



**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**  
**UNIDAD DE ECONOMÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL**  
**ANTEPROYECTO DE NORMA PARA LA REGULACIÓN DE**  
**CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS**  
**LÍQUIDOS A AGUAS SUPERFICIALES**

SANTIAGO, 30 DE OCTUBRE DE 1997

## INDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA REGULACIÓN Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN	3
2. SITUACIÓN BASE	5
3. OPCIONES PARA CUMPLIR CON LA NORMA	6
4. COSTOS DE CUMPLIMIENTO	8
(a) Resumen de las estimaciones para la muestra de industrias	8
(b) Estimación de costos para la muestra de servicios sanitarios	12
(c) Costos por zonas geográficas y actividades industriales	13
(d) Sensibilidad del modelo	14
(e) Efecto en las empresas sanitarias al modificar los valores de la DBO <sub>5</sub>	14
(f) Validez de los datos y otras consideraciones	15
5. COSTOS DE MONITOREO	16
6. COSTOS DE FISCALIZACIÓN	16
7. BENEFICIOS	16
(a) Emisiones reducidas por la industria y áreas geográficas afectadas	18
(b) Impacto de los contaminantes	19
8. DISCUSIÓN DEL IMPACTO DE LA REGULACIÓN	19
(a) Evaluación de los parámetros en el sector industrial	19
(b) Fuentes nuevas	19
(c) Fiscalización: antecedentes y supuestos	20
(d) Concordancia con norma de alcantarillado	20
(e) Medidas de gradualidad y estrategias de disminución de costos para el conjunto de emisores	20
(f) Relajar norma de DBO <sub>5</sub>	20

**Anexo:** Estudio "Análisis técnico-económico de la aplicación de la norma para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas superficiales", elaborado por TESAM SA.

**Anexo:** Documento "Alternativas de flexibilización de la norma de emisión de residuos líquidos a cuerpos de aguas superficiales", elaborado por Unidad de Economía Ambiental de CONAMA.

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA REGULACIÓN Y ALCANCE DE LA EVALUACIÓN

La presente normativa corresponde a una norma de emisión cuyo objetivo es prevenir la contaminación de los cuerpos de aguas, tanto continentales, insulares y marinos de la República, estableciendo cantidades máximas permitidas de contaminantes en los residuos líquidos descargados por las industrias y servicios sanitarios.

Los límites máximos se expresa en términos de concentración.

Los establecimientos emisores serán aquellos que como resultado de su proceso, actividad o servicio descarguen residuos líquidos con una carga contaminante media diaria de valor superior o equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas, en uno a más de los parámetros que esta norma regula.

Los parámetros regulados son los señalados en la siguiente tabla.

Aceites y Grasas	Cromo total	Molibdeno disuelto	Sólidos sedimentables
Aluminio	DBO <sub>5</sub>	Níquel	Sólidos suspendidos totales
Arsénico	DQO	Nitrógeno amoniacal	Sulfatos
Boro	Estaño	Nitrógeno total	Sulfuros
Cadmio	Fósforo	Pentaclorofenol	Temperatura
Cianuro	Flúor	pH	Tetracloroetano
Cloruros	Hidrocarburos totales	Plomo	Tolueno
Cobre total	Hidrocarburos volátiles	Poder espumógeno	Triclorometano
Coliformes fecales o termotolerantes	Hierro disuelto	SAAM	Xileno
Compuestos fenólicos	Manganeso	Selenio	Zinc
Cromo hexavalente	Mercurio		

Los valores de la norma están definidos para las siguientes categorías de cuerpos de agua.

- Cuerpos de agua fluviales sin capacidad de dilución
- Cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución
- Cuerpos de agua lacustres
- Cuerpos de agua marinos, dentro de la zona de protección litoral
- Cuerpos de agua marinos, fuera de la zona de protección litoral

El detalle del valor de los parámetros para cada tipo de cuerpo receptor se muestra en el anteproyecto de norma (Res. Exenta CONAMA N°613 del 09/09/97).

El plazo propuesto para cumplir con la norma es de 5 años para las fuentes existentes, y desde la fecha de entrada en vigencia para las fuentes nuevas.

Se establece como mecanismo básico de monitoreo el autocontrol (a cargo de la propia firma según los procedimientos descritos en el anteproyecto), y el deber de informar los resultados de estas mediciones a la autoridad competente. Sin perjuicio de esto, la autoridad competente podrá fiscalizar el cumplimiento de la normativa en las descargas industriales.

### **Alcance de la Evaluación**

La recopilación de antecedentes básicos del presente análisis económico y la ejecución de las evaluaciones del impacto económico del presente anteproyecto de norma lo realizó la Consultora TESAM, cuyo informe final se adjunta al presente documento.

La información de emisiones se obtuvo del *Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos* de 1993, encargado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. La caracterización de los emisores considera las siguientes variables: *Código CIIU* (para las industrias), *Caudal* (l/seg) valor promedio de la *concentración* del parámetro (mg/l) y *emisiones totales* (kg/día).

Las cuencas consideradas en la evaluación son las señaladas en el siguiente cuadro:

<b>CUENCA</b>	
054	RIO ACONCAGUA
055	COSTERAS ENTRE RIO ACONCAGUA Y RIO MAIPO
057	RIO MAIPO
058	E. YALI Y COSTERAS ENTRE EL RIO MAIPO Y EL RAPEL
083	RIO BÍO-BÍO
082	ZONA COSTERA ENTRE EL RIO PINGUERAL Y P. LAVAPIE
094	LAGO VILLARICA
104	LAGO LLANQUIHUE Y AFLUENTES

De un total de 151 industrias (códigos 3 de la CIIU) que vierten directamente a los cuerpos de aguas superficiales, se trabajó con 55 (36%), que corresponde a las ubicadas en la zonas geográficas señaladas en el cuadro de más arriba. Este 36% de fuentes vierte el 58% de la DBO<sub>5</sub> y el 42% del caudal total.

