

CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO PIDUCO (TALCA, VII REGION): UN ANALISIS BASADO EN LA DATA EXISTENTE

**WATER QUALITY OF STREAM PIDUCO (TALCA, VII REGION):
AN ANALYSIS BASED ON PREVIOUS DATA**

EVELYN HABIT CONEJEROS

Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
Centro Eula-Chile, Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Concepción, Chile.
Teléfono (56-41) 204061, fax (56-41) 207076; e-mail: ehabit@udec.cl

RESUMEN

El estero Piduco es un sistema fluvial altamente antropizado desde sus orígenes en el valle central de la VII Región. En su recorrido rural este sistema es utilizado para abastecimiento de agua de riego y en su tramo final, que cruza la ciudad de Talca, se convierte en el receptor de los desechos de diversas actividades humanas. Las principales fuentes de contaminación corresponden a la agricultura, aguas servidas y efluentes de industrias de alimentos, bebidas, curtidos de cueros e industrias madereras. De acuerdo a los antecedentes existentes, los problemas asociados a la calidad del agua corresponden a una alta carga de sólidos en suspensión, colimetría fecal y contaminación química por metales pesados. Este trabajo entrega una síntesis de los antecedentes de la calidad del agua del sistema fluvial estero Piduco, como un aporte a la toma de decisiones para futuras medidas de mitigación o restauración de este ecosistema de uso múltiple.

PALABRAS CLAVES: Calidad del agua, contaminación, estero Piduco, sistemas fluviales.

ABSTRACT

The Piduco stream is a fluvial system strongly impacted by human actions, from its origin at the Central Valley in the VII Region of Chile to its confluence with the Claro river. During its course, this system is used mainly as a water source for agriculture (irrigation) and in its final section (through the city of Talca), receive several effluents. Agriculture, domestic and industry effluents of food, beverages, leather tanning and lumber represent main pollution sources. According to existing records, problems associated to water quality are a high charge of suspended solids, coliforms and chemical pollution due to heavy metals. This paper provides a synthesis on the records about water quality of Piduco stream, as a contribution to decision making for future mitigation or restoring measures of this multiple use ecosystem.

KEYWORDS: Water quality, pollution, Piduco stream, fluvial system.

Recibido: 28/08/2003 Aceptado: 29/10/2003

INTRODUCCION

Los sistemas fluviales proveen de numerosos servicios ecosistémicos, tales como el aprovisionamiento de agua potable, agua de riego, generación hidroeléctrica, recreación,

pesca, navegación y otros (Callow y Petts, 1994; Parra, 1996). La degradación de su calidad puede conducir a la pérdida de tales servicios o a un aumento de los costos asociados a ellos, generando problemas ambientales complejos. Los sistemas fluviales alta-

mente antropizados han sido paulatinamente degradados debido a su uso como simples cuerpos receptores de desechos, conduciendo a la pérdida de su valor paisajístico, recreacional y, en algunos casos, convirtiéndose en sistemas riesgosos para la salud de la población. El primer paso para la recuperación de estos ecosistemas debe ser la actualización del conocimiento de su situación ambiental, identificando las fuentes de contaminación y niveles de degradación de la cuenca, de tal forma de implementar las medidas de mitigación y restauración adecuada a las particularidades de cada sistema.

En Chile central, la ciudad de Talca (VII Región) presenta una estrecha relación con la red hidrográfica circundante y una especial influencia en la conformación y dinámica del área (Rebolledo, 1987), lo cual ha implicado la degradación paulatina de estos ecosistemas. La ciudad se emplaza en la cuenca del río Claro (tributario del río Maule), el cual constituye una barrera natural muy cercana al centro de la ciudad (Minvu, 1999). Esta cuenca cuenta con diversos afluentes menores, los cuales están estrechamente ligados a las actividades de la ciudad de Talca, quedando algunos completamente inmersos en ella. Es el caso del estero Baeza, transformado en el canal Baeza en su tramo urbano, y el estero Piduco, el que también ha sufrido alteraciones de su curso, tales como un desvío a la altura de la calle 1 Poniente (Rebolledo, 1987). Actualmente el estero Piduco tiene su origen en la confluencia de canales de riego, los que debieron corresponder a cursos de agua de bajo orden que conformaban la red hídrica original. El princi-

