de erosión lo que ha destruidos los cultivos tradicionales y principalmente el trigo.

En comparación con una ciudad parecida en cuanto a habitantes y superficie es la

ciudad de Olmué, en donde esta actividad le reporta a la comuna 12.059 millones de pesos. Ingresos que esta comunidad ha dejado de percibir por la instalación de esta división de CODELCO. Aun así en la zona hay transmisión de As desde el suelo hacia los vegetales (Figura N°5)

**Figura N°5**  
**Concentración de As en vegetales**

Arsénico en agua de riego $\mu\text{g/l}$	Arsénico en vegetales ( $\mu\text{g/g}$ )						
	Repollo	Rábano	Acelga	Betarraga	Papa	Ajo	Cebolla
2				0.218		0.018	0.036
172	0.054	0.207		0.282	0.040		0.106
220	0.033		0.156		0.044	0.050	
619	0.715	0.938	0.520	0.718			

**Fuente:** Recursos Edáficos del Altiplano. Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos, Universidad de Chile.

#### 1.1.4 Recurso Humano: Social y Cultural

La intensa actividad minera desarrollada en la zona norte ha tenido y seguirá teniendo distintos impactos según sea la óptica considerada. A nivel macro ha significado importantes mejoramientos económicos para la población laboral, directa e indirectamente involucrada, así como para todo el país.

Una mirada más focalizada nos muestra importantes impactos negativos en algunos grupos humanos, especialmente, grupos indígenas, a los cuales no han llegado los beneficios de esta actividad. Esta población indígena se dedica, principalmente, a actividades agrícolas y ganaderas y, ocasionalmente, artesanales de subsistencia.

El creciente desarrollo ha generado un mayor contacto entre estas comunidades indígenas y los centros urbanos que se ha traducido en un intercambio socio

cultural entre pueblo y ciudad. Este proceso que ya dura medio siglo ha producido un continuo despoblamiento de los poblados indígenas cuyos habitantes migran a Calama y Chuquicamata atraídos por mejores expectativas que pronto ven frustradas, engrosando el número de personas sin trabajo estable que viven en condiciones marginales. Los fuertes movimientos migratorios se han traducido en el abandono de las formas tradicionales de uso de la tierra y una mayor presión sobre los recursos naturales.

La zona norte, además ser la cuna de los indígenas atacameños y de su riqueza minera, tiene un gran potencial turístico que a futuro podría verse disminuido por la destrucción del paisaje y testimonios arqueológicos que la actividad minera produce, materia que no está debidamente documentada.

#### **1.1.4.1 Impacto en la Salud Humana**

Estudios ecológicos recientes del caso chileno han mostrado el alto riesgo de la población de la II Región de Antofagasta de morir por cánceres asociados al As, fundamentalmente, broncopulmonar, vesical y renal. Otro efecto importante que se ha evidenciado es el aumento de los abortos espontáneos y las malformaciones congénitas, así como un menor peso al nacer de los hijos de las mujeres expuestas. Estudios, han mostrado evidencias de la asociación entre exposición laboral a As y lesiones de la piel y aparato respiratorio, también entre cáncer broncopulmonar y puestos de trabajo en faena minera.

Todos estos antecedentes demuestran que la población de la II Región de Antofagasta presenta alto riesgo de morir por cáncer como consecuencia de

exposición a As. Sin embargo, a pesar de todas estas evidencias, es necesario poder evaluar el riesgo debido a exposición por inhalación independiente de la exposición por ingestión y ponderar el impacto real que le corresponde a la exposición laboral, para que las autoridades del gobierno puedan tomar decisiones adecuadas sobre todo si se debe considerar que la minería, una de las causas del problema, es una importante fuente de ingresos para el país.

Estudios hechos en Chile señalan que no obstante existen en la minería muchos sitios de trabajo con elevados niveles de exposición a As por inhalación, el impacto humano a nivel regional de esta exposición resulta inferior al originado por el consumo de agua con arsénico, porque el número de trabajadores que ocupan estos puestos de trabajo es pequeño y por otra parte la magnitud de la carga de arsénico ingresada al organismo por vía inhalación es comparativamente inferior a la vía ingestión de agua. Existe un estudio que muestra que el promedio de concentración de As en orina de trabajadores de las diversas áreas de la fundición de Chuquicamata es de 0,186 mg/l con un 5,4% de trabajadores con signos cutáneos moderados y/o severos de arsenismo crónico, mientras que en el poblado atacameño de Chiu Chiu en que se consume agua con un elevado nivel de As (0,75mg/l) el promedio en orina es de 0,679 mg/l con un 26% de pobladores con lesiones cutáneas, situación que se repite en otros poblados del altiplano.

### **1.2.- Efectos Ambientales de la Acuicultura**

La industria de la acuicultura ha tenido una gran expansión en las últimas décadas y consecuentemente los efectos ambientales de esta actividad han recibido

merecida atención. Los efectos del impacto de esta industria tienen un amplio espectro, desde aspectos meramente estéticos hasta problemas de polución directos. Las operaciones de acuicultura producen considerables cantidades de efluentes, los cuales tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente

### **1.2.1.- Disminución de la Biodiversidad**

Se ha demostrado que la biodiversidad de organismos disminuye en diferentes zonas geográficas del sur de Chile como consecuencia de la actividad de salmonicultura. Un estudio de la Universidad Austral, bajo el alero del Instituto Tecnológico del Salmón (Intesal), reunió información de nueve sectores geográficos de la Décima Región, en los alrededores de Chiloé, donde hoy se concentra la mayor actividad salmonícola.

Luego de analizar en laboratorios una serie de muestras de los nueve sectores, con sus respectivos sitios de control, se llegó a la conclusión de que el fósforo es la mayor contribución de las salmoneras. Esto se explica por la gran cantidad de materia orgánica, alta en este elemento, que se deposita en el fondo de las balsas. Otra de las conclusiones fue la baja biodiversidad detectada en los alrededores de dichas balsas, factor directamente relacionado con lo anterior. Al depositar la materia orgánica en el fondo del mar se produce una disminución del oxígeno, lo cual lleva a una reducción de la flora y fauna de la zona, provocando una merma en la biodiversidad.

En el caso particular de salmonicultura en los fiordos, ecosistemas más vulnerables y únicos que se extienden entre la Isla Grande de Chiloé en la Décima

Región y el Cabo de Hornos en la Duodécima Región de Chile, los impactos negativos de esta actividad podrían traer consecuencias desconocidas.

Una de estas es que el acelerado crecimiento de las balsas jaulas en los fiordos, perjudicarían el desarrollo de una serie de corales en la zona de Palena, Undécima Región, que recién se comienzan a estudiar. La serie de corales, que no se creía sobrevivirían en zonas tan australes debido a las bajas temperaturas, fue encontrada por un grupo de científicos de la Fundación Huinay que ha estado trabajando en la zona.

Por otro lado, se puede destacar la agregación de sustancias químicas mediante la introducción de compuestos tales como las pinturas anti-incrustantes. Entre ellas, se ha encontrado que en el fondo, bajo las balsas jaulas, existe una gran concentración de cobre, la cual se correlaciona negativamente con la biodiversidad de organismos microscópicos que habitan en los sedimentos.

### **1.2.2 PVC, Antibióticos y Mareas Rojas**

Otro elemento que poseen las pinturas anti-incrustantes es el cloruro de polivinilo, más conocido como PVC. Para estabilizar este elemento se incorporan organotinas, las que básicamente son utilizadas como alguicidas y moluscicidas.

También ha sido posible detectar el uso, en altas concentraciones, de antibióticos, los cuales se encuentran incorporados en muestras de tejido de salmones. La principal razón del uso de antibióticos es el aumento del peso de los peces, sin

embargo, en países europeos en que se ha suprimido su uso se logra el mismo resultado en peso de los salmones.

Este es un hecho grave debido a que los microorganismos animales, tanto como los presentes en humanos, también generan resistencia que, a la larga, causa que la dosis requerida para el tratamiento de una enfermedad infecciosa necesite mayor cantidad de antibióticos.