En relación a los servicios sanitarios, el territorio considerado incluyó al 33% de los existentes en el país (78 de un total de 237), que equivale al 71% del caudal y de la DBO<sub>5</sub> total que estos vierten.

## **Costos de abatimiento**

Una vez identificado y caracterizado a los emisores, se determinó cuáles de estos cumplían norma y cuáles no para los distintos parámetros considerados en el anteproyecto. Para estimar el costo de abatimiento, se determinó el costo medio de abatimiento de cada parámetro para diferentes rangos de caudal (independiente de la concentración del parámetro). El valor calculado considera los costos de capital y de operación, incluyendo el manejo de los lodos que se generen.

El costo de abatimiento calculado para cada emisor de la muestra que no cumple con la norma en algún parámetro, es el resultado de multiplicar el caudal emitido por el costo medio de abatimiento de dicho parámetro expresado en US\$/m<sup>3</sup>. Si un emisor incumple para más de un parámetro, el costo será la suma del costo de cada parámetro tratado en forma independiente, excepto cuando una tecnología está diseñada para abatir más de algún contaminante.

Para el caso de las empresas sanitarias, se determinó el valor con el cual llegarían los afluentes a la planta de tratamiento, de manera de determinar si cumplirán norma o no para la totalidad de los parámetros normados. Para determinar este valor se trabajó en dos escenarios: (i) las industrias emiten de acuerdo con los valores característicos señalados en el Anteproyecto (calidad de residuo doméstico) y (ii) las industrias emiten cumpliendo con el "Anteproyecto de norma de descarga a sistemas de alcantarillados". Una vez realizado este ejercicio se procedió a determinar el costo de abatimiento del servicio sanitario de la misma forma que para los emisores industriales.

## **Estimación de beneficios**

Se trabajó identificando en términos teóricos los impactos de los diferentes contaminantes en la población y los recursos naturales. La no disponibilidad de las relaciones emisión-calidad, además de otros antecedentes respecto de la calidad actual de las aguas y los impactos evitados, impidió determinar cuantitativamente los beneficios. Dado esto se realiza una estimación de la emisión reducida como consecuencia de la presente normativa y las áreas beneficiadas con esta reducción.

## **2. SITUACIÓN BASE**

La información de emisiones corresponde al mencionado catastro de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

El total de caudal emitido por las 151 industrias que vierten directamente a los cuerpos de aguas superficiales es de 7.470 l/seg transportando una carga de DBO<sub>5</sub> total de 386.246 kg/día.

Las áreas donde las emisiones son importantes y que están consideradas en la presente evaluación son: las cuencas de los ríos Aconcagua y Maipo y la zona costera entre estos dos, el río Bío Bío y la zona costera entre el río Pingueral y punta Lavapié en la VIII región.

Áreas del país no consideradas en la evaluación en las cuales existen emisiones industriales directas significativas son: cuenca del río Bueno (X región), río Carampangue e Itata (VIII región), río Mataquito y Maule (VII región), río Rapel (VI región), cuenca costera entre el río Salado y Copiapó (III región) y río San José de Azapa y cuencas costeras del río Loa al norte y salares Soronal y Grande en el norte grande.

Los servicios sanitarios por su parte, cubren a una población de 9.779.324 personas a lo largo de todo el país. El caudal total emitido es de 18.110 l/seg y la carga total de DBO<sub>5</sub> que se vierte es de 391.173 kg/día.

Para una descripción más detallada de cada cuenca consulte el documento anexo, en el capítulo 4.

### **3. OPCIONES PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA**

Los que descargan directamente sus residuos líquidos a los cuerpos de aguas superficiales son industrias o servicios sanitarios. A continuación se describen las opciones tecnológicas para cumplir con la normativa de cada una de estos grupos de emisores. El detalle del análisis de cada tecnología y sus costos se muestra en el documento anexo, capítulo 2.

#### **Establecimientos industriales**

La siguiente tabla muestra las tecnologías de abatimiento consideradas en la evaluación, con los costos de tratamiento para cuatro niveles de caudal y las concentraciones alcanzables en términos estándares.

