

Tabla 13. Valores de temperatura (°C) de superficie y fondo de la columna de agua del Río Valdivia, sector Las Mulatas, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Valdivia Las Mulatas				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	16,7 (6:25)	10,2 (6:00)	16,6 (6:25)	10,4 (6:10)
	17,0 (7:25)	10,3 (7:00)	16,9 (7:25)	10,5 (7:10)
	17,2 (8:25)	10,5 (8:00)	17,1 (8:25)	10,8 (8:10)
	17,3 (9:25)	10,6 (9:00)	17,2 (9:25)	11,0 (9:10)
	17,4 (10:25)	10,8 (10:00)	17,4 (10:25)	11,0 (10:10)
	17,9 (11:25)	11,1 (11:00)	17,7 (11:25)	11,2 (11:10)
	18,1 (12:25)	11,4 (12:00)	18,0 (12:25)	11,4 (12:10)
	18,6 (13:25)	11,8 (13:00)	18,4 (13:25)	11,7 (13:10)
	19,0 (14:25)	12,0 (14:00)	18,7 (14:25)	11,6 (14:10)
	19,3 (15:25)	11,7 (15:00)	19,1 (15:25)	11,5 (15:10)
	19,0 (16:25)	11,4 (16:00)	18,8 (16:25)	11,3 (16:10)
	18,6 (17:25)	11,2 (17:00)	18,4 (17:25)	11,1 (17:10)
<i>promedio</i>	18,0	11,1	17,9	11,1
<i>máximo</i>	19,3	12,0	19,1	11,7
<i>mínimo</i>	16,7	10,2	16,6	10,4
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	F= 502,160 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,184 P= 0,672		F= 0,039 P= 0,845	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

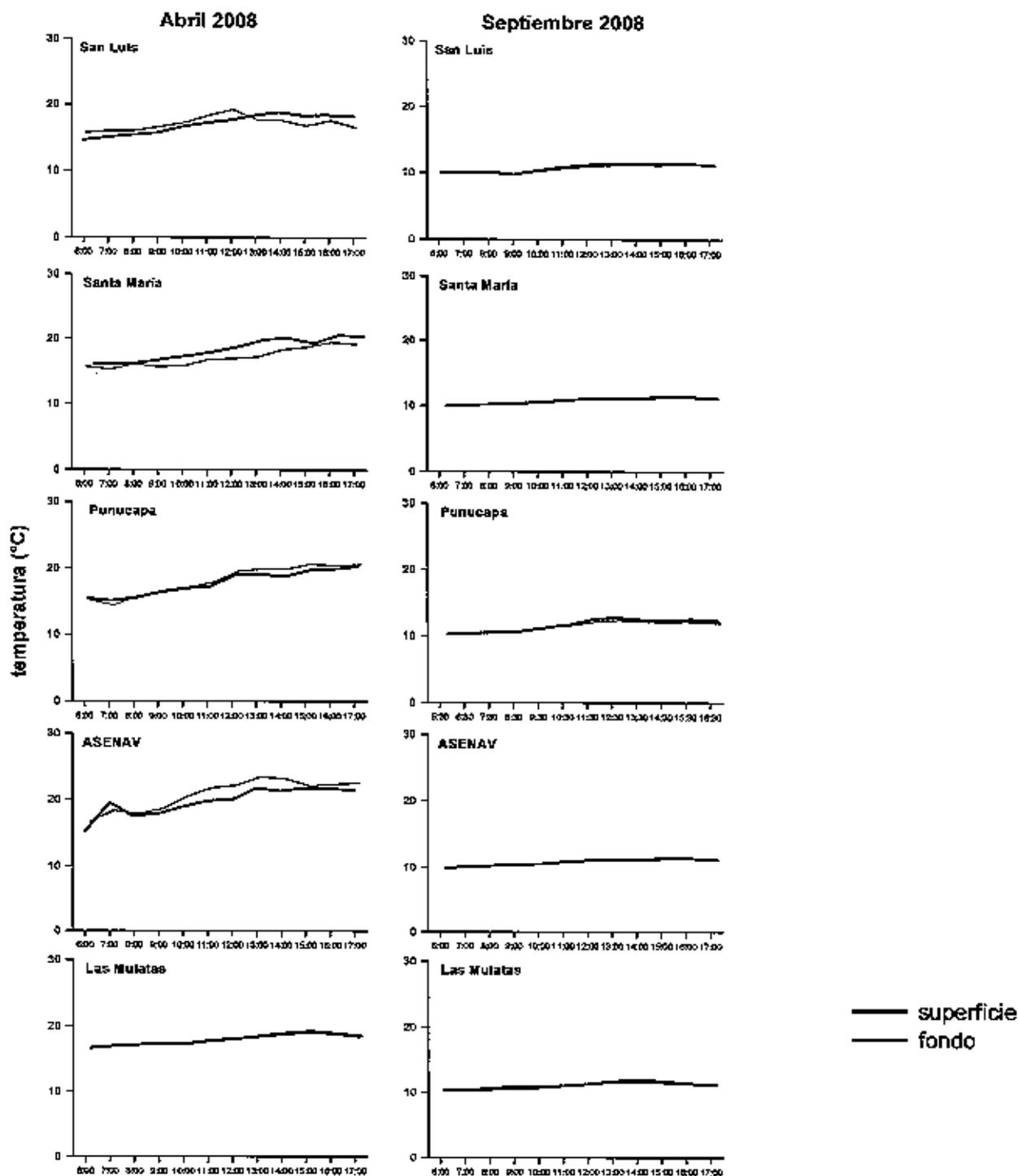


Figura 14. Valores horarios de temperatura (°C) de superficie y fondo de la columna de agua los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas durante Abril y Septiembre del año 2008 (ver Tabla desde 9 hasta 13).

Conductividad

La variación espacio-temporal de la conductividad del agua en los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) se muestran en las Tablas 14 – 18 y Figura 15.

Los sectores de Punucapa, ASENAV y Las Mulatas, durante el muestreo de Abril del año 2008, mostraron valores promedios más altos de conductividad, en aguas superficiales (3754, 1860 y 2092 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) y aguas profundas (3763, 2119 y 2012 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) (cf. Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18). Los valores más bajos, durante este muestreo, se registraron en aguas superficiales y profundas de los sectores de San Luis (136 y 141 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, Tabla 14) y Santa María (253 y 223 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, Tabla 15). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores promedio de conductividad registrados en aguas superficiales y profundas fueron similares entre estaciones de muestreo.

Los valores de conductividad promedio general detectadas, durante el muestreo de Abril, en aguas superficiales y profundas de la estación de San Luis fueron 136 y 141 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente y de 36 y 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, durante el muestreo de Septiembre (Tabla 14). Durante el muestreo de Abril, en la estación de Santa María, los promedios generales de conductividad detectados en aguas superficiales y profundas fueron de 253 y 223 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente y de 27 y 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$, durante el muestreo de Septiembre, respectivamente (Tabla 15). Las conductividades detectadas en aguas superficiales y profundas en la estación de Punucapa, durante el muestreo de Abril fueron de 3754 y 3763 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, y de 34 y 31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante Septiembre (Tabla 16). Durante el muestreo de Abril, los valores de conductividad obtenidos de las aguas superficiales y profundas de los sectores de ASENAV fueron de 1860 y 2119 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente y de 38 y 38 $\mu\text{S}/\text{cm}$, durante el muestreo de Septiembre, respectivamente (Tabla 17). En el sector de Las Mulatas, durante el muestreo de Abril, los valores de conductividad de aguas superficiales y profundas fueron de 2092 y 2012 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, mientras que durante el muestreo de

Septiembre, fueron de 35 y 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Tabla 18).

Los valores promedios de conductividad registrados en aguas superficiales y profundas de los sectores de San Luis ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=0,000$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 14), de Santa María ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=0,000$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 15), de Punucapa ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=0,000$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 16), de ASENNAV ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=0,000$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 17) y el sector de Las Mulatas ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=0,000$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 18) fueron significativamente más altos durante el muestreo de Abril en comparación con los detectados durante el muestreo de Septiembre.

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, los valores promedio de conductividad detectados en aguas superficiales de los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa y ASENNAV, no difirieron significativamente con aquellos registrados en estos mismos sectores durante el muestreo de Septiembre del año 2008 (*cf.* Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17, respectivamente). En el sector de Las Mulatas, la conductividad promedio detectada en aguas superficiales, durante el muestreo de Abril, no difirió significativamente con la registrada en aguas profundas (Tabla 18), sin embargo durante el muestreo de Septiembre, la conductividad promedio de aguas superficiales fue significativamente más alta que aquella de aguas profundas ($F= 6,245$, $P= 0,020$, *cf.* Tabla 18).

Tabla 14. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector San Luis, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces San Luis				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	139 (6:00)	29 (6:10)	136 (6:10)	28 (6:22)
	128 (7:00)	30 (7:10)	140 (7:10)	29 (7:22)
	139 (8:00)	30 (8:10)	140 (8:10)	30 (8:22)
	140 (9:00)	31 (9:10)	140 (9:10)	25 (9:22)
	140 (10:00)	27 (10:10)	139 (10:10)	27 (10:22)
	140 (11:00)	26 (11:10)	137 (11:10)	26 (11:22)
	140 (12:00)	26 (12:10)	138 (12:10)	27 (12:22)
	137 (3:00)	27 (13:10)	138 (13:10)	27 (13:22)
	131 (14:00)	32 (14:10)	145 (14:10)	32 (14:22)
	128 (15:00)	47 (15:10)	146 (15:10)	48 (15:22)
	129 (16:00)	55 (16:10)	146 (16:10)	56 (16:22)
	142 (17:00)	69 (17:10)	143 (17:10)	72 (17:22)
<i>promedio</i>	136	36	141	36
<i>máximo</i>	142	69	146	56
<i>mínimo</i>	128	26	136	25
<hr/>				
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
<hr/>				
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	U= 44,500 P= 0,107		F= 0,001 P= 0,978	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 15. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Santa María, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Santa María				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	208 (6:40)	21 (6.25)	178 (6:10)	32 (6:35)
	204 (7:40)	27 (7.25)	191 (7:10)	28 (7:35)
	196 (8:40)	25 (8.25)	169 (8:10)	27 (8:35)
	203 (9:40)	24 (9.25)	187 (9:10)	26 (9:35)
	201 (10:40)	23 (10.25)	205 (10:10)	32 (10:35)
	197 (11:40)	28 (11.25)	199 (11:10)	40 (11:35)
	199 (12:40)	30 (12.25)	187 (12:10)	27 (12:35)
	267 (13:40)	34 (13.25)	208 (13:10)	25 (13:35)
	298 (14:40)	28 (14.25)	218 (14:10)	24 (14:35)
	337 (15:40)	28 (15.25)	273 (15:10)	24 (15:35)
	359 (16:40)	26 (16.25)	315 (16:10)	25 (16:35)
	367 (17:40)	25 (17.25)	347 (17:10)	24 (17:35)
<i>promedio</i>	253	27	223	28
<i>máximo</i>	367	34	347	40
<i>mínimo</i>	196	21	169	24
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 1,335 P= 0,260		F= 0,548 P= 0,467	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 16. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Punucapa, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Punucapa				
	superficie		Fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	386 (6:15)	37 (5:30)	387 (6:25)	33 (5:40)
	333 (7:15)	33 (6:30)	343 (7:25)	30 (6:40)
	346 (8:15)	34 (7:30)	321 (8:25)	26 (7:40)
	3947 (9:15)	39 (8:30)	3978 (9:25)	48 (8:40)
	3858 (10:15)	38 (9:30)	3998 (10:25)	33 (9:40)
	4605 (11:15)	38 (10:30)	4587 (11:25)	31 (10:40)
	4875 (12:15)	34 (11:30)	4785 (12:25)	28 (11:40)
	4698 (13:15)	31 (12:30)	4563 (13:25)	25 (12:40)
	5234 (14:15)	31 (13:30)	5304 (14:25)	28 (13:40)
	5687 (15:15)	32 (15:30)	5712 (15:25)	39 (14:40)
	5632 (16:15)	29 (15:30)	5637 (16:25)	28 (15:40)
	5452 (17:15)	28 (16:30)	5541 (17:25)	26 (16:40)
<i>promedio</i>	3754	34	3763	31
<i>máximo</i>	5687	39	5712	48
<i>mínimo</i>	333	28	321	25
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,000 P= 0,992		F= 1,238 P= 0,278	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 17. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector ASENAV, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Calle Calle				
ASENAV				
	superficie		Fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	1632 (6:00)	41 (6:25)	1646 (6:00)	41 (6:20)
	1687 (7:00)	41 (7:25)	1784 (7:20)	40 (7:20)
	1689 (8:00)	38 (8:25)	1798 (8:20)	39 (8:20)
	1784 (9:00)	37 (9:25)	1698 (9:20)	37 (9:20)
	1764 (10:00)	36 (10:25)	1706 (10:20)	37 (10:20)
	2845 (11:00)	35 (11:25)	1874 (11:20)	38 (11:20)
	2177 (12:00)	36 (12:25)	2563 (12:00)	37 (12:20)
	1954 (13:00)	35 (13:25)	3897 (13:00)	36 (13:20)
	1820 (14:00)	35 (14:25)	2588 (14:00)	36 (14:20)
	1593 (15:00)	41 (15:25)	2234 (15:00)	41 (15:20)
	1674 (16:00)	40 (16:25)	1906 (16:00)	40 (16:20)
	1698 (17:00)	40 (17:25)	1737 (17:00)	39 (17:20)
<i>promedio</i>	1860	38	2119	38
<i>máximo</i>	2845	41	3897	41
<i>mínimo</i>	1593	35	1646	36
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P < 0,001		U= 0,000 P < 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 1,489 P= 0,235		F= 0,306 P= 0,586	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 18. Valores de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Las Mulatas, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Valdivia Las Mulatas				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	1678 (6:25)	38 (6.00)	1849 (6:25)	32 (6:10)
	1698 (7:25)	42 (7.00)	1547 (7:25)	35 (7:10)
	1847 (8:25)	41 (8.00)	1658 (8:25)	46 (8:10)
	1687 (9:25)	38 (9.00)	1487 (9:25)	32 (9:10)
	1715 (10:25)	37 (10.00)	1873 (10:25)	32 (10:10)
	1987 (11:25)	34 (11.00)	1856 (11:25)	30 (11:10)
	2654 (12:25)	31 (12.00)	2087 (12:25)	26 (12:10)
	2132 (13:25)	33 (13.00)	2156 (13:25)	24 (13:10)
	2451 (14:25)	29 (14.00)	2365 (14:25)	28 (14:10)
	2387 (15:25)	32 (15.00)	2657 (15:25)	27 (15:10)
	2875 (16:25)	36 (16.00)	2541 (16:25)	26 (16:10)
	1992 (17:25)	34 (17.00)	2068 (17:25)	24 (17:10)
<i>promedio</i>	2092	35	2012	30
<i>máximo</i>	2875	42	2657	46
<i>mínimo</i>	1678	29	1487	24
<hr/>				
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
<hr/>				
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,248 P= 0,623		F= 6,245 P= 0,020	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

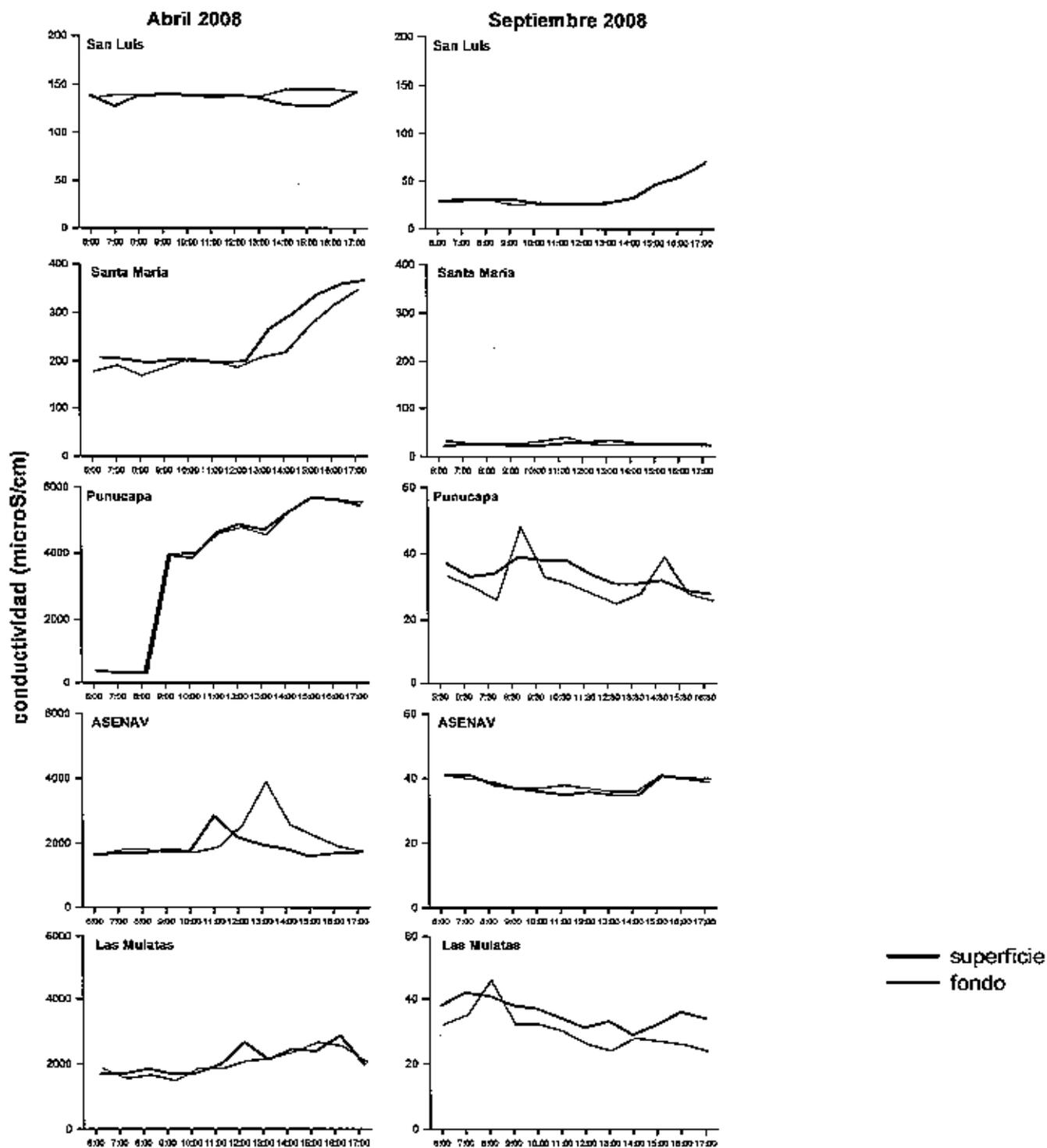


Figura 15. Valores horarios de conductividad de superficie y fondo de la columna de agua los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas durante Abril y Septiembre del año 2008 (ver Tabla desde 14 a 18).

pH

La variación espacio-temporal del pH del agua en los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) se muestran en las Tablas 19 – 23 y Figura 16.

Durante los muestreos de Abril y Septiembre del año 2008, en los sectores de San Luis, Santa María y Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) los valores de pH del agua fueron muy similares.

En el sector de San Luis, durante el muestreo de Abril, los valores promedio de pH en aguas superficiales y profundas fueron de 6,9 y 6,9, respectivamente, mientras que durante el muestreo de Septiembre, fueron de 6,7 y 6,7, respectivamente (Tabla 19). Durante el muestreo de Abril, los valores promedio de pH en aguas superficiales y profundas del sector de Santa María fueron de 7,1 y 7,0, respectivamente, mientras que durante el muestreo de Septiembre fueron de 6,7 y 6,8 (Tabla 20). En el sector de Punucapa, los valores promedios de pH durante el muestreo de Abril fueron de 7,4 en aguas superficiales y de 7,3 en aguas profundas, mientras que durante el muestreo de Septiembre fueron de 6,6 y 6,7, respectivamente (Tabla 21). El sector de ASENAV, durante el muestreo de Abril, registró valores de pH de 6,8 en aguas superficiales y profundas y de 7,4 en aguas superficiales y profundas durante el muestreo de Septiembre (Tabla 22). En el sector de Las Mulatas, los valores promedio de pH durante el muestreo de Abril fueron de 7,3 en aguas superficiales y de 7,4 en aguas profundas y durante el muestreo de Septiembre fueron de 6,8 y 7,0, respectivamente (Tabla 23).

Los valores promedios de pH registrados en aguas superficiales y profundas de los sectores de San Luis ($F=10,632$, $P= 0,004$ y $U= 26,000$, $P= 0,006$, respectivamente, *cf.* Tabla 19), de Santa María ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $U=16,000$, $P< 0,006$, respectivamente, *cf.* Tabla 20), de Punucapa ($U=0,000$, $P< 0,001$ y $F= 57,558$, $P< 0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 21 y el sector de Las Mulatas ($U=0,000$, $P< 0,001$ y

U=0,000, $P < 0,001$, respectivamente, cf. Tabla 23) fueron significativamente más altos durante el muestreo de Abril en comparación con los detectados durante el muestreo de Septiembre. Por el contrario, en el sector de ASENNAV los valores promedio de pH detectados, durante el muestreo de Abril, en aguas superficiales y profundas fueron significativamente más bajos que aquellos registrados durante el muestreo de Septiembre ($F=133,941$, $P < 0,001$ y $F= 94,450$, $P < 0,001$, respectivamente, cf. Tabla 22).

Durante el muestreo de Abril, el valor promedio de pH detectado en aguas superficiales del sector de Santa María ($F= 4,459$, $P= 0,046$) fue significativamente más alto que aquel registrado en aguas profundas (Tabla 20). Los sectores de San Luis, Punucapa, ASENNAV y Las Mulatas la conductividad promedio detectada en aguas superficiales, durante este muestreo, no difirió significativamente con la registrada en aguas profundas (cf. Tabla 19, Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23). Durante el muestreo de Septiembre, los valores promedio de pH detectados en las aguas superficiales de los sectores de Santa María (U= 11,000, $P < 0,001$), Punucapa ($F= 30,203$, $P= 0,001$) y Las Mulatas (U= 2,500, $P < 0,001$) fueron significativamente más altos que aquellos obtenidos en aguas profundas. Durante este mismo muestreo, los valores de pH registrados en aguas superficiales de los sectores de San Luis ($F= 1,000$, $P= 0,328$) y ASENNAV (U= 69,500, $P= 0,872$) no difirieron significativamente con los obtenidos en aguas profundas.