Finalmente, existe una posible relación entre la descarga de residuos de origen orgánico proveniente de las balsas jaulas, la eutroficación y la generación de floraciones algales nocivas comúnmente conocidas como mareas rojas.

En el norte del país se ha detectado la presencia de marea roja en cultivos de ostiones y en el sur, donde existen cultivos de choritos y de salmones ha ocurrido lo mismo. Por ello, no es extraño suponer una relación, ya que en ambos cultivos se descarga exceso de materia orgánica. Esta materia posee un alto contenido de fósforo y nitrógeno, lo que favorece el crecimiento de algas y a su vez la presencia de toxinas y mareas rojas.

La práctica de la acuicultura puede tener además efectos no deseados sobre poblaciones silvestres tales como perturbaciones genéticas y transferencia de enfermedades por fugas o ingestión de alimentos contaminados.

## **2.- La Industria Forestal en Chile**

El sector forestal se posiciona como un pilar fundamental de la economía de Chile, con una participación del 4,5% del PIB Nacional.

Esta industria aporta con 130.000 empleos directos, con un alto efecto multiplicador que permite generar un total de 300.000 empleos en total (considerando la cifra anterior e indirectos), originados fundamentalmente en regiones.

Es el segundo sector exportador y el primero basado en un recurso natural renovable. El año 2010, los embarques llegaron a los US\$ 4.900 millones, con el 85% de ellos conformados por productos de alto valor agregado.

Genera un recurso sustentable, a partir de 50 mil hectáreas de forestación y 60 mil de reforestación promedio anual en la última década, donde más del 70% está acogido a sellos de certificación, reconocidos internacionalmente.

Abastece a una moderna industria de celulosa, papeles y cartones, madera aserrada y derivados, tableros, chapas y remanufacturas, entre otros, a partir de una cosecha anual de 40 millones de metros cúbicos de madera industrial, de los cuales el 98% proviene de estas plantaciones y sólo el 2% restante del bosque nativo.

Chile dispone de 15,9 millones de hectáreas de cobertura forestal (aproximadamente un quinto del área total del país), con bosques nativos que representan el 85,4 % (13,6 millones de hectáreas) y plantaciones forestales que llegan a un 14,6 % (2,3 millones de hectáreas), cifras que avalan la importancia de la actividad forestal en Chile.

Lo anteriormente expuesto demuestra que la industria forestal en Chile ha experimentado un crecimiento vertiginoso en la última década, el cual no siempre ha ido de la mano con la protección ambiental. En este sentido, se hace necesario

estimar la contaminación producida por la industria forestal. En la industria de celulosa, las principales fuentes de contaminación del agua se originan por el lavado de madera y descortezado, la condensación de digestores y evaporadores, el filtrado de lavadores de plantas de blanqueo y derrames de fibras y licores. Por otro lado, la contaminación atmosférica se origina, entre otros, por los procesos de combustión de óxidos de nitrógeno, y la emisión de gases de azufre reducidos, los aserraderos producen contaminación a partir de los desechos no utilizados, tales como corteza, aserrín y despuntes, los que también pueden producir contaminación de cursos de agua y/o del aire. En cuanto a la elaboración de tableros, el mayor debate se ha producido por el uso de formaldehído (HCHO) en la elaboración de tableros de partículas Y contrachapados, cuyas emisiones a la atmósfera presenta problemas para la salud humana, catalogados como, posible factor cancerígeno para el ser humano.

### **2.1.- De la Industria de la Celulosa**

La mayoría de las empresas de celulosa chilenas cumplirían con las restricciones de la DBO5, en cuanto a la temperatura diferencial y al límite de sólidos en suspensión (200mg/l), el 71,4% de ellas la cumple. Las emisiones a la atmósfera no constituyen un problema grave de contaminación, sólo existen problemas con las emisiones de SO2 por su bajo umbral de percepción en las personas; no obstante, se obtuvo información del 51,7 % de las empresas, y todas ellas cumplían con los límites máximos establecidos por la normativa vigente. La

totalidad de las empresas que informó sobre sus emisiones de partículas totales suspendidas (PTS) el 42,9% también cumple con las normas vigentes. En conclusión se puede ver, que las empresas están en el rango del 50% de la aprobación de las normas nacionales, ya que otras no entregan los datos para poder catalogarlas y el resto simplemente no la cumple. Pero en cuanto a las normas establecidas por los europeos solo un 30% de las empresas en nuestro país, cumplirían con dicha norma.

## **2.2.- De la Industria de Aserrío**

Los resultados de la muestra indican que el aserrín y la corteza generados por las empresas estudiadas reciben dos tipos de tratamientos: se queman en calderas o plantas térmicas, y se comercializa para ser utilizado en diferentes formas (tableros y otros). El baño antimanchas se realiza usando pentaclorofenato de sodio y se aplica al 69% de la producción. El 66,7% de los aserraderos encuestados utiliza riego en sus canchas de trozas, pero la mitad de ellos no cuenta con sistemas de recirculación de aguas, por lo cual éstos podrían estar sobrepasando la norma. Para los residuos industriales sólidos como son la corteza y el aserrín, existe un manejo de ellos en los aserraderos, ya sea como combustible o comercializados para la fabricación de otros productos. El 60% de los aserraderos encuestados deja en descomposición el aserrín generado en el proceso productivo y el 46,7% deja en descomposición o acopios la corteza. Por lo tanto, los últimos presentan un potencial riesgo de incendios o una potencial

contaminación de las aguas subterráneas por lavado e infiltración de las sustancias extraíbles presentes en la madera.

En conclusión, en cuanto a los aserraderos, los principales problemas dicen relación con el agua de las canchas de riego, el destino de la corteza y el aserrín, y la utilización de pentaclorofenato de sodio en el baño antimanchas. De los aserraderos con mayor producción, el 50% posee un sistema eficiente de recirculación de aguas y la totalidad de los desechos se utilizan. El 50% de la producción no considera manipulación directa con pentaclorofenato. Cabe destacar, que faltan empresas encuestadas, las cuales representan un alto grado de incumpliendo a las normas establecidas.

Resumiendo, las industrias forestales con menores índices de contaminación, son aquellas cuyos productos están destinados preferentemente a la exportación. Si bien el 57% de la producción forestal nacional, cumple con las normas establecidas por la ley vigente, cabe destacar que para parámetros internacionales, solo el 30% de estas las cumple y que para los análisis no fueron entrevistadas cerca del 40% de las industria menores, que se puede estimar que son las que menor grado de inversión tienen para evitar los problemas contaminantes.

### **3.- Contaminación atmosférica en Santiago industria del transporte**

El último caso a analizar es la contaminación que se genera en Santiago a raíz de la actividad del transporte, esta externalidad es extremadamente frágil en dicha ciudad.

En términos geográficos, La ciudad de Santiago está emplazada en un valle precordillerano, rodeada por elevaciones topográficas prácticamente en todo su entorno. Como muchos países, Chile ha sufrido los efectos de una urbanización descontrolada, producida por la migración de los habitantes de las zonas rurales hacia las grandes ciudades y, en especial, hacia la capital.

Son de sobra conocidos los efectos de todo tipo que produce esta concentración de habitantes en las zonas urbanas, siendo la contaminación del aire, sólo uno de ellos.

Por razones de mercado y de proximidad a los potenciales compradores, las principales industrias han tendido que instalarse en la capital, en épocas en las cuales los criterios urbanísticos y de uso del suelo no estaban aún desarrollados. Esta tendencia determinó que una parte importante de la pequeña y mediana industria, y un sector no despreciable de la industria pesada, se encuentre establecido en el perímetro urbano o en su cercanía. Por último, un 42,7 por ciento de todos los vehículos del país circulan en la Región Metropolitana, estimándose que el total de ellos alcanza a unos 420.000, de éstos, unos 13.000 son autobuses de transporte colectivo, casi todos provistos de motor diesel, y unos 30.000 son automóviles de alquiler, de los cuales algunos están provistos también de este tipo de motor. El planteamiento vial urbano no fue diseñado para esta cantidad de

vehículos, lo que ha significado la producción, en varios sitios de la ciudad, de zonas de embotellamiento de tránsito o de congestión de vías, lo que contribuye a agravar la situación. En líneas generales, quedan delineados los dos factores que influyen en la producción de contaminantes en la Región Metropolitana, de acuerdo al esquema clásico de fuentes fijas y fuentes móviles. Si a esto se suman las condiciones geográficas, topográficas y climatológicas adversas descritas anteriormente, es posible entender las razones por las cuales la ciudad de Santiago debe sufrir el problema de la contaminación de su atmósfera.