Cuadro: Tecnología de tratamiento seleccionada y costos medios de tratamiento

Parámetro	Tecnología de tratamiento seleccionada	Costo de tratamiento (US \$/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>				Concentración alcanzable mg/l
		50 m <sup>3</sup> /día	250 m <sup>3</sup> /día	500 m <sup>3</sup> /día	1500 m <sup>3</sup> /día	
Aceites y Grasas	Separador API	0.044 <sup>(2)</sup>	0.014 <sup>(2)</sup>	0.010 <sup>(2)</sup>	0.008 <sup>(2)</sup>	< 50
Aluminio	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.1
Arsénico	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.005
Boro	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	-
Cadmio	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.008
Cianuro	Oxidación química	3.70 <sup>(3)</sup>	1.07 <sup>(3)</sup>	0.71 <sup>(3)</sup>	0.37 <sup>(3)</sup>	0.4
Cloruros	Osmosis inversa	0.77	0.63	0.58	0.53	< 100
Cobre Total	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.01-0.02
Coliformes Fecales	Desinfección	0.03 <sup>(7)</sup>	0.03 <sup>(7)</sup>	0.03 <sup>(7)</sup>	0.03 <sup>(7)</sup>	< 1000
Compuestos Fenólicos	Carbón activado granular	0.37	0.16	0.11	0.09	< 0.5
Cromo Hexavalente	Reducción química más precipitación química	5.54 <sup>(5)</sup>	1.61 <sup>(5)</sup>	1.07 <sup>(5)</sup>	0.55 <sup>(5)</sup>	0.4-0.8
Cromo Total	Reducción química más precipitación química	5.54 <sup>(5)</sup>	1.61 <sup>(5)</sup>	1.07 <sup>(5)</sup>	0.55 <sup>(5)</sup>	0.4-0.8
DBO <sub>5</sub>	Lodos activados	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	< 30
DQO	Lodos activados	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	0.99 <sup>(4)</sup>	< 30
Estaño	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	-
Flúor	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	1
Fósforo	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	< 1
Hidrocarburos Totales	Carbón activado granular	0.37	0.16	0.11	0.09	< 5
Hidrocarburos Volátiles	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	< 0.1
Hierro Disuelto	Oxidación química más precipitación química	5.54 <sup>(5)</sup>	1.61 <sup>(5)</sup>	1.07 <sup>(5)</sup>	0.55 <sup>(5)</sup>	< 0.3
Manganeso	Oxidación química más precipitación química	5.54 <sup>(5)</sup>	1.61 <sup>(5)</sup>	1.07 <sup>(5)</sup>	0.55 <sup>(5)</sup>	< 0.1
Mercurio	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.001-0.01
Molibdeno	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	-
Níquel	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.12
Nitrógeno Amoniacal	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	< 30
Nitrógeno Total	Nitrificación más desnitrificación	1.20 <sup>(8)</sup>	1.20 <sup>(8)</sup>	1.20 <sup>(8)</sup>	1.20 <sup>(8)</sup>	< 3
Pentaclorofenol	Carbón activado granular	0.37	0.16	0.11	0.09	< 0.001
pH	Neutralización	0.20 <sup>(6)</sup>	0.20 <sup>(6)</sup>	0.20 <sup>(6)</sup>	0.20 <sup>(6)</sup>	-
Plomo	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.01-0.03
Poder Espumígeno	Clarificación asistida por polímeros	0.22	0.07	0.05	0.04	-
SAAM	Clarificación asistida por polímeros	0.22	0.07	0.05	0.04	-
Selenio	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.05
Sólidos Sedimentables	Clarificación asistida por polímeros	0.22	0.07	0.05	0.04	< 30
Sólidos Susp. Totales	Clarificación asistida por polímeros	0.22	0.07	0.05	0.04	< 30
Sulfatos	Intercambio iónico	1.37	0.79	0.69	0.58	< 100
Sulfuros	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	-
Temperatura	Enfriamiento por aireación	0.10 <sup>(6)</sup>	0.10 <sup>(6)</sup>	0.10 <sup>(6)</sup>	0.10 <sup>(6)</sup>	< 30°C
Tetracloroetano	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	< 0.1
Tolueno	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	< 0.1
Triclorometano	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	< 0.1
Xileno	Arrastre por aire	0.12	0.12	0.12	0.09	-
Zinc	Precipitación química	4.62	1.34	0.89	0.46	0.1
DBO <sub>5</sub> , SS y Col. Fecales de res. liq. de S. Sanitarios	Lodos activados	0.23 <sup>(9)</sup>	0.23 <sup>(9)</sup>	0.23 <sup>(9)</sup>	0.23 <sup>(9)</sup>	-

(1) Basado en "Ground-Water and Leachate Treatment Systems. Manual", EPA/625/R-94/005, January 1995.

(2) Valor supuesto, considerando un costo del 20% de la clarificación asistida por polímeros.

(3) Valor supuesto, considerando un costo del 80% de la precipitación química.

(4) Valor para plantas modulares.

(5) Valor supuesto, considerando un costo del 120% de la precipitación química.

(6) Valor supuesto.

(7) Valor supuesto, considerando un costo del 3% de los lodos activados.

(8) Valor supuesto, considerando un costo del 120% de los lodos activados.

(9) Corresponde al costo de la planta de tratamiento de aguas servidas Santiago Sur de la EMOS.

Cabe destacar, que algunas de las tecnologías consideradas no son las usadas con más frecuencia en el país. Esto dado la exigencia de abatimiento de contaminantes que hoy en día no se remueven del residuo, o que por razones de espacio u otros problemas en su aplicación, no es realista considerar el uso masivo de algunas utilizadas actualmente.

### **Servicios Sanitarios**

Para los servicios sanitarios se consideró el uso de tecnología de *lodos activados*. Esta tecnología permite la remoción simultánea de los parámetros contaminantes característicos de este tipo de aguas. El costo de funcionamiento de esta tecnología es de 0,23 US\$/m<sup>3</sup> considerando datos reales disponibles. En el caso de cuerpos de aguas lacustres o fluviales sin dilución, las emisiones resultantes del tratamiento con *lodos activados* excederían los valores para nitrógeno y fósforo. En estos casos se considera el uso de procesos biológicos de nitrificación y denitrificación para el caso del N y de precipitación química para el P.

Se asume que en los demás parámetros, de responsabilidad de las industrias que vierten a los alcantarillados, las sanitarias cumplirían norma al exigirsele al primero el cumplimiento del anteproyecto respectivo.