pal tributario de la cuenca del Piduco es el estero Pejerreyes, el que drena, junto al estero Aguas Negras, la zona sur de la cuenca. El estero Pejerreyes confluye con el Piduco antes de su ingreso a Talca (Fig. 1). En su recorrido por la ciudad, el estero Piduco se convierte en un hito urbano relevante, ya que afecta la relación norte-sur de Talca (Minvu, 1999), influenciando el sentido de la expansión urbana. La calidad del agua del estero Piduco ha resultado alterada debido a esta fuerte conexión con la zona urbana. De hecho, la red de alcantarillado de la ciudad, la cual capta y canaliza la escorrentía urbana e industrial, fue vertida directamente al estero Piduco hasta el año 1993 (ESSAM, 1993). Hasta esa fecha, el sistema fluvial del Piduco fue empleado como receptor de aguas servidas (efluentes domésticos) y efluentes industriales en ocho puntos a lo largo de su recorrido por la ciudad. Según Tapia (1997), ello implicó que las aguas de este río resulten riesgosas para la salud de las personas, quienes las utilizan para el riego de hortalizas y en menor medida para recreación (Van Houtte, 2001). A pesar de esta estrecha relación río-ciudad, no existe una sistematización de la información sobre el estado de la calidad del agua de este sistema fluvial. Por ello, este estudio analiza y ordena la información existente sobre la calidad del agua del estero Piduco, con el objetivo de determinar su estado e identificar las principales fuentes de contaminación. Esto permitirá implementar las medidas de mitigación adecuadas a las potencialidades y restricciones ambientales de este sistema fluvial en particular.