### **3.1.- Efectos en el hombre de los contaminantes atmosféricos**

**Contaminantes más frecuentes** Los elementos que pueden contaminar el aire son numerosos, pero se ha centrado la atención en algunos de ellos por ser los más frecuentes en el aire urbano. Ellos son el monóxido de carbono (CO), el anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO), el ozono (O<sub>3</sub>) y las partículas en suspensión.

**Monóxido de Carbono:** es un gas incoloro e inodoro de gran capacidad de dispersión. En el organismo humano bloquea la hemoglobina, con la cual se combina para formar carboxihemoglobina, impidiendo así el transporte normal de oxígeno a los tejidos. Si la concentración alcanzada es suficientemente elevada, produce la muerte por anoxia. En Santiago se ha sobrepasado la norma que es de 35 ppm en numerosas oportunidades en los últimos diez años, pero no hay evidencia de que se hayan alcanzado niveles sostenidos de 30 ppm o más. Concentraciones en la sangre de alrededor de un 7 por ciento disminuyen la

capacidad visual, la coordinación manual, la capacidad para aprender y ciertos trabajos mentales finos. Estos efectos se acentúan en forma proporcional con el aumento de concentración de CO en la sangre.

**Anhídrido Sulfuroso:** es un gas fuertemente irritante para el sistema respiratorio humano. Tiene un potente efecto constrictor del árbol bronquial y disminuye severamente la capacidad respiratoria, especialmente en personas asmáticas y otros portadores de enfermedades respiratorias. Además, puede transformarse con facilidad en ácido sulfúrico, también intensamente irritante. Dependiendo de las concentraciones existentes y del tiempo de exposición puede producir daños severos e irreparables en la función pulmonar. Su efecto sobre la vegetación es aún peor que sobre el hombre, produciéndose efectos negativos con concentraciones que no alcanzan a afectar — aparentemente — al ser humano.

**Óxidos de nitrógeno:** son gases irritantes de las vías respiratorias. En personas expuestas experimentalmente se ha podido observar aumento de infecciones respiratorias especialmente bronquitis aguda, seguramente por la acción facilitadora de estas infecciones de la inflamación producida por el contaminante. En general, producen también un efecto constrictor del árbol bronquial, lo que disminuye la capacidad respiratoria de los individuos. En animales de experimentación sometidos por cierto tiempo a la exposición, se ha observado modificación en el epitelio de las vías bronquiales y cambios degenerativos en la sustancia colágena del pulmón. Estas alteraciones patológicas son secuenciales y parecen ser definitivas.

Los niveles que se alcanzan en Santiago son variables, pero suelen exceder la norma, especialmente en la época de mayor contaminación. Este es un caso especial entre los otros contaminantes analizados hasta aquí, ya que es posible observar diferencias notorias de las concentraciones alcanzadas en diversos puntos de la ciudad.

**Ozono:** Es un átomo de oxígeno anormal, que tiene propiedades oxidantes más intensas que el oxígeno y que se encuentra escasamente libre en la naturaleza. Se forma como resultado de una reacción entre óxidos de nitrógeno y ciertos hidrocarburos reactivos en presencia de energía solar. Sus efectos son fuertemente irritantes en los ojos, nariz y garganta, y son muy perceptibles por la población. En ciudades que tienen altas concentraciones de ozono, la mayoría o una gran parte de las molestias observadas se deben a este tipo de contaminante. Otros efectos más graves e importantes incluyen el aumento de los ataques de asma y bronquitis obstructiva infantil y una reducción general de la capacidad respiratoria de personas afectadas. Existe también una disminución evidente del rendimiento físico de personas que realizan esfuerzos o deportes.

**Partículas en suspensión:** varios nombres se han usado para designar este contaminante atmosférico: humo, polvo y arena han sido los más usados. En realidad se engloba en esta denominación a numerosas partículas de distinto origen, peso y tamaño que se encuentran presentes en el aire. El efecto en la salud humana de las partículas depende en gran medida de su naturaleza, pero también de su tamaño. Una parte importante del material particulado total presente en la atmósfera de Santiago está constituido por polvo de suelo. Este se levanta por acción del viento, del tránsito vehicular y del uso general de terrenos y calles sin pavimentar y depende, lógicamente, de la naturaleza árida del terreno en que

se ubica la ciudad. Consiste en partículas de sílice de diverso tamaño y peso, y de diminutos trozos de material orgánico. Otra parte proviene de la quema de combustibles, sean de fuentes fijas o de vehículos. Esta fracción consiste en partículas de hollín, con algunas partículas cristalizadas. El resto proviene de procesos industriales, sea de acopios de materias primas o, más importantes, de procesos generadores de combustiones a altas temperaturas como hornos industriales y consiste en general en material cristalizado.

El tamaño de las partículas es determinante para sus efectos en la salud humana, por su diferente capacidad de penetración en el árbol respiratorio y por su permanencia en suspensión en el aire. Cuanto más pequeña es una partícula más tiempo permanecerá en suspensión en el aire y más profundamente penetrará en el pulmón humano. Las de menor tamaño penetran profundamente y pueden permanecer en los alvéolos pulmonares por años o para siempre. En el caso de la exposición crónica se observa también una disminución de la capacidad respiratoria y aumento de los casos de infección respiratoria aguda y crónica. En el caso de Santiago esta reacción es más que justificada, ya que el material particulado es el contaminante que con mayor frecuencia sobrepasa las normas establecidas y es, en general, un buen indicador de la concentración de contaminantes en la atmósfera. En la siguiente figura:

**Figura N°6**  
**Fuentes de emisiones contaminantes en la Región Metropolitana**

	PTS	SOx	NOx	COV	CO
Calderas y hornos industriales	3.444	4.440	740	472	19.651
Motores industriales de generación electricidad y otros	1	1	20	9	216
Procesos industriales	4.504	13.878	63	7.891	1.645
Calderas de edificios	209	702	70	5	95
Combustión residencial	1.661	379	237	419	20.114
Quemas a cielo abierto	438	26	161	847	2.377
Evaporación de COV no industrial	-	-	-	5.348	-
Polvos fugitivos sin chimenea	33.910	-	-	-	-
Combustión en fuentes móviles	2.661	3.008	11.530	14.011	183.057
<b>Total</b>	<b>46.828</b>	<b>22.434</b>	<b>12.821</b>	<b>29.002</b>	<b>227.155</b>

**Fuente:** Intendencia Región Metropolitana

Es probable que Santiago sea una de las ciudades del mundo con mayor concentración de estos agentes en su atmósfera, de acuerdo a algunos estudios.

#### Externalidades

— Disminuye la calidad de vida, entristeciendo y ensuciando las ciudades y paisajes.

— Produce molestias sensibles para toda la población, en forma de irritación de ojos, nariz y garganta.

— Agrava los padecimientos de determinadas personas que sufren enfermedades crónicas, especialmente respiratorias y cardiovasculares.

— desencadena ataques asmáticos y de bronquitis obstructiva en sujetos sensibles.

— Es causa de depresión psíquica en personas propensas. Además, existe evidencia indirecta de que se asocia a cáncer y malformaciones congénitas; sin embargo, los estudios epidemiológicos no son concluyentes en este aspecto.