## **4. COSTOS DE CUMPLIMIENTO**

A continuación se detallan las estimaciones de los costos que deberán enfrentar los emisores para cumplir con la presente normativa. En las partes siguientes del capítulo se describen las variables sensibles de la evaluación y algunos antecedentes sobre la validez de los resultados obtenidos.

### **(a) Resumen de las estimaciones para la muestra de industrias**

Los cuadros de las páginas siguientes muestran las estimaciones de costos de abatimiento para las sectores industriales (códigos CIU), para los parámetros que exceden las normas propuestas en el anteproyecto en las cuencas analizadas.

Cuadro: Costos de abatimiento de la **DBO<sub>5</sub>** para las industrias considerados en la muestra

CHI	Datos	CHILENA																		TOTAL
		05/10	05/23	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30	05/30		
31111	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	476,2	-	476,2	24.449,0
31112	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	27,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130,2	19,4	7,8	184,8
31113	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	9.131,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.484,4	12.719,2	6.029,1	36.222,6
31115	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	306,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	306,7
31121	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	142,6	-	237,3	-	-	-	-	-	-	1.254,7	-	-	744,8
31122	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	13.526,2	-	21.894,6	-	47.790,5	-	-	-	-	-	85.584,5	-	-	329.209,6
31131	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	64,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,2
31133	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	616.476,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	616.476,1
31141	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	1.606,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.606,4
31151	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	711.317,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	711.317,4
31162	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31163	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.186,7	-	-	-	-	-	-	-	-	8.186,7
31154	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	3.626,7	-	-	-	-	-	3.326.547,6	-	-	-	-	-	-	-	-	3.330.174,3
31214	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	666.280,0	-	-	-	-	-	49.363,0	-	-	-	-	-	-	-	-	715.643,0
31321	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	26.710,7	1.000.964,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.027.675,1
31331	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	17,7	63.226,5	44.823,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.046,8
31341	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	600,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	743,6	-	-	1.343,6
34111	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	236,7	-	-	-	-	-	76.489,5	-	-	77.126,2
34112	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.411,6	-	-	-	-	-	-	-	-	42.411,6
34121	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.440,0	-	-	-	-	-	17.987,3	-	-	28.427,3
35111	Emisión a rebajar (kg/día) Costo total (USD/año)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.489.940,0	-	2.926,6	-	-	-	8.811,2	-	-	26.327,8
TOTAL Emisión a rebajar (kg/día)		2.019,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.019,0
TOTAL Costo total (USD/año)		1.021.710,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.021.710,4
TOTAL Emisión a rebajar (kg/día)		2.083,3	1.606,4	603,0	3.654,6	146,1	-	26.943,0	2.103,0	237,3	57.289,2	10.440,0	2.926,6	1.498,3	17.987,3	130,2	3.236,3	41.627,6	744,8	176.683,2
TOTAL Costo total (USD/año)		1.636.185,5	711.317,4	206.931,2	674.411,0	206.124,5	-	1.463.674,2	24.946,0	47.790,5	13.645.333,6	14.489.940,0	6.611,2	130.103,1	12.799.987,2	7.484,4	116.640,2	11.274.724,7	329.209,6	58.027.166,4
Unidad asena (mg/l)		300,0	300,0	40,0	60,0	300,0	-	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Valor presente 12% (USD)		12.661.646,6	6.927.644,8	1.741.092,2	6.620.091,4	1.734.271,1	-	12.362.951,6	207.800,0	397.920,6	116.276.114,7	120.942.000,0	66.093,5	1.084.942,0	106.666.940,0	62.270,0	972.001,0	92.946.029,1	2.160.080,0	881.599.720,2



**Cuadro: Costos de abatimiento de los Sólidos Suspendidos para las industrias consideradas en la muestra**

CIU	Datos	Sólidos Suspendidos
		TOTAL
31111	Emisión a rebajar (Kg/día)	298,9
	Costo total (US\$/año)	1.728,7
31112	Emisión a rebajar (Kg/día)	147,1
	Costo total (US\$/año)	5.931,2
31113	Emisión a rebajar (Kg/día)	334,8
	Costo total (US\$/año)	6.636,0
31115	Emisión a rebajar (Kg/día)	2,7
	Costo total (US\$/año)	234,7
31121	Emisión a rebajar (Kg/día)	841,0
	Costo total (US\$/año)	32.594,5
31122	Emisión a rebajar (Kg/día)	71,6
	Costo total (US\$/año)	3.080,9
31131	Emisión a rebajar (Kg/día)	-
	Costo total (US\$/año)	-
31141	Emisión a rebajar (Kg/día)	2.315,2
	Costo total (US\$/año)	28.740,1
31151	Emisión a rebajar (Kg/día)	158,0
	Costo total (US\$/año)	16.590,0
31152	Emisión a rebajar (Kg/día)	-
	Costo total (US\$/año)	-
31153	Emisión a rebajar (Kg/día)	49.379,2
	Costo total (US\$/año)	539.490,0
31154	Emisión a rebajar (Kg/día)	60.030,5
	Costo total (US\$/año)	1.113.487,3
31214	Emisión a rebajar (Kg/día)	-
	Costo total (US\$/año)	-
31331	Emisión a rebajar (Kg/día)	2.357,7
	Costo total (US\$/año)	14.360,6
31341	Emisión a rebajar (Kg/día)	112,2
	Costo total (US\$/año)	2.998,8
34111	Emisión a rebajar (Kg/día)	21.548,8
	Costo total (US\$/año)	517.171,2
34112	Emisión a rebajar (Kg/día)	20.274,3
	Costo total (US\$/año)	4.136,8
35111	Emisión a rebajar (Kg/día)	102,4
	Costo total (US\$/año)	41.281,2
Total Emisión a rebajar (Kg/día)		157.974,2
Total Costo total (US\$/año)		2.328.462,1
Valor presente 12% (US\$)		19.403.850,5