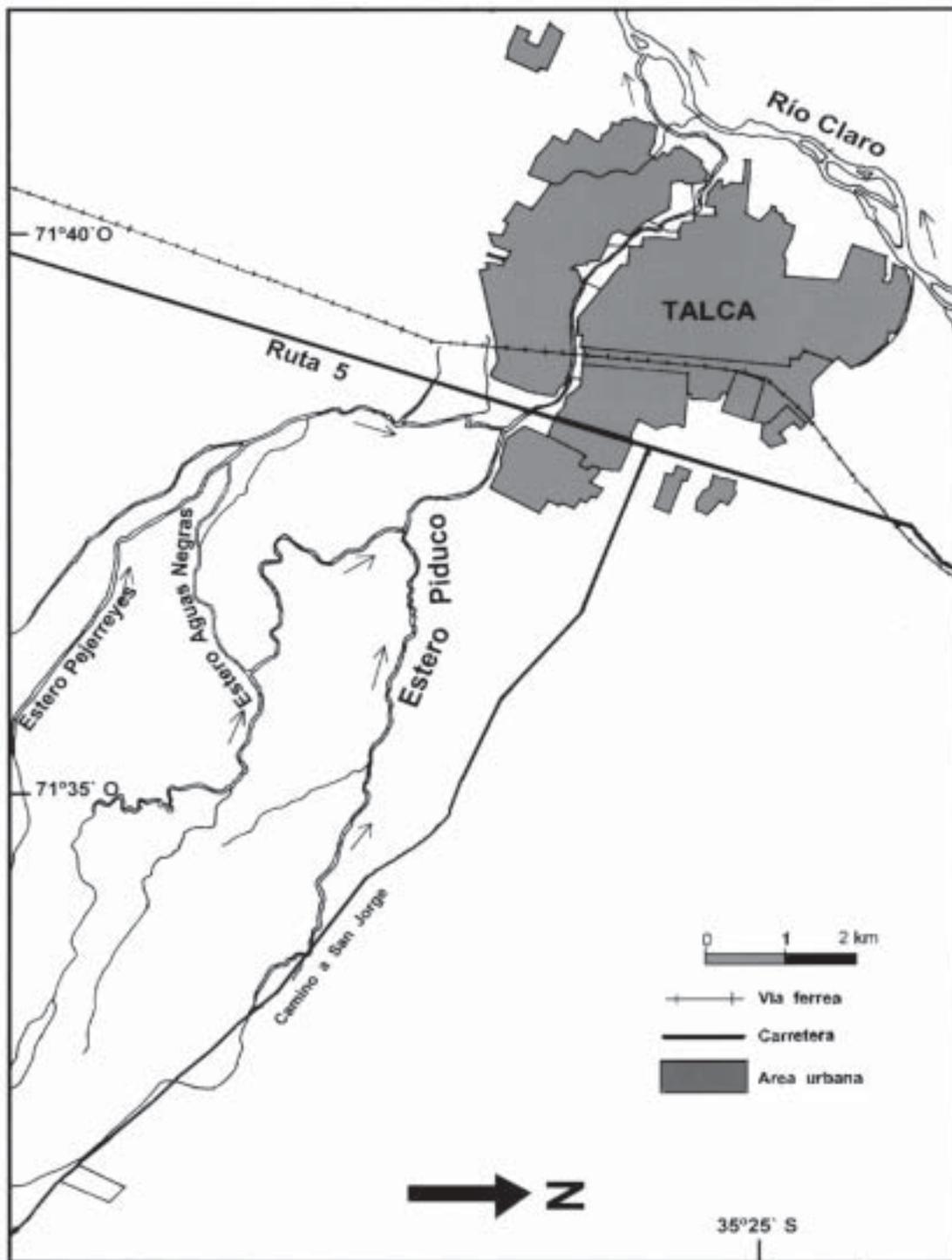


FIGURA 1. Recorrido del sistema fluvial estero Piduco y sus principales tributarios.

MATERIAL Y METODO

Se realizó una recopilación bibliográfica, utilizando como fuentes de información bases de publicaciones científicas, tesis de grado (pre y postgrado) e internet. Además, se efectuaron entrevistas a informantes claves (empresa de agua potable Maule, Universidad de Talca y pobladores ribereños) y se efectuó un recorrido por la cuenca del estero Piduco en diciembre de 2002.

Se recopiló información para los siguientes parámetros de calidad: temperatura, pH, conductividad, sólidos suspendidos, cadmio, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc, cromo, coliformes fecales, coliformes totales y estreptococos fecales. Sólo en algunos parámetros se encontró data histórica comparable en un período aproximado de 17 años (1985-2001). Algunos parámetros como oxígeno disuelto, DBO₅ y pesticidas presentan una escasa data o calificaciones cualitativas ("alto, bajo"). También se obtuvo información respecto de la calidad de los sedimentos y biota en el sistema fluvial.

La metodología utilizada para los análisis de cada parámetro de calidad del agua se encuentra detalladamente descrita en las fuentes de información (Rebolledo, 1987; Tapia, 1997; Basualto y Tapia, 2000; Farías y Morales, 2001).

Catorce de los parámetros de calidad del agua que presentan registros en el estero Piduco están incluidos en la futura Norma Secundaria de Calidad del Aguas (Instructivo Presidencial para la dictación de la Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales; en adelante Instructivo Presidencial). Las clases de calidad del agua se determinaron de acuerdo a esta normativa, la cual establece lo siguiente:

Clase E (Excepcional): Indica un agua de mejor calidad que la clase 1 que, por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte

del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos, cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

Clase 1: Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

Clase 2: Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la Clase 3.

Clase 3: Regular calidad. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las aguas que exceden los límites establecidos para la clase 3, indican un agua de mala calidad (*Clase 4*), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado y/o para aprovechamiento industrial.

RESULTADOS

La data histórica de los parámetros básicos de calidad del agua del estero Piduco (temperatura, pH, conductividad y sólidos suspendidos) muestra una evolución entre 1994 (Tapia, 1997) y 2001 (Farías y Morales, 2001). Esta se manifiesta en una disminución del pH (desde valores básicos a valores más bien neutros), una leve tendencia al incremento de la temperatura y reducción de la conductividad, y un importante incremento de la carga de sólidos suspendidos (Tabla I, Fig. 2). Las variaciones del pH, temperatura y conductividad se mantienen dentro de la clase de excepción, en tanto que el incremento de los sólidos suspendidos implica un cambio de calidad, desde clase E en 1994 a clase 2 ó 3 en el año 2001.