Según un comité de expertos de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) reunidos en 1972, criterio en general aceptado hoy, las relaciones existentes entre la exposición a la contaminación del aire y la enfermedad humana son complejas y sólo parcialmente conocidas, ya que la enfermedad y la muerte son el límite extremo de una variada escala de respuestas orgánicas a la contaminación.

### **3.2.- Origen de los Contaminantes**

El origen de los contaminantes es conocido y la fuente de cada uno de ellos puede ser identificada, sea en forma individual o grupal. Lo que varía de una ciudad a otra es la forma en que las diferentes fuentes contribuyen al total de la contaminación urbana, y ello se debe, a su vez, a las diferencias en el modo de vida y de desarrollo de cada una. Se analizará, en primer lugar, el origen de cada contaminante por separado y trasladaremos después este análisis al contexto de la ciudad de Santiago.

- El monóxido de carbono proviene en un alto porcentaje de los vehículos provistos de motor bencinero. También lo producen los motores diesel y la combustión doméstica.
- El anhídrido sulfuroso proviene de la quema de petróleo, tanto en fuentes estacionarias, plantas generadoras de vapor, en vehículos con motor diesel, y también de algunos procesos industriales.
- Los óxidos de nitrógeno provienen de la quema de combustibles, especialmente de los automóviles que utilizan gasolina.
- El ozono y los otros oxidantes fotoquímicos se forman en la atmósfera por la reacción entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos en presencia de energía solar.
- Las partículas en suspensión provienen del suelo, de la quema de combustibles y de ciertos procesos industriales.
- Los metales pesados provienen de faenas mineras y de fundiciones.
- Los hidrocarburos provienen del petróleo y de los gases de escape de los vehículos de motor.

La situación de la Región Metropolitana difiere de otros lugares del mundo que sufren contaminación atmosférica por sus características geográficas y meteorológicas y por el tipo de emisiones. Por ello la situación no es enteramente comparable a la de otros sitios ni los valores de emisión por fuente son iguales. Es posible, incluso, que los efectos en la salud de concentraciones de contaminantes similares a los que se encuentran en otras ciudades puedan ser diferentes. La contribución que las distintas fuentes hacen a la contaminación atmosférica en la Región Metropolitana ha sido analizada en varios estudios, tomando como referencia la emisión teórica calculada a base de factores de emisión. Entre estos estudios pueden citarse los de CORFO-MINSALUD (1996), Universidad de Chile-Odeplan (2001), Universidad de Chile (2008) e Intendencia Metropolitana-BID-CADE-IDEPE. Para los contaminantes gaseosos se tomó como referencia los resultados del estudio efectuado por un grupo de trabajo de la Universidad de

Chile (2008) y para las partículas en suspensión las conclusiones del "Estudio de Caracterizaciones Físicas y Químicas de Partículas en Suspensión en la Región Metropolitana", realizado también por la Universidad de Chile. Cabe hacer presente que los estudios señalados tienen algunas limitaciones que es importante tener en cuenta. En primer lugar, las estimaciones de las emisiones de contaminantes gaseosos fueron hechas con factores de emisión de países extranjeros, que bien pueden no corresponder a la realidad chilena. En segundo término, el estudio de partículas en suspensión adolece de algunas deficiencias tales como una identificación relativa de las fuentes de contaminación en el modelo utilizado con los contaminantes emitidos, y la no consideración de los procesos industriales como fuentes de emisión. El cuadro siguiente muestra cuál es el aporte a cada contaminante, de cada tipo de fuente, expresado en porcentaje:

**Figura N°7**  
**Nivel de contaminantes según su fuente**

Tipo de Fuente	C O	NOx	HC	SOx	PTS
<b>1 Fuentes fijas</b>					
Calderas y hornos	1,2	6,9	1,3	58,1	8,0
Procesos industriales	0,6		3,0	26,6	
Terminales de transporte	0,2	0,7	0,9	-	
Distr. de combustibles			9,5	-	
Residencias	5,8	4,6	8,0	1,0	
Polvo de calles					64,0
<b>2 Fuentes móviles</b>					
Vehículos gasolina	89,3	45,2	72,2	3,0	3,0
Vehículos diesel	2,9	42,6	5,1	11,3	25,0
<b>Totales</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** Ministerio de Salud, Servicio de Salud del Ambiente Boletín Estadístico. Santiago de Chile

Al analizar estas cifras es necesario tener presente que se trata de porcentajes, y no de cifras de emisión total ni de emisiones en relación a las normas de calidad del aire. El ozono no figura en el cuadro resumen porque se trata de un contaminante secundario, como ya se dijo, y en su generación influyen otros contaminantes y la radiación solar. En todo caso, sus concentraciones se relacionan con los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, por lo que es posible atribuirlo en un alto porcentaje a las fuentes móviles. Es posible apreciar que algunos contaminantes se asocian claramente con las fuentes fijas, como los óxidos de azufre y el material particulado (PTS). Otros se originan evidentemente en las fuentes móviles, como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC). Esto da un indicio de cuáles son, en forma gruesa, los orígenes de los contaminantes y orientan hacia el tipo de solución que se requiere adoptar para resolver cada caso. Sin embargo, este análisis es insuficiente para poder determinar con claridad cuál es exactamente el problema y cómo enfrentarlo. Si bien es cierto que ninguna presencia de contaminante puede considerarse beneficiosa para la salud, a toda concentración, es evidente que algunos encierran más peligro sanitario que otros, sea por su acción patogénica más enérgica o porque sus concentraciones son especialmente elevadas. Visto el problema desde este punto, es posible decir que las fuentes móviles representan mucho más riesgo para la salud que las fuentes fijas. Las razones son las siguientes:

Los contaminantes atribuibles a las fuentes fijas en mayor proporción son los óxidos de azufre y las partículas en suspensión. Sin embargo, los óxidos de azufre no superan, en general, las normas de calidad del aire, con las salvedades que se expresaron antes y no son, por lo tanto, una prioridad en cuanto a solución. En cuanto a las partículas en suspensión, es necesario recordar el concepto de respirabilidad que se analizó antes para determinar su importancia como agente patógeno. Si el volumen total de material particulado se analiza desde ese punto de vista, se obtiene lo que se muestra en la figura N°8

**Figura N°8**  
**Aporte estimado por fuente a la fracción respirable**

Tipo de fuente	Aporte (%)
Polvo de calles	15
Calderas	9
Vehículos	75
-	4,0
- diesel	71,0

---

**Fuente:** Ministerio de Salud, Servicio de Salud del Ambiente Boletín Estadístico. Santiago de Chile

De tal manera que el aporte de los vehículos, en especial los provistos de motor diesel, es importantísimo en la fracción de las partículas que producen serio daño a la salud. Si se suma a este hecho que los vehículos generan también los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos, peligrosos de por sí y además generadores de ozono, se verá que la contaminación atmosférica de la Región Metropolitana, en lo que se refiere a efectos en la salud, está estrechamente ligada a los vehículos de motor, y mucho menos a la producción industrial. Si bien el polvo del suelo es muy importante en cuanto a porcentaje de aporte a las partículas totales, su importancia disminuye notablemente en los aspectos de salud, ya que se trata en general de partículas grandes y pesadas con poco efecto en la salud de la población.

Si el análisis se profundiza más se verá que las emisiones vehiculares pueden dividirse en dos: las que provienen de los vehículos bencineros y las que son generadas por los vehículos diesel. Los primeros son responsables de casi todas las emisiones de monóxido de carbono, de dos terceras partes de los hidrocarburos y la mitad de los óxidos de nitrógeno. Los motores diesel, en

cambio, generan más de dos tercios de las partículas respirables y casi la mitad de los óxidos de nitrógeno. Hacen, además, una contribución no despreciable a los óxidos de azufre. No es una exageración, por lo tanto, asociar la contaminación atmosférica metropolitana con su parque vehicular, sin que ello signifique ignorar los aportes de las fuentes fijas. Pero desde el punto de vista de las prioridades en lo que se refiere a la búsqueda de soluciones no existe duda alguna. Otras fuentes menores de contaminación atmosférica son muchas veces mencionadas, en ocasiones en forma que no guarda relación con su importancia: la quema de hojas, el barrido de calles y la calefacción domiciliaria se cuentan entre ellas, aunque existen indicios de que esta última podría estar adquiriendo importancia creciente en el último tiempo.