Tabla 19. Valores de pH obtenidas de superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector San Luis, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces San Luis				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	6,8 (6:00)	6,6 (6:10)	6,5 (6:10)	6,5 (6:22)
	6,6 (7:00)	6,7 (7:10)	6,7 (7:10)	6,6 (7:22)
	7,0 (8:00)	6,7 (8:10)	6,9 (8:10)	6,7 (8:22)
	6,9 (9:00)	6,8 (9:10)	7,0 (9:10)	6,7 (9:22)
	6,8 (10:00)	6,9 (10:10)	6,7 (10:10)	6,8 (10:22)
	6,8 (11:00)	6,8 (11:10)	7,0 (11:10)	6,8 (11:22)
	6,8 (12:00)	6,7 (12:10)	7,1 (12:10)	6,7 (12:22)
	7,1 (13:00)	6,7 (13:10)	6,9 (13:10)	6,8 (13:22)
	6,9 (14:00)	6,8 (14:10)	7,1 (14:10)	6,7 (14:22)
	6,9 (15:00)	6,7 (15:10)	6,9 (15:10)	6,7 (15:22)
	6,9 (16:00)	6,7 (16:10)	7,1 (16:10)	6,7 (16:22)
	6,9 (17:00)	6,7 (17:10)	6,8 (17:10)	6,7 (17:22)
<i>promedio</i>	6,9	6,7	6,9	6,7
<i>máximo</i>	7,1	6,9	7,1	6,9
<i>mínimo</i>	6,6	6,6	6,5	6,5
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	F= 10,632 P= 0,004		U= 26,000 P= 0,006	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,064 P= 0,802		F= 1,000 P= 0,328	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 20. Valores de pH obtenidas de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Santa María, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Santa María				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	7,0 (6:40)	6,7 (6:25)	6,9 (6:10)	6,8 (6:35)
	7,0 (7:40)	6,7 (7:25)	6,7 (7:10)	6,8 (7:35)
	7,0 (8:40)	6,7 (8:25)	6,9 (8:10)	6,8 (8:35)
	7,0 (9:40)	6,7 (9:25)	6,9 (9:10)	6,8 (9:35)
	7,0 (10:40)	6,7 (10:25)	7,0 (10:10)	6,9 (10:35)
	7,0 (11:40)	6,7 (11:25)	7,0 (11:10)	6,9 (11:35)
	7,1 (12:40)	6,7 (12:25)	6,9 (12:10)	6,8 (12:35)
	7,1 (13:40)	6,7 (13:25)	6,9 (13:10)	6,8 (13:35)
	7,1 (14:40)	6,7 (14:25)	7,0 (14:10)	6,7 (14:35)
	7,1 (15:40)	6,6 (15:25)	7,1 (15:10)	6,7 (15:35)
	7,4 (16:40)	6,7 (16:25)	7,2 (16:10)	6,8 (16:35)
	7,4 (17:40)	6,7 (17:25)	7,2 (17:10)	6,8 (17:35)
<i>promedio</i>	7,1	6,7	7,0	6,8
<i>máximo</i>	7,4	6,6	7,2	6,9
<i>mínimo</i>	6,9	6,7	6,7	6,7
<hr/>				
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie	fondo		
	U= 0,000 P< 0,001	U= 16,000 P< 0,006		
<hr/>				
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08	Sep 08		
	F= 4,459 P= 0,046	U= 11,000 P< 0,001		

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 21. Valores de pH obtenidas de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Punucapa, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Punucapa				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	6,8 (6:15)	6,5 (5:30)	6,5 (6:25)	6,6 (5:40)
	7,3 (7:15)	6,5 (6:30)	7,3 (7:25)	6,6 (6:40)
	7,3 (8:15)	6,5 (7:30)	7,3 (8:25)	6,7 (7:40)
	7,2 (9:15)	6,5 (8:30)	7,3 (9:25)	6,7 (8:40)
	7,3 (10:15)	6,5 (9:30)	7,3 (10:25)	6,8 (9:40)
	7,3 (11:15)	6,5 (10:30)	7,4 (11:25)	6,8 (10:40)
	7,5 (12:15)	6,6 (11:30)	7,5 (12:25)	6,7 (11:40)
	7,6 (13:15)	6,6 (12:30)	7,5 (13:25)	6,7 (12:40)
	7,5 (14:15)	6,6 (13:30)	7,5 (14:25)	6,7 (13:40)
	7,5 (15:15)	6,6 (14:30)	7,5 (15:25)	6,7 (14:40)
	7,5 (16:15)	6,6 (15:30)	7,5 (16:25)	6,7 (15:40)
	7,5 (17:15)	6,7 (16:30)	7,4 (17:25)	6,8 (16:40)
<i>promedio</i>	7,4	6,6	7,3	6,7
<i>máximo</i>	7,6	6,7	7,5	6,8
<i>mínimo</i>	6,8	6,5	6,5	6,6
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)				
	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		F= 57,558 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)				
	Abr 08		Sep 08	
	U= 70,500 P= 0,927		F= 30,203 P< 0,001	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 22. Valores de pH obtenidas de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector ASENAV, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Calle Calle				
ASENAV				
	superficie		Fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	6,4 (6:00)	7,3 (6:25)	7,3 (6:20)	7,4 (6:20)
	6,7 (7:00)	7,5 (7:25)	6,6 (7:20)	7,4 (7:20)
	6,7 (8:00)	7,3 (8:25)	6,7 (8:20)	7,3 (8:20)
	6,7 (9:00)	7,3 (9:25)	6,7 (9:20)	7,3 (9:20)
	6,8 (10:00)	7,3 (10:25)	6,7 (10:20)	7,3 (10:20)
	6,9 (11:00)	7,4 (11:25)	6,8 (11:20)	7,5 (11:20)
	7,0 (12:00)	7,3 (12:25)	6,9 (12:20)	7,3 (12:20)
	7,0 (13:00)	7,3 (13:25)	6,9 (13:20)	7,5 (13:20)
	6,8 (14:00)	7,4 (14:25)	6,8 (14:20)	7,4 (14:20)
	6,8 (15:00)	7,4 (15:25)	6,7 (15:20)	7,3 (15:20)
	6,8 (16:00)	7,4 (16:25)	6,8 (16:20)	7,3 (16:20)
	6,8 (17:00)	7,4 (17:25)	6,8 (17:20)	7,3 (17:20)
<i>promedio</i>	6,8	7,4	6,8	7,4
<i>máximo</i>	7,0	7,5	7,3	7,5
<i>mínimo</i>	6,4	7,3	6,6	7,3
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	F= 133,941 P< 0,001		F= 94,450 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,132 P= 0,720		U= 69,500 P= 0,872	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 23. Valores de pH obtenidas de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Las Mulatas, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Valdivia Las Mulatas				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	7,4 (6:25)	6,8 (6:00)	7,4 (6:25)	6,9 (6:10)
	7,4 (7:25)	6,8 (7:00)	7,4 (7:25)	7,0 (7:10)
	7,4 (8:25)	6,8 (8:00)	7,5 (8:25)	7,0 (8:10)
	7,5 (9:25)	6,8 (9:00)	7,6 (9:25)	7,0 (9:10)
	7,5 (10:25)	6,8 (10:00)	7,6 (10:25)	7,1 (10:10)
	7,6 (11:25)	6,8 (11:00)	7,6 (11:25)	7,1 (11:10)
	7,6 (12:25)	6,9 (12:00)	7,6 (12:25)	7,0 (12:10)
	7,1 (13:25)	6,8 (13:00)	7,2 (13:25)	7,0 (13:10)
	7,1 (14:25)	6,8 (14:00)	7,2 (14:25)	6,9 (14:10)
	7,1 (15:25)	6,7 (15:00)	7,2 (15:25)	6,9 (15:10)
	7,2 (16:25)	6,8 (16:00)	7,2 (16:25)	6,9 (16:10)
	7,2 (17:25)	6,8 (17:00)	7,3 (17:25)	6,9 (17:10)
<i>promedio</i>	7,3	6,8	7,4	7,0
<i>máximo</i>	7,6	6,9	7,6	7,1
<i>mínimo</i>	7,1	6,7	7,2	6,9
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 0,000 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,600 P= 0,447		U= 2,500 P< 0,001	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

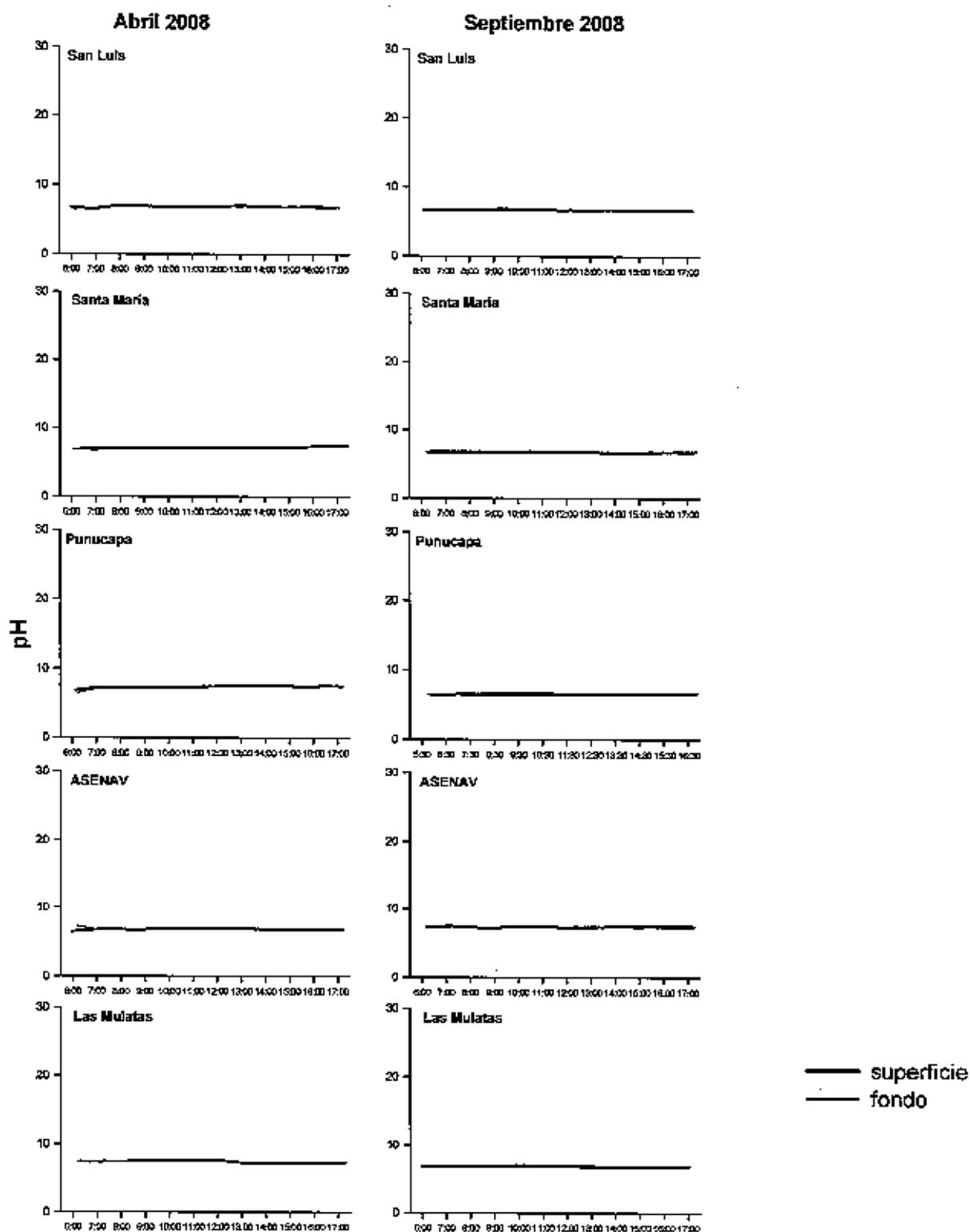


Figura 16. Valores horarios de pH de superficie y fondo de la columna de agua los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas durante Abril y Septiembre del año 2008 (ver Tabla desde 19 a 23).

Oxígeno disuelto

La variación espacio-temporal de la concentración de oxígeno disuelto del agua en los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) se muestran en las Tablas 24 - 28.

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones de oxígeno disuelto registradas en aguas superficiales y profundas aumentaron gradualmente desde el sector San Luis y Santa María (Río Cruces, *cf.* Tabla 24 y Tabla 25) a los sectores ASENAV (Río Calle Calle, *cf.* Tabla 27) y Las Mulatas (Río Valdivia, *cf.* Tabla 28).

En el sector de San Luis, durante el muestreo de Abril, las concentraciones de oxígeno disuelto fueron de 8,5 mg/L en aguas superficiales y de 7,2 mg/L en aguas profundas, mientras que durante el muestreo de Septiembre fueron de 9,3 mg/L en aguas superficiales y profundas (Tabla 24). En el sector de Santa María, los valores promedio de oxígeno disuelto, durante el muestreo de Abril, fueron de 8,1 en aguas superficiales y 7,8 mg/L en aguas profundas, mientras que durante el muestreo de Septiembre fueron de 10,7 y 10,6 mg/L, respectivamente (Tabla 25). Durante el muestreo de Abril, las concentraciones de oxígeno disuelto registrados en aguas superficiales y profundas del sector de Punucapa fueron de 9,3 y 9,1 mg/L, respectivamente y de 10,1 y 10,0 mg/L durante el muestreo de Septiembre, respectivamente (Tabla 26). En aguas superficiales y profundas del sector de ASENAV, los valores de oxígeno disuelto durante el muestreo de Abril fueron de 8,4 y 9,3 mg/L respectivamente, y de 11,3 y 11,2 mg/L durante el muestreo de Septiembre, respectivamente (Tabla 27). Durante el muestreo de Abril, las concentraciones de oxígeno disuelto registradas en aguas superficiales y profundas del sector de Las Mulatas fueron de 9,1 y 8,8 mg/L, respectivamente, mientras que durante el muestreo de Septiembre los valores fueron de 10,6 y 10,5 mg/L, respectivamente (Tabla 28).

Las concentraciones promedio de oxígeno disuelto registrados en aguas superficiales y profundas de los sectores de San Luis ($U=2,500$, $P<0,001$ y $F=385,591$, $P<0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 24), de Santa María ($U=0,000$, $P<0,001$ y $U=0,000$, $P<0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 25), de Punucapa ($U=19,000$, $P=0,002$ y $F=13,210$, $P=0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 26), de ASENAV ($F=1509,857$, $P<0,001$ y $F=612,992$, $P<0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 27) y el sector de Las Mulatas ($F=308,070$, $P<0,001$ y $U=0,000$, $P<0,001$, respectivamente, *cf.* Tabla 28) fueron significativamente más bajos durante el muestreo de Abril en comparación con los detectados durante el muestreo de Septiembre.

Durante el muestreo de Abril, los valores promedios de la concentración de oxígeno detectados en aguas superficiales del sector de San Luis ($F=56,433$, $P<0,001$, *cf.* Tabla 24) y Punucapa ($F=22,629$, $P<0,001$, *cf.* Tabla 26) fueron significativamente más altas que las que aquellos registrados en aguas profundas. Durante este muestreo, las concentraciones de oxígeno disuelto registrados en aguas superficiales y profundas de los sectores de Santa María ($U=51,000$, $P=0,223$, *cf.* Tabla 25), ASENAV ($F=0,839$, $P=0,370$, *cf.* Tabla 27) y Las Mulatas ($F=0,626$, $P=0,437$, *cf.* Tabla 28) no difirieron significativamente. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores promedio de las concentraciones de oxígeno disuelto registradas en aguas superficiales de los sectores de San Luis ($F=1,633$, $P=0,215$, *cf.* Tabla 24), Punucapa ($F=0,190$, $P=0,667$, *cf.* Tabla 26), ASENAV ($F=0,118$, $P=0,735$, *cf.* Tabla 27) y Las Mulatas ($F=2,533$, $P=0,126$, *cf.* Tabla 28) no difirieron significativamente con aquellas concentraciones detectadas en aguas profundas.

Tabla 24. Valores de oxígeno (mg/L) de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector San Luis, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces San Luis				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	7,2 (6:00)	9,3 (6:10)	7,9 (6:10)	9,3 (6:22)
	9,0 (7:00)	9,4 (7:10)	7,2 (7:10)	9,4 (7:22)
	8,1 (8:00)	9,4 (8:10)	7,4 (8:10)	9,4 (8:22)
	8,2 (9:00)	9,8 (9:10)	7,2 (9:10)	9,7 (9:22)
	8,7 (10:00)	9,3 (10:10)	7,1 (10:10)	9,4 (10:22)
	8,7 (11:00)	9,0 (11:10)	6,7 (11:10)	9,3 (11:22)
	9,1 (12:00)	9,3 (12:10)	6,8 (12:10)	9,4 (12:22)
	8,9 (13:00)	9,2 (13:10)	6,9 (13:10)	9,2 (13:22)
	8,6 (14:00)	9,1 (14:10)	6,8 (14:10)	9,2 (14:22)
	8,4 (15:00)	9,1 (15:10)	7,2 (15:10)	9,1 (15:22)
	8,7 (16:00)	9,2 (16:10)	7,2 (16:10)	9,1 (16:22)
	8,3 (17:00)	9,2 (17:10)	7,5 (17:10)	9,2 (17:22)
<i>promedio</i>	8,5	9,3	7,2	9,3
<i>máximo</i>	9,1	9,8	7,9	9,7
<i>mínimo</i>	7,2	9,0	6,7	9,1
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 2,500 P< 0,001		F= 385,591 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 56,433 P< 0,001		F= 1,633 P= 0,215	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 25. Valores de oxígeno (mg/L) de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Santa María, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Santa María				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	7,4 (6:40)	11,4 (6:25)	6,8 (6:10)	11,2 (6:35)
	7,3 (7:40)	11,2 (7:25)	6,9 (7:10)	11,0 (7:35)
	7,6 (8:40)	11,1 (8:25)	7,1 (8:10)	10,9 (8:35)
	7,9 (9:40)	10,9 (9:25)	7,2 (9:10)	10,7 (9:35)
	7,6 (10:40)	10,7 (10:25)	7,1 (10:10)	10,5 (10:35)
	7,7 (11:40)	10,6 (11:25)	7,6 (11:10)	10,4 (11:35)
	8,7 (12:40)	10,4 (12:25)	8,5 (12:10)	10,3 (12:35)
	8,7 (13:40)	10,6 (13:25)	8,2 (13:10)	10,5 (13:35)
	8,6 (14:40)	10,4 (14:25)	8,3 (14:10)	10,5 (14:35)
	8,4 (15:40)	10,2 (15:25)	8,7 (15:10)	10,1 (15:35)
	8,8 (16:40)	10,3 (16:25)	8,6 (16:10)	10,2 (16:35)
	8,9 (17:40)	10,5 (17:25)	8,4 (17:10)	10,4 (17:35)
<i>promedio</i>	8,1	10,7	7,8	10,6
<i>máximo</i>	8,9	11,4	8,7	11,2
<i>mínimo</i>	7,3	10,2	6,8	10,1
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)				
	superficie		fondo	
	U= 0,000		U= 0,000	
	P< 0,001		P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)				
	Abr 08		Sep 08	
	U= 51,000		F= 88,200	
	P= 0,223		P< 0,001	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 26. Valores de oxígeno (mg/L) de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Punucapa, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Cruces Punucapa				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	9,3 (6:15)	11,2 (5:30)	8,8 (6:25)	11,1 (5:40)
	9,3 (7:15)	11,1 (6:30)	8,9 (7:25)	11,0 (6:40)
	9,2 (8:15)	10,9 (7:30)	8,7 (8:25)	10,8 (7:40)
	9,2 (9:15)	10,3 (8:30)	8,8 (9:25)	10,4 (8:40)
	9,1 (10:15)	9,5 (9:30)	8,8 (10:25)	10,2 (9:40)
	8,9 (11:15)	9,0 (10:30)	8,6 (11:25)	9,3 (10:40)
	9,1 (12:15)	9,6 (11:30)	8,8 (12:25)	8,8 (11:40)
	9,1 (13:15)	9,6 (12:30)	9,6 (13:25)	9,5 (12:40)
	9,5 (14:15)	9,5 (13:30)	9,7 (14:25)	9,5 (13:40)
	9,6 (15:15)	10,2 (14:30)	9,4 (15:25)	9,4 (14:40)
	9,4 (16:15)	10,0 (15:30)	9,5 (16:25)	10,0 (15:40)
	9,7 (17:15)	10,1 (16:30)	9,6 (17:25)	9,8 (16:40)
<i>promedio</i>	9,3	10,1	9,1	10,0
<i>máximo</i>	9,7	11,2	9,7	11,1
<i>mínimo</i>	8,9	9,0	8,6	9,3
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	U= 19,000 P= 0,002		F= 13,210 P= 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 22,629 P< 0,001		F= 0,190 P= 0,667	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 27. Valores de oxígeno (mg/L) de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector ASENAV, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Calle Calle ASENAV				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	8,7 (6:00)	11,4 (6:25)	9,3 (6:00)	11,4 (6:20)
	8,2 (7:00)	11,4 (7:25)	9,3 (7:20)	11,4 (7:20)
	8,4 (8:00)	11,1 (8:25)	9,2 (8:20)	11,0 (8:20)
	8,7 (9:00)	11,2 (9:25)	9,2 (9:20)	11,2 (9:20)
	8,4 (10:00)	11,2 (10:25)	9,1 (10:20)	11,1 (10:20)
	8,5 (11:00)	11,3 (11:25)	8,9 (11:20)	11,2 (11:20)
	8,1 (12:00)	11,3 (12:25)	9,1 (12:00)	11,1 (12:20)
	8,5 (13:00)	11,1 (13:25)	9,1 (13:00)	11,4 (13:20)
	8,0 (14:00)	11,4 (14:25)	9,5 (14:00)	11,4 (14:20)
	8,5 (15:00)	11,4 (15:25)	9,6 (15:00)	11,3 (15:20)
	8,6 (16:00)	11,3 (16:25)	9,4 (16:00)	11,3 (16:20)
	8,3 (17:00)	11,3 (17:25)	9,7 (17:00)	11,1 (17:20)
<i>promedio</i>	8,4	11,3	9,3	11,2
<i>máximo</i>	8,7	11,4	9,7	11,4
<i>mínimo</i>	8,0	11,1	8,9	11,0
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	superficie		fondo	
	F= 1509,857 P< 0,001		F= 612,992 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,839 P= 0,370		F= 0,118 P= 0,735	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

Tabla 28. Valores de oxígeno (mg/L) de la superficie y fondo de la columna de agua del Río Cruces, sector Las Mulatas, durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Entre paréntesis se indica la hora en que se realizaron las mediciones. Se entregan los resultados de los análisis estadísticos tendientes a evaluar eventuales diferencias: i) entre muestreos (Abril vs. Septiembre 2008) para cada nivel (superficie y fondo) y ii) entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008).