Tabla I. Rango de parámetros físicos y químicos en julio de 1994 (alto caudal) y septiembre de 1995 (bajo caudal) por Tapia (1997) y en septiembre del 2000 y enero del 2001 por Farías y Morales (2001).

Estación	Temperatura (°C)		pH		Conductividad (mS)		Sólidos suspendidos (mg/l)		Caudal (m³/s)	
	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001	1994-1995	2000-2001
Esteros Piduco en Alto las Cruces (camino a San Clemente)	14,3 - 17,1	6,9 - 6,9	0,18 - 0,11	7,9 - 47,8	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Esteros Piduco en sector carretera sur (Puente Piduco)	14,3 - 11,6	14,4 - 18,0	7,7 - 7,9	7,2 - 6,8	0,19 - 0,15	0,60 - 0,11	13,4 - 2,0	26,1 - 51,3	86,2 - 48,4	
Esteros Piduco en Puente 4 Oriente	14,6 - 17,9	7,1 - 6,9	0,14 - 0,12	20,6 - 39,9	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Esteros Piduco en centro Talca (Puente 2 Sur)	10,0 - 12,4	15,0 - 18,1	7,1 - 8,1	7,1 - 7,0	0,18 - 0,16	0,16 - 0,13	2,9 - 14,0	22,9 - 37,2	92,4 - 57,3	
Esteros Piduco próximo a la desembocadura	14,4 - 13,2	15,3 - 18,4	7,8 - 8,1	7,1 - 7,2	0,20 - 0,18	0,17 - 0,12	8,0 - 13,1	22,1 - 40,7	105,0 - 88,2	
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial										
Clase E (excepción)	$\Delta T^{\circ} < 0,5^*$		6,5 - 8,5		<0,60		<24		-	
Clase 1 (muy buena)	$\Delta T^{\circ} 1,5$		6,5 - 8,5		0,750		30		-	
Clase 2 (buena)	$\Delta T^{\circ} 1,5$		6,5 - 8,5		1,50		50		-	
Clase 3 (regular)	$\Delta T^{\circ} 3,0$		6,5 - 8,5		2,25		80		-	
Clase 4 (mala calidad)	$\Delta T^{\circ} > 3,0$		<6,5 ó >8,5		>2,25		>80		-	

*Diferencia de temperatura entre la zona monitoreada y la temperatura natural del agua.

