



Universidad Austral de Chile

Instituto de Zoología "Ernst F. Kilian"

INFORME DE ESTUDIO:

**EVALUACION ACTUAL DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES
BIOTICOS Y ABIOTICOS DEL SANTUARIO DE LA NATURALEZA E
INVESTIGACION CIENTIFICA CARLOS