Río Valdivia Las Mulatas				
	superficie		fondo	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
	9,2 (6:25)	10,9 (6:00)	9,0 (6:25)	10,7 (6:10)
	9,2 (7:25)	10,7 (7:00)	8,9 (7:25)	10,6 (7:10)
	9,1 (8:25)	10,5 (8:00)	8,9 (8:25)	10,3 (8:10)
	8,8 (9:25)	10,8 (9:00)	8,8 (9:25)	10,6 (9:10)
	8,8 (10:25)	10,7 (10:00)	8,6 (10:25)	10,8 (10:10)
	8,9 (11:25)	10,5 (11:00)	8,5 (11:25)	10,5 (11:10)
	9,1 (12:25)	10,2 (12:00)	8,6 (12:25)	10,4 (12:10)
	9,1 (13:25)	10,2 (13:00)	8,8 (13:25)	10,0 (13:10)
	9,2 (14:25)	10,5 (14:00)	8,8 (14:25)	10,0 (14:10)
	9,1 (15:25)	10,8 (15:00)	8,9 (15:25)	10,3 (15:10)
	9,1 (16:25)	11,0 (16:00)	8,8 (16:25)	10,6 (16:10)
	9,3 (17:25)	10,9 (17:00)	8,7 (17:25)	10,8 (17:10)
<i>promedio</i>	9,1	10,6	8,8	10,5
<i>máximo</i>	9,3	11,0	9,0	10,8
<i>mínimo</i>	8,8	10,2	8,5	10,0
i) comparación entre muestreos (Abril vs. Septiembre) para cada nivel (superficie y fondo)	Superficie		fondo	
	F= 308,070 P< 0,001		U= 0,000 P< 0,001	
ii) comparación entre niveles (superficie vs. fondo) para cada muestreo (Abril y Septiembre 2008)	Abr 08		Sep 08	
	F= 0,626 P= 0,437		F= 2,533 P= 0,126	

F= estadístico del análisis de varianza de una vía, ANDEVA; U= estadístico de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney; P= valor de probabilidad resultantes de ambos análisis.

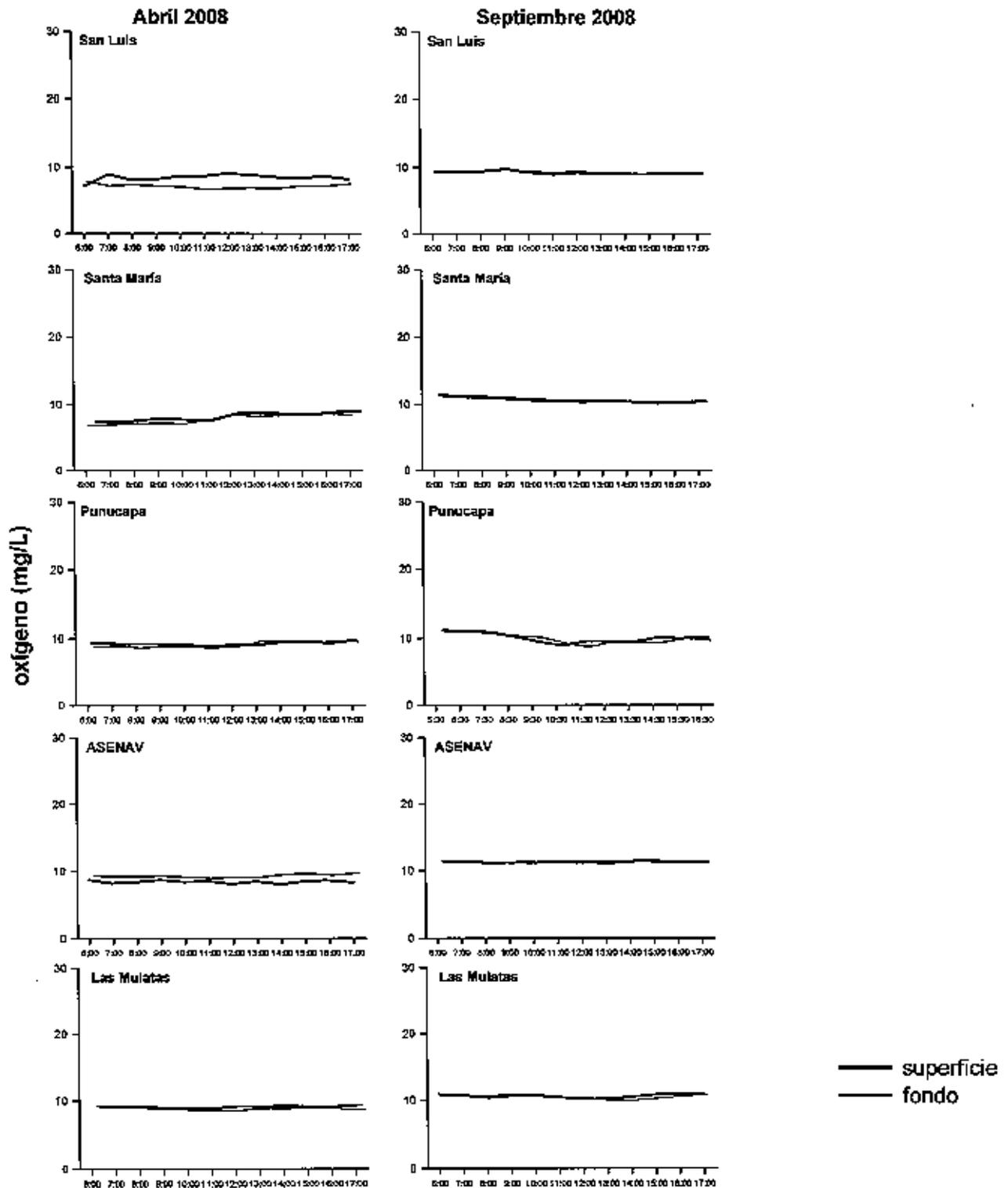


Figura 17. Valores horarios de oxígeno disuelto de superficie y fondo de la columna de agua los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas durante Abril y Septiembre del año 2008 (ver Tabla desde 24 a 28).

Conclusiones

Sobre la base de los antecedentes obtenidos, es posible concluir:

- i) Durante Abril y Septiembre del año 2008, los valores promedio de temperatura en aguas superficiales y de fondo de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, fueron similares y no difirieron significativamente entre profundidades. Por el contrario, las temperaturas registradas en aguas superficiales y de fondo fueron significativamente más altas durante el muestreo de Abril que durante el muestreo de Septiembre del año 2008. El sector de ASENAV registró temperaturas levemente más altas en aguas de superficie y fondo durante el muestreo de Abril del año 2008.
- ii) Durante Abril del año 2008, los valores promedio de conductividad en aguas superficiales y de fondo de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, fueron similares y no difirieron significativamente entre profundidades. Similar situación fue observada en los ríos Cruces y Calle Calle durante Septiembre. Por el contrario, durante el muestreo de este último mes, los valores de conductividad detectados en aguas superficiales del Río Valdivia (Las Mulatas) fueron significativamente más altos que en aguas de fondo. La conductividad registrada en aguas superficiales y de fondo fueron significativamente más altas durante el muestreo de Abril del año 2008, siendo el sector de Punucapa (Río Cruces) el que registró las conductividades más altas en aguas de superficie y fondo durante Abril del año 2008.
- iii) Durante Abril y Septiembre del año 2008, los valores promedio de pH detectados en aguas superficiales y profundas del sector de San Luis (Río Cruces) y ASENAV (Río Calle Calle) no difirieron significativamente entre sí. Durante el muestreo de Septiembre, los valores de pH detectados en el sector de Punucapa y Las Mulatas, fueron

significativamente más altos en aguas de fondo, mientras que en el sector de Santa María, el pH fue significativamente diferente entre profundidades.

- iv) Los valores promedio de oxígeno disuelto medidos en el Río Cruces, Calle Calle y Valdivia fueron significativamente más altos durante el muestreo de Septiembre del año 2008. Se detectaron diferencias significativas en las concentraciones de oxígeno entre aguas de superficie y profundidades en los sectores de San Luis y Punucapa (Río Cruces) durante el muestreo de Abril y en el sector de Santa María (Río Cruces), durante Septiembre del año 2008.

- v) Los resultados anteriores permiten sugerir que las aguas de superficie son un buen estimador de las características físicas (*i.e.* temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto) de toda la columna de agua de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, así como de la variabilidad estacional de las mismas.

3.3.2. Características químicas y microbiológicas del agua

Las descripciones que se realizan a continuación están basadas en muestras compuestas obtenidas después de muestreos horarios de 11 horas, realizadas en los ríos Cruces (San Luis, Santa María y Punucapa), Calle Calle (ASENAV) y Valdivia (Las Mulatas) (Fig. 13) durante Abril y Septiembre del año 2008. Las muestras se obtuvieron de aguas superficiales (ca. 20 cm de profundidad) y de fondo (ca. 100 cm sobre el fondo) en cada sitio de muestreo. La recolección de las muestras compuestas se realizó por períodos de aproximadamente 12 horas a fin de cubrir la variabilidad mareal diaria (marea alta vs. marea baja). Las muestras se obtuvieron con un muestreador automático marca ISCO modelo 6712 y se almacenaron en frío y en las botellas correspondientes para cada tipo de análisis, hasta su posterior análisis en laboratorio. Todos los muestreos se realizaron acorde la normativa dispuesta en NCH 411/10 (2005).

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, en ninguna de las estaciones muestreadas se detectaron sólidos sedimentables en el agua (Tabla 29).

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones de sólidos suspendidos totales fueron más altas en la porción central del humedal del Río Cruces (sectores Santa María y Punucapa), el cual está directamente influenciado por las aguas del río Cruces, además de los sectores de Las Mulatas (Río Valdivia), durante el muestreo de Abril y de ASENAV (Río Calle Calle) durante el muestreo de Septiembre (Tabla 29). Los valores fluctuaron entre 2,7 y 12,6 mg/L (estación de San Luis y Las Mulatas, respectivamente), durante el muestreo de Abril del año 2008, y entre 13,7 y 160,2 mg/L (en los sectores San Luis y Punucapa, respectivamente), durante el muestreo de Septiembre del año 2008 (Tabla 29). Las concentraciones de sólidos suspendidos totales registrados en el muestreo de Septiembre del año 2008 fueron entre 1 (14,7 mg/L en el sector Las Mulatas) a 25 (160,2 mg/L en el sector de Punucapa) veces más altos que aquellas concentraciones obtenidas durante el

muestreo de Abril del año 2008 (Tabla 29).

Durante el muestreo de Abril del año 2008, la fracción inorgánica y orgánica de los sólidos suspendidos mostró concentraciones similares en San Luis, Punucapa y ASENAV a la vez que en Santa María y Las Mulatas, la fracción inorgánica fue aproximadamente dos veces más alta que la fracción orgánica (Tabla 29). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones de sólidos inorgánicos fueron de dos a ocho veces más altas que las concentraciones de la fracción orgánica (en los sectores de Santa María y ASENAV, respectivamente).

Tabla 29. Concentraciones de sólidos sedimentables (SSed) y sólidos suspendidos (SSu) totales, orgánicos e inorgánicos de las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores indican el promedio (n=2) y la desviación estándar en paréntesis.

estaciones	SSed (ml/L/h)		SSu (mg/L)					
			totales		inorgánico		orgánico	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces								
San Luis	0	0	2,7 (0,1)	13,7 (0,6)	1,3 (0,4)	9,8 (1,3)	1,4 (0,3)	3,9 (0,6)
Santa María	0	0	10,0 (1,6)	33,7 (2,6)	6,6 (0,5)	23,5 (1,9)	3,3 (1,1)	10,2 (0,7)
Punucapa	0	0	6,3 (0,6)	160,2 (0,3)	2,7 (0,5)	123,9 (1,6)	3,5 (0,0)	36,3 (1,8)
Río Calle Calle								
ASENAV	0	0	3,1 (0,0)	50,9 (3,1)	1,5 (0,1)	44,9 (3,3)	1,7 (0,1)	5,9 (0,2)
Río Valdivia								
Las Mulatas	0	0	12,6 (0,4)	14,7 (1,3)	8,2 (0,9)	12,0 (1,1)	4,4 (0,6)	2,7 (0,1)

En ninguno de los sitios muestreados durante Abril y Septiembre del año 2008 se detectó la presencia de ácidos resínicos (*i.e.* Ácido Abiético, Ácido Neobiético, Ácido Dehidrobiético, Ácido Pimárico, Ácido Dextropimárico, Ácido Levopimárico y Ácido Palústrico).

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, no se detectaron compuestos organofosforados en los sitios muestreados (*i.e.* Dioxation, Diazinon, Paration, Metil-paration, Fenitrorion, Malation, Ruelene, Gardona, Etion, Trition, DDVP, Cumafos, Diclorvos, Disulfoton, Ronnel, Gution, Clorpirifos, Clorpinfos-metil, Fention, Pirimifos-metil).

Los análisis destinados a determinar compuestos organoclorados en las aguas de los cinco sectores muestreados (*i.e.* Alfa-BHC, Beta-BHC, Delta-BHC, Epsilon-BHC, Lindano Gama-BHC, clordano, toxafeno, endrin, dieldrin, DDT y derivados, Heptaclor y derivados, HCB, PCB's, Endosulfan I(α), Endosulfan II(β), Endosulfan sulfato, Vinclozolin, Dicofol y Triadimefon) mostraron que, durante el muestreo de Abril del año 2008, los únicos compuestos organoclorados detectados fueron Alfa-BHC (0,015 ppm), beta-BHC (0,0256 ppm) y Lindano gama-BHC (0,285 ppm) en el sector de Punucapa (Río Cruces). Durante Septiembre del año 2008, los compuestos organoclorados detectados fueron Alfa-BHC, beta-BHC, Gama-BHC, DDT y derivados y Vinclozolin en aguas de San Luis (0,0753, 0,0256, 0,0539, 0,0098 y 0,0053 ppm, respectivamente), de Santa María (0,0982, 0,0352, 0,0523, 0,0092 y 0,055 ppm, respectivamente), de Punucapa (0,0932, 0,0145, 0,0498, 0,0086 y 0,049 ppm, respectivamente), de ASENAV (0,0909, 0,0108, 0,0472, 0,0072 y 0,0435 ppm, respectivamente) y de Las Mulatas (0,0899, 0,0104, 0,0493, 0,081 y 0,0411 ppm, respectivamente).

Las concentraciones de compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) presentes en el agua se muestran en la Tabla 30. Durante el muestreo de Abril, el sector de Punucapa presentó la concentración más alta (100 $\mu\text{g/L}$), mientras que los sectores de San Luis, Santa María, ASENAV y Las Mulatas presentaron concentraciones de 25, 28, 23 y 21 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones más altas de compuestos organoclorados absorbibles se detectaron en los sectores Punucapa (185 $\mu\text{g/L}$) y ASENAV (190 $\mu\text{g/L}$), a la vez que la más baja fue registrada en el sector San Luis (100 $\mu\text{g/L}$). Durante Septiembre del año 2008 los valores de AOX

fueron entre 4, 5, 2, 8 y 6 veces más altos que durante el muestreo de Abril del mismo año (sector San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas, respectivamente; Tabla 30).

Tabla 30. Concentraciones de compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) presentes del agua del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Cada valor corresponde al resultado de una muestra compuesta.

estaciones	AOX µg/L	
	Abr 08	Sep 08
Río Cruces		
San Luis	25	100
Santa María	28	150
Punucapa	100	185
Río Calle Calle		
ASENAV	23	190
Río Valdivia		
Las Mulatas	21	135

Las concentraciones de nitrito, nitrato, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico y nitrógeno total se presentan en la Tabla 31.

Las concentraciones de nitrito, durante ambos muestreos, estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado en los cinco sectores ($<0,003$ mg N-NO₂/L). Durante el muestreo de Abril del año 2008, los valores más altos de amonio y nitrógeno orgánico se registraron en Punucapa (0,016 mg N-NH₄/L y 0,214 mg N-org/L, respectivamente), mientras que las concentraciones más altas de nitrato y nitrógeno total se detectaron en Las Mulatas (0,166 mg N-NO₃/L y 0,387 mg N-total/L, respectivamente). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores más altos de nitrato se registraron en el Río Cruces (i.e. San Luis, Santa María y Punucapa con valores de 0,114, 0,141 y 0,133 mg N-NO₃/L,

respectivamente). Los valores más altos de amonio, nitrógeno orgánico y total, durante este muestreo, se registraron en Punucapa (0,019 mg N-NH₄/L, 0,686 mg N-total/L, y 0,531 mg N-org/L respectivamente) (Tabla 31).

Tabla 31. Concentraciones de nitrito, nitrato, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico y nitrógeno total en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Cada valor corresponde al resultado de una muestra compuesta.

estaciones	mg N-NO ₂ /L		mg N-NO ₃ /L		mg N-NH ₄ /L		mg N-org/L		mg N-total/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces										
San Luis	<0,003	<0,003	0,072	0,114	0,014	0,008	0,117	0,160	0,204	0,286
Santa María	<0,003	<0,003	0,074	0,141	0,010	0,010	0,125	0,124	0,210	0,277
Punucapa	<0,003	<0,003	0,009	0,133	0,016	0,019	0,214	0,531	0,274	0,686
Río Calle Calle										
ASENAV	<0,003	<0,003	0,124	0,047	0,011	0,009	0,070	0,139	0,205	0,198
Río Valdivia										
Las Mulatas	<0,003	<0,003	0,166	0,084	0,010	0,009	0,210	0,103	0,387	0,200

Las concentraciones de cloruro y sulfato en el agua se muestran en la Tabla 33. Durante el muestreo de Abril del año 2008, el sector de ASENAV (Río Calle Calle) mostró los valores más altos de cloruro y sulfato en el agua, con valores de 3853,0 y 703,0 mg/L, mientras que los valores más bajos de cloruro se detectaron en el sector de Santa María (0,8 mg/L) y de sulfato en el sector de San Luis con un valor de 27,3 mg/L. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores de cloruro en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia fueron 3,0 mg/L, con excepción del sector de San Luis que registró un valor de 2,0 mg/L. Las concentraciones de sulfato presentaron valores extremos de 1,0 y 6,0 mg/L (Punucapa y Santa María y ASENAV, respectivamente) (Tabla 33).

Tabla 33. Concentraciones de cloruro y sulfato presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cloruro mg/L		sulfato mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	1,8	2,0	27,3	3,0
Santa María	0,8	3,0	36,1	6,0
Punucapa	1350,0	3,0	206,0	1,0
Río Calle Calle				
ASENAV	3853,0	3,0	703,0	6,0
Río Valdivia				
Las Mulatas	645,0	3,0	99,9	4,0

Durante Abril y Septiembre del año 2008, no se detectaron hidrocarburos fijos, totales y volátiles sobre los límites de detección de los métodos utilizados en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia (Tabla 34).

Tabla 34. Concentraciones de hidrocarburos fijos, totales y volátiles presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	hidrocarburos					
	fijos mg/L		totales mg/L		volátiles mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1
Santa María	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1
Punucapa	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1
Río Calle Calle						
ASENAV	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1
Río Valdivia						
Las Mulatas	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1

Metales pesados disueltos

La concentración de metales pesados disueltos en las muestras de agua obtenidas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia, durante Abril y Septiembre del 2008, se presentan en las Tablas 35, 36, 37 y 38.

En los cinco sectores, durante Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones de cobre y níquel en el agua estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado, con valores inferiores a 0,010 y 0,005 mg/L, respectivamente (Tabla 35). Durante el muestreo de Abril, en el sector de las Mulatas se detectó la concentración más alta de cromo, con un valor de 0,008 mg/L, mientras que en el sector de San Luis y Santa María, los valores estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (0,001 mg/L; Tabla 35). Durante el muestreo de Septiembre, la concentración de cromo del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia estuvo bajo el límite de detección del método utilizado (0,001 mg/L; Tabla 35)

Tabla 35. Concentraciones de metales disueltos (cobre, cromo, níquel) en las agua del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cobre		cromo		níquel	
	mg/L		mg/L		mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<0,010	<0,010	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005
Santa María	<0,010	<0,010	<0,001	<0,001	<0,005	<0,005
Punucapa	<0,010	<0,010	0,002	<0,001	<0,005	<0,005
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,010	<0,010	0,002	<0,001	<0,005	<0,005
Río Valdivia						
Las Mulatas	<0,010	<0,010	0,008	<0,001	<0,005	<0,005

En general, durante el muestreo de Abril y Septiembre, las concentraciones de selenio y zinc disueltos estuvieron bajo el límite de detección utilizado (0,005 y 0,010 mg/L), con excepción del selenio en los sectores de Punucapa y Las Mulatas (0,006 y 0,017) en Abril del 2008, y del zinc, en el sector de San Luis y Punucapa (0,014 y 0,016) en Abril y Septiembre del 2008, respectivamente. (Tabla 36). Las concentraciones de hierro disueltos durante Abril del año 2008, mostraron valores extremos entre 0,015 y 0,408 mg/L (San Luis y Las Mulatas, respectivamente). Durante Septiembre del año 2008, la concentración de hierro en el sector de ASENAV estuvo bajo al límite de detección del método utilizado, mientras que en el resto de los sectores, este metal registró concentraciones entre 0,010 y 0,021 mg/L (Santa María y Las Mulatas, respectivamente) (Tabla 36).

Tabla 36. Concentraciones de metales disueltos (selenio, zinc, hierro) presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	selenio mg/L		zinc mg/L		hierro mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<0,005	<0,005	0,014	<0,010	0,015	0,012
Santa María	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,016	0,010
Punucapa	0,006	<0,005	<0,010	0,016	0,129	0,019
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,005	<0,005	<0,010	<0,010	0,071	<0,010
Río Valdivia						
Las Mulatas	0,017	<0,005	<0,010	<0,010	0,408	0,021

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones de aluminio y arsénico disueltos en aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia presentaron valores inferiores al límite de detección del método utilizado (0,02 y 0,005 mg/L, respectivamente), con excepción de la concentración de arsénico medida durante el muestreo de Abril en el sector Las Mulatas, cuyo valor fue 0,006 mg/L (Tabla 37).