sd: sin datos

- : no normado

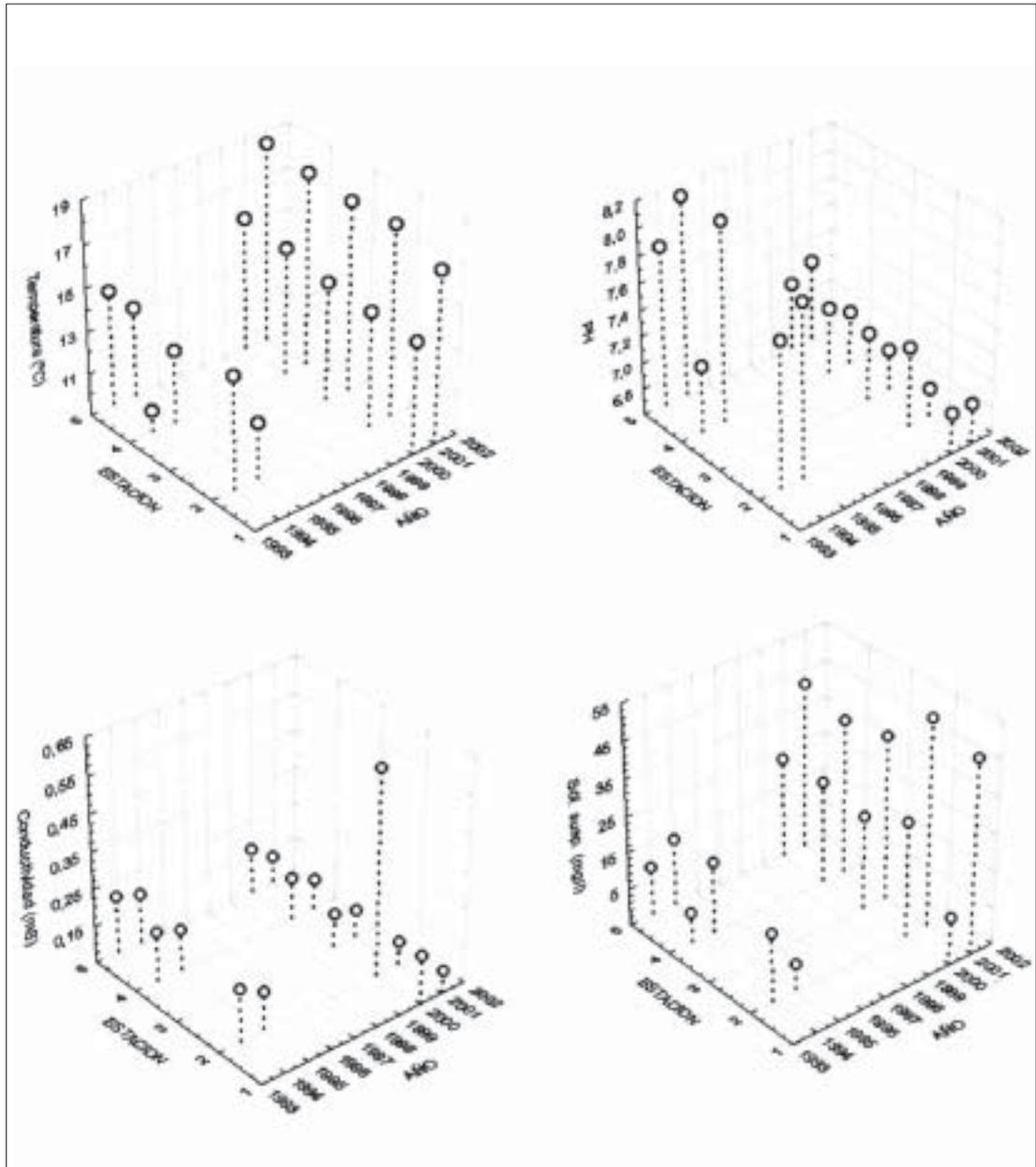


FIGURA 2. Evolución de las variables temperatura, pH, conductividad y sólidos suspendidos en el estero Píduco entre los años 1994 y 2001. Estación 1: camino a San Clemente, Estación 2: sector carretera; Estación 3: puente 4 Oriente; Estación 4: puente 2 Sur; Estación 5: desembocadura.

En cuanto a la carga orgánica, Van Houtte (2001) indica que los niveles de DBO son "muy altos" (no entrega valores), sin embargo, el cuerpo de agua no presenta problemas de anoxia. Mediciones efectuadas por Farías y Morales (2001) muestran concentraciones altas de oxígeno a lo largo de todo el curso del sistema fluvial, variando de 8,0 a 10,7 mg/l, sin una reducción significativa en la zona urbana. En este sentido, uno de los aspectos relevantes a determinar a futuro son los niveles de nutrientes, carga orgánica y eventuales focos de eutroficación en el río.

Según Van Houtte (2001), los metales pesados tales como cobre, zinc, plomo, níquel y mercurio superan las normas de calidad para agua de riego en la cuenca del río Claro, sin embargo, el autor no indica concentraciones. Algunos de estos metales fueron estudiados por Farías y Morales (2001) en el Piduco, encontrando una importante variación estacional de sus concentraciones, con tendencia al incremento en la época de mínimo caudal (Tabla II). Los análisis existentes para cromo (Tapia, 1997) muestran igualmente altas concentraciones en el agua, sedimentos y biota acuática (microalgas de fondo o fitobentos) (Tabla III). Para la mayor parte de estos metales, el agua del Piduco es de mala calidad (Clase 4, según el Instructivo Presidencial).