**CAPÍTULO III**  
**VALORACIÓN DE LAS EXTERNALIDADES**

## **Valoración de las Externalidades**

### **1.- Externalidad Sobre el Suelo**

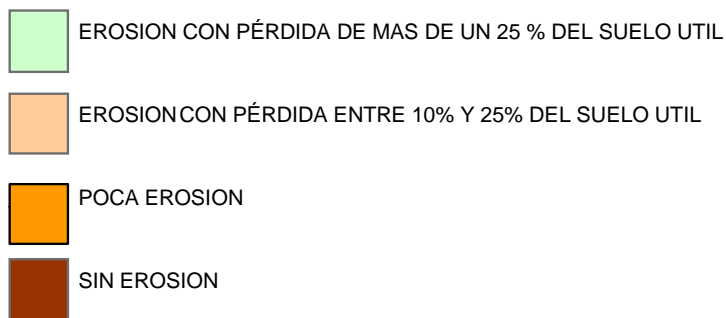
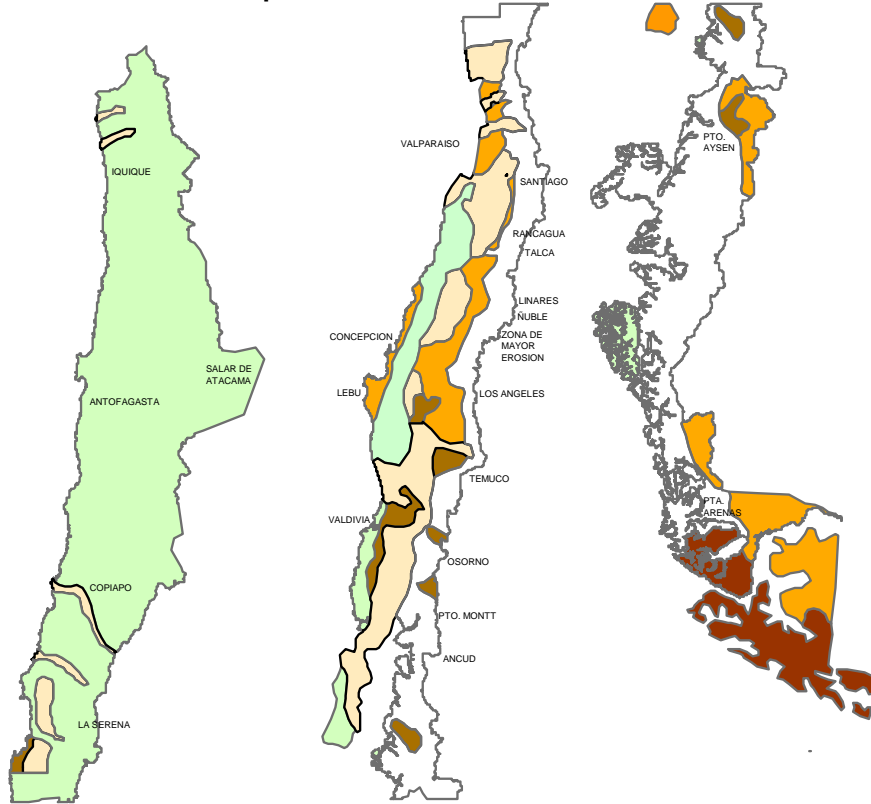
En este capítulo se llevara a cabo, la metodología y datos de las externalidades en base a la industria del cobre. Para ello se determinarán externalidades como los gases contaminantes, que influyen en las personas y en la industria agrícola como factores negativos. Se comenzará viendo el impacto en el suelo, factor principal e indispensable para poder realizar la producción de bienes de la agricultura.

La pérdida del suelo en Chile, debido a la erosión provocada por la minería, constituye un fenómeno dramático, debido a que se trata de un recurso natural, que en términos prácticos no es renovable. Esta pérdida irrecuperable, condiciona en gran medida a casi todos los demás aspectos y expresiones del medio ambiente, que a su vez constituyen la base o cimiento del desarrollo sustentable.

El fenómeno de la erosión, también debido a otros factores históricos, económicos, y/o climáticos, ha tenido lugar, preferentemente en latitudes, correspondientes al territorio comprendido entre las regiones primera y décima.

En 2008, un estudio permitió generar un Mapa de la Erosión en Chile, el cual identificó las zonas más erosionadas del país. (Ver Figura 9).

**Figura N°9**  
**Mapa de la Erosión. Áreas más erosionadas de Chile**



**Fuente:** Tesis Universidad Católica, Escuela de Agronomía, impacto minero en los suelos chilenos 2009

Este estudio permite darnos cuenta que las áreas en donde se centra la industria de la minería en nuestro país, sufre un alto desgaste del suelo por erosión, ya que las zonas del norte tienen una pérdida del más del 25%.

Mientras que las regiones centro del país sufren una pérdida entre el 10% y un 25%.

Cuantificar las zonas más afectadas en la fertilidad de los suelos, fue posible al estudio de variables relevantes para la producción agrícola. Se tomó una muestra de los suelos mas afectados en las zonas de nuestro país, para poder comparar las pérdidas de fertilidad en los últimos 30 años. Los datos arrojados se pueden observar en la figura N°10. Todas estas variaciones se deben a la explotación minera, en las cuales represente un costo para la industria agrícola.

**Figura N°10 porcentajes de impacto en el suelo**

FACTOR DEL SUELO	CAMBIO ADVERSO	IMPACTO DE PERDIDA
Características químicas del suelo	Desequilibrio químico.	25%
	Salinización.	13%
	Eliminación excesiva de nutrientes	68%
Características físicas del suelo	Compactación/arado con trailla (estructura pobre).	59%
	Estructura adversa debido a cambios químicos (sales).	70%
	Eliminación de vegetación perenne.	32%
Organismos suelo	Eliminación de vegetación y arado (lombrices pequeñas y microorganismos)	88%
	Patógenos (por ejemplo, lodos).	11%
	Productos químicos tóxicos.	65%

**Fuente:** Tesis Universidad Católica, Escuela de Agronomía, impacto minero en los suelos chilenos 2009

Estas pérdidas, y según los estudios de los agrónomos de la Universidad Católica de Chile, permiten afirmar que la erosión del suelo para la agronomía en los últimos años por causa de la explotación minera es del 25%.

## **2.- Externalidad Sobre la Salud**

A continuación veremos otra externalidad que provoca la minería del cobre, en relación a los efectos que produce en la salud de los trabajadores y en personas que sufren por la cercanía de las instalaciones de esta empresa.

La principal causa de enfermedades que se registran por efecto de la contaminación de la minería del cobre, se debe particularmente al exceso de los tóxicos como el arsénico.

El As (Arsénico) es un componente natural de suelos y minerales. Por tanto, siempre habrá posibilidad de contacto/exposición y de eventual daño. El As se puede encontrar en suelos, aire, agua superficial, agua subterránea, sedimentos y biota. Otras fuentes de As son: agua (pozos artesianos), preservador de maderas, herbicida, fármacos veterinarios, remedios folklóricos y tónicos y principalmente en fundición de cobre y plomo.

Se ha considerado que el total de la población chilena que está expuesta a estos factores negativos en la salud son cerca de 500.000 personas, de las cuales cerca del 10% pertenecen a los propios trabajadores de esa industria.

Las rutas de exposición al As son vía respiratoria o de ingesta, esta última se da principalmente por aguas contaminadas.

El efecto es acumulativo en organismo por exposición crónica. Ocasiona afecciones como: alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos) con efectos secundarios en el sistema nervioso, irritación de los órganos del aparato respiratorio, gastrointestinal, y hematopoyético y acumulación en los huesos, músculos y piel, y en menor grado en hígado y riñones. La toxicidad del arsénico depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad.