**Cuadro:** Costos de abatimiento de los Aceites y Grasas para las industrias consideradas en la muestra

CIU	Datos	Aceites y Grasas
		Total general
31111	Emisión a rebajar (kg/día)	198,9
	Costo total (US\$/año)	345,7
31112	Emisión a rebajar (kg/día)	95,3
	Costo total (US\$/año)	1.186,2
31113	Emisión a rebajar (kg/día)	250,3
	Costo total (US\$/año)	3.759,8
31115	Emisión a rebajar (kg/día)	2,8
	Costo total (US\$/año)	46,9
31131	Emisión a rebajar (kg/día)	-
	Costo total (US\$/año)	-
31151	Emisión a rebajar (kg/día)	144,8
	Costo total (US\$/año)	3.318,0
31152	Emisión a rebajar (kg/día)	60,7
	Costo total (US\$/año)	6.115,2
31153	Emisión a rebajar (kg/día)	25.637,5
	Costo total (US\$/año)	107.898,0
31154	Emisión a rebajar (kg/día)	34.086,2
	Costo total (US\$/año)	101.892,0
	Total Emisión a rebajar (kg/día)	60.476,6
	Total Costo total (US\$/año)	224.562,0
	Valor presente 12% (US\$)	<b>1.871.349,8</b>

**Cuadro:** Costos de abatimiento del Cobre para las industrias consideradas en la muestra

CIU	Datos	CUENCA			TOTAL
		05410	05423	05424	
23023	Emisión a rebajar (kg/día)	-	-	-	-
	Costo total (US\$/año)	-	-	-	-
31131	Emisión a rebajar (kg/día)	4,45	-	-	4,45
	Costo total (US\$/año)	286.442,96	-	-	286.442,96
31141	Emisión a rebajar (kg/día)	-	402,02	-	402,02
	Costo total (US\$/año)	-	330.511,10	-	330.511,10
35111	Emisión a rebajar (kg/día)	-	-	-	-
	Costo total (US\$/año)	-	-	-	-
	Total Emisión a rebajar (kg/día)	4,45	402,02	-	406,47
	Total Costo total (US\$/año)	286.442,96	330.511,10	-	616.954,06
	Límite norma (mg/l)	3,00	3,00	3,00	
	Valor presente 12% (US\$)	2.387.024,64	2.754.259,20	-	<b>5.141.283,84</b>

### (b) Estimaciones de costos para la muestra de servicios sanitarios

Para predecir la calidad del afluente a la planta de tratamiento fue necesario asumir dos escenarios respecto del comportamiento de las emisiones de las industrias que vierten a los alcantarillados:

- Cumplimiento por parte de las industrias de la norma a los sistemas de alcantarillado, en cuyo caso los servicios que deben abatir DBO<sub>5</sub> para alcanzar con los límites establecidos serían 17 de 50 y un caudal de 147.339 m<sup>3</sup>/día. Al costo de tratamiento de US\$0,23/m<sup>3</sup>, el costo total asciende a US\$

12.369.109 anuales, asumiendo que recibe dicho caudal los 365 días del año. El resto de los servicios sanitarios cumpliría las normas, en particular la de 300 mg/l, al tener emisiones bajo dicho valor.

- Emisión de las industrias con calidad típica de los residuos domésticos, en cuyo caso la concentración sería pareja en DBO<sub>5</sub> e igual a 250 mg/l, debiendo abatir sólo aquellos que enfrentan una norma de emisión inferior a este valor, específicamente los que vierten a la zona de protección litoral, a los lagos y a los ríos sin capacidad de dilución. El ejercicio señala que deben tratar 9 de 50 fuentes de la muestra, con un caudal de 132.445 m<sup>3</sup>/día, que al costo de US\$0,23/m<sup>3</sup> da un costo de cumplimiento de US\$11.118.757 al año.

El modelo considera que los grandes emisores de Santiago, cumplen norma (300 mg/l) en ambas situaciones, por lo tanto no deben tratar sus efluentes vertidos a la cuenca del Maipo.

### **(c) Costos por zonas geográficas y actividades industriales**

El costo total de tratamiento de las emisiones líquidas, calculado como consecuencia del anteproyecto de norma para la muestra de industrias, asciende a US\$61,2 millones/año y un valor presente neto de US\$510 millones. (tasa de descuento de 12% y a perpetuidad)

Para la DBO<sub>5</sub>, el costo para la muestra asciende a US\$58 millones/año y en términos de valor presente neto US\$483,6 millones. Este costo implica abatir 175,6 toneladas de DBO<sub>5</sub>/día para el universo de fuentes industriales.

Los Sólidos Suspendidos, el Cobre y los Aceites y Grasas corresponden a los restantes parámetros con costos significativos.

#### *DBO<sub>5</sub>*

Las zonas geográficas en donde los emisores industriales invierten mayores sumas de dinero para abatir la DBO<sub>5</sub> son la cuenca del **río Bío Bío**, con US\$27 millones/año y un VAN de US\$227 millones con una tasa de 12% y a perpetuidad, y luego, el sector costero de la VIII región (**entre río Pingueral y punta Lavapié**), con un total de US\$25 millones/año y un VAN de US\$209 millones.