Tabla 37. Concentraciones de metales disueltos (aluminio y arsénico) presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	aluminio mg/L		arsénico mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	<0,02	<0,02	<0,005	<0,005
Santa María	<0,02	<0,02	<0,005	<0,005
Punucapa	<0,02	<0,02	<0,005	<0,005
Río Calle Calle				
ASENAV	<0,02	<0,02	<0,005	<0,005
Río Valdivia				
Las Mulatas	<0,02	<0,02	0,006	<0,005

Las concentraciones de cadmio, plomo, manganeso y mercurio disueltos en aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia, durante Abril y Septiembre del año 2008, fueron inferiores al límite de detección del método utilizado (0,002, 0,002, 0,003 y 0,0003 mg/L, respectivamente), con excepción de la concentración de manganeso medida en el sector de San Luis, durante el muestreo de Abril, que mostró un valor de 0,005 mg/L (Tabla 38).

Tabla 38. Concentraciones de metales disueltos (cadmio, plomo, manganeso, mercurio) en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cadmio mg/L		plomo mg/L		manganeso mg/L		mercurio mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces								
San Luis	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,005	<0,003	<0,0003	<0,0003
Santa María	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,003	<0,0003	<0,0003
Punucapa	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,003	<0,0003	<0,0003
Río Calle								
ASENAV	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,003	<0,0003	<0,0003
Río Valdivia								
Las Mulatas	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,003	<0,0003	<0,0003

Metales pesados suspendidos o particulados

Las concentraciones de metales suspendidos detectados en el agua del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril y Septiembre del año 2008 se presentan en las Tablas 39, 40, 41 y 42.

Durante el muestreo de Abril del año 2008, los valores de cobre, cromo y níquel medidos en San Luis, Santa María, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas fueron inferiores al límite de detección del método utilizado (0,002, 0,001 y 0,002 mg/L, respectivamente)(Tabla 39). Durante Septiembre del año 2008, el valor más alto de cobre (1,529 mg/L) se midió en el sector de San Luis y el más bajo (0,007 mg/L) en el sector de Las Mulatas. Las concentraciones de cromo y níquel fueron más altas en el sector de Punucapa (0,014 mg/L y 0,009 mg/L, respectivamente), en tanto, los valores más bajos de cromo se midieron en el sector de San Luis, ASENAV y Las Mulatas (0,002 mg/L) y el de níquel se registró en el sector de Santa María (0,004 mg/L), en el resto de las estaciones, las concentraciones de

níquel estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (0,002 mg/L) (Tabla 39).

Tabla 39. Concentraciones de metales suspendidos (cobre, cromo, níquel) en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cobre mg/L		cromo mg/L		níquel mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<0,002	1,529	<0,001	0,002	<0,002	<0,002
Santa María	<0,002	0,021	<0,001	0,005	<0,002	0,004
Punucapa	<0,002	0,024	<0,001	0,014	<0,002	0,009
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,002	0,018	<0,001	0,002	<0,002	<0,002
Río Valdivia						
Las Mulatas	<0,002	0,007	<0,001	0,002	<0,002	<0,002

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, los cinco sectores presentaron concentraciones de selenio y zinc inferiores al límite de detección del método utilizado (0,001 y 0,02 mg/L, respectivamente; Tabla 40). La excepción fue la concentración de zinc detectado en el sector de Punucapa durante Septiembre del año 2008, que fue 0,09 mg/L. La concentración más alta de hierro suspendido, durante Abril del año 2008, se detectó en el sector de Santa María (1,33 mg/L) y el más bajo fue en el sector de ASENAV (0,25 mg/L). El sector de Punucapa y Las Mulatas presentaron concentraciones de hierro similares (0,69 y 0,68 mg/L, respectivamente). Durante Septiembre del año 2008, la concentración de hierro fue más alta y más baja en el sector de Punucapa y Las Mulatas, respectivamente (14,04 y 0,95 mg/L, respectivamente) (Tabla 40).

Tabla 40. Concentraciones de metales suspendidos (selenio, zinc, hierro) presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	selenio mg/L		zinc mg/L		hierro mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<0,001	<0,001	<0,02	<0,02	0,46	1,53
Santa María	<0,001	<0,001	<0,02	<0,02	1,33	5,13
Punucapa	<0,001	<0,001	<0,02	0,09	0,69	14,03
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,001	<0,001	<0,02	<0,02	0,25	2,41
Río Valdivia						
Las Mulatas	<0,001	<0,001	<0,02	<0,02	0,68	0,95

Las concentraciones más altas de aluminio suspendido durante Abril del año 2008, se detectaron en las aguas del sector de Santa María, con un valor de 0,441 mg/L y el valor más bajo de este metal fue medido en el sector de ASENAV, con un valor de 0,063 mg/L (Tabla 41). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, la concentración más alta y más baja de aluminio suspendido se registró en el sector de Punucapa y Las Mulatas, respectivamente (11,100 y 0,766 mg/L, respectivamente) (Tabla 41).

Durante el muestreo de Abril, los valores de arsénico de las aguas de los cinco sectores muestreados, fueron inferiores al límite de detección del método utilizado (0,001 mg/L), con excepción de la concentración de arsénico medido en el sector de Las Mulatas, que fue 0,001 mg/L. Durante Septiembre del año 2008, la concentración más alta de arsénico se detectó en el sector de Punucapa (0,004 mg/L) y la más baja en el sector de ASENAV (0,001 mg/L), mientras que los sectores de San Luis y Las Mulatas mostraron concentraciones más bajas que el límite de detección del método utilizado (0,001 mg/L, respectivamente)(Tabla 41).

Tabla 41. Concentraciones de metales suspendidos (aluminio y arsénico) presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	aluminio mg/L		arsénico mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	0,091	1,335	<0,001	<0,001
Santa María	0,441	4,410	<0,001	0,002
Punucapa	0,239	11,100	<0,001	0,004
Río Calle Calle				
ASENAV	0,063	1,966	<0,001	0,001
Río Valdivia				
Las Mulatas	0,322	0,766	0,001	<0,001

Los valores de cadmio estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (0,001 mg/L) para ambos muestreos (Tabla 42).

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones más altas de plomo se midieron en el sector de Punucapa (0,003 y 0,007 mg/L, respectivamente) y los valores más bajos en el sector de Santa María (0,002 y 0,006 mg/L, respectivamente)(Tabla 42). El resto de las estaciones presentaron valores inferiores al límite de detección del método utilizado (0,002 mg/L) (Tabla 42).

Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, la concentración de manganeso fue más alta en el sector de Punucapa (0,097 y 0,505 mg/L, respectivamente) y el valor más bajo se midió en San Luis (durante el muestreo de Abril) y Las Mulatas (durante el muestreo de Septiembre), con un valor de 0,025 mg/L, respectivamente (Tabla 42).

Tabla 42. Concentraciones de metales suspendidos (cadmio, plomo y manganeso) presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cadmio mg/L		plomo mg/L		manganeso mg/L	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	0,025	0,044
Santa María	<0,001	<0,001	0,002	0,006	0,095	0,176
Punucapa	<0,001	<0,001	0,003	0,007	0,097	0,505
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	0,035	0,045
Río Valdivia						
Las Mulatas	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	0,059	0,025

Coliformes fecales

La variación en las concentraciones de coliformes fecales en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia se presentan en la Tabla 43. Durante el muestreo de Abril del año 2008, las concentraciones más altas se midieron en los sectores de San Luis, Santa María y Punucapa, con valores de 900, 500 y 300 NMP/100mL, respectivamente. Estas concentraciones fueron mayores que las detectadas en el sector de ASENAV y Las Mulatas (50 y 23 NMP/100mL, respectivamente). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones más altas de estas bacterias se detectaron en Las Mulatas, con un valor de 2400 NMP/100mL, mientras que en el resto de los sectores, los valores fluctuaron entre 7 y 79 NMP/100mL (sector de Punucapa y ASENAV, respectivamente) (Tabla 43).

Tabla 43. Concentraciones de bacterias coliformes fecales presentes en las aguas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	coliformes fecales (NMP/100 mL)	
	Abr 08	Sep 08
Río Cruces		
San Luis	900	17
Santa María	500	13
Punucapa	300	7
Río Calle Calle		
ASENAV	50	79
Río Valdivia		
Las Mulatas	23	2400

Conclusiones

Los resultados de los muestreos de calidad de agua realizados durante periodos de caudales hídricos bajos y altos (Abril 2008 vs. Septiembre 2008), muestran que:

- i) Durante el muestreo de Abril y Septiembre del año 2008, las concentraciones de sólidos suspendidos totales fueron más altas en la porción central del humedal del Río Cruces (sectores Santa María y Punucapa), el cual está directamente influenciado por las aguas del río Cruces, además de los sectores de Las Mulatas (Río Valdivia), durante el muestreo de Abril y de ASENAV (Río Calle Calle) durante el muestreo de Septiembre.
- ii) Durante el muestreo de Abril del año 2008, la fracción inorgánica y orgánica de los sólidos suspendidos mostró concentraciones similares en San Luis,

Punucapa y ASENAV a la vez que en Santa María y Las Mulatas, la fracción inorgánica fue aproximadamente dos veces más alta que la fracción orgánica. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones de sólidos inorgánicos fueron de dos a ocho veces más altas que las concentraciones de la fracción orgánica (en los sectores de Santa María y ASENAV, respectivamente).

- iii) En ninguno de los sitios muestreados durante Abril del año 2008 se detectó la presencia de ácidos resínicos.
- iv) Durante ambos muestreos (Abril y Septiembre del año 2008), no se detectaron compuestos organofosforados.
- v) Durante Abril del año 2008, los únicos compuestos organoclorados detectados fueron Alfa-BHC (0,015 ppm), beta-BHC (0,0256 ppm) y Lindano gama-BHC (0,285 ppm) en el sector de Punucapa (Río Cruces). Durante Septiembre del año 2008, los compuestos organoclorados detectados fueron Alfa-BHC, beta-BHC, Gama-BHC, DDT y derivados y Vinclozolin en aguas de San Luis (0,0753, 0,0256, 0,0539, 0,0098 y 0,0053 ppm, respectivamente), de Santa María (0,0982, 0,0352, 0,0523, 0,0092 y 0,055 ppm, respectivamente), de Punucapa (0,0932, 0,0145, 0,0498, 0,0086 y 0,049 ppm, respectivamente), de ASENAV (0,0909, 0,0108, 0,0472, 0,0072 y 0,0435 ppm, respectivamente) y de Las Mulatas (0,0899, 0,0104, 0,0493, 0,081 y 0,0411 ppm, respectivamente).
- vi) Durante el muestreo de Abril, el sector de Punucapa presentó la concentración más alta de compuestos organoclorados absorbibles o AOX (100 µg/L), mientras que los sectores de San Luis, Santa María, ASENAV y Las Mulatas presentaron concentraciones de 25, 28, 23 y 21 µg/L, respectivamente. Durante el muestreo de Septiembre, las concentraciones más altas de AOX se detectaron en los sectores Punucapa (185 µg/L) y

ASENAV (190 $\mu\text{g/L}$), a la vez que la más baja fue registrada en el sector San Luis (100 $\mu\text{g/L}$).

- vii) Durante ambos muestreos, las concentraciones de nitrito, estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado en los cinco sectores ($<0,003$ mg N- NO_2/L). Durante el muestreo de Abril del año 2008, los valores más altos de amonio y nitrógeno orgánico se registraron en Punucapa (0,016 mg N- NH_4/L y 0,214 mg N-org/L, respectivamente), mientras que las concentraciones más altas de nitrato y nitrógeno total se detectaron en Las Mulatas (0,166 mg N- NO_3/L y 0,387 mg N-total/L, respectivamente). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores más altos de nitrato se registraron en el Río Cruces (i.e. San Luis, Santa María y Punucapa con valores de 0,114, 0,141 y 0,133 mg N- NO_3/L , respectivamente). Los valores más altos de amonio, nitrógeno orgánico y total, durante este muestreo, se registraron en Punucapa (0,019 mg N- NH_4/L , 0,686 mgN-org/L y 0,531 mg N-total/L, respectivamente).
- viii) Durante el muestreo de Abril del año 2008, los valores más altos de fosfato y fósforo total se presentaron en Las Mulatas (Río Valdivia) con valores de 0,095 mg P- PO_4/L y 0,223 mg PT/L, mientras que en Punucapa y ASENAV (Río Calle Calle) se detectaron los valores más bajos de estos nutrientes (0,017 mg P- PO_4/L y 0,032 mg PT/L, respectivamente). Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones de fosfato fueron muy similares en las cinco estaciones muestreadas, con valores extremos de 0,002 y 0,004 mg P- PO_4/L (Santa María y ASENAV, respectivamente). Las concentraciones de fósforo total durante este muestreo, fueron más altas en Punucapa (0,330 mg Pt/L) y más bajas en Santa María (0,038 mgPt/L).
- ix) Durante el muestreo de Abril del año 2008, el sector de ASENAV (Río Calle Calle) mostró los valores más altos de cloruro y sulfato en el agua, con valores de 3853,0 y 703,0 mg/L, mientras que los valores más bajos de

cloruro se detectaron en el sector de Santa María (0,80 mg/L) y de sulfato en el sector de San Luis con un valor de 27,3 mg/L. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, los valores de cloruro en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia fueron 3,0 mg/L, con excepción de el sector de San Luis que registró un valor de 2,0 mg/L.

- x) Durante Abril y Septiembre del año 2008, no se detectaron hidrocarburos fijos, totales y volátiles sobre los límites de detección de los métodos utilizados en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia.
- xi) Con excepción del hierro, las concentraciones de metales pesados disueltos en las muestras de agua obtenidas del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia, durante los muestreos de Abril y Septiembre del año 2008, estuvieron en general, bajo los límites de detección de las metodologías utilizadas.
- xii) Durante los muestreos de Abril y Septiembre, las concentraciones de cobre (con excepción de los valores medidos durante el muestreo de Septiembre), cromo, níquel, selenio, zinc, arsénico, cadmio, y plomo suspendido fueron, en general, similares o inferiores al límite de detección del método utilizado.
- xiii) Las concentraciones más alta de hierro (1,33 mg/L) y aluminio (0,441 mg/L) suspendido se detectaron en el sector de Santa María (Río Cruces) durante el muestreo de Abril, y en el sector de Punucapa (Río Cruces), durante el muestreo de Septiembre (14,03 y 11,100 mg/L, respectivamente). A su vez, durante el muestreo de Abril, los valores más bajos de hierro y aluminio, se registraron en el sector de ASENAV (Río Calle Calle), con valores de 0,25 y 0,063 mg/L, respectivamente, y durante el muestreo de Septiembre, se midieron en el sector de Las Mufatas, con valores de 0,95 y 0,766 mg/L, respectivamente. Durante ambos muestreos, en los sectores de Santa María y Punucapa se midieron las concentraciones más altas de manganeso suspendido (0,095 – 0,176 mg/L y 0,097 – 0,505 mg/L), respectivamente.

- xiv) Durante el muestreo de Abril del año 2008, las concentraciones más altas de coliformes fecales en los sectores de San Luis, Santa María y Punucapa, con valores de 900, 500 y 300 NMP/100mL, respectivamente. Durante el muestreo de Septiembre del año 2008, las concentraciones más altas de estas bacterias se detectaron en Las Mulatas (Río Valdivia), con un valor de 2400 NMP/100mL, mientras que en el resto de los sectores, los valores fluctuaron entre 7 y 79 NMP/100mL (sector de Punucapa y ASENAV, respectivamente).

3.3.3. Características texturales y químicas del sedimento

Recolección y análisis de las muestras

En los mismos cinco sitios donde se obtuvieron muestras para estudios de calidad de agua (Fig. 13), se recolectaron cuatro muestras (réplicas) de sedimento. Las muestras se recolectaron mediante buceo semi-autónomo con cilindros plásticos de 10,5 cm de diámetro enterrados a una profundidad aproximada de 15 cm en el sedimento. Estos cilindros fueron cubiertos con tapas y llevados por el buzo a la lancha de muestreo.

Las muestras recolectadas para evaluar la calidad del sedimento (análisis sedimentológicos, concentración de nutrientes, metales pesados y pesticidas, entre otros), se guardaron en frío en bolsas plásticas previamente rotuladas. Se realizaron mediciones de redox *in situ* con un sensor Hanna HI 98150 (GLP pH/ORP meter) y electrodo de platino HI 3620D. Las muestras destinadas a estimar la concentración de nutrientes se enviaron para análisis al Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la UACH, las recolectadas para análisis de compuestos orgánicos persistentes al Instituto de Farmacología de la UACH y aquellas para metales pesados a SERNAGEOMIN.

Los análisis sedimentológicos y aquellos destinados a caracterizar la macrofauna, se desarrollaron en el laboratorio de fondos sedimentarios del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, como se detalla a continuación.

Los análisis texturales se realizaron siguiendo la metodología de tamizado en húmedo (Anderson *et al.* 1981). Una porción de las muestras se tamizó en húmedo a través de coladores de 2000 y 63 micrones de abertura de trama, para separar las fracciones grava (partículas de diámetro mayor a 2 mm), arena + agregados biogénicos (partículas entre 2000 y 63 micrones) y fango (partículas inferiores a 63 micrones). La fracción arena + agregados biogénicos se trató con ultrasonido durante 30 minutos y se tamizó a través de un colador de 63 micrones,

con el objetivo de separar la fracción arena de los agregados biogénicos. La suspensión coloidal con el fango obtenido en el segundo tamizado se dejó decantar. El fango decantado se enrasó en probetas de un 1 litro; luego se homogenizó por agitación vertical para obtener una alícuota de 20 ml a 20 cm de la superficie de la suspensión. Esta alícuota se secó (60°C por 24 horas) e incineró (550° C por 6 horas). Posteriormente se determinó el porcentaje de materia orgánica para cada una de las fracciones mediante cálculos de diferencias de peso (Byers *et al.* 1978).

Resultados

La Tabla 44 muestra los valores porcentuales de los contenidos de grava, arena, fango, agregados biogénicos y materia orgánica total en los sedimentos de los Ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia durante los muestreos de Abril y Septiembre del año 2008.

Durante Abril, la fracción dominante en los sedimentos de los sectores San Luis, Santa María, Punucapa y ASENNAV fue el fango (partículas < 63 micrones), con porcentajes que variaron entre 51,5 y 64,2%. Durante el muestreo de Septiembre, el fango dominó solo en los sedimentos de Santa María y Punucapa (73,3 y 45,6%, respectivamente, Tabla 44). Los porcentajes de arena (partículas entre 63 y 2000 micrones) variaron entre 4,4 y 52,8%, en los sectores Santa María y Las Mulatas durante el muestreo de Abril, y entre 7,0 y 54,4% en los sectores Santa María y San Luis, durante el muestreo de Septiembre (Tabla 44).

Los porcentajes de agregados biogénicos variaron entre 12,9 y 31,4% (sector San Luis y Santa María, respectivamente) y entre 8,3 y 20,2% (ASENAV y Las Mulatas, respectivamente) durante el muestreo de Abril de Septiembre, respectivamente (Tabla 44). Durante ambos muestreos, los mayores contenidos de materia orgánica total ocurrieron en los sedimentos de Santa María y Punucapa (14,1-22,4%). Porcentajes altos de materia orgánica total también se detectaron en

los sedimentos del sector ASENAV durante Abril (18,9%) (Tabla 44). No se detectó grava (partículas > 2mm) en los sedimentos de los sectores muestreados (Tabla 44).

Tabla 44. Valores porcentuales de grava, arena, fango, agregados biogénicos y materia orgánica total presentes en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	grava		arena		fango	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	27,2 (29,7)	54,4 (10,2)	59,9 (66,2)	30,2 (4,4)
Santa María	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	4,4 (0,5)	7,0 (1,7)	64,2 (9,3)	73,3 (5,0)
Punucapa	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	21,6 (15,5)	38,3 (11,4)	51,5 (10,5)	45,6 (7,4)
Río Calle Calle						
ASENAV	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	19,6 (6,5)	54,0 (19,1)	54,5 (20,8)	37,7 (11,9)
Río Valdivia						
Las Mulatas	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	52,8 (7,7)	43,7 (12,3)	31,7 (7,2)	36,1 (4,7)

estaciones	agregados biogénicos		materia orgánica total	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	12,9 (36,8)	15,4 (8,8)	6,5 (15,8)	11,6 (1,3)
Santa María	31,4 (9,4)	19,7 (4,7)	22,4 (0,1)	21,4 (0,4)
Punucapa	26,9 (11,7)	16,1 (11,3)	18,8 (9,6)	14,1 (0,5)
Río Calle Calle				
ASENAV	25,9 (19,5)	8,3 (7,7)	18,9 (10,4)	6,3 (2,1)
Río Valdivia				
Las Mulatas	15,5 (1,0)	20,2 (10,1)	10,9 (1,2)	11,6 (1,7)

El porcentaje de materia orgánica obtenida en cada una de las fracciones texturales de los sectores en estudio se muestra en la Tabla 45. Los porcentajes más altos de materia orgánica se obtuvieron en la fracción fango, específicamente en el sector de Santa María (14,6 y 14,8% durante Abril y Septiembre, respectivamente). Durante Abril, la fracción arena presentó porcentajes de materia orgánica que fluctuaron entre 0,4% (Santa María) y 2,2% (ASENAV), a la vez que durante Septiembre los porcentajes en esta fracción variaron entre 1,5% (Santa María) y 4,3% (Punucapa). En la fracción agregados biogénicos, esos porcentajes variaron entre 2,5% (San Luis) y 7,4% (Santa María) durante Abril y entre 1,3% (ASENAV) y 5,1% (Santa María) durante Septiembre (Tabla 45).

