



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
CENTRO EULA-CHILE**



**INFORME FINAL PROYECTO:**

**PROGRAMA DE MONITOREO  
ECOTOXICOLÓGICO DE LOS EFLUENTES  
INDUSTRIALES EN EL RIO CRUCES, PROVINCIA  
DE VALDIVIA CHILE**

**CAPITULO 3. EVALUACION DE RIESGO  
ECOLOGICO A TRAVES DEL METODO DEL  
CUOCIENTE**

Julio, 2007

## **INDICE**

### **CAPITULO 3: EVALUACION DE RIESGO ECOLOGICO A TRAVES DEL METODO DEL CUOCIENTE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>9</b>

## **CAPITULO 3: EVALUACION DE RIESGO ECOLOGICO A TRAVES DEL METODO DEL CUOCIENTE**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La situación ocurrida en el Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanter, durante el año 2004, motivó la realización de una serie de bioensayos de toxicidad para fuentes potencialmente contaminantes que descargan en forma directa o indirecta en el Santuario de la Naturaleza. La información generada por estos análisis pueden contribuir al conocimiento de los efectos tóxicos y a determinar los posibles riesgos ecológicos de las fuentes que actualmente descargan en el sistema.

#### **1.1. EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO**

La Evaluación del riesgo ecológico (ERE) es la determinación de la naturaleza y probabilidad de que las actividades humanas provoquen efectos indeseables en los animales, las plantas y el ambiente. Las actividades antropogénicas causan cambios en el medio ambiente, que en ocasiones son de gran importancia y que a la larga van en detrimento de los propios seres humanos, ya que acaban con los bienes y servicios que se obtienen de la naturaleza, afectando de este modo a futuras generaciones que no podrán disfrutar de estos. En los últimos años, la ERE se ha convertido en una herramienta muy útil para desarrollar programas de protección ambiental, pues sirve para apoyar la toma de decisiones en el manejo del ambiente.

La ERE ayuda a identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes, además identifica la falta de información, con lo que ayuda a decidir qué clase de investigación debe ser desarrollada a futuro y en qué deben ser invertidos los recursos limitados con que se cuenta.

El proceso general es una correlación del efecto ecológico, con la concentración ambiental para determinar la probabilidad de ocurrencia de dichos efectos, en función de la distribución del factor de tensión en el sistema. Las metodologías de evaluación del riesgo, para la protección de los ecosistemas acuáticos, se conceptualizan como un procedimiento de dos componentes que, por una parte, involucra la "evaluación de la exposición" de los organismos a contaminantes y, por otra, la "evaluación de los efectos" que derivan de esa exposición (Vighi, 1989).

Parte fundamental del proceso de "evaluación de la exposición" es determinar o predecir la concentración de cualquier contaminante en el ambiente. Esto se realiza a través de la aplicación de modelos que puedan predecir el movimiento y la distribución de los compuestos en el ambiente o bien, mediante la medición directa de ellos. A su vez, la "evaluación de los efectos", corresponde al proceso de estimación de la toxicidad (mediante bioensayos agudos o crónicos) que un determinado tóxico tiene sobre los organismos.

Dado la gran complejidad que presentan los ecosistemas acuáticos, no es posible evaluar el efecto de los contaminantes sobre la totalidad de los organismos que viven en ellos. Es por esto que, para poder evaluar los efectos individuales de los contaminantes, se utilizan especies de prueba representativas de los ecosistemas. La elección de las especies de prueba se efectúa considerando una serie de criterios, como importancia ecológica, sensibilidad a los contaminantes o factibilidad de crecer en condiciones de laboratorio. En este sentido, es importante destacar que sólo un pequeño porcentaje de organismos se pueden mantener en laboratorio y, por lo tanto, sometidos a ensayos de toxicidad bajo condiciones controladas. Uno de los organismos más utilizados en la realización bioensayos de toxicidad es el género *Daphnia* (Cladocera: Daphnidae). Este organismo cumple un importante rol en la cadena trófica de los sistemas dulceacuícolas, siendo el consumidor dominante de los productores primarios y es una importante fuente de alimento para predadores vertebrados e invertebrados (Baudo, 1987).