Los datos referidos a la contaminación microbiológica muestran altas concentraciones de bacterias fecales en 1985 (Rebolledo, 1987) y una tendencia a la reducción en el 2001 (Farías y Morales, 2001; Tabla IV). Aun así, la calidad microbiológica del agua califica como regular o mala (Clase 4).

En cuanto a la contaminación por pesticidas, Brown y Saldivia (2000) indican que el grado de aplicación en las áreas de riego de la VII Región es indiscriminado, con riesgo para la salud de las personas y sin un adecuado control. Un estudio del estado de contaminación de los suelos en Chile (González,

2000) determinó que, en los suelos aluviales de los valles Teno, Lontué y Maule, la ocurrencia de pesticidas organoclorados alcanzó un 71%, estando el 80% de las muestras contaminadas con dos residuos, normalmente Dieldrín y pp-DDE.

DISCUSION

De acuerdo a los antecedentes existentes, las principales fuentes (actuales y pasadas) de contaminación del estero Piduco corresponden a la agricultura, aguas servidas y efluentes industriales. Los principales contaminantes son los metales pesados, coliformes fecales y sólidos en suspensión.

La procedencia de los metales pesados puede estar asociada a descargas industriales, ya que son mencionados en el catastro nacional como carga contaminante característica de los riles de la VII Región (SISS, 1999). La actividad industrial general del área está dirigida fundamentalmente al aprovechamiento de los productos agrícolas, a la industria de alimentos y bebidas, elaboración de curtidos de cueros y la industria de la madera y sus derivados. Los metales pesados podrían provenir también del arrastre de suelo (erosión), lo cual parece ser importante en la cuenca, tal como lo evidencia la elevada carga de sólidos en todo el curso del sistema fluvial. Las altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos se explicarían debido al pH básico de las aguas, lo que hace precipitar la mayoría de los metales a la forma de hidróxidos (Farías y Morales, 2001).

El cromo se encuentra naturalmente en bajas concentraciones en las aguas superficiales, sin embargo, diversos procesos industriales como las curtiembres, de las cuales las principales se encuentran en la VII Región, lo incluyen y eliminan a través de sus riles (Tapia, 1997). De acuerdo a los resultados obtenidos por este autor, el estero Piduco

presenta mala calidad del agua para este parámetro (Clase 4). De todas los ríos estudiados por Tapia (1997), los que incluyeron el río Claro y el río Maule hasta su desembocadura, las estaciones de mayor concentración de cromo fueron las ubicadas en el estero Piduco. En ellas, particularmente en la zona cercana a la desembocadura, el mayor aporte de cromo está constituido por el cromo hexavalente, el cual tiene efectos acumulativos. Al igual que en los otros metales, la alta concentración de cromo en los sedimentos se debería al pH básico del agua, el cual permitiría el paso de Cr(III) a Cr(OH)₃, el que es poco soluble (Tapia, 1997). Respecto del contenido de cromo en el fitobentos, Basualto y Tapia (1997) discuten que tanto el cromo como el manganeso, zinc y cobre no sólo estarían siendo incorporados desde el agua, sino que constituirían parte de la matriz natural de las algas.

Otro problema significativo en las aguas del estero Piduco es la contaminación microbiológica. Aun cuando los niveles de colimetría fecal han disminuido notoriamente entre 1985 (Rebolledo, 1987) y 2001 (Farías y Morales, 2001), se mantienen altas concentraciones de coliformes fecales, equivalentes a una calidad regular o mala de las aguas (Clase 3 y 4 según el Instructivo Presidencial). La reducción de la colimetría entre los años 1985 y 2001 se asocia a la elimi-

nación de las descargas de aguas servidas realizada entre 1992 y 1993 (ESSAM, 1993). Sin embargo, la alta colimetría actual del Piduco en su recorrido por la ciudad de Talca (puente 4 Oriente y 2 Sur) indica la persistencia de fuentes no identificadas o ilegales. También destacan en la data bacteriológica las altas concentraciones existentes desde el origen del sistema fluvial, las cuales se asocian con la actividad y vida rural.