Tabla 45. Valores porcentuales de la materia orgánica presentes de las fracciones arena, fango y agregados biogénicos, además de la materia orgánica total obtenidos de los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año de 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	arena		fango		agregados biogénicos		materia orgánica total	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces								
San Luis	1,1 (1,7)	3,5 (1,6)	2,9 (6,5)	5,4 (0,5)	2,5 (7,8)	2,7 (1,7)	6,5 (15,8)	11,6 (1,3)
Santa María	0,4 (0,1)	1,5 (0,8)	14,6 (1,8)	14,8 (1,0)	7,4 (1,9)	5,1 (1,1)	22,4 (0,1)	21,4 (0,4)
Punucapa	0,8 (0,5)	4,3 (2,3)	11,2 (4,8)	6,8 (1,0)	6,8 (5,5)	2,9 (2,0)	18,8 (9,6)	14,1 (0,5)
Río Calle Calle								
ASENAV	2,2 (1,2)	1,9 (0,6)	10,5 (5,6)	3,1 (1,3)	6,2 (3,7)	1,3 (1,4)	18,9	6,3 (2,1)
Río Valdivia								
Las Mulatas	2,1 (0,7)	2,9 (1,5)	5,9 (1,4)	5,0 (0,9)	2,8 (0,3)	3,7 (2,0)	10,9 (1,2)	11,6 (1,7)

Los valores de potencial óxido reducción (redox) y pH de los sedimentos de los sectores en estudio se muestran en la Tabla 46. Durante Abril y Septiembre del año 2008, los valores más negativos de redox fueron -203,4 y -209,6 mV, respectivamente, detectados en los sedimentos de Punucapa (Río Cruces) durante ambos muestreos, mientras que los valores menos negativos durante los mismos

muestreos fueron -101,5 y -103,1 mV, respectivamente y fueron medidos en el sector de Las Mulatas (Río Valdivia). Durante Abril, los valores de pH fluctuaron entre 6,1 y 8,0 en los sedimentos de San Luis y Punucapa, respectivamente, y durante Septiembre variaron entre 6,6 y 7,8 en los sedimentos Santa María y Punucapa, respectivamente (Tabla 46).

Tabla 46. Valores de potencial óxido reducción (mV) y pH obtenidos de los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año de 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	redox (mV)		pH	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	-125,4 (15,4)	-160,6 (24,7)	6,1 (0,1)	6,9 (0,1)
Santa María	-161,1 (4,6)	-184,2 (11,4)	7,0 (0,1)	6,6 (0,1)
Punucapa	-203,4 (10,7)	-209,6 (30,4)	8,0 (0,1)	7,8 (0,2)
Río Calle Calle				
ASENAV	-201,5 (16,5)	-134,7 (24,1)	7,6 (0,2)	6,9 (0,3)
Río Valdivia				
Las Mulatas	-101,5 (17,6)	-103,1 (24,6)	7,5 (0,2)	7,1 (0,3)

Los resultados de los análisis de sedimento para determinar ácidos resínicos y compuestos organofosforados mostraron que, en los sedimentos de los Ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia no se encontró presencia de ácidos resínicos (*i.e.* Ácido Abiético, Ácido Neobiético, Ácido Dehidrobiético, Ácido Pimárico, Ácido Dextropimárico, Ácido Levopimárico y Ácido Palústrico) y compuestos organofosforados (*i.e.* Dioxation, Diazinon, Paration, Metil-paration, Fenitronion, Malation, Ruefene, Gardona, Etion, Triton, DDVP, Cumafos, Diclorvos, Disulfoton, Ronnel, Gution, Clorpirifos, Clorpirifos-metil, Fention, Pirimifos-metil).

Los análisis realizados para determinar compuestos organoclorados

mostraron que los elementos Delta-BHC, Epsilon-BHC, clordano, toxafeno, endrin, dieldrin, Heptaclor y derivados, Heptaclor epóxido α y β , HCB, PCB's, Endosulfan I(α), Endosulfan II(β), Endosulfan sulfato, Dicofol, Triadimefon, no fueron detectados en el sedimento de los ríos muestreados.

Durante Abril y Septiembre del año 2008, los compuestos alfa-BHC, beta-BHC, gama-BHC (lindano), DDT y derivados fueron los únicos compuestos organoclorados detectados en los sedimentos de los cinco sectores (Tabla 47). Durante Abril, el compuesto Vinclozolin estuvo presente sólo en los sedimentos de San Luis, Punucapa y ASENAV, mientras que durante Septiembre este compuesto fue detectado en todas las estaciones de muestreo, con un rango de entre 0,0211 y 0,0655 ppm en los sectores Santa María y ASENAV. En general, las concentraciones más altas de estos compuestos se detectaron en los sectores estudiados del Río Cruces y Calle Calle (Tabla 47).

Tabla 47. Concentraciones de organoclorados (alfa-BHC, beta-BHC, gama-BHC, DDT y derivados y Viciozolin) presente en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis. nd=no detectado.

estaciones	alfa-BHC		beta-BHC		gama-BHC (lindano)	
	ppm		ppm		ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	0,0125 (0,0007)	0,0365 (0,0044)	0,0029 (0,0005)	0,0260 (0,0327)	0,0420 (0,0394)	0,1104 (0,0053)
Santa María	0,0072 (0,0003)	0,0387 (0,0047)	0,0002 (0,0001)	0,0106 (0,0005)	0,0023 (0,0005)	0,1267 (0,0042)
Punucapa	0,0273 (0,0050)	0,0569 (0,0051)	0,0033 (0,0006)	0,0161 (0,0012)	0,4877 (0,0380)	0,7867 (0,0200)
Río Calle Calle						
ASENAV	0,0051 (0,0006)	0,0612 (0,0008)	0,0019 (0,0004)	0,0060 (0,0002)	0,0165 (0,0203)	0,6230 (0,0109)
Río Valdivia						
Las Mulatas	0,0011 (0,0003)	0,0373 (0,0014)	0,0006 (0,0002)	0,0297 (0,0032)	0,0025 (0,0005)	0,3789 (0,0169)

estaciones	DDT y derivados		Vinclozolin	
	ppm		ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	0,0726 (0,0037)	0,0835 (0,0007)	0,0160 (0,0095)	0,0314 (0,0023)
Santa María	0,0774 (0,0082)	0,0781 (0,0068)	nd	0,0211 (0,0006)
Punucapa	0,0980 (0,0091)	0,1029 (0,0065)	0,0470 (0,0065)	0,0527 (0,0148)
Río Calle Calle				
ASENAV	0,0805 (0,0067)	0,0959 (0,0043)	0,0173 (0,0232)	0,0655 (0,0055)
Río Valdivia				
Las Mulatas	0,0027 (0,0004)	0,0538 (0,0036)	nd	0,0212 (0,0010)

Los resultados de los análisis de hidrocarburos totales del petróleo (TPH-Diesel) en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado (30 ppb).

Las concentraciones de los compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) presentes en los sedimentos estudiados, se presentan en la Tabla 48. En general, las concentraciones de estos compuestos aumentaron desde San Luis a Las Mulatas, con los valores más altos durante ambos muestreos en los sectores de Santa María y Punucapa (227,5 y 321,0 $\mu\text{m/L}$, respectivamente durante Abril y 249,0 y 418,5 $\mu\text{m/L}$, respectivamente durante Septiembre) (Tabla 48).

Tabla 48. Concentraciones de compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX) presentes en el sedimento de Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=2) con desviación estándar en paréntesis.

estaciones	AOX $\mu\text{g/L}$	
	Abr 08	Sep 08
Río Cruces		
San Luis	126,0 (1,4)	197,5 (10,6)
Santa María	227,5 (10,6)	249,0 (1,4)
Punucapa	321,0 (5,7)	418,5 (2,1)
Río Calle Calle		
ASENAV	177,5 (3,5)	202,5 (10,6)
Río Valdivia		
Las Mulatas	157,5 (10,6)	202,5 (3,5)

Las concentraciones promedio de nitrógeno, fósforo y porcentaje de carbono total presentes en los sedimentos de los sectores muestreados se presentan en la Tabla 49. Durante ambos muestreos, los sedimentos del sector de Santa María, presentaron los valores más altos de nitrógeno (0,54 y 0,60 mg/L durante Abril y Septiembre, respectivamente) y porcentaje de carbono total (7,00 y 6,24% durante Abril y Septiembre, respectivamente). Durante el muestreo de Abril, la mayor concentración de fósforo se detectó en los sedimentos de Santa María (0,31 mg/L), mientras que durante Septiembre los valores más altos de este elemento se detectaron en los sectores Punucapa y Las Mulatas (3,46 y 2,88 mg/L) (Tabla 49).

Tabla 49. Concentraciones de nitrógeno, carbono y fósforo total presentes en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis

estaciones	nitrógeno mg/L		fósforo mg/L		carbono total (%)	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	0,34 (0,03)	0,27 (0,06)	0,27 (0,01)	0,07 (0,04)	4,78 (0,38)	4,90 (4,56)
Santa María	0,54 (0,03)	0,60 (0,07)	0,31 (0,01)	0,04 (0,01)	7,00 (0,30)	6,24 (0,50)
Punucapa	0,31 (0,03)	0,28 (0,06)	0,24 (0,01)	3,46 (0,25)	4,62 (0,40)	3,46 (0,25)
Río Calle Calle						
ASENAV	0,27 (0,04)	0,05 (0,04)	0,23 (0,02)	1,23 (0,29)	4,59 (0,90)	1,23 (0,29)
Río Valdivia						
Las Mulatas	0,16 (0,04)	0,16 (0,04)	0,19 (0,01)	2,88 (0,27)	2,89 (0,58)	2,88 (0,27)

Metales pesados en el sedimento

Las concentraciones de cobre, cromo y níquel presentes en el sedimento de los cinco sectores muestreados se presentan en la Tabla 50. Durante Abril del año 2008 el valor de cobre más alto medido se registró en el sector de ASENAV (56,0 ppm). Los sedimentos del sector Santa María (59,7 ppm) mostraron las concentraciones más altas de cobre, durante Septiembre del año 2008, el valor más bajo se registró en el sector de ASENAV para el mismo mes (33,8 ppm).

La concentración más alta de cromo se registró en el sector de Santa María (61,4 ppm), durante Septiembre del año 2008. A su vez, se detectaron altas concentraciones en el sector de Punucapa para ambas fechas de muestreo. Las concentraciones más bajas de este metal se registraron en el sector de ASENAV (32,6 ppm y 28,9 ppm respectivamente), durante Abril y Septiembre del año 2008 en comparación con los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa y Las Mulatas.

Los valores más altos de níquel se registraron en el sector de Santa María (entre 35,2 y 37,7 ppm), para Abril y Septiembre del año 2008. Por otra parte los valores más bajos de este metal se registraron en el sector de ASENAV (21,0 ppm).

Tabla 50. Concentraciones de cobre, cromo y níquel en el sedimento del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	cobre ppm		cromo ppm		níquel ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	43,5 (2,2)	40,5 (6,0)	47,1 (2,8)	46,2 (4,8)	34,1 (0,9)	32,5 (1,9)
Santa María	51,8 (1,5)	59,7 (1,6)	53,5 (1,7)	61,4 (2,1)	35,2 (1,3)	37,7 (0,9)
Punucapa	54,7 (9,9)	53,5 (2,4)	60,2 (1,8)	60,9 (2,6)	33,5 (1,2)	31,9 (1,4)
Río Calle Calle						
ASENAV	56,0 (8,3)	33,8 (2,2)	32,6 (4,5)	28,9 (1,3)	21,6 (1,2)	21,2 (0,7)
Río Valdivia						
Las Mulatas	45,2 (3,7)	44,1 (4,7)	41,0 (3,3)	46,5 (2,1)	27,0 (0,9)	27,5 (0,8)

Las concentraciones de selenio, zinc y hierro presentes en el sedimento de los cinco sectores muestreados se presentan en la Tabla 50. Sólo el sector de San Luis y Santa María mostraron valores de selenio sobre el límite de detección del método utilizado (1,0 y 0,7 ppm, respectivamente; Tabla 51).

La concentración más alta de zinc durante Abril del año 2008, se registró en el sector de ASENAV (93,1 ppm), mientras que para Septiembre el valor más alto se registró en el sector de Santa María alcanzando 107,7 ppm. A su vez, el sector de Punucapa (68,4 ppm) mostró la concentración más baja de este metal (Abril 08) (Tabla 51).

En general, las concentraciones de hierro fueron más altas en el Río Cruces (entre 36600,0 y 53268,0 ppm) en comparación con los ríos Calle Calle y Valdivia. El sector de Santa María y Punucapa registraron las concentraciones más altas de este

metal en comparación con los valores detectados en San Luis, ASENAV y Las Mulatas.

Tabla 51. Concentraciones de selenio, zinc y hierro en el sedimento del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. (*) valor registrado en una de las cuatro réplicas.

estaciones	selenio ppm		zinc ppm		hierro ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces						
San Luis	1,0*	<0,5	92,7 (6,6)	79,6 (8,2)	42477,4 (3621,3)	38600,0 (5028,6)
Santa María	0,7*	0,7 (0,2)	86,4 (0,6)	107,7 (3,4)	53268,0 (842,5)	52475,0 (4673,6)
Punucapa	<0,5	<0,5	68,4 (4,4)	85,8 (11,6)	51931,4 (4870,3)	53175,0 (4633,5)
Río Calle Calle						
ASENAV	<0,5	<0,5	93,1(18,2)	76,0 (3,3)	38411,3 (6634,9)	27050,0 (5272,3)
Río Valdivia						
Las Mulatas	<0,5	<0,5	71,0 (1,4)	91,1 (7,4)	38512,7 (3478,9)	39475,0 (6184,5)

Las concentraciones de aluminio y arsénico presentes en el sedimento de los cinco sectores muestreados se presentan en la Tabla 52. Los tres sectores ubicados en el Río Cruces (entre 33125,0 y 48389,1 ppm) presentaron concentraciones de aluminio mayores a aquellos registrados en los ríos Calle Calle y Valdivia. A su vez, la concentración de este metal más baja se registró en el sector de ASENAV (24400,0 ppm) (Tabla 52).

Las concentraciones de arsénico fueron menores durante Septiembre del año 2008 en comparación a Abril del mismo año. A su vez, la concentración más alta de arsénico se detectó en Punucapa (13,9 ppm), para Abril del año 2008 (Tabla 52).

Tabla 52. Concentraciones de aluminio y arsénico en el sedimento del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008.

estaciones	aluminio ppm		arsénico ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces				
San Luis	41403,2 (2301,1)	33125,0 (4095,0)	10,3 (0,80)	8,4 (1,4)
Santa María	48389,1 (513,3)	45800,0 (3827,1)	12,8 (0,54)	12,1 (0,3)
Punucapa	41724,7 (3535,6)	41250,0 (3975,5)	13,9 (1,31)	12,2 (0,4)
Río Calle Calle				
ASENAV	32347,1 (2639,5)	24400,0 (4839,4)	12,2 (2,68)	8,6 (0,5)
Río Valdivia				
Las Mulatas	33217,6 (2695,1)	33050,0 (5510,7)	11,8 (1,16)	11,1 (0,6)

Las concentraciones de cadmio, plomo, manganeso y mercurio presentes en el sedimento de los cinco sectores muestreados se presentan en la Tabla 53. Las concentraciones más altas de cadmio se detectaron en el Río Cruces. A su vez, en el sector de Santa María fue donde se registraron las concentraciones más altas de este metal tanto en Abril como en Septiembre del año 2008 (0,52 y 0,50 ppm respectivamente, la concentración de cadmio más baja fue en el sector de ASENAV (0,25 ppm).

Las concentraciones de plomo en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia fueron similares, valores que fluctuaron entre 9,3 y 16,1 ppm (San Luis y Las Mulatas, respectivamente).

Las concentraciones de manganeso medidas en el Río Cruces (entre 720,7 y 2010,5 ppm) fueron más altas que las detectadas en los ríos Calle Calle y Valdivia. El sector de Santa María en ambos muestreos presentó la concentración más alta de manganeso (1830,4 y 2010,5 ppm) en comparación con las de San Luis, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas. Por el contrario, el sector de ASENAV mostró la

concentración más baja de este metal en comparación con las detectadas en los otros sectores (Tabla 53).

En general, las concentraciones de mercurio medidas en el Río Cruces (entre 0,08 y 0,11 ppm) fueron más altas que las detectadas en los ríos Calle Calle y Valdivia. A su vez, el sector de de Santa María mostró la concentración más alta de este metal en comparación con las detectadas en San Luis, Punucapa, ASENAV y Las Mulatas, mientras que en el sector de ASENAV para Septiembre del año 2008 se midió la concentración más baja de este metal (Tabla 53).

Tabla 53. Concentraciones de cadmio, plomo y manganeso en el sedimento del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. (*) valor registrado en una de las cuatro réplicas.

estaciones	cadmio ppm		plomo ppm		manganeso ppm		mercurio ppm	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Río Cruces								
San Luis	0,38 (0,05)	0,29 (0,06)	13,3 (0,8)	9,3 (1,6)	843,6 (89,4)	720,7 (168,6)	0,08 (0,01)	0,05 (0,01)
Santa María	0,52 (0,03)	0,50 (0,01)	13,8 (1,4)	15,2 (0,5)	1830,4 (5,8)	2010,5 (291,0)	0,11 (0,00)	0,11 (0,01)
Punucapa	0,42 (0,06)	0,38 (0,02)	12,7 (2,0)	13,2 (0,6)	999,7 (196,4)	1040,2 (52,5)	0,08 (0,01)	0,07 (0,01)
Río Calle Calle								
ASENAV	0,32 (0,08)	0,25*	14,6 (2,9)	11,1 (1,1)	292,1 (28,4)	344,7 (74,9)	0,07 (0,02)	0,03 (0,01)
Río Valdivia								
Las Mulatas	0,30 (0,05)	0,32 (0,04)	13,5 (0,5)	16,1 (1,6)	385,3 (116,9)	788,7 (207,5)	0,05 (0,01)	0,05 (0,00)

Conclusiones

Los resultados anteriores permiten concluir que:

- i) En todas las estaciones, con excepción de las Mulatas, ocurrió un aumento en los porcentajes de arena desde el muestreo a Abril al de Septiembre del año 2008. Este aumento en los porcentajes de arena entre ambos muestreos pudo haber estado relacionado al mayor caudal hídrico ocurrente durante Septiembre y por lo tanto a un arrastre de partículas finas y aumento de partículas más gruesas (arena). Concordante con el patrón anterior, se observó que en general desde Abril a Septiembre, el porcentaje de materia orgánica total disminuyó en esas estaciones.
- ii) En general, los valores de redox fueron más negativos en los sedimentos del Río Cruces (*i.e.* condición de menor oxigenación en el espacio intersticial del sedimento). Los valores de pH fueron más altos en el sector de Punucapa y más bajos en el sector de San Luis y Santa María, durante ambos muestreos.
- iii) No se detectó la presencia de ácidos resínicos y compuestos organofosforados en los sedimentos de todas las estaciones. En relación a compuestos organoclorados, solo se detectó la presencia de alfa-BHC, beta-BHC, gama-BHC (lindano), DDT y derivados en bajas concentraciones.
- iv) En general, las concentraciones de metales pesados fueron más altas en los sedimentos del Río Cruces.
- v) Los metales pesados que presentaron las concentraciones más altas en el sedimento fueron el hierro (entre 38411,3 y 53268,0 ppm), el aluminio (entre 32347,1 y 48389,1 ppm) y el manganeso (entre 292,1 y 1839,4 ppm).

3.3.4. Macroinfauna bentónica

Recolección y análisis preliminar de las muestras

En los mismos cinco sitios donde se obtuvieron muestras para estudios de calidad de agua y sedimentos (Fig. 13), (ver más arriba) se recolectaron cuatro muestras (réplicas) de sedimento, mediante buceo semi-autónomo con cilindros plásticos de 10.5 cm de diámetro enterrados a una profundidad aproximada de 15 cm en el sedimento. Estos cilindros estuvieron cubiertos con tapas y llevados por el buzo a la lancha de muestreo. Las muestras se mantuvieron en formalina al 5% para posteriormente ser filtradas en mallas de 500 micrones de trama. La identificación de los taxa se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Posteriormente, todos los organismos se secaron (80°C por 72 horas) y calcinaron (550°C por 4 horas), para llevar a cabo estimaciones de biomasa (*i.e.* peso seco libre de cenizas).

Análisis de los datos

En cada una de la estaciones se estimaron los atributos comunitarios de riqueza promedio de especies y abundancia promedio de individuos por especie. Además, en cada estación se estimó el índice de diversidad de Shannon-Wiener y la uniformidad de Pielou (Pielou, 1966; Brower & Zar, 1977; Pielou, 1984). Las contribuciones numéricas totales de cada periodo de muestreo se graficaron como curvas de dominancia en función del "ranking de especies".

Se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) entre los dos periodos de muestreo con el objetivo de evaluar la similitud en la estructura comunitaria entre las diferentes comparaciones a través de un estadígrafo R. El estadígrafo R varía en el intervalo $-1 < R < +1$, donde el valor 0 indica agrupamiento completamente al azar (sin patrón definido). $R=+1$ indica que el ranking dentro de grupos es menor al ranking entre grupos, $R=-1$ indica que el ranking dentro de grupos es mayor al ranking entre grupos (Clarke, 1993). Los resultados de la distribución espacial de la(s)

agrupaciones se generan sobre un plano cartesiano de dos o tres dimensiones, cuyas coordenadas cartesianas son extraídas desde un Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS, por sus siglas en inglés), el cual minimiza la distancia entre los objetos estudiados. El MDS genera un valor de "stress" que corresponde a una medida de "no-bondad" del ajuste (*i.e.*, mientras mayor sea la distancia entre los objetos mayor es el valor de stress, y por ende, peor es el modelo resultante (Shepard, 1962; Kruskal, 1964). Kruskal (1964) sugirió las siguientes categorizaciones para interpretar el valor de stress: 0,2 - modelo pobre; 0,1 - modelo aceptable; 0,05 - modelo bueno; y 0 (valor mínimo), corresponde a un excelente modelo de asociación. Las abundancias se basaron en una matriz de similitud obtenida a partir del índice de similitud de Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la forma $y = \sqrt{x}$. Todos los análisis se realizaron con el programa PRIMER ("Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research") (Carr, 1997). Los resultados del MDS se graficaron en dos dimensiones con el objetivo de visualizar eventuales relaciones entre las distintas estaciones de muestreo. Conjuntamente con este análisis, se evaluó el porcentaje de similitud faunística (SIMPER "Similarity percentages -species contribution") entre ambos periodos de estudio.

Los datos de abundancia y biomasa de la macrofauna se utilizaron para confeccionar curvas de valores porcentuales acumulativos de abundancia y biomasa (curvas ABC; Warwick, 1986; Warwick & Clarke, 1991). El análisis de este tipo de curvas ha sido una técnica estándar para evaluar el grado de "salud ambiental" de un determinado hábitat (*e.g.* Warwick 1986, Warwick *et al.* 1987). Sin embargo, eventos poblacionales como reclutamientos (*i.e.* presencia de numerosos individuos pequeños con baja biomasa) pueden alterar significativamente tales análisis (*cf.* Beukema 1988). El objetivo de estos análisis será realizar comparaciones entre sitios y dentro de sitios en el tiempo, a fin de evaluar eventuales cambios de largo plazo en la salud ambiental de los fondos estudiados mediante análisis de curvas ABC.