Como se señaló anteriormente, los bioensayos de toxicidad son herramientas fundamentales en el procedimiento de evaluación del riesgo ecológico. En este tipo de experimento, se determina la concentración de un contaminante que es capaz de afectar de alguna forma a un grupo de organismos de la misma especie. En los ensayos de toxicidad aguda uno de los parámetros que se puede determinar es la Concentración Letal 50 (CL50), es decir la concentración de un contaminante que mata al 50% de los organismos del ensayo. La concentración a la cual se observa un efecto diferente del letal, como por ejemplo reducción de la tasa de reproducción, crecimiento o fotosíntesis, se le denomina CE50.

Como ya se ha señalado, en las ERE los efectos deben ser evaluados a nivel de poblaciones o niveles jerárquicos incluso más altos, como las comunidades. Aunque las pruebas toxicológicas miden efectos en individuos, las consecuencias a nivel de poblaciones son las más importantes. Por ejemplo, si un tóxico disminuye la capacidad reproductiva o la supervivencia de las hembras de una especie, esto puede afectar el patrón de crecimiento poblacional. Más aun, si se trata de una especie que es normalmente depredada por otras dentro de la comunidad, la afectación de esta especie puede alterar sin duda las cadenas tróficas del ecosistema.

La evaluación de los efectos a nivel ecosistémico es muy compleja, debido a las diferentes vías de exposición, procesos de distribución y a la transformación e interacción de los contaminantes en el ambiente. Por ejemplo, si consideramos una exposición constante frente a metales pesados, los efectos variarán en función de diversos parámetros biológicos y ecológicos, como el estado de desarrollo, tipo de alimentación, factores estresantes, y composición específica. Por lo tanto, individuos de la misma especie responderán en forma diferente debido a la edad, nutrición, sexo, comportamiento, etc.

## **1.2. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO**

La caracterización del riesgo ecológico es la etapa final del proceso de evaluación de riesgos. En esta etapa se integra la información de exposición y de efectos, se describen las fuentes de incertidumbre y se evalúa qué tan significativos son los cambios ecológicos pronosticados. No existe un método universal para llevar a cabo la cuantificación del riesgo ecológico, que produzca resultados generales precisos y realistas, pues siempre existen limitantes en cuanto a la cantidad de información que se puede obtener, ya sea por restricciones de tiempo, de recursos o por un conocimiento científico insuficiente.

El riesgo ambiental se puede caracterizar a través de modelos empíricos, modelos de proceso o mecánicos y modelos físicos y experimentales. Un ejemplo de los modelos empíricos son las comparaciones de valores únicos de efecto y exposición, que se basan en la relación de una concentración de exposición y un valor toxicológico. La integración de la exposición con un dato único de toxicidad se expresa como el cociente de peligrosidad (Q), que es la relación entre la concentración estimada a una exposición ambiental (CAE) dividido por la concentración toxicológicamente efectiva (CL50 o CE50).

## **2. OBJETIVO**

El presente capítulo tiene por finalidad realizar una evaluación del riesgo ecológico asociado a cuatro industrias que descargan sus efluentes en el sistema hidrológico del río Cruces, mediante la utilización del método de cociente.

## **3. METODOLOGIA**

La evaluación del riesgo ecológico se realizó mediante la aplicación del método del cociente (Q) propuesto por la EPA (Rodier & Mauriello, 1993), estimado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q = CAE / CL50 \text{ o } CE50$$

El método del cociente es un método cualitativo, y no considera el riesgo de un valor menor a la unidad. Sin embargo, es posible utilizar una escala de evaluación del riesgo, de acuerdo al valor del cociente. Este método supone que las concentraciones en el ambiente no cambian en el tiempo y el espacio y que los datos relacionados con el efecto son los adecuados para ser extrapolados directamente al campo. En este estudio la escala utilizada correspondió a la descrita por Zeeman & Gilford, 1993 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Escala de evaluación del riesgo ecológico.