El As inorgánico ingerido pasa al torrente sanguíneo, donde se enlaza a la hemoglobina y en 24 horas puede encontrarse en el hígado, riñones, pulmones, bazo y piel. Se almacenan en: la piel, el hueso y el músculo. La excreción del As

ocurre en la orina a través de los riñones. Cuando la ingestión es mayor que la excreción, tiende a acumularse en el cabello y en las uñas.

La sensibilidad de las personas a los efectos tóxicos del arsénico inorgánico varía, dependiendo entre otros de la genética, metabolismo, dieta, estado de salud y sexo. Los más vulnerables son los niños y las personas con un estado nutricional deficiente. Se identifican 4 pasos al tener As en el cuerpo.

1. Preclínico: el paciente no muestra síntomas, pero el As puede ser detectado en muestras de tejido y orina.
2. Clínico: oscurecimiento de la piel (melanosis) comúnmente en la palma de la mano, manchas oscuras en el pecho, espalda, miembros y encías. Un síntoma más serio es la queratosis o endurecimiento de la piel en forma de nódulos sobre las palmas y las plantas de las manos y los pies. La OMS estima que esta etapa requiere una exposición al arsénico de 5 a 10 años.
3. Complicaciones: síntomas clínicos más pronunciados y afectación de los órganos internos. Estudios han reportado dilatación del hígado, los riñones y el bazo. También hay información de vinculación en esta etapa con conjuntivitis, bronquitis y diabetes.
4. Malignidad: desarrollo de tumores o cánceres que afectan la piel u otros órganos. En esta etapa, la persona afectada puede desarrollar gangrena o cáncer de piel, pulmón o vejiga.

En nuestro país se identificaron como principales enfermedades: Leucodermia, Melanosis, Hiperpigmentación. Enfermedades Respiratorias, Cardiovasculares y Cáncer ya sea Vejiga, Hígado, Piel y Pulmón.

A continuación se muestra el cuadro de la valoración de estas enfermedades por causa del arsénico. Cabe destacar que este registro pertenece a un estudio de la Universidad de Católica.

**Figura N°11 Enfermedades por causa del Arsénico**

Enfermedad	N° de atenciones	Mortalidad	Trabajadores	Personas naturales	Costo anual moderado	Costo anual avanzado
Leucodermia	98.690	0	78.952	19.738	357.000	750.000
Melanosis	78.455	0	62.764	15.691	345.000	600.000
Hiperpigmentación	456.000	0	364.800	91.200	656.000	980.000
Enf. respiratorias	596.490	59.332	477.192	119.298	98.000	2.560.000
Enf. Cardiovasculares	241.540	23.455	193.232	48.308	550.000	2.250.000
Cáncer vejiga	1.232	987	986	246	2.282.250	6.572.018
Cáncer hígado	1.344	1.260	1.075	269	2.899.800	7.450.000
Cáncer a la piel	2.436	2.308	1.949	487	3.250.000	8.500.000
Cáncer al pulmon	3.416	3.394	2.733	683	3.600.000	8.700.000

**Fuente:** Tesis Universidad Católica, Escuela de Medicina. Impacto en la salud chilena por consecuencia de la explotación de arsénico 2009.

Todos estos datos, son por causas originadas por la industria de la minería tanto en el norte del país como en la zona centro. El total de atenciones se divide en trabajadores del cobre y en personas naturales, las cuales son afectadas por la cercanía a las instalaciones de la empresa. Posteriormente se muestran los costos asociados a las enfermedades relacionas, las que se dividen en moderado y avanzado, los cuales dependen de la gravedad de la enfermedad.

Para obtener datos congruentes en cuanto a los costos de la salud y su impacto en la valoración del PIB, se debe realizar un VAN, ya que es la única forma de poder traer los costos de las enfermedades a valor presente, ya que de no realizarse de esta forma, no tendría validez.

Las tres primeras enfermedades serán agrupadas por enfermedades de piel, las cuales tendrán un costo promedio anual entre moderado y avanzado, ya que esta enfermedad en promedio dura un año para su eliminación y tiene un tiempo entre 4 a 6 meses en evolucionar de moderada a avanzada.

Posteriormente están las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las cuales se presentan en promedio después de 20 años que el individuo tiene contacto seguido con el arsénico. Estas enfermedades a diferencias de las de piel tienen un periodo mas largo de traspasar de moderado ha avanzado, que en promedio son de tres años de pasar de una etapa a la otra. Finalmente son

agrupados los canceres que son de Vejiga, Hígado, Piel y Pulmón. Estos al igual que las otras enfermedades (respiratorias y cardiovasculares) tienen en promedio tres años de pasar de una etapa moderada a la etapa avanzada<sup>1</sup>. Pero estos canceres se demoran en promedio ochos años en manifestar los primeros síntomas que serian encasillados en una etapa moderada.

---

<sup>1</sup> Según explicación del Doctor Mario Santelices. Especialista en tratamiento de canceres de la Universidad de Chile

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

## Resultados

### 1.- Suelo

Finalmente con los datos obtenidos se está en condiciones de interpretarlos y poder validar o no la hipótesis planteada a comienzo de este estudio.

**Figura N°12 Sobrevaloración del suelo**

Año	PIB	% agricultura	pib agricultura	Perdida	PIB - Perdida	Sobrevaloración
1980	16.455.701	0,039	641.772	213.924	16.220.163	
1981	17.234.454	0,041	706.613	235.538	16.985.401	1,45
1982	18.678.999	0,04	747.160	249.053	18.406.145	1,46
1983	20.988.734	0,039	818.561	272.854	20.718.650	1,29
1984	21.322.456	0,038	810.253	270.084	21.056.466	1,25
1985	21.566.734	0,037	797.969	265.990	21.268.366	1,38
1986	23.555.347	0,038	895.103	298.368	23.170.372	1,63
1987	25.664.984	0,045	1.154.924	384.975	25.283.997	1,48
1988	27.213.344	0,042	1.142.960	380.987	26.839.880	1,37
1989	28.009.822	0,04	1.120.393	373.464	27.637.398	1,33
1990	28.647.994	0,039	1.117.272	372.424	28.239.219	1,43
1991	29.198.223	0,042	1.226.325	408.775	28.792.940	1,39
1992	29.654.884	0,041	1.215.850	405.283	29.223.035	1,46
1993	30.128.988	0,043	1.295.546	431.849	29.724.529	1,34
1994	30.334.412	0,04	1.213.376	404.459	29.915.325	1,38
1995	30.664.874	0,041	1.257.260	419.087	30.227.552	1,43
1996	31.237.289	0,042	1.311.966	437.322	30.793.280	1,42
1997	33.300.693	0,04	1.332.028	444.009	32.830.879	1,41
1998	34.376.598	0,041	1.409.441	469.814	33.910.359	1,36
1999	34.115.042	0,041	1.398.717	466.239	33.615.991	1,46
2000	35.646.492	0,042	1.497.153	499.051	35.118.305	1,48
2001	36.850.288	0,043	1.584.562	528.187	36.298.013	1,50
2002	37.655.139	0,044	1.656.826	552.275	37.068.188	1,56
2003	39.130.058	0,045	1.760.853	586.951	38.493.084	1,63
2004	41.541.807	0,046	1.910.923	636.974	40.879.124	1,60
2005	44.178.853	0,045	1.988.048	662.683	43.300.826	1,99
2006	57.262.645	0,046	2.634.082	878.027	56.324.353	1,64
2007	59.890.971	0,047	2.814.876	938.292	58.909.515	1,64
2008	62.646.126	0,047	2.944.368	981.456	61.606.848	1,66
2009	64.954.930	0,048	3.117.837	1.039.279	64.954.930	
<b>TOTAL</b>	<b>1.012.106.881</b>		<b>43.523.017</b>		<b>997.813.133</b>	<b>1,41</b>

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura N° 12, podemos darnos cuenta del peso que tiene la agricultura en relación al PIB que en promedio es de un 4% durante el periodo 1980 y 2009. De esta forma podemos determinar el porcentaje de sobrevaloración que tiene la externalidad de la industria del cobre en la agricultura.