Resultados

Atributos comunitarios

Durante Abril del año 2008, 52.432 individuos fueron encontrados agrupados en 13 taxa específicos, mientras que durante Septiembre, un total de 67.647 individuos se agrupó en 11 taxa específicos (Tabla 54). Durante ambos muestreos, la mayor riqueza de taxa (9) se encontró en los sedimentos del sector ASENAV, Río Calle Calle, mientras que la menor riqueza (3 y 2 taxa) ocurrió en sedimentos de los sectores San Luis y Santa María (Río Cruces) (Tabla 54).

Las mayores abundancias de la macroinfauna bentónica ocurrieron en sedimentos de los sectores Las Mulatas y ASENAV (Tabla 54).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (índice que integra número de taxa y abundancia relativa de los mismos), muestra su valor más alto ($H' = 1,141$) en Las Mulatas durante Abril y en Punucapa ($H' = 1,394$) durante Septiembre. El índice de uniformidad mostró los valores más altos en los sedimentos de Santa María y Las Mulatas durante ambos muestreos (Tabla 54). Los datos integrados de todas las estaciones muestran que los valores de diversidad y uniformidad fueron similares durante ambos muestreos (Tabla 54).

Tabla 54. Atributos comunitarios (número de especies (S), número de individuos promedio por m² (N), diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J')) de la macroinfauna bentónica presente en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril y Septiembre del año 2008.

Abril	Río Cruces			Río Calle Calle	Río Valdivia	Total
	San Luis	Santa María	Punucapa	ASENAV	Las Mulatas	
S	3	3	8	9	6	13
N	607	289	4534	8922	38081	52432
H'	0,381	0,803	1,031	0,899	1,141	1,297
J'	0,347	0,731	0,496	0,409	0,637	0,506
Sept						
S	3	2	7	9	7	11
N	1242	347	13310	33838	18912	67647
H'	0,618	0,451	1,394	0,499	1,239	1,342
J'	0,563	0,651	0,716	0,227	0,637	0,560

Los taxa con las mayores contribuciones relativas fueron un oligoqueto de la familia Tubificidae y el poliqueto *Prionospio (Minusprio) patagonica* en ambos periodos de muestreo, con abundancias relativas de 43,06% y 40,31% y de 62,10% y 12,89% durante Abril y Septiembre, respectivamente. Las abundancias del resto de las especies no superaron el 9% durante ambos periodos. Esta situación puede verse reflejada en las curvas de dominancia por estación, donde ambas especies encabezan la dominancia y sostienen la mayor parte de la abundancia relativa (Fig. 18).

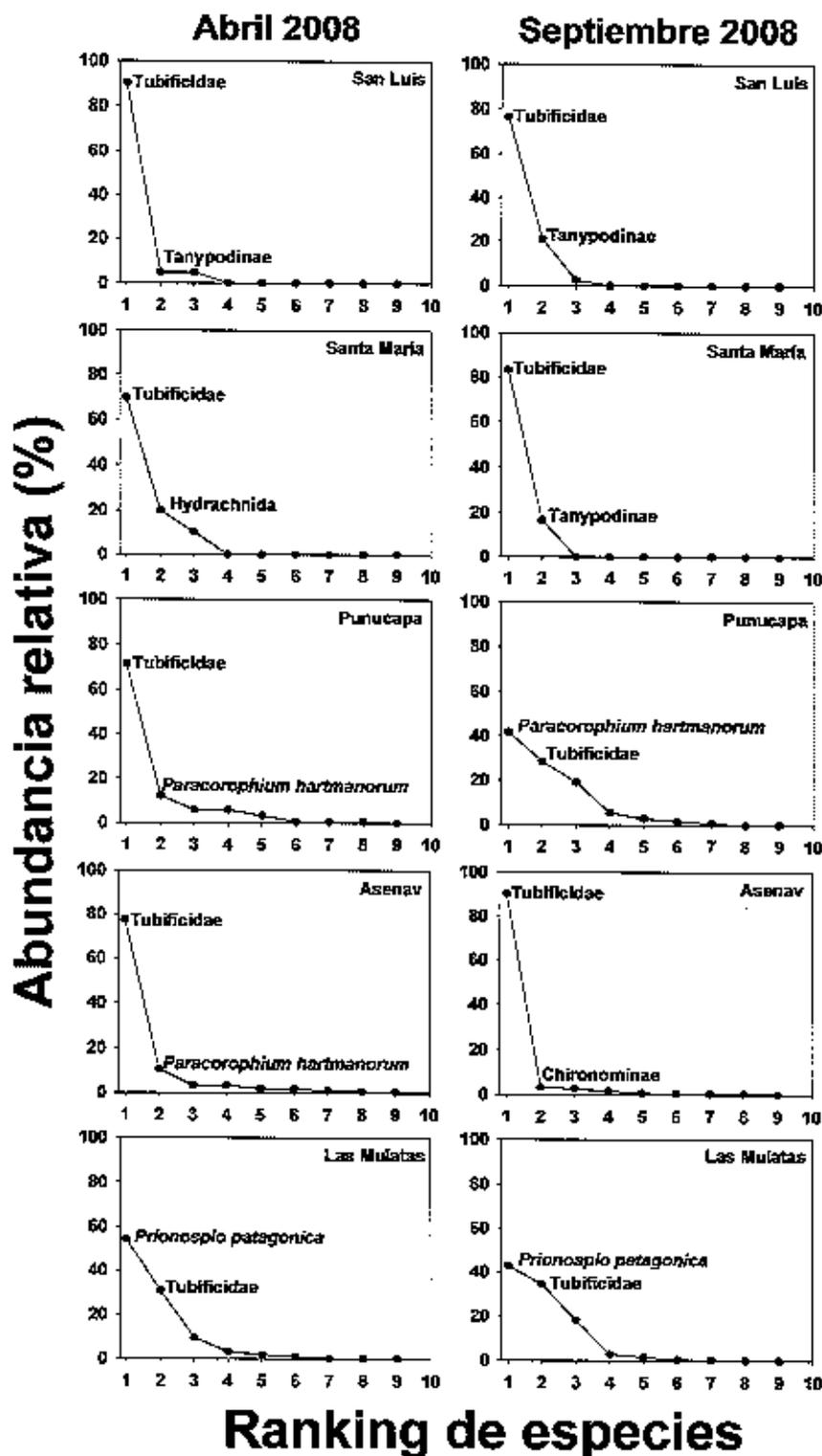


Figura 18. Curvas de dominancia para todas las estaciones muestreadas durante Abril y Septiembre del año 2008.

En la Tabla 54 se presentan las abundancias (ind/m^2) de todos los taxa obtenidos en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril y Septiembre del año 2008. Gastrópodos y bivalvos estuvieron representados por 1 y 3 taxa respectivamente, poliquetos, oligoquetos e insectos por 2 taxa, e hirudíneos, crustáceos y arácnidos por 1 taxa.

Los oligoquetos representantes de la familia Tubificidae estuvieron presentes en las cinco estaciones muestreadas, siendo los organismos más abundantes en los sectores de San Luis, Santa María, Punucapa y ASENAV (hasta $30.459,6 \text{ ind}/\text{m}^2$, durante Septiembre del año 2008 (Tabla 55). El poliqueto *Prionospio (Minuspio) patagonica* presentó el valor más alto de abundancia de todas los taxa en el sector de Las Mulatas ($20.585,5$ y $8.084,1 \text{ ind}/\text{m}^2$, durante Abril y Septiembre, respectivamente). Otros taxa numéricamente importantes fueron el crustáceo *Paracorophium hartmannorum* que presentó valores extremos de $5.572,2 \text{ ind}/\text{m}^2$, en los sedimentos del sector Punucapa durante el muestreo de Septiembre (Tabla 55).

Los valores de biomasa de todos los taxa obtenidos en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril y Septiembre del año 2008, se presentan en la Tabla 56.

Los valores más altos de biomasa se presentaron en el sector de Las Mulatas ($13,4946$ y $12,8479 \text{ g}/\text{m}^2$, durante Abril y Septiembre del año 2008, respectivamente), y se debieron principalmente a las biomasas de los poliquetos *Perinereis gualpensis* ($8,7856$ y $4,8678 \text{ g}/\text{m}^2$ durante Abril y Septiembre, respectivamente) y *Prionospio (Munispio) patagonica* ($3,6552$ y $7,1573 \text{ g}/\text{m}^2$ en Abril y Septiembre, respectivamente). Adicionalmente, el poliqueto *Perinereis gualpensis* presentó valores altos de biomasa en el sector de Punucapa ($1,4811$ y $1,6255 \text{ g}/\text{m}^2$, durante Abril y Septiembre del año 2008, respectivamente) (Tabla 56).

Tabla 55. Abundancia (ind/m²) de la macrofauna bentónica presente en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis.

TAXA	Río Cruces					
	San Luis		Santa María		Punucapa	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Gastropoda						
<i>Littoridina</i> sp.	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Bivalvia						
<i>Kingiella chilensis</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
<i>Pisidium</i> sp.	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Bivalvo indet.	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Polychaeta						
<i>P. gualpensis</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	144,4 (173,2)	202,1 (110,6)
<i>P. (M) patagonica</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	259,8 (256,1)	375,3 (256,1)
Oligochaeta						
Tubificidae	548,6 (110,6)	952,8 (519,7)	202,1 (110,6)	288,7 (290,6)	3233,6 (3011,5)	3811,1 (1310,0)
Naididae	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	28,9 (57,7)	0,0 (0,0)	259,8 (519,7)	2540,7 (1050,0)
Hirudinea						
Hirudinea	0,0(0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	28,9 (57,7)	0,0 (0,0)
Insecta						
Chironominae	0,0 (0,0)	28,9 (57,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	28,9 (57,7)	721,8 (465,5)
Tanyptodinae	28,9 (57,7)	259,8 (218,6)	0,0 (0,0)	57,7 (115,5)	28,9 (57,7)	86,6 (57,7)
Crustacea						
<i>P. hartmannorum</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	548,6 (425,6)	5572,2 (4305,0)
Arachnida						
Hydrachnida	28,9 (5,7)	0,0 (0,0)	57,7 (66,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Abundancia total	606,3 (145,3)	1241,5 (655,8)	288,7 (149,1)	346,4 (400,1)	4532,9 (3848,1)	13309,8 (6289,1)

Continuación Tabla 55.

TAXA	Río Calle-Calle ASENAV		Río Valdivia Las Mulatas	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Gastropoda				
<i>Littoridina</i> sp.	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	1212,6 (1474,4)	519,7 (426,9)
Bivalvia				
<i>Kingisilla chilensis</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	375,3 (303,7)	0,0 (0,0)
<i>Pisidium</i> sp.	86,6 (173,2)	866,1 (600,1)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Bivalvo indet.	28,9 (57,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Polychaeta				
<i>P. gualpensis</i>	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	3580,1 (1024,3)	3406,9 (4223,8)
<i>P. (M) patagonica</i>	288,7 (66,7)	259,8 (173,2)	20585,5 (7375,7)	8084,1 (5878,9)
Oligochaeta				
Tubificidae	6900,3 (6899,2)	30459,6 (6341,2)	11693,0 (10243,2)	6496,1 (2725,4)
Naididae	288,7 (577,4)	202,1 (272,9)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Hirudinea				
Hirudinea	57,7 (115,5)	28,9 (57,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Insecta				
Chironominae	0,0 (0,0)	1097,1 (945,3)	0,0 (0,0)	259,8 (145,3)
Tanypodinae	144,4 (145,3)	519,7 (274,9)	0,0 (0,0)	86,6 (110,6)
Crustacea				
<i>P. hartmannorum</i>	952,8 (1227,2)	202,1 (331,7)	635,2 (670,1)	57,7 (115,5)
Arachnida				
Hydrachnida	173,2 (274,9)	202,1 (145,3)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Abundancia total	8921,3 (8896,9)	33837,5 (8409,1)	38081,7 (7831,8)	18910,9 (4270,8)

Tabla 56. Biomasa (g /m²) de la macrofauna bentónica presente en los sedimentos del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril (Abr 08) y Septiembre (Sep 08) del año 2008. Los valores son promedios (n=4) con desviación estándar en paréntesis.

TAXA	San Luis		Santa María		Punucapa	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Gastropoda						
<i>Littoridina</i> sp.	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Bivalvia						
<i>Kingiella chilensis</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
<i>Pisidium</i> sp.	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Bivalvo indet.	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Polychaeta						
<i>P. gualpensis</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	1,4811 (1,7182)	1,6255 (2,1259)
<i>P. (M) patagonica</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0751 (0,1133)	0,3176 (0,2701)
Oligochaeta						
Tubificidae	0,1675 (0,0955)	0,1819 (0,1164)	0,0375 (0,0370)	0,3840 (0,3980)	0,1934 (0,1780)	0,6929 (0,3173)
Naididae	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0029 (0,0058)	0,0000 (0,0000)	0,0029 (0,0058)	0,0982 (0,0394)
Hirudinea						
Hirudineo	0,0000(0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0029 (0,0058)	0,0000 (0,0000)
Insecta						
Chironomidae	0,0000 (0,0000)	0,0029 (0,0058)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0029 (0,0058)	0,0375 (0,0304)
Tanypodinae	0,0202 (0,0404)	0,1213 (0,1683)	0,0000 (0,0000)	0,0837 (0,1675)	0,0289 (0,0577)	0,0577 (0,0686)
Crustacea						
<i>P. hartmannorum</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0491 (0,0404)	0,5572 (0,4238)
Arachnida						
Hydrachnidia	0,0029 (0,0058)	0,0000 (0,0000)	0,0058 (0,0057)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Biomasa total	0,1906 (0,0803)	0,3060 (0,1260)	0,0462 (0,0389)	0,4677 (0,5541)	1,8362 (1,7570)	3,3866 (2,3320)

Continuación Tabla 56.

TAXA	Calle-Calle ASENAV		Valdivia Las Mulatas	
	Abr 08	Sep 08	Abr 08	Sep 08
Gastropoda				
<i>Littoridina</i> sp.	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,1530 (0,1954)	0,0780 (0,0520)
Bivalvia				
<i>Kingiella chilensis</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,1068 (0,1101)	0,0000 (0,0000)
<i>Pisidium</i> sp.	0,0115 (0,0231)	0,2108 (0,2451)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Bivalvo indet.	0,0029 (0,0058)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Polychaeta				
<i>P. gualpensis</i>	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)	8,7856 (7,7586)	4,8678 (3,5304)
<i>P. (M) patagonica</i>	0,1184 (0,0382)	0,2367 (0,0877)	3,6552 (1,7000)	7,1573 (1,9589)
Oligochaeta				
Tubificidae	0,4908 (0,4916)	4,2412 (0,8155)	0,7333 (0,6653)	0,6669 (0,3360)
Naididae	0,0087 (0,0173)	0,0144 (0,0173)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Hirudinea				
Hirudineo	0,0462 (0,0924)	0,3378 (0,3982)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Insecta				
Chironomidae	0,0000 (0,0000)	0,0866 (0,0394)	0,0000 (0,0000)	0,0375 (0,0446)
Tanyptodinae	0,0520 (0,0394)	0,1675 (0,1486)	0,0000 (0,0000)	0,0260 (0,0382)
Crustacea				
<i>P. hartmannorum</i>	0,0549 (0,0682)	0,0231 (0,0389)	0,0606 (0,0768)	0,0144 (0,0289)
Arachnida				
Hydrachnidia	0,0144 (0,0173)	0,2050 (0,3795)	0,0000 (0,0000)	0,0000 (0,0000)
Biomasa total	0,7997 (0,5720)	5,5231 (1,6899)	13,4946 (8,5706)	12,8479 (3,2435)

Análisis de ordenamiento

La Figura 19 muestra los resultados del análisis de MDS realizado para evaluar la similitud entre las estaciones muestreadas durante Abril y Septiembre del año 2008, de acuerdo a la abundancia y composición específica de la macroinfauna bentónica. El valor de "stress" (0,04) indica una buena representación gráfica del ordenamiento (*i.e.*, similitud faunística) de las distintas estaciones muestreadas. Sin embargo, la segregación espacial de las mismas no muestra estaciones agrupadas por muestreos; *i.e.* el ordenamiento minimiza las distancias entre estaciones provenientes del mismo sector, independiente del periodo en el cual fue muestreada. La excepción a esto lo constituyen las estaciones de San Luis y Santa María (a la derecha de la ordenación). De hecho, el análisis de similitud (ANOSIM) realizado para determinar si la estructura comunitaria entre periodos de muestreo es diferente, muestra valores de probabilidad no significativos (ANOSIM, $R = -0,024$; $P = 0,484$). Adicionalmente, el valor del estadígrafo R muestra un valor negativo, es decir, el ranking dentro de grupos es mayor al ranking entre grupos, por lo que las estaciones entre periodos de muestreo tienen mayor similitud que dentro de cada periodo (*cf.* Fig. 19).

El análisis SIMPER mostró que durante Abril hay una similitud faunística promedio entre estaciones de 41,01% con sólo un taxa (Tubificidae) alcanzando más del 50% de la contribución relativa (similitud promedio de 21,55%). Durante el muestreo de Septiembre se observó una similitud promedio entre estaciones de 46,14%, con dos taxa alcanzando más del 70% de la contribución relativa (Tubificidae y Tanypodinae) (similitudes promedio de 21,37 y 12,17%, respectivamente). La disimilitud faunística promedio entre Abril y Septiembre fue de 54,27%. Los taxa que más contribuyen a la disimilitud entre sitios fueron *Prionospio (Minuspio) patagonica* con una disimilitud promedio de 7,49%, Tubificidae con 6,4%, *Paracorophium hartmanorum* con 6,12%, Chironomidae con 5,64% y Naididae con 5,35%.

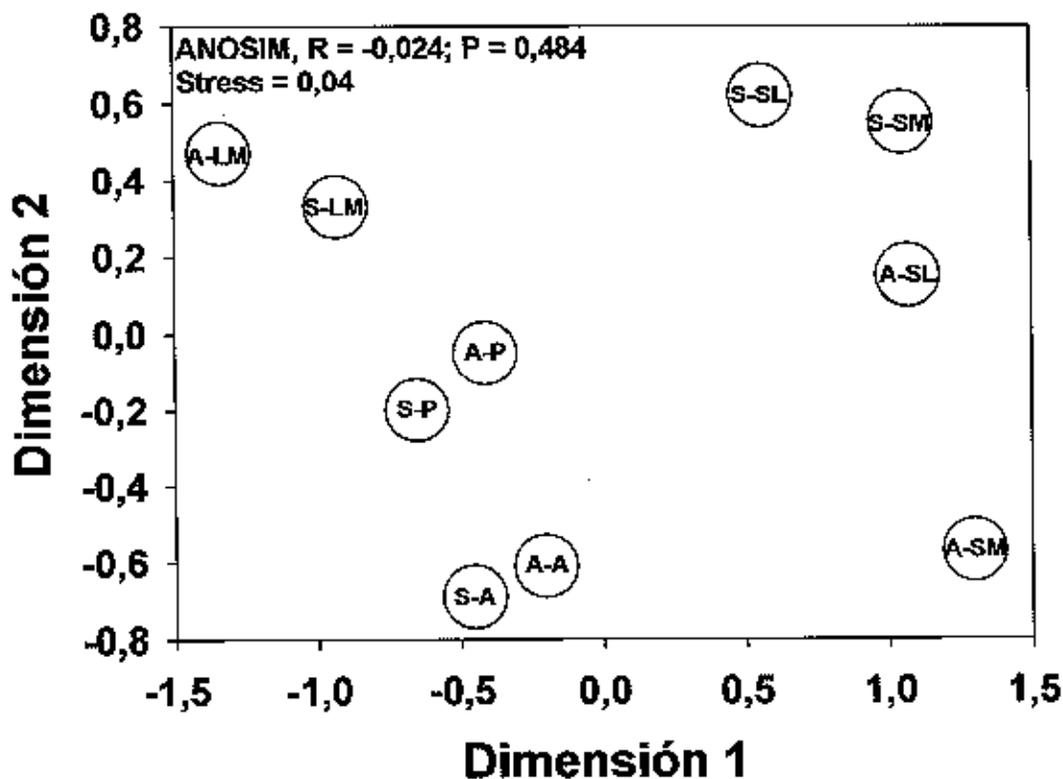


Figura 19. Escalamiento multidimensional basado en la abundancia de los organismos de la macroinfauna bentónica presentes en los sedimentos de las estaciones muestreadas durante Abril y Septiembre del año 2008. Análisis basados en una matriz de similitud construida a partir del índice de Bray-Curtis. A=Abril, S=Septiembre, SL=San Luis, SM=Santa María, P=Punucapa, A=Asenav y LM=Las Mulatas.

Curvas de abundancia y biomasa (ABC)

Las curvas ABC generadas para la macrofauna bentónica de las cinco estaciones muestreadas durante Abril y Septiembre del año 2008 se presentan en la Figura 20. En general, las curvas de abundancia y biomasa obtenidas para cada estación estuvieron muy próximas entre sí, lo que sugiere que los sedimentos del área de estudio no muestran mayor alteración ambiental (*cf.* Warwick 1986; Warwick & Clarke 1991). Hay que agregar eso sí, que esta conclusión no toma en consideración otros aspectos tales como efectos subletales de contaminantes sobre este tipo de organismos.