La eliminación de los aportes de alcantarillados directos al río también explica los cambios detectados en los parámetros pH y conductividad entre los años 1993 y 2001. Sin embargo, el cambio más notorio en ese período de tiempo corresponde al incremento en la carga de sólidos en suspensión, el cual evidencia un efecto asociado al uso del suelo de la cuenca hidrográfica, más que al tramo urbano del río. Los datos muestran que la carga de sólidos se asocia a los orígenes del Piduco, por lo que con una alta probabilidad ésta se relacionan con un incremento de la erosión de la cuenca.

De acuerdo a estos antecedentes, las medidas de restauración de la calidad del sistema fluvial Piduco no sólo deberían estar destinadas a identificar y eliminar posibles fuentes ilegales de contaminación fecal y química, sino que además deberían propender a establecer prácticas que mitiguen la erosión en la cuenca.

Tabla II. Concentración de metales pesados (mg/l) en el estero Piduco en septiembre del 2000 y enero del 2001 (Fuente: Farías y Morales, 2001). Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estaciones	Cadmio		Cobre		Hierro		Manganeso		Níquel		Plomo		Zinc	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Estero Piduco en Alto las Cruces (camino a San Clemente)	<6,4	149,8	29,3	89,3	<12,0	11.157,9	231,5	423,8	<12,6	72,2	<2,0	41,6	<2,6	77,5
	<6,4	148,0	2,2	56,5	<12,0	8.627,9	<5,8	333,3	<12,6	63,7	<2,0	110,5	<2,6	<2,6
Estero Piduco en sector carretera sur (Puente Piduco)	<6,4	131,9	17,8	38,9	<12,0	19.0197,9	<5,8	262,9	<12,6	90,2	<2,0	25,2	309,8	<2,6
	<6,4	99,4	9,3	69,5	<12,0	8.689,1	<5,8	295,3	<12,6	84,3	<2,0	42,9	483,0	<2,6
Estero Piduco próximo a la desembocadura.	<6,4	54,7	9,3	27,5	<12,0	7.992,2	<5,8	267,4	<12,6	109,7	<2,0	47,9	448,4	33,4
	<6,4	54,7	9,3	27,5	<12,0	7.992,2	<5,8	267,4	<12,6	109,7	<2,0	47,9	448,4	33,4
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial														
Clase E (excepción)	<1,8		<7,2		<800		<40		<42		<2		<96	
Clase 1 (muy buena)	2		9		1.000		50		52		2,5		120	
Clase 2 (buena)	10		200		5.000		200		200		200		1.000	
Clase 3 (regular)	10		1.000		5.000		200		200		5.000		5.000	
Clase 4 (mala calidad)	>10		>1.000		>5.000		>200		>200		>5.000		>5.000	

Tabla III. Concentración de cromo total (promedio \pm desviación estándar) en aguas, sedimentos y biota del estero Piduco (Fuente: Tapia, 1997). Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estación	Agua ($\mu\text{g/l}$)		Sedimentos ($\mu\text{g/g}$)		Biota (Fitobentos) ($\mu\text{g/g}$)	
	Julio 1994	Septiembre 1995	Julio 1994	Septiembre 1995	Julio 1994	Septiembre 1995
Estero Piduco en sector carretera sur	6,6 \pm 2,7	4,2 \pm 0,9	11,0 \pm 2,5	21,2 \pm 3,3	sd	sd
Estero Piduco en centro Talca	62,6 \pm 3,4	104,2 \pm 5,6	34,5 \pm 4,0	28,4 \pm 2,9	28,0 \pm 5,9	48,7 \pm 2,8
Estero Piduco próximo a la desembocadura	138,4 \pm 1,2	268,8 \pm 4,5	207,9 \pm 8,9	112,9 \pm 16,7	230,0 \pm 18,9	463,7 \pm 21,0
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial						
Clase E (excepción)	<8		-		-	
Clase 1 (muy buena)	10		-		-	
Clase 2 (buena)	100		-		-	
Clase 3 (regular)	100		-		-	
Clase 4 (mala calidad)	>100		-		-	

sd: sin datos

- : no normado

TABLA IV. Antecedentes microbiológicos del estero Piduco para el año 1985 (Rebolledo, 1987) y 2001 (Fariás y Morales, 2001). El número de estaciones de muestreo señaladas por Rebolledo (1987) se relacionan de manera aproximada a las de Fariás y Morales (2001), ya que el primer autor no indica su ubicación exacta. Se indican las clases de calidad establecidas en el Instructivo Presidencial.