Encontramos la pérdida en términos monetarios que se observa en la columna con el mismo nombre, cuyo valor muestra lo que deja de ganar la industria agrícola por año. En la última columna tenemos la variación anual de la pérdida del PIB con respecto al PIB sin el impacto de la externalidad, y finalmente podemos encontrar la sobreestimación general sacando el promedio de todos los años del periodo

estudiado, generándose un 1,41% ya que el impacto es en el siguiente año por ende podríamos afirmar que el calculo del PIB esta sobreestimado.

Esto demuestra que la agricultura esta dejando de ganar en la misma proporción y que esto va a seguir durante los años si nadie toma conciencia del impacto económico que tienen las externalidades.

## 2.- Salud

Teniendo la totalidad de los costos estos se deben traer a valor presente, y que han sido descontados con la tasa de política monetaria que en promedio es del 4,5%. Estos valores se pueden observar en el anexo como costo de las enfermedades, los cuales están separados por año y por enfermedad. Estos datos son en millones de pesos.

**Figura N°13 Costos de las Enfermedades**

	2006	2007	2008	2009
<b>PIB</b>	57.262.645	59.890.971	62.646.126	64.954.930
<b>Enfer. De Piel</b>	15.490	15.490	15.490	15.490
<b>cardiovascular</b>	257.240	311.587	365.933	420.280
<b>Respiratoria</b>	628.343	781.044	933.745	1.086.447
<b>canceres total</b>	53.515	56.630	59.745	62.860
<b>total costo</b>	954.588	1.164.751	1.374.914	1.585.077
<b>pib - costo</b>	56.308.057	58.726.220	61.271.213	63.369.853
<b>Tasa descuento</b>	3,14067901	3,28200956	3,42969999	3,58403649
<b>PIB VAN Exter</b>	17.928.625	17.893.373	17.864.890	17.681.140
<b>PIB VAN</b>	18232568,4	18248262,2	18265774,4	18123400,8

**Fuente:** Elaboración propia

Teniendo todos los costos en valor presente, solo queda calcular el total de los costos y así comparar el VA PIB con el VA del PIB menos los costos generados por las externalidades y ver si existe sobrevaloración y de cuanta

sería en el caso de existir. Para ello la Figura N°13 hace un resumen de la comparación de los PIB.

**Figura N°14 Sobrevaloración Salud**

<b>PIB VAN Exter</b>	<b>500.749.712</b>
<b>PIB VAN</b>	<b>503.197.109</b>
<b>Sobrevaloración</b>	<b>0,49%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Como podemos observar, nuevamente el PIB esta sobreestimado y en un 0,49% en relación al costo que produce el arsénico en los trabajadores y principalmente en la salud de estos.

Finalmente podemos decir que por los dos ámbitos analizados, la agricultura y las enfermedades que causan la emisión de arsénico, produce un daño social que es cuantificable, pero que no se considera a la hora de ser valorada, por la empresa en cuestión. Es por ello que se puede afirmar que ésta pérdida que genera una empresa, es el mismo beneficio de ésta que en total suman un 2%, lo mismo que se sobrevalora el índice del PIB en el periodo 1980 y 2009. De no tomar medidas al respecto esto perdurara en el tiempo.

## Conclusión

El uso indiscriminado de desechos tóxicos por parte de la industria del cobre ha traído pérdidas para nuestro país, logrando impactar a la economía nacional en términos macroeconómicos como es el cálculo del PIB, y este al estar alterado modifica otras variables que son de su dependencia. Pero no sólo afecta a la economía en términos de índices macro, sino que también se ve afectada las familias al dejar de percibir ingresos ya sea por pérdida en la fertilidad del suelo en el caso de los agricultores y por costear los daños en la salud, de las diversas enfermedades que son originadas por la expulsión de arsénico por las empresas productoras de cobre.

Por consiguiente es efectivo cuantificar las externalidades, sabiendo que en la economía existen tanto negativas como positivas. Estas son posibles identificarlas día a día, ya que no siempre van a generar un costo económico. El hecho es que éstas llegan a ser tan poderosas que pueden modificar un índice macroeconómico, por ende sus impactos, si lo vemos de un modo más micro, es decir, en una sola empresa que sea afectada, puede llegar a ser tan fuerte el impacto, que la podría arrojar a una quiebra.

En cuanto a las externalidades más significativas en nuestro país como son la industria del cobre, forestal y el transporte (más enfocado en la Región Metropolitana) son de gran importancia por efecto de que se omiten valores que distorsionan la economía de nuestro país. Si bien en esta tesis se abordó en profundo sólo el efecto de la industria minera del cobre y otros sectores menores, sabemos que las otras van a tener el mismo resultado que por causa de omitir estas externalidades, el cálculo del PIB está sobreestimado, lo cual sería más elevado de lo que se presentó en este trabajo.

El cobre en Chile produce los ingresos más significativos para nuestro país, ya que dependemos mucho de esta exportación, por el hecho de tener una ventaja comparativa en términos de intercambio comercial. Por el mismo hecho

de que es la base económica se trata de maximizar todo los factores productivos y de minimizar los costos, para que las utilidades sean lo más altas posibles. Es ahí en donde nace el problema de la externalidad, ya que los altos índices de emisión de arsénico han provocado daños cuantificables en la economía. Los daños más observables se dan en la agricultura, la salud de los trabajadores y en las personas aledañas a las instalaciones de las empresas del cobre.

En relación a la agricultura, durante el periodo 1980 hasta la fecha se ha perdido un 25% en la fertilidad del suelo. Este 25% de perdida en la fertilidad provoca una sobrevaloración del PIB en un 1,41%. Que en promedio es lo mismo que se pierde año a año.

Finalmente las enfermedades por causa del arsénico provocan un impacto en la salud de los trabajadores y en sus bolsillos a la hora de gastar en los tratamientos correspondientes, en caso contrario, si el dinero no sale del bolsillo de las familias, son egresos del gobierno, pero en definitiva el costo siempre existe. En definitiva este caso de las enfermedades, se tuvo que traer a valor presente, ya que se produjeron en años anteriores al actual lo que arroja una sobrevaloración de un 0,49%.

En definitiva el PIB esta sobrevalorado en un 2% en el periodo 1980 y 2009. Lo que podemos afirmar que otros valores que se asocian a este también están distorsionados.

Queda comprobado que las externalidades no es algo que sólo se puede observar y que sabemos que puede provocar impacto, con esta tesis, se observa claramente el daño y las pérdidas económicas que producen para un país entero.

## Glosario

**Biota** designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada.

**Tejido hematopoyético** es el responsable de la producción de células sanguíneas.

**Pirometalurgia** rama de metalurgia en que la obtención y refinación de los metales se procede utilizando calor.

**Boro** es un elemento químico de la tabla periódica que tiene el símbolo **B** y número atómico 5. Es un elemento metaloide, semiconductor, trivalente que existe abundantemente en el mineral bórax.

**Leucodermia**; afección cutánea caracterizada por la aparición de placas blancas rodeadas de una areola oscura a consecuencia de la repartición desigual del pigmento cutáneo.

**Melanosis**: Es una enfermedad fúngica producida por un hongo denominado Mellanosella apis, es infecciosa, afecta el sistema reproductivo de la abeja reina, causándole la esterilidad.