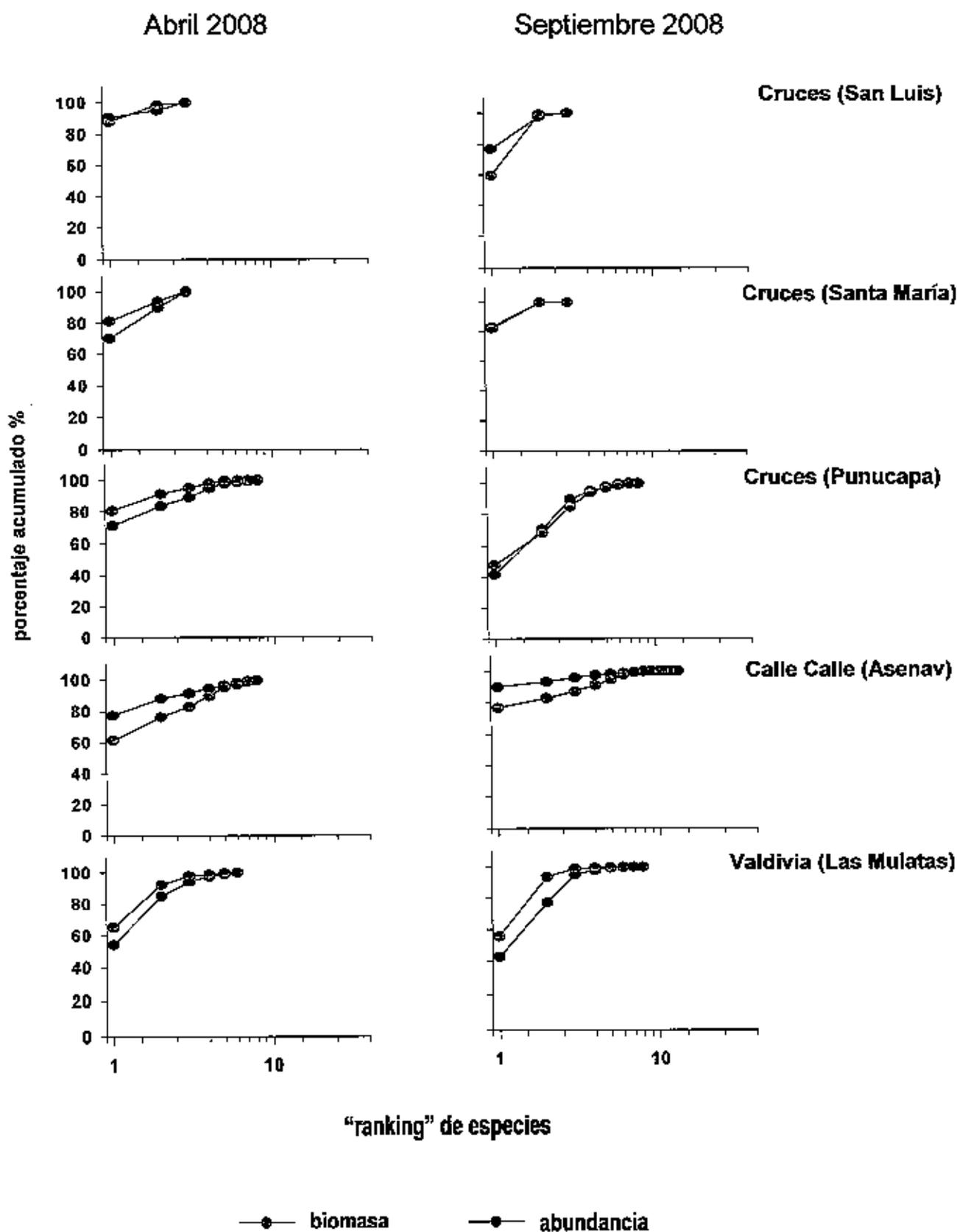


Figura 20. Curvas abundancia – biomasa (ABC) generadas para la macrofauna bentónica presente en el sedimento del Río Cruces, Calle Calle y Valdivia durante Abril y Septiembre del año 2008.

Conclusiones

Los resultados anteriores permiten concluir que:

- i) Todos los atributos comunitarios de la macroinfauna bentónica (con excepción del número de especies), mostraron valores más altos durante el muestreo de Septiembre del año 2008.
- ii) Los taxa más abundantes durante ambos periodos de muestreo fueron anélidos oligoquetos de la familia Tubificidae y el anélido poliqueto *Prionospio patagonica*, los cuales aportaron con la mayor disimilitud entre periodos de muestreo. Son estas las especies que pueden ser consideradas como bioindicadores del área de estudio.
- iii) En general, las curvas de abundancia y biomasa obtenidas para cada estación estuvieron muy próximas entre sí, lo que sugiere que los sedimentos del área de estudio no muestran mayor alteración ambiental.

4. REVISIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. En relación a variables ambientales para ser incluidas en monitoreos futuros de calidad de agua

Se realizó un Análisis de Componentes Principales, tendiente a evaluar cual de las variables ambientales estudiadas tiene mayor contribución en la explicación de la variabilidad total observada en cada muestreo (Abril y Septiembre 2008). Esto con el objetivo de poder seleccionar variables específicas, para el futuro monitoreo de la calidad de agua de los ríos de la cuenca.

Los resultados del ACP basado en los datos recolectados durante Abril del año 2008 se muestran en la Figura 21 y Tabla 57. El Componente Principal 1 explica el 38% de la varianza de los datos, a la vez que el Componente Principal 2 da cuenta de un 27% de la variabilidad de los datos. Las variables ambientales más importantes en el primer componente principal y que dan cuenta de la separación de las estaciones de muestreo fueron pH, sólidos suspendidos, nitrógeno orgánico y total y hierro disuelto, a la vez que temperatura, oxígeno, cloruro, sulfato, hierro suspendido y coliformes fecales, fueron las variables con mayor peso en el segundo componente principal (Tabla 57).

La Figura 7 muestra una separación evidente a lo largo del Componente Principal 1, entre las estaciones San Luis (Río Cruces) y ASENAV (Río Calle Calle) con el resto de las estaciones. Los datos que se entregan en la Tabla 58 (promedios generales para las variables incluidas en el análisis), muestran que el agua de San Luis y ASENAV, tuvo valores más bajos de pH, sólidos suspendidos, nitrógeno orgánico y nitrógeno total que las estaciones Santa María, Punucapa (Río Cruces) y Las Mulatas (Río Valdivia). La misma figura muestra también una separación evidente a lo largo del Componente Principal 2 entre las estaciones Santa María, San Luis y ASENAV vs. Las Mulatas y Punucapa. La comparación de los promedios de cada una de las variables que pesaron más en el Componente Principal 2 permite explicar algunas de estas

separaciones gráficas (ver Tabla 58). Por ejemplo, la comparación de las estaciones ubicadas en los extremos del gradiente Y o Componente Principal 2 (i.e. ASENAV vs. San Luis y Santa María), muestra que el agua de ASENAV tuvo temperatura y concentraciones de oxígeno disuelto, cloruro y sulfato más altas que las aguas de San Luis y Santa María, a la vez que concentraciones más bajas de hierro suspendido y coliformes fecales. La cercanía gráfica a lo largo del eje Y de las estaciones Punucapa y Las Mulatas, se explica porque el agua de las mismas fue muy similar en temperatura, oxígeno disuelto y hierro suspendido (ver Tabla 58).

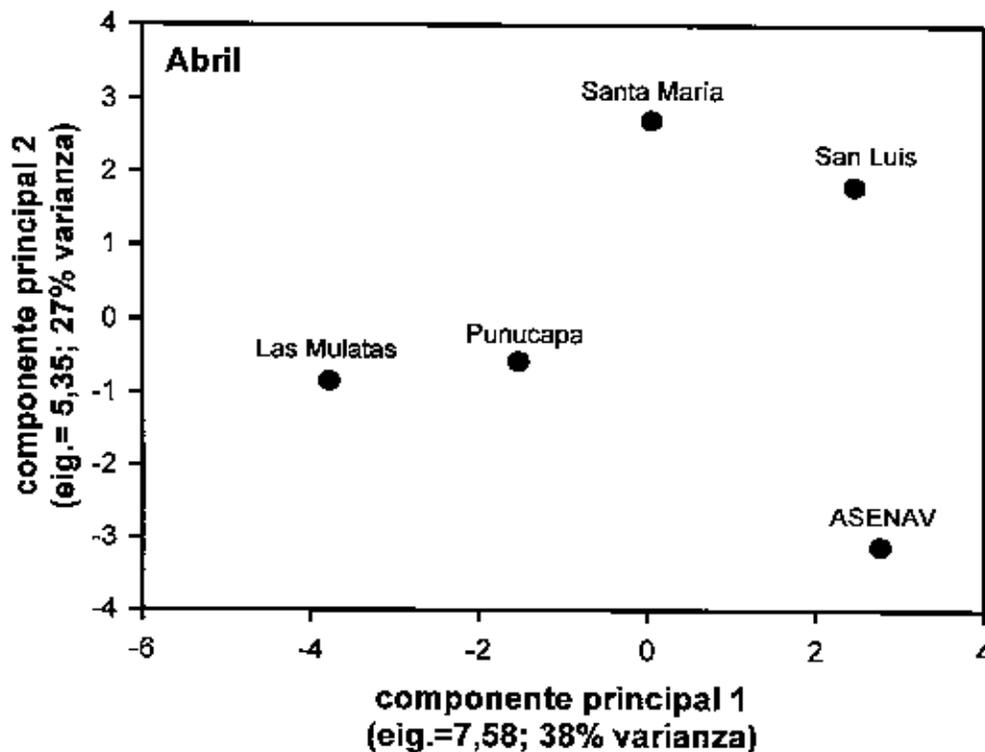


Figura 21. Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en matrices de correlación para las estaciones muestreadas durante Abril del año 2008.

Tabla 57. Resumen de los "eigenvectors" (Eig., vector que indica la magnitud y la dirección del cambio con respecto a la combinación lineal correspondiente), para las variables ambientales medidas durante Abril del año 2008. Se indican en **negrita** las variables más importantes o de mayor peso en cada componente principal.

variables	Eig. PC1	Eig. PC2
Temperatura (°C)	0,121	-0,368
Conductividad (µS/cm)	-0,167	-0,286
pH	-0,346	0,026
Oxígeno (mg/L)	-0,183	-0,349
SSu (mg/L totales)	-0,316	0,089
AOX	-0,101	-0,034
N-NO3/L (mg/L)	-0,064	-0,157
N-NH4/L (mg/L)	0,043	0,012
N-org/L (mg/L)	-0,330	0,026
N-Total/L (mg/L)	-0,332	-0,107
P-PO4/L (mg/L)	-0,247	-0,037
PT/L (mg/L)	-0,278	-0,062
Cloruro (mg/L)	0,128	-0,389
Sulfato (mg/L)	0,155	-0,372
Hierro (mg/L) disuelto	-0,303	-0,162
Bario (mg/L)	-0,228	-0,120
Hierro (mg/L) suspendido	-0,139	0,312
Aluminio (mg/L) suspendido	-0,240	0,225
Manganeso (mg/L) suspendido	-0,204	0,126
CF (NMP/100 mL)	0,168	0,341

Tabla 58. Valores promedio para cada una de las variables estudiadas en el agua de los sectores San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) durante Abril del año 2008.

Abril 2008						
	unidad	San Luis	Santa María	Punucapa	ASENAV	Las Mulatas
Temperatura	°C	17,2	17,7	18,0	20,3	18
Conductividad	µS/cm	138,5	238	3758,5	1989,5	2052
pH	rango	6,9	7,1	7,4	6,8	7,4
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,9	8	9,2	8,9	9
SSu	mg/L	2,7	10	6,3	3,1	12,6
AOX		25	28	100	23	21
N-NO3/L	mg/L	0,072	0,074	0,009	0,124	0,166
N-NO4/L	mg/L	0,014	0,010	0,016	0,011	0,010
N-org/L	mg/L	0,117	0,125	0,214	0,070	0,210
N-Total/L	mg/L	0,204	0,210	0,274	0,205	0,387
P-PO4/L	mg/L	0,032	0,031	0,017	0,025	0,095
PT/L	mg/L	0,038	0,032	0,033	0,028	0,123
Cloruro	mg/L	1,8	0,8	1350	3853	645
Sulfato	mg/L	27,3	36,1	206	703	99,9
Hierro disuelto	mg/L	0,015	0,016	0,129	0,071	0,408
Bario	mg/L	0,006	0,009	0,024	0,009	0,014
Hierro suspendido	mg/L	0,46	1,33	0,69	0,25	0,68
Aluminio suspendido	mg/L	0,091	0,441	0,239	0,063	0,322
Manganeso suspendido	mg/L	0,025	0,095	0,097	0,035	0,059
CF	(NMP/100 ml)	900	500	300	50	23

Los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las estaciones muestreadas en los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, durante Septiembre del año 2008 se muestran en la Figura 22 y Tabla 59. El Componente Principal 1 explica el 54%

de la varianza de los datos, a la vez que el Componente Principal 2 da cuenta de un 23% de la variabilidad de los datos. Las variables ambientales más importantes en el primer componente principal fueron nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitrógeno total, hierro, aluminio y manganeso suspendido, a la vez que pH, oxígeno, AOX y fosfatos, fueron las variables de mayor peso en el segundo componente principal (Tabla 59).

La Figura 22 muestra una separación evidente a lo largo del Componente Principal 1, de la estación Punucapa (Río Cruces) del resto de las estaciones. Los datos que se entregan en la Tabla 60 (promedios generales para las variables incluidas en el análisis), muestran que el agua de esta estación tuvo los valores más altos de nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitrógeno total, hierro, aluminio y manganeso suspendido, situación que puede explicar la separación de Punucapa del resto de estaciones. La Figura 8 muestra también una clara separación a lo largo del eje Y o Componente Principal 2 de la estación ASENAV del resto de las estaciones, situación que puede atribuirse primariamente a que pH, oxígeno, AOX y fosfatos, mostraron sus valores más altos en el agua de esta estación (ver Tabla 60). La estación Punucapa también muestra una separación del resto de estaciones a lo largo del eje Y, aún cuando menor que la separación que muestra ASENAV de Santa María, Las Mulatas y Punucapa (Figura 22). El distanciamiento de Punucapa de las últimas tres estaciones se debe primariamente a la mayor concentración de AOX en la misma, vs. Santa María, Las Mulatas y Punucapa (ver Tabla 60).

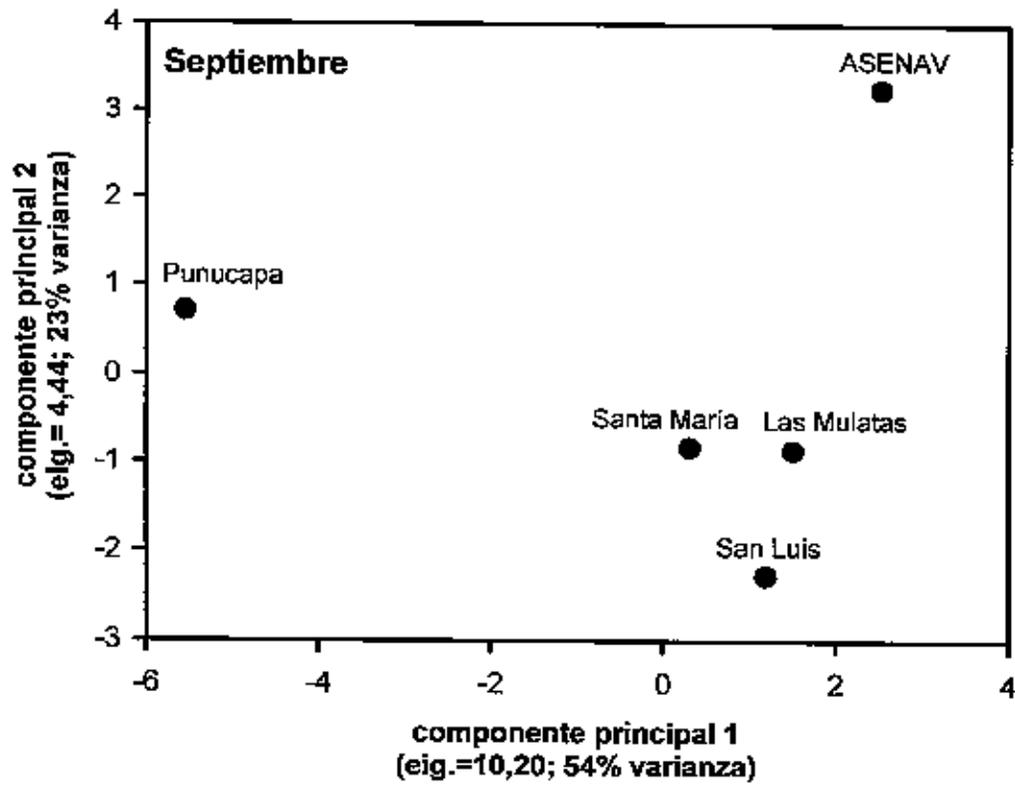


Figura 22. Análisis de Componentes Principales (ACP) basado en matrices de correlación para las estaciones muestreadas durante Septiembre del año 2008.

Tabla 59. Resumen de los "eigenvectors" (Eig., vector que indica la magnitud y la dirección del cambio con respecto a la combinación lineal correspondiente), para las variables ambientales medidas durante Septiembre del año 2008. El elemento bario no se incluye en el análisis, ya que las concentraciones estuvieron bajo el límite de detección del método utilizado. Se indican en **negrita** las variables más importantes o de mayor peso en cada componente principal.

variables	Eig. PC1	Eig. PC2
Temperatura (°C)	-0,274	-0,126
Conductividad (µS/cm)	0,101	0,198
pH	0,176	0,391
Oxígeno (mg/L)	0,099	0,361
SSu (mg/L totales)	-0,285	0,192
AOX	-0,115	0,427
N-NO3/L (mg/L)	-0,197	-0,294
N-NH4/L (mg/L)	-0,304	0,107
N-org/L (mg/L)	-0,300	0,086
N-Total/L (mg/L)	-0,309	0,022
P-PO4/L (mg/L)	0,076	0,326
PT/L (mg/L)	-0,288	0,155
Cloruro (mg/L)	-0,065	0,287
Sulfato (mg/L)	0,243	0,133
Hierro (mg/L) disuelto	-0,165	-0,272
Hierro (mg/L) suspendido	-0,302	0,098
Aluminio (mg/L) suspendido	-0,301	0,092
Manganeso (mg/L) suspendido	-0,306	0,066
CF (NMP/100 mL)	0,088	-0,099

Tabla 60. Valores promedio para cada una de las variables estudiadas en el agua de los sectores San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia) durante Septiembre del año 2008.

Septiembre 2008						
	unidad	San Luis	Santa María	Punucapa	ASENAV	Las Mulatas
Temperatura	°C	10,8	10,8	11,6	10,4	11,1
Conductividad	µS/cm	36	27,5	32,5	38	32,5
pH	rango	6,7	6,8	6,7	7,4	6,9
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,3	10,7	10,1	11,3	10,6
SSu	mg/L	13,7	33,7	160,2	50,9	14,7
AOX		100	150	185	190	135
N-NO ₃ /L	mg/L	0,114	0,141	0,133	0,047	0,084
N-NO ₄ /L	mg/L	0,008	0,010	0,019	0,009	0,009
N-org/L	mg/L	0,16	0,124	0,531	0,139	0,103
N-Total/L	mg/L	0,286	0,277	0,686	0,198	0,200
P-PO ₄ /L	mg/L	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003
PT/L	mg/L	0,049	0,038	0,330	0,089	0,045
Cloruro	mg/L	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Sulfato	mg/L	3,0	6,0	1,0	6,0	4,0
Hierro disuelto	mg/L	0,012	0,01	0,019	<0,010	0,021
Bario	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Hierro suspendido	mg/L	1,5	5,1	14	2,4	0,9
Aluminio suspendido	mg/L	1,33	4,41	11,1	1,97	0,77
Manganeso suspendido	mg/L	0,044	0,176	0,505	0,045	0,025
CF	(NMP/100 ml)	17	13	7	79	2400

Los resultados de los análisis de Componentes Principales realizados con los datos de calidad de agua en las estaciones San Luis, Santa María, Punucapa (Río Cruces), ASENAV (Río Calle Calle) y Las Mulatas (Río Valdivia), permiten concluir que

la temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, AOX, nutrientes, cloruro, sulfatos, hierro disuelto y suspendido, aluminio suspendido, manganeso suspendido y coliformes fecales, son las variables que tuvieron mayor peso o importancia en la explicación de la variabilidad espacial observada en el agua de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia, durante el año 2008. Por lo tanto, son estas las variables que debieran monitorearse periódicamente en los diferentes sectores de la cuenca. Aparte de lo anterior debieran agregarse las siguientes variables:

- conductividad (debido a la naturaleza estuarial del área)
- ácidos resínicos (aún cuando no detectados en este estudio, deben ser considerados debido a que los mismos provienen de actividades industriales como la producción de plantas de celulosa)
- compuestos orgánicos organoclorados (debido a que el Lindano y derivados fueron detectado en este estudio)
- hidrocarburos (debido al movimientos de embarcaciones motorizadas en el área)

No hay estudios que analicen en detalle la variabilidad de las características físico – químicas de la columna de agua en la cuenca de los ríos Calle Calle, Valdivia y Cruces (en este estudio solo se analizaron muestras compuestas y no horarias o acorde las horas de mareas); por lo tanto, no es posible realizar recomendaciones acerca de cual es el momento más apropiado (dentro del ciclo mareal estuarial) para obtener las muestreas. Debido a lo mismo, se recomienda que los muestreos que se realicen a futuro para monitorear la calidad de agua del área de estudio, se lleven a cabo de manera similar a la realizada en este estudio. Esto permitiría contrastar los resultados de esos monitoreos con los de la actual línea de base llevada a cabo durante Abril y Septiembre del año 2008.

4.2. En relación a sectores donde monitorear para la norma secundaria

Debido a la naturaleza estuarial del área de estudio, no puede realizarse un monitoreo adecuado de la calidad de agua de la misma si no se analizan en conjunto las áreas estuariales de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia. Aparte de lo anterior debiera monitorearse de modo coincidental, las áreas limnéticas (sin influencia de mareas) de los ríos Cruces y Calle Calle. Para el Río Cruces se sugiere monitorear periódicamente el sector Rucaco (debido a que la DGA posee una base de datos del área) y uno aguas arriba de las instalaciones de la Planta Valdivia de Arauco. Para el Río Calle Calle, se sugiere implementar monitoreo en área cercana a Antilhue. A continuación, se sugieren sectores de monitoreo, sugerencia basada en la experiencia de los investigadores de este estudio y de los resultados del mismo (por ejemplo, distribución de fauna bentónica o bioindicadores en el área):

Río Cruces (área limnética)

- i) aguas arriba de Planta Valdivia de Arauco.
- ii) sector Rucaco.

Río Cruces (área estuarial)

- i) sector San Luis
- ii) sector Punucapa

Río Calle Calle (área limnética)

- i) sector Antilhue.
- ii) sector ASENAV

Río Valdivia

- i) sector Las Mulatas.