Estaciones	Coliformes fecales (NMP/100ml) 1985	Coliformes fecales (NMP/100ml) 2001	Coliformes totales (NMP/100ml) 1985	Estreptococos fecales (NMP/100ml) 1985
1	11.000	sd	32.958	26.800
2 (1) Estero Piduco en Alto las Cruces	9.936	7.000	53.647	28.541
3	39.570	sd	598.309	72.785
4 (2) Estero Piduco en sector carretera sur	792.331	3.000	207.640	45.072
5	701.775	sd	1.017.013	52.028
6	1.440.570	sd	4.504.827	79.450
7 (3) Estero Piduco Puente 4 Oriente	3.631.000	27.000	6.663.000	206.595
8	40.946.400	sd	40.946.400	948.542
9 (4) Estero Piduco Puente 2 Sur	137.823.500	30.000	137.823.500	899.014
10	162.757	sd	723.237	175.624
11	2.160	sd	4.905	1.848
12 (5) Estero Piduco próximo a la desembocadura	52.326	5.000	138.256	7.209
Clases de Calidad según el Instructivo Presidencial				
Clase E (excepción)	<10		<200	-
Clase 1 (muy buena)	1.000		2.000	-
Clase 2 (buena)	2.000		5.000	-
Clase 3 (regular)	5.000		10.000	-
Clase 4 (mala calidad)	>5.000		>10.000	-

sd: sin datos

- : no normado

BIBLIOGRAFIA

- BASUALTO, S. y TAPIA, J. (2000) Fitobentos como bioindicador de metales pesados. Bol. Soc. Chil. Quim. 42: 371-377.
- BROWN y SALDIVIA (2000) Informe nacional sobre la gestión del agua en Chile. <http://www.unesco.org.uy/phi/vision2025/Chile.pdf>.
- CALLOW, P. & PETTS, G. (eds) (1994) The river handbook: hydrological and ecological principles. (II) Blackwell Science, Oxford United Kingdom, 523 pp.
- ESSAM (1993). Memoria Anual. Descripción de las principales obras de agua potable y de red de alcantarillado, pp. 20-21.
- FARIAS, A. y MORALES, M. (2001) Evaluación de la calidad de las aguas del estero Piduco y canal Baeza (VII Región, Chile) y sus potenciales efectos sobre la salud humana. Tesis grado Licenciado en Tecnología Médica. Universidad de Talca. 122 pp.
- GONZALEZ, S. (2000) Estado de la contaminación de los suelos en Chile. Estación Experimental la Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <http://lauca.usach.cl/ima/cap11.htm#inicio>
- MINVU, INTENDENCIA, GOBIERNO REGIONAL VII REGION, I. MUNICIPALIDAD DE TALCA (1999) Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de la ciudad de Talca. Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte. 43 pp.
- PARRA, O. (1996) El río Bío-Bío. Cuadernos del Bío-Bío N° 5: 1-83.
- REBOLLEDO, J. (1987) El impacto de la expansión de la ciudad de Talca en el medio ambiente natural, 1900-1984. Rev. Geográfica de Chile, Terra Australis, 30: 95-123.
- SISS (1999) Diagnóstico de los residuos industriales líquidos en Chile. Superintendencia de Servicios Sanitarios, División de Estudios y Normas. 22 pp.
- TAPIA, J. (1997) Evaluación de la contaminación por cromo en un sistema fluvial de Chile central: una propuesta para la disminución en su origen. Tesis Doctor en Ciencias Ambientales. Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción. 136 p.
- VAN HOUTTE, F. (2001) Sistemas de información a la medida para el manejo integrado del agua. El caso de la cuenca del río Claro. http://www.agraria.cl/articulos/rio_claro.html