**Eutrofización** designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema

## **Bibliografía**

- Sancha A.M. “Arsénico en Chile: Contenidos naturales y contaminación”. Simposio Taller Impacto Ambiental de Metales Pesados en Chile: Estrategias de Solución”. INIA, 1994 Chile.
- Ministerio de Salud, Servicio de Salud de Antofagasta. Primeras Jornadas sobre Arsenicismo Laboral Ambiental, II Región, Chile, 1990. O’Ryan R., Ulloa A. “Amenazas al Comercio por Consideraciones Ambientales: El Caso de la Minería” en Las Nuevas Caras de Proteccionismo. Editor R. Fischer. Ediciones Dolmen S.A. Chile
- Santolaya B.R.; Corco S.L.; Santolaya C.R.; Sandoval M.M.; Alfaro T.R. “Arsénico. Impacto sobre el hombre y su entorno. II Región de Chile (Antofagasta) Programa Ambiente 02 (1992-1993) Centro de investigaciones Ecobiológicas y Médicas de Altura (CIEMA). División Chuquicamata-CODELCO Chile.
- Gallo R.H. “Estimación de las Emisiones actuales y futuras de Arsénico en las Fundiciones Chilenas, Soluciones propuestas para disminuirlas, Sus inversiones y Costos de Operación y las Emisiones que se esperan”. Proyecto FONDEF/U. de Chile. Mayo 1997, Santiago, Chile.
- Sandoval O.H. “Límites de Tolerancia Biológica en Trabajadores Expuestos”. Primera Jornada sobre Arsenicismo Laboral y Ambiental, II Región, Chile”, Antofagasta, 1990 (75-82).

## Paginas Web

- [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)
- [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl)
- [www.ine.cl](http://www.ine.cl)
- [www.minsal.cl](http://www.minsal.cl)
- <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2280704>
- <http://www.economia.cl/1540/channel.html>
- <http://www.minhda.cl>
- [www.corma.cl](http://www.corma.cl)
- [www.cochilco.cl](http://www.cochilco.cl)

## **Anexos**

### **Casos a modo de ejemplo**

#### **Pascua Lama: ¿Minería Responsable?**

El proyecto Pascua Lama es un proyecto minero de extracción de oro, que se encuentra en la Cordillera de los Andes en la Tercera Región en el Valle del Huasco, a 150 km. al este de la ciudad de Vallenar, en Chile y en el Departamento de Iglesia, Provincia de San Juan, Argentina, a 300 km. al noroeste de San Juan. El yacimiento contiene alrededor de 465 toneladas de oro, con una inversión de 1.500 millones de dólares y ganancias de 10 mil millones de dólares.

La extracción de oro incluye molienda, acidulación, oxidación, neutralización, remoción de oro y refinación. En cada una de estas etapas ocurren procesos dañinos para el medio ambiente. En la etapa de molienda y extracción de oro se liberan al aire metales como el arsénico, el cual es tóxico para quien los inhale. La acidulación incluye la adición de ácido sulfuroso, que por sus características puede contaminar las aguas ante una eventualidad.

Durante la remoción de oro se utiliza cianuro, elemento que también es un factor de riesgo de contaminación de aguas. A la vez se recupera una parte de mercurio, lo que no se recupera se volatiliza al aire y es altamente contaminante. A esto hay que agregar los depósitos de estériles - que corresponden a grandes acumulaciones de material inservible- pudiendo generar aguas ácidas que escurran hacia el río Estrecho y hacia fuentes de agua subterránea.

Además de los impactos ambientales negativos que significan el tranque de relaves, depósito de estériles, contaminación del agua del río Estrecho, contaminación de fuentes subterráneas y traslado de glaciares para acentuar aún más la disminución de fuentes de agua de una zona desértica, hay que agregar

los impactos negativos sociales y económicos, que distan mucho de significar más empleo y desarrollo para la zona.

En primer lugar tenemos la afectación de las zonas de pastoreo de las comunidades indígenas huascoalinas -descendientes de diaguitas- a las que se les negará el acceso de sus animales. Por otro lado, se habla de emplear a 4 mil personas en la etapa de construcción del proyecto y 1.500 en la etapa de operación del proyecto. Resulta una suma irrisoria si consideramos la afectación de las aguas de la zona, que emplea a alrededor de 8.500 agricultores, y que sólo un porcentaje de los trabajadores de Pascua Lama serán chilenos, de ellos, tal vez sólo 50 personas sean de la provincia afectada. Si a esto agregamos el daño a una zona con un potencial turístico importante, con patrimonios arqueológicos de antigua data, los problemas de delincuencia, tránsito de camiones y pobreza que acarrea cualquier proyecto minero, estamos hablando de un desastre ecológico y social de proporciones, que aún se puede evitar.

### **Problemas ambientales de Bahía Concepción y San Vicente**

La Octava Región posee 580 km. lineales de costa y se caracteriza por tener cuatro sistemas semicerrados: Bahía Coliumo, Bahía Concepción, Bahía San Vicente y Golfo de Arauco, todas ellas abiertas al cuadrante norte. Éstas son áreas de uso múltiple (Ahumada, 1995), siendo las de mayor explotación -portuario, industrial, urbano y recreacional.

### **Bahía San Vicente**

La Bahía San Vicente está localizada en la costa central de Chile. En sus riberas, se ubica un complejo industrial con características de uso heterogéneas, que vierte sus residuos líquidos al mar vía escurrimiento sobre la arena. Las

principales actividades de la bahía son el cabotaje, terminales de hidrocarburos (gas, petróleo), vertimientos industriales, desembarques pesqueros, vertimientos de aguas municipales y navegaciones turísticas.

Los principales problemas ambientales de la bahía se pueden definir como contaminación del cuerpo de agua por vertimientos de residuos líquidos: descarga de pescado, aguas servidas y aguas industriales; congestión y desorden en la zona del puerto: puerto de cabotaje, pesquero industrial y pesquero artesanal; actividades industriales: terminales de combustibles, astillero, servicio de naves; actividades de turismo y recreación: restaurantes en sector sur oeste (Lenga) y playas de solano y baño; y descargas de material orgánico proveniente de la industria pesquera.

La materia orgánica proveniente de las aguas de descarga de pescado y el material residual de proceso de al menos cinco industrias de elaboración de harina y aceite de pescado han producido un importante impacto en las aguas y sedimentos del puerto. La introducción de metales en la Bahía San Vicente está relacionada a la industria siderúrgica, industrias químicas y actividad de astilleros. Existen diez emisarios industriales que vierten residuos líquidos en la Bahía San Vicente. Como metales críticos con riesgo de toxicidad potencial se seleccionaron para su medición el cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc.

Las concentraciones detectadas en el sedimento permiten separar dos grupos de metales de comportamiento distinto: el grupo 1 compuesto por cadmio, cobre, plomo y zinc y el grupo 2 integrado por cromo y níquel.). El nivel de concentración de metales en el tejido de los organismos mostró que el zinc es el contaminante que se encuentra en mayor concentración de los metales estudiados. No obstante, el factor de bioacumulación más alto lo posee el cadmio. En cuanto al oxígeno disuelto en la columna de agua, el sector de mayor impacto corresponde al área del puerto (ubicada entre el rompe olas de Punta Liles y el muelle de Huachipato). La calidad de agua en ese sector ha sido clasificada como muy contaminada, teniendo como principal afectado la vegetación marina, que trae problemas para la producción pesquera y el turismo.

## **Bahía de Concepción**

La Bahía de Concepción es casi diez veces mayor que la superficie de la Bahía de San Vicente.

Los principales contaminantes que se introducen en la Bahía de Concepción provienen de la industria pesquera (puerto de Talcahuano, marisma Rocuant y Tomé); aguas servidas (emisario de Penco, emisario Asmar, emisario Tomé, emisario Isla Quiriquina y aguas provenientes del Río Andalién); aguas residuales industriales (astillero de Asmar) y residuos líquidos de la actividad portuaria (puertos de Talcahuano, Penco y Lirquén).

Se estableció un listado de contaminantes críticos provenientes de las diferentes actividades industriales desarrolladas en los últimos 40 años en las riberas de la bahía. La selección de estos contaminantes se centró principalmente en cromo, cobalto y cadmio, posibles contaminantes de la actividad textil (colorantes); y cobre, plomo y zinc, provenientes de las actividades desarrolladas por los astilleros y otras trabajos de tierra, como maestranzas.

Las concentraciones de estos seis metales en los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción muestran gradientes que se incrementan hacia los sectores de mayor actividad industrial y/o de zonas de mayor sedimentación, teniendo las mismas consecuencias negativas que en la zona de la bahía de San Vicente.