Valor del cociente	Nivel de riesgo
≤ 0,1	Bajo riesgo
0,1 a 10	Riesgo moderado
≥ 10	Alto riesgo

La información utilizada para la evaluación de los efectos de los diferentes efluentes correspondió a los datos de toxicidad aguda (CL50 o CE50) determinados por el Centro EULA-Chile para diferentes especies ensayadas y para la evaluación de la exposición se consideró la Concentración del Efluente en el río (CER%; Tabla 2), estimada a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{CER (\%)} = (\text{Qe}/(\text{Qe} + \text{Qd}) * 100,$$

Donde, Qe es el caudal del efluente y Qd es el caudal de dilución entregado por la Dirección General de Aguas para cada una de los cuerpos receptores, asumiendo una mezcla instantánea.

**Tabla 2.** Concentración del Efluente en el Río (CER%) estimado a partir de los caudales del efluente (Qe) y caudales de dilución (Qd).

EMPRESA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /d)	CUERPO RECEPTOR	Qd (m <sup>3</sup> /d)	CER%
A.S. Loncoche	6.063	río Cruces	172.800	3,4
CELCO Valdivia	45.792	río Cruces	432.000	9,6
Lácteos Valdivia	156	río Cayumapu	0	100
EDAS	22.500	río Valdivia	3.888.000	72,1

En la Tabla 3 se presentan los valores de toxicidad (aguda y toxicidad crónica) y los valores de la concentración del efluente en el río (CER), utilizados en la caracterización del riesgo ecológico a través del método del cociente.

**Tabla 3.** Valores de toxicidad y concentración de efluente en el río utilizados en la estimación del riesgo ecológico.

ESPECIE	TOXICIDAD AGUDA							
	A.S. Loncoche		Lácteos Valdivia		EDAS		CELCO	
	LC50	CER%	LC50	CER%	LC50	CER%	LC50	CER%
<i>H. gracilicornis</i>	N.D.	3,4	11,7%	100	N.D.	0,6	N.D.	9,6
<i>D. obtusa</i>	N.D.	3,4	15,9%	100	N.D.	0,6	N.D.	9,6
<i>O. mykiss</i>	64,3%	3,4	8,8%	100	72,1%	0,6	N.D.	9,6
	TOXICIDAD CRONICA							
<i>S. capricornutum</i>	N.D.	3,4	30,6%	100	N.D.	0,6	N.D.	9,6
<i>L. valdiviana</i>	N.D.	3,4	13,6%	100	N.D.	0,6	N.D.	9,6
<i>D. obtusa</i>	N.D.	3,4	5%	100	N.D.	0,6	N.D.	9,6

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación del riesgo ecológico se presentan en la Tabla 4. De acuerdo con ellos es posible observar que las descargas de los efluentes de A.S. Loncoche, EDAS y CELCO Valdivia presentan valores del cociente (Q) inferiores a 0,1, es decir la probabilidad que un efecto ecotoxicológico se produzca a estas descargas es baja. En cambio los resultados estimados para el efluente de Lácteos Valdivia, que oscilaron entre 3,3 y 20, indican un riesgo moderado a alto para su descarga.