A continuación se presenta la siguiente proposición de parámetros a monitorerar:

Para el área limnética: parámetros *in situ* (temperatura, conductividad, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto), nutrientes (nitrógeno total, nitrógeno orgánico, amonio, nitrato, nitrito, fósforo total, fosfato), sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sulfato, cloruro, DBO₅, DQO, coliformes totales y fecales, dureza, compuestos orgánicos (Hidrocarburos Totales, Hidrocarburos Aromaticos Policiclicos), AOX y análisis en fracción disuelta y suspendida para metales (Hierro, Aluminio y Manganeso)

Para el área estuarial: parámetros *in situ* (temperatura, (conductividad eléctrica) salinidad, nutrientes (nitrógeno total, nitrógeno orgánico, amonio, nitrato, nitrito, fósforo total, fosfato), sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sulfato, cloruro, DBO₅, coliformes totales y fecales, compuestos orgánicos (Hidrocarburos Totales, Hidrocarburos Aromáticos Policiclicos) y fracción disuelta y suspendida para metales (Hierro, Aluminio y Manganeso). Es importante señalar que en la parte marína no se puede determinar AOX este solo puede ser estimado a la forma de EOX (AOX de emisión).

Debido a las presiones de uso podría considerarse el análisis de compuestos especiales como pesticidas (lindano, y alguno de uso reciente y masivo en el sistema, detectados en este estudio), antibióticos (*i.e.* industria del salmón en la zona estuarial) en forma anual.

Sedimentos. Se propone analizar sedientos una vez al año para los parámetros siguientes: materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total, hierro, aluminio, manganeso y pesticidas.

La determinación de los métodos analíticos incluidos en la propuesta corresponderían a los métodos analíticos que se indican a continuación, o a sus versiones actualizadas y a los métodos descritos en: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21th edition 2005. APHA-AWWA-WPCF.

Parámetro	Metodología
Aluminio	3500-Al B. Eriochrome Cyanine R Method 3111 D. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method (AA) 3111 E Extraction/Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method
Arsénico	3500-As B. Silver Diethyldithiocarbamate Method 3114 B. Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method (AA) 3114 B - C Manual/Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method
Boro	4500-B B. Curcumin Method 4500-B C. Carmine Method
Cadmio	3500-Cd B. Atomic Absorption Spectrometric Method Voltametría de redisolución anódica monitoreada por onda cuadrada 3500- Cd C. Inductively Couple Plasma and Inductively Couple Plasma/Mass Spectrometry ICP/MS. 3500-Cd D. Dithizone Method 3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method (AA)
Cloruro	4500-Cl B. Argentometric Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography
Cobre	3500-Cu B. Neocuproine Method 3500-Cu C. Bathocuproine Method 3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method (AA)
Conductividad Eléctrica	2510 B Laboratory Method
Cromo Total	3500-Cr B. Colorimetric Method 3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method (AA) 3111 C Extraction/air -Acetylene Flame Method
Cromo VI	3500-Cr C. Ion Chromatographic Method 3111 C Extraction/air -Acetylene Flame Method
Hierro	3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method (AA) 3500 Fe-B Phenantholine Method 3120 B. Inductively Couple Plasma (ICP) Method
Manganeso	3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method
Mercurio	3114 B. Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method 3112 B. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method. 3125 B. Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method 3500 Hg B Cold-Vapour Atomic Absorption Spectrometric Method 3500 Hg C Dithizone Method
Molibdeno	3111 D. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method (AA) 3120 B. Inductively Couple Plasma (ICP) Method 3125 B. Inductively Couple Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method

Niquel	3111B. Direct Air-Acetylene Flame Method 3111C. Extraction/air-acetylene Flame Method 3113B. Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method. 3120 B. Inductively Couple Plasma (ICP) Method 3125 B. Inductively Couple Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method
Oxigeno disuelto	4500-O G. Membrane Electrode Method
pH	4500-H ⁺ B. Electrometric Method
Plomo	3111 B. Direct Air-Acetylene Flame Method (AA) 3113 B. Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method 3125 B. Inductively Couple Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method
Selenio	3114 B. Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method 3114 C. Continuous Hydride generation/Atomic Absorption Spectrometric Method 3113 B. Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method
Sulfato	4500-SO ₄ ²⁻ Turbidimetric Method 4110 Determination of Anions by Ion Chromatography
Parametro	Metodologia
Zinc	3111B. Direct Air-Acetylene Flame Method 3111C. Extraction/air-acetylene Flame Method 3120 B. Inductively Couple Plasma (ICP) Method 3125 B. Inductively Couple Plasma/Mass Spectrometry (ICP/MS) Method

Otras metodologías descritas en La Agencia de protección Ambiental de los
EEUU. USEPA

Mercurio	Method 1631 Mercury in Water by, Oxidation, purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry (CVAFS)
Elementos traza	Method 1638. Trace Elements in Ambient Waters by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. (ICPMS)
Metales traza	Method 1669. Sampling Ambient Water for Trace Metals.
Metales traza	Trace Metal Cleanroom. EPA 600/R/96/018

En el caso que caso en que exista más de una metodología para determinar un parámetro corresponderá a la autoridad competente solicitar o informar el método a utilizar teniendo en consideración la concentración regulada y la sensibilidad del método analítico.

La propuesta de metodologías de muestreo y análisis deben estar basadas en los procedimientos normados actualmente vigentes y aceptados. Es por esta razón que las metodologías propuestas deberían ser las siguientes:

Identificación	Título de la norma
NCh 411/1 Of. 96.	Calidad del agua – Muestreo – <u>Parte 1</u> : Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh 411/2 Of. 96.	Calidad del agua – Muestreo – <u>Parte 2</u> : Guía sobre técnicas de muestreo
NCh 411/3 Of. 96.	Calidad del agua – Muestreo – <u>Parte 3</u> : Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
NCh 411/6 Of. 96.	Calidad del agua – Muestreo – <u>Parte 6</u> : Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
NCh 411/9 Of. 96.	Calidad del agua – Muestreo – <u>Parte 9</u> : Guía para el muestreo de aguas marinas.
Collection and Preservation of Samples	Descritas en el número 1060 del "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater. 20 th edition 1998. APHA-AWWA-WPCF.

En relación a la utilización de posibles criterios para el control de la Norma la recomendación vigente corresponde a la utilización del percentil 66 de los valores de las muestras analizadas para un parámetro, considerando un período de dos años consecutivos.

4.3. En relación a aspectos ecotoxicológicos

La ecotoxicología es la ciencia que estudia el destino y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas y ha sido utilizada con éxito en el apoyo de criterios



científicos, que permitan a la autoridad competente proponer estándares o normas secundarias de calidad ambiental. Estas son aquellas normas que establecen los valores de las concentraciones y periodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

En los últimos 15 a 20 años, se han utilizado ensayos de toxicidad con organismos de aguas continentales, estuariales y marinas, tanto en condiciones de laboratorio como de campo, con el objetivo de evaluar y reconocer los efectos de xenobióticos sobre la biota acuática. Estos ensayos posibilitan establecer límites de permisibilidad para distintos contaminantes, además de evaluar el impacto de mezclas de ellos sobre las comunidades biológicas de los cuerpos acuáticos receptores. La clave está en determinar la relación concentración-efecto referida a las descargas de contaminantes que se vierten al medio. La estandarización de estas técnicas de bioensayos es un prerequisite esencial para la aplicación general de las mismas.

Generalmente, existe un valor umbral o límite a partir del cual se evidencian los efectos adversos (crónicos o agudos), en que es posible establecer una relación entre la concentración del tóxico presente en el medio y la respuesta observada (e.g. aumento en la tasa de mortalidad, disminución del nivel de abundancia, reducción del crecimiento, reducción de la reproducción, aumento del porcentaje de deformaciones o tumores visibles en los individuos, etc.), la cual también depende del tiempo de exposición del individuo en el área contaminada. Una vez establecidos estos límites, es posible determinar con un cierto grado de certidumbre los niveles considerados seguros para los organismos en los ecosistemas.

En primera instancia, es necesario recopilar información bibliográfica ecotoxicológica para organismos de distintos niveles tróficos que existen en una cuenca. Los valores de concentración letal 50 (LC₅₀) o concentración en la cual muere

el 50% de los individuos ensayados y concentraciones de efecto crónico, tales como la concentración máxima que no produce efecto observable (NOEC) y la concentración mínima donde se observa un efecto (LOEC), han sido consideradas para esta información ecotoxicológica. Sin embargo, la información disponible de manera más frecuente, se refiere a concentraciones tóxicas de tipo agudo (LC_{50}) para individuos de los tres niveles tróficos, ya que este umbral de referencia, es considerado como primera instancia para tomar en cuenta un nivel de toxicidad letal (extremo), que normalmente es el valor que se encuentra disponible en la literatura. La generación de la información ecotoxicológica para especies de cada nivel trófico de una cuenca, debe ser analizada en el contexto de ciertos criterios que se consideran esenciales tales como el ciclo de vida, sensibilidad a estresores, presencia o ausencia en esa zona de la cuenca, etc., lo que permite determinar su efectividad, tanto en ensayos de toxicidad para el laboratorio o bien su uso como bioindicador.

Información ecotoxicológica a nivel nacional

El análisis de la información bibliográfica a nivel nacional para bioensayos muestra un total de 49 taxa utilizados. En relación a los grupos taxonómicos utilizados la situación es la siguiente: i) el grupo mayoritario lo constituyen los crustáceos con 27% (6 taxa dulceacuícolas, 6 taxa marinos y 1 taxón de ambientes continentales salinos), ii) a los crustáceos le siguen las microalgas con 21% (6 taxa dulceacuícolas, 2 taxa marinos y 2 de salares), moluscos bivalvos con 17% (todos de ambientes marinos) y peces con 13% (4 especies marinas y 2 de agua dulce), iii) los grupos menos estudiados son las bacterias (6%), insectos¹ (4%), anélidos² (4%) y plantas, equinordemos², nemátodos¹ y celenterados¹ con 2% cada grupo.

En el caso de las microalgas, la totalidad de especies utilizadas corresponden a organismos de distribución cosmopolita, ya sea de agua dulce, salada o de ambientes salinos continentales. Los crustáceos presentan una situación más variada, con taxa de

¹ Dulceacuícolas

² Marinos

amplia distribución geográfica como los microcrustáceos de agua de mar *Artemia salina*, el anfípodo marino *Ampelisca araucana*, y *Daphnia magna* y *D. pulex* en agua dulce.

Lo normal es que las especies presentes en una determinada cuenca no sean las mismas que están estandarizadas a nivel internacional. Sin embargo, hay estudios realizados a nivel de género que presentan antecedentes a nivel nacional e internacional que pueden contribuir a obtener una visión aproximada de las respuestas de los organismos acuáticos presentes en la cuenca frente a ciertos compuestos como metales, los que han sido identificados como parte de los problemas importantes de contaminación en la zona (Tabla 60).

No obstante, en este contexto, es necesario considerar que las especies que habitan una zona geográfica determinada están sometidas a una presión de selección dada por las características ambientales físicas y químicas propias del lugar, y que por lo tanto, las respuestas frente a ciertos contaminantes pueden variar desde un lugar a otro, y desde una especie a otra.

Es importante considerar que cuando se introduce en el ambiente una sustancia, ésta es sometida en el ambiente a un transporte regulado por factores de naturaleza química y física. La sustancia es sometida también a transformaciones (hidrólisis, fotólisis, biodegradación), que pueden originar productos con características de comportamiento ambiental y actividad biológica muy distintas al de la sustancia de partida. Debido a lo anterior, la incorporación de las variables ambientales locales en revisiones sucesivas de las normas de calidad hará de éstas, instrumentos cada vez más adecuados a nuestra realidad y permitirán prevenir y proteger con mayor eficiencia los impactos antrópicos sobre los recursos naturales y el medio acuático.

En resumen en la Tabla 61 se muestra el listado de especies con su información ecotoxicológica de LC_{50} , expresada en unidades de mg/l, colectada bibliográficamente para distintos tipos de contaminantes, tales como metales pesados, pesticidas e hidrocarburos.

Tabla 61. Listado resumen de especies de los tres niveles tróficos su LC₅₀ (mg/l).

Especies	K2Cr2O7	Zn	Cu	Cd	Cr	Hg	Mn	Mo	Co	As	Ag	Pb	Ni	2,4-D	PCP	Clorpirifos	Metamidofos	Hidrocarburos Totales
Peces																		
<i>Odontesthes regia (larva)</i>	88,18	9,53	0,057	18,5										240,15	0,023			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	172,7		0,064												0,088			1,74
<i>Gambusia affinis</i>	145,42																	
<i>Chirodon sp</i>		6	0,24	4,9														
<i>Chirodon galuscae</i>	88,78																	
<i>Meridia peninsulae</i>	22		0,014															
<i>Odontesthes regia</i>	88,18	9,53	0,057	18,5										240,15	0,023			
<i>Odontesthes bonariensis</i>			0,08	0,015	4,53													
<i>Odontesthes bonariensis</i>		6,34	0,07	0,036	6,2													
<i>Salmo trutta</i>				0,016														
Microalgas																		
<i>Scenedesmus spinosus</i>	0,9													1761	0,193			
<i>Selenastrum capricornutum</i>	0,84	0,06	0,19			0,11	0,162											
<i>Chlamydomonas sp</i>	0,11																	
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	89																	
Microcrustaceo																		
<i>Daphnia magna</i>															0,563	1,91E-04		
<i>Daphnia pulex</i>														177	0,23	6,40E-05		
Macroinvertebrados																		
<i>Chironomus tentans</i>		6,2	0,327	6,05	11,6	0,029		56,87	0,68	0,0104	34,67	68,5						
<i>Chironomus celligrahus</i>	0,0187			0,132		0,127											132	

La Cuenca del Río Valdivia para un análisis ecotoxicológico puede ser dividida en tres tramos claramente diferenciables, una zona continental con características de ecosistema fluvial, una zona de transición donde se percibe el efecto de la acción mareal (sin aumentos considerables de la conductividad) y finalmente una zona estuarina, desde el punto de vista ecotoxicológico es obvio que las especies a ser utilizadas en las investigaciones debieran corresponder a las características de esas tres zonas, lamentablemente, la información disponible, si bien muy útil para efectuar la zonación de los organismos en función de las características naturales del sistema, no son aún suficientes para una investigación que contribuya a establecer los límites de los parámetros que debieran ser normados en la cuenca.

La discusión y análisis se debe centrar en la potencialidad de utilizar organismos que pudieran ser usados en la investigación ecotoxicológica del componente fluvial, de influencia mareal y estuarino de la cuenca. En el país existe alguna experiencia en el estudio de sistemas fluviales pero, en nuestro conocimiento, no existen antecedentes para especies estuarinas, y esto es una limitante importante, la alternativa es por lo tanto o desarrollar la evaluación a partir de la información histórica disponible y utilizar los percentiles para determinar las concentraciones máximas para el segmento estuarino o bien iniciar estudios que permitan determinar especies de utilidad para la realización de bioensayos con los parámetros seleccionados.

La especie *Prionospio (Minuspio) patagonica*, es una especie muy abundante en los estuarios del centro sur de Chile, que al igual que muchas especies de la familia de spionidos presenta un rol importante en la estructura macrobentónica de fondos blandos, ya que debido a la construcción de tubos mucosos permiten la compactación del sedimento, evitando la resuspensión. Igualmente en esta existe un relativo conocimiento sobre su biología, específicamente de individuos extraídos del estuario del río Valdivia. Sin embargo estudios de toxicidad sobre esta familia son casi nulos por lo que el establecimiento de esta especie para

estudios de toxicidad, puede resultar complicado. Por otro lado el amphipodo estuarino *Paracorophim hartmannorum*, igualmente es una especie muy abundante en los estuarios del centro sur de Chile, aunque no se conoce mucho sobre su biología, ensayos de toxicidad en especies afines, de esta familia se han realizado con éxito y debido a su potencial rol en sostener la integridad ecológica (estructura y productividad), principalmente de las comunidades de las zonas intermareales estuarinas, puede ser un potencial candidato para realizar estudios de toxicidad. Por último las especies de oliguetos de la familia Tubificidae, pueden ser otro candidato y existen numerosos estudios de toxicidad al respecto, sin embargo la incerteza de no poder determinar si dentro de los estuarios Valdivianos existen una o más especies o géneros de esta familia, puede ser problemática ya que no sabemos si existen diferencias en la sensibilidad de las diferentes especies dentro del grupo.

4.4. En relación a la propuesta de especies de macrofauna que pudiesen ser utilizados como bioindicadores en la futura fiscalización de la norma

Se proponen como especies bioindicadoras de la calidad ambiental en futuros monitoreos en el área de estudio los anélidos oligoquetos de la familia Tubificidae y el poliqueto *Prionospio patagonica*, los cuales fueron los taxa más abundantes durante ambos periodos de muestreo, además de aportar con la mayor disimilitud entre los mismos.

Los oligoquetos, especialmente de la familia Tubificidae son el grupo mas comúnmente usado en la estimación de calidad de agua, aumentando en abundancia a medida que se incrementa el aporte de materia orgánica en el sistema, por lo que son universalmente considerados como bioindicadores para reflejar contaminación orgánica en ríos y riachuelos (Schenkova & Helešic, 2006; Lin & Yo, 2008). A pesar de carecer de información sobre que especies de oligoquetos de la familia Tubificidae habitan los estuarios Valdivianos y que podrían mostrar diferente sensibilidad a cambios ambientales, numerosos

artículos señalan a esta familia como un grupo eficiente en la evaluación de la calidad ambiental en cursos de agua y un buen indicador de contaminación orgánica (e.g. Milbrink, 1973, Slepukhina, 1984, Zuñiga de Cardoso *et al.*, 1993, Nijboer *et al.*, 2004, Martins *et al.*, 2008).

Prionospio (Minuspio) patagonica) es una especie considerada un componente típico de la macroinfauna en estuarios del Sur de Chile. No existe información que señalen a esta especie como indicador de cambios medioambientales, sin embargo, estudios sobre la abundancia y distribución de esta especie han sido desarrollados en el estuario del Río Lingue (Bravo, 1984; Richter, 1985), en el estuario del Río Queule (Jaramillo *et al.*, 1985, Quijón & Jaramillo 1996, Jaramillo *et al.*, 2001) y desembocadura del estuario Valdivia-Tornagaleones (Díaz-Jaramillo *et al.*, 2008), podrían significar antecedentes importantes para establecer comparaciones en un futuro programa de monitoreo de la norma que se prepara para la cuenca del río Valdivia.

5. REFERENCIAS

- Anderson, F., L. Black, L. Mayer & L. Watling 1981. A temporal and spatial study of mudflat texture. *North Eastern Geology* 3: 184-196.
- Beukema, J.J. 1988. An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Marine Biology* 99: 425-433.
- Bravo, A. 1984. Distribución de la macroinfauna submareal en los fondos blandos de la Bahía Queule y Estuario del Río Queule. *Medio Ambiente (Chile)* 7: 37-46.
- Brower, J.E. & J.H. Zar. 1977. *Field laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA: 192 pp.
- Byers, S., Mills, E. & P. Steward. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestion for a standard method. *Hydrobiologia* 58: 43-47.

- Carr, M.R. 1997. Primer user manual. Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, Plymouth PL1 3 DH, United Kingdom, 40 pp.
- Clarke, K.R. 1993 Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- Díaz-Jaramillo, M., P. Muñoz, V. Delgado-Blas & C. Bertran. 2008. Spatio-temporal distribution of spionids (Polychaeta-Spionidae) in an estuarine system in south-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81: 501-514.
- Jaramillo, E., S. Mulsow & R. Navarro. 1985. Intertidal and subtidal macroinfauna in the Queule river estuary, south of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 331-340.
- Jaramillo, E., H. Contreras & P. Quijón. 2001. Seasonal and interannual variability in population abundances of the intertidal macroinfauna of the Queule river estuary, south-central of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 455-468.
- Kruskal, J.B. 1964. Non-metric Multidimensional Scaling: A numerical method. *Psychometrika* 2: 115-129.
- Leynen, M., T. Van den Berckt, J. M. Aerts, B. Castelein, D. Berckmans & F. Ollevier. 1999. The use of Tubificidae in a biological early warning system. *Environmental Pollution* 105: 151-154.
- Lin, K.J. & S.P. Yo. 2008. The effect of organic pollution on the abundance and distribution of aquatic oligochaetes in an urban water basin, Taiwan. *Hydrobiologia*: 596: 213-223.
- Martins, R.T., N.C. Stephan & R.G. Alves. 2008. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 20: 221-226
- Milbrink, G. 1973. On the use of indicator communities of Tubificidae and some Lumbriculidae in the assessment of water pollution in Swedish lakes. *Zoon* 1: 125-139
- NCh 411/10. 2005. Calidad del agua - muestreo - Parte 10: Muestreo de aguas residuales – Recolección y manejo de las muestras.
- Nijboer, R.C., M.J. Wetzel & P.F.M. Verdonschot. 2004. Diversity and distribution of Tubificidae, Naididae and Lumbriculidae (Annelida: Oligochaeta) in the Netherlands: an evaluation of twenty years of monitoring data. *Hydrobiologia* 520: 127-141.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data: a primer on classification and

ordination. John Wiley & Sons, New York

Warwick, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology* 92: 557-562.

Quijón, P. & E. Jaramillo. 1996. Seasonal vertical distribution of the intertidal macroinfauna in a estuary of south-central Chile. *Estuarine Coastal Shelf Science* 43: 653-663.

Richter, W. 1985. Distribution of the soft-bottom macroinfauna in an estuary of southern Chile. *Marine Biology* 86: 93-100.

Schenkova, J. & J. Helešic. 2006. Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Roktná River, Czech Republic- a small highland stream. *Hydrobiologia* 564: 117-126.

Shepard, R.N. 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika* 27: 219-246.

Slepukhina, T.D. 1984. Comparasion of different methods of water quality evaluation by means of Oligochaeta. *Hydrobiologia* 115: 183-186.

Warwick, R.M., T.H. Pearson & Ruswahyuni. 1987. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. *Marine Biology* 95: 193-200.

Warwick, R.M. & K.R. Clarke. 1991. A comparison of some methods for analysing of changes in benthic community structure. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom* 71: 225-244.

Warwick, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology* 92: 557 – 562.

Zúñiga de Cardoso, M., A. Rozas & G. Caicedo. 1993. Indicadores ambientales de calidad de agua en la Cuenca del Río Cauca. *Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia, Medellín* 2: 17-28.

6. Investigadores participantes

Participaron en la elaboración de este informe:

Dr. Eduardo Jaramillo

Dr. Heraldo Contreras

Dr. Stefan Woelfl

Dr. Mauricio Soto

Dr. Matías Medina

Dr. Sandra Cifuentes

Dr. Ricardo Barra

Lic. Hernán Cid

Oceanógrafo Mauricio Bravo

Oceanógrafo Sergio Rosales

Biólogo Marino Pablo Mackenney

M.Sc. Marcia González