En términos de actividades industriales, las que realizan mayores inversiones son la **industria de fabricación de productos químicos básicos (celulosa)** con un costo anual de US\$27,3 millones, y la **industria de aceite y harina de pescado** con un costo anual de US\$25 millones.

El costo estimado para la industria de la celulosa lo asumen dos empresas, y en el caso de las industrias de aceite y harina aproximadamente quince.

#### **(d) Sensibilidad del modelo**

Las funciones de costos son multiplicaciones del **caudal emitido** con los valores de **costo medio de abatimiento** obtenidos para cada parámetro. Se asume que si no cumple con el nivel propuesto de norma tratará la totalidad del caudal que registra dicha fuente. Dado esto, si se relaja la norma lo que asumirá el modelo es un menor número de fuentes que ingresan al grupo de los que deben abatir y no, por ejemplo, un costo medio menor de abatimiento.

##### *Período de amortización de la inversión*

Un supuesto importante del ejercicio es la definición en el costo medio de abatimiento del **período de amortización de la inversión de 5 años** para todo los tipos de tecnología. Esto tiene un impacto importante en la determinación del costo anualizado para aquellos proyectos que son usuarios intensivos de infraestructura, como por ejemplo los lodos activados. La tasa de interés utilizada para amortizar la inversión es de un 8%.

##### *Efecto en la industria al modificación los valores de la DBO<sub>5</sub>*

En la **Zona de Protección Litoral** (norma de 60 mg/l), el modelo es prácticamente insensible respecto de costos (no modifica la estimación final respecto de los montos calculados de costos, no así respecto de la emisión total abatida) a valores de norma entre 60 y 400 mg/l. Esto se debe a que la data de emisiones de las fuentes en general sobrepasan los 600 alcanzando hasta valores superiores a 10.000 mg/l.

En los **ríos con capacidad de dilución** (norma de 300 mg/l), el modelo es poco sensible a costos con incrementos de la norma hasta bajo 480 mg/l. Inversamente, si la norma se llevara a valores superiores a 650 mg/l dejaría fuera a dos fuentes que son responsables del 95% de los costos de los emisores que vierten a ríos con capacidad de dilución.

#### **(e) Efecto en las empresas sanitarias al modificar los valores de la DBO<sub>5</sub>**

En el caso de los vertidos a la zona de protección litoral, lagos y ríos sin capacidad de dilución el ejercicio es prácticamente insensible respecto de costos con niveles de norma inferiores a 200 mg/l en ambos escenarios.

En el caso de los vertidos a ríos con capacidad de dilución, el ejercicio realizado no modifica los costos significativamente con valores de norma entre 300 y 630 mg/l en ambos escenarios identificados.

#### **(f) Validez de los datos y otras consideraciones**

Un antecedente restrictivo es el origen y la relativa antigüedad de los datos. El catastro de descargas industriales de la SISS se realizó en base a encuestas enviadas a las industrias para obtener información básica y su posterior procesamiento, utilizando factores de emisión internacionales adaptados y complementados en Chile. La obtención de la información se realizó durante el año 1991-2, lo que en términos de inversiones en descontaminación puede estar atrasado. El tamaño de la muestra del catastro, le da validez a las estimaciones agregadas, no así a utilizar una fuente aislada y analizarla como caso particular.

Otro hecho importante es el uso de una tecnología estándar para abatir y del tipo *end of pipe*. Desde este punto de vista, el cálculo no considera la posibilidad de introducir tecnologías limpias o mejoras en la eficiencia de los procesos, que eventualmente pueden ser formas de cumplir la normativa a costos menores.

Esta ejercicio asume que en la situación sin anteproyecto de norma no se abaten los contaminantes, lo cual en parte desconoce las exigencias que ya se han implementado y seguirán haciéndolo en consideración a las facultades de la DIRECTEMAR y de la propia SISS, así como los proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Esto permite deducir que la evaluación sobredimensionaría el costo de cumplimiento al partir de una situación base "demasiado pesimista" en cuanto a esfuerzos en descontaminación.

La evaluación se hace para el universo catastrado sin incluir variaciones en el tamaño de los sectores o de los servicios sanitarios. Esto implica que la evaluación no considera el costo de cumplimiento de las nuevas inversiones y el crecimiento vegetativo de las propias industrias y de la población servida.

En el caso de los servicios sanitarios, el ejercicio necesita establecer una calidad y un caudal para los residuos industriales vertidos dentro de la red. Aquí se utilizó la información del mismo catastro respecto de tales emisiones y se sumaron a la emisión típica de la población servida por el servicio. En los dos escenarios creados respecto de la característica de los RILES al alcantarillado se asumió algún grado de abatimiento.

## 5. COSTOS DE MONITOREO

El siguiente cuadro muestra la estimación de los costos de monitoreo que deberán asumir los establecimientos industriales como parte de la estrategia de autocontrol.

Cuadro: Costo anual del muestreo de los residuos líquidos descargados directamente a aguas superficiales.

(NOTA: se incluyen los costos para tres sectores adicionales (1112;2302;9200) a los de la muestra)

CODIGO CIU	NUMERO DE EMPRESAS	ANALISIS ANUALES	COSTO UNITARIO (M\$)	COSTO ANUAL (M\$)
1112	1	12	119,0	1.428,0
2302	1	12	142,8	1.713,6
3111	9	108	121,8	13.154,4
3112	6	72	114,7	8.258,4
3113	2	24	121,8	2.923,2
3114	1	12	117,5	1.410,0
3115	18	252	121,8	30.693,6
3121	1	12	112,6	1.351,2
3132	4	48	92,1	4.420,8
3133	2	24	103,5	2.484,0
3134	1	12	88,5	1.062,0
3411	6	132	210,4	27.772,8
3511	2	24	253,8	6.091,2
3692	1	12	90,9	1.090,8
9200	78	1368	134,4	183.859,2
<b>TOTAL</b>	<b>133</b>	<b>2124</b>		<b>287.713,2</b>

El número de análisis anuales por código CIU se determina en base al mínimo de días de autocontrol anual para establecimientos emisores industriales y servicios sanitarios en función del volumen de descarga según la norma.

## 6. COSTOS DE FISCALIZACIÓN

En términos preliminares, esta norma plantea necesariamente un incremento en las dotaciones de personal fiscalizador tanto en la Superintendencia de Servicios Sanitarios como en la DIRECTEMAR. Se propone un incremento de 14 funcionarios en cada institución (ver detalles en capítulo 7 del documento anexo), con un costo asociado de \$66,8 millones al año para cada institución, sin considerar el equipamiento complementario.

## 7. BENEFICIOS

A continuación se detallan los beneficios en términos de emisiones abatidas por la industria y las áreas geográficas que se benefician con estas reducciones.

### (a) Emisiones reducidas por la industria y áreas geográficas afectadas

La variable que permite tener una percepción de los beneficios de la presente norma, es cuanto menos emisión se vertería a los cuerpos de aguas en los cuales la norma es activa.

#### *DBO<sub>5</sub>*

En términos agregados y para la muestra, se abaten 175,6 ton/día de DBO<sub>5</sub> de un total emitido en la actualidad de 223 ton/día, dejando un residual de 47,4 ton/día. El porcentaje abatido equivale al 78,6% de la emisión antes de la norma.

El cuerpo de agua en las cuales las reducciones de carga orgánica son más significativas son:

- **zona costera entre el río Andalién y Bío Bío** (cuenca del catastro SISS N° 08230) con un abatimiento de 57,8 ton/día, de un total actual de 61,3 ton/día;
- **zona costera entre la desembocadura del Bío Bío y el río Manco** (cuenca N°08410) con un abatimiento de 41,5 ton/día de 44 ton/día;
- **río Mapocho entre estero Las Rosas y bajo Zanjón de la Aguada** (cuenca N°5730) con un abatimiento de 28,9 ton/día de un total de 35 ton/día;
- **río Bío Bío entre ríos Guaqui y Laja** (cuenca N°08367), con un abatimiento de 17,9 ton/día de un total inicial de 33,3 ton/día;
- **río Malleco entre bajo estero Cherquenco y río Rahue** (cuenca N°08352), con un abatimiento de 10,4 ton/día de un valor inicial de 27,8 ton/día.

#### *Demás parámetros*

La reducción de emisión de **Aceites y Grasas** se da principalmente en las zonas costeras de la VIII región (entre ríos Andalién y río Manco) rebajándose 57,5 ton/día de un total inicial de 59,6 ton/día.

En el caso de los **Sólidos Suspendidos** la reducción se da en la zona costera de la VIII región con 99 ton/día y en el río Bío Bío entre los ríos Guaqui y Laja con 21,5 ton/día, de un total para ambas zonas de 151 ton/día.

Para el **Cobre**, las reducciones se dan en el río Aconcagua, en el sector alto y entre los esteros Los Loros y El Cobre, con un total abatido de 406 kg/día de un total emitido actualmente de 422,4 kg/día.

## **(b) Impacto de los contaminantes**

En el documento adjunto (capítulo 5) se describen, en términos generales, los tipos de impactos generados por los contaminantes en el medio acuático.

## **8. DISCUSIÓN DEL IMPACTO DE LA REGULACIÓN**

### **(a) Evaluación de los parámetros en el sector industrial**

Como resultado de la evaluación, el parámetro con costos notoriamente significativos para cumplir con la norma es la DBO<sub>5</sub>.

Los demás parámetros con costos positivos, Aceites y Grasas, Cobre y Sólidos Suspendidos son cifras significativamente menores a los de la DBO<sub>5</sub>.

Para los restantes parámetros que se tuvo antecedentes (Zinc, Sulfatos y Fenoles) el costo estimado es cero, que indica que ninguna fuente de la muestra sobrepasaría los límites propuestos. De los demás parámetros normados no se tuvo antecedentes.

### **(b) Fuentes nuevas**

La norma en evaluación tiene un peso jurídico mayor que la normativa existente aplicable a las emisiones a cuerpos de aguas superficiales. Sin embargo, en la actualidad, cuando se aplica lo dispuesto en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), las fuentes nuevas son exigidas en cuanto a cumplimiento de la normativa actualmente vigente. Tanto la SISS como la DIRECTEMAR resuelven caso a caso los niveles permitidos de emisión a los cuerpos, en función de los impactos esperados de cada proyecto. No se dispuso de antecedentes sobre los niveles implícitos en estas resoluciones.

En este caso, el impacto económico del presente anteproyecto es sobre la modificación a las exigencias actuales contenidas en estas resoluciones. En otras palabras, si para las fuentes existentes las normas vigentes hoy en día no son ampliamente aplicables, para las fuentes nuevas, y a través del SEIA, estas normas implícitas son exigibles, haciendo que el impacto sobre las fuentes nuevas sea más cercano a la mera modificación de algunos parámetros. El costo que esto significa para los nuevos emisores no fue evaluado.

### **(c) Fiscalización: antecedentes y supuestos**

No se tuvo antecedentes de los niveles actuales de fiscalización e indicadores de la efectividad de esta. La evaluación asume que la fiscalización exigirá el cumplimiento de la norma, ejecutándose los costos y obteniéndose la reducción prevista de emisiones.

### **(d) Concordancia con norma de alcantarillado**

El hecho que este anteproyecto de norma tenga un mayor número de parámetros que la propuesta de norma de RILES a sistemas de alcantarillados, en aquellos de un claro origen industrial, plantea la duda de la responsabilidad de abatir estos parámetros. Si la premisa es que las industrias no traspasen contaminantes (y costos) a las de servicios sanitarios, lo adecuado sería regular en el origen estas emisiones, esto es en las efluentes de los establecimientos industriales.

En principio, los antecedentes disponibles permiten concluir que los niveles de emisión actuales no harían que el servicio sanitario incumpla norma, y por lo tanto incurra en costos de abatimiento en estos parámetros no normados en la citada norma de RILES, dado la existencia de capacidad de dilución en los sistemas.

### **(e) Medidas de gradualidad y estrategias de disminución de costos para el conjunto de emisores**

El hecho de tener costos elevados para  $DBO_5$  hace necesario sugerir la aplicación de medidas tales que permitan cumplir con los objetivos de calidad de manera gradual y con los menores costos para el conjunto de la industria.

#### *Gradualidad*

En términos de gradualidad, tendría sentido desde un punto de vista agregado y para minimizar costos del conjunto de emisores, plantear que en primer lugar se cumpla con algunos parámetros esencialmente problemáticos desde el punto de vista de los cuerpos receptores, para luego lograr el cumplimiento de aquellos que hoy en día no generan problemas por su bajo nivel de emisión. Esto requiere antecedentes de qué parámetros estarían causando problemas actualmente y que por lo tanto sería más urgente resolver, el número de fuentes afectadas y las tecnologías necesarias.

Otro modo de operar en este sentido, es exigir niveles de abatimiento menores en primera instancia, antes de llegar al valor final propuesto.

Complementariamente, sería interesante desarrollar un mecanismo de información de emisiones con antelación a la fecha de cumplimiento con los niveles permitidos de emisión, así como de información de las vías mediante las cuales los emisores cumplirán con esos niveles. El fundamento de esto radica en mejorar el cumplimiento de la norma en los plazos establecidos mediante la toma de conciencia de los emisores, exigiéndoles realizar mediciones anticipadamente e iniciar el trabajo de evaluación de las alternativas para abatir. La planificación anticipada de la manera de resolver la reducción de emisiones, permite considerar alternativas de más bajo costo y más afines con la política de producción limpia actualmente en desarrollo en el gobierno.

#### *Estrategias factibles de disminución de costos para el conjunto de emisores*

La limitación en la información de los emisores ha impedido diseñar formas que flexibilicen la norma y la hagan más cercana a exigir un nivel de abatimiento tal que este acorde con la calidad ambiental deseada en dicho punto. Para una discusión más detallada ver documento adjunto "Alternativas de flexibilización de la norma de emisión de residuos líquidos a cuerpos de aguas superficiales" elaborado por la unidad de Economía Ambiental de CONAMA.

#### **(f) Relajar norma de DBO<sub>5</sub>**

El costo estimado para abatir la DBO<sub>5</sub> por parte de los establecimientos industriales asciende a US\$58 millones al año. Para las empresas sanitarias alcanza \$12 millones anuales en el escenario que las industrias que vierten a los alcantarillados cumplen con dicha norma.

Dado la dificultad de introducir medidas tales que permitan disminuir este costo, por ejemplo relacionando con más precisión calidad con emisión en cada caso (ver documento citado en letra (e) anterior), la única forma, en principio, viable de reducir costos es relajar el valor límite establecido para los diferentes cuerpos.

El ejercicio cuantitativo realizado permite sugerir sólo cifras de norma muy gruesas como estrategias para reducir el costo de cumplimiento, dado entre otras cosas, por el tamaño reducido de la muestra de fuentes consideradas. El modelo arroja, por ejemplo, una reducción de costos de casi un 50% del total de abatimiento de la DBO<sub>5</sub> si se relajara la norma a **700 mg/l** en ríos con capacidad de dilución. Pero en este caso se trata sólo de dos empresas que quedarían fuera de la norma y que se beneficiarían con la elevación del nivel permitido.

En principio se desestima la posibilidad de sugerir niveles mayores de norma, por las limitaciones en los datos. Se considera además, que modificar este valor debe considerar, entre otros aspectos, lo siguiente:

- La relación con los niveles de emisión alcanzables con las tecnologías factibles de implementar en las industrias con mayor dificultad de cumplir norma;
- El “techo” establecido por la norma de vertidos de la industria al alcantarillado (tanto la NCh. N°2280/96 como la propuesta por CONAMA), que podría inducir, en el caso de relajar el nivel de abatimiento significativamente en la presente norma, el traslado de las fuentes a los cuerpos que permiten mayores niveles de emisión;
- Los niveles ya vigentes y/o implícitos en las autorizaciones y procedimientos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios y DIRECTEMAR.

**Anexo:** Estudio "Análisis técnico-económico de la aplicación de la norma para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas superficiales", elaborado por TESAM SA.

**Anexo:** Documento "Alternativas de flexibilización de la norma de emisión de residuos líquidos a cuerpos de aguas superficiales", elaborado por Unidad de Economía Ambiental de CONAMA.