**Tabla 4.** Evaluación del riesgo ecológico mediante el metodo del cociente (Q).

ESPECIE	Valor Cociente (Q)			
	A.S. Loncoche	Lácteos Valdivia	EDAS	CELCO
	<b>Toxicidad aguda</b>			
<i>H. gracilicornis</i>	<b>0</b>	<b>3,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>D. obtusa</i>	<b>0</b>	<b>6,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>O. mykiss</i>	<b>0,05</b>	<b>11,4</b>	<b>0,008</b>	<b>0</b>
	<b>Toxicidad crónica</b>			
<i>S. capricornutum</i>	<b>0</b>	<b>3,3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>L. valdiviana</i>	<b>0</b>	<b>7,4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>D. obtusa</i>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Como última etapa en la ERE se procede a estimar la naturaleza, magnitud y distribución de los efectos observados que se consideren significativos. Definir un cambio ambiental como significativamente adverso depende, por una parte, de consideraciones ecológicas como la capacidad de recuperación del medio, la redundancia de las especies, etc., así como de valores sociales como el recreativo o el potencial económico del ecosistema.

Ciertos cambios ambientales ocurren de manera natural (variabilidad intrínseca), por lo que es importante poder diferenciar estos cambios de los ocurridos por efecto de un estresor asociado con las actividades humanas. Así mismo, los diferentes ecosistemas son vulnerables a algunos estresores y resistentes a otros, lo que depende en parte de la experiencia previa.

Por otra parte, el valor social de un ecosistema puede ser integrado con el valor ecológico, si se asume para fines prácticos que sustentabilidad y supervivencia son lo mismo, que existe equidad intergeneracional y que hay una estructura social en la que los derechos y privilegios del individuo no están por encima de los de la sociedad en su conjunto.

En sentido, el estudio involucró un sistema acuático correspondiente al Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, sobre el cual se han establecido una serie de usos de distinta índole, siendo la función principal del Santuario la protección y conservación de la biodiversidad de la avifauna. No obstante lo anterior, al sistema del río Cruces descargan una serie de efluente industriales, entre los que se encuentran plantas de tratamiento de

aguas servidas (Loncoche, Lanco, San José de la Mariquina), agroindustrias (CRAN Chile, Lácteos Valdivia) y el efluente de celulosa CELCO Planta Valdivia, los que eventualmente podrían estar provocando un impacto sobre el ecosistema del humedal. Los resultados del análisis de riesgo ecológico indican que este es bajo, sobre todo considerando que se utiliza información de mortalidad para el cálculo de los cuocientes, por lo cual estos son muy poco conservadores y realmente ejemplifican la peor situación. Como lo indican los informes toxicológicos, la toxicidad aguda y crónica de los efluentes es en general baja.

Por ello resulta que el riesgo ecológico es mayor en aquella área donde no hay capacidad de dilución y en particular porque presenta riesgos para al menos los tres niveles tróficos ensayados. Los índices calculados revelan para esa fuente en particular un elevado riesgo para los consumidores (Daphnidos y peces), y un riesgo moderado y bajo para los productores primarios (*Selenastrum capricornutum* y *Lemna valdiviana*). Sin embargo, es altamente recomendable seguir la vigilancia de todas las descargas puntuales de mayor significado toxicológico con particular énfasis en las descargas con efectos en los productores primarios y ampliar el número de especies ensayadas con el objetivo de tener una aproximación de orden probabilística.



## 5. BIBLIOGRAFÍA

Baudo R. 1987. Ecotoxicological testing with *Daphnia*, en PETERS, R. H. y R. DE BERNARDI (Eds.) *Daphnia*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 45: 461 - 482.

Rodier D.J. & D.A. Mauriello, 1993. The quotient method of ecological risk assessment and modelling under TSCA: A review. In W.G. Landis, J.S. Hughes and M.A. Lewis, eds., *Environmental Toxicology and Risk Assessment*. STP 1179. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.

Zeeman M. & J. Gilford, 1993. Ecological Hazard Evaluation and Risk Assessment Under EPA's Toxic Substances Control Act (TSCA) - ASTM SPECIAL TECHNICAL PUBLICATION, 1993 - AMERICAN TECHNICAL PUBLISHERS LTD

Vighi M. 1989. Ecotossicologia. Ed. UTET Milano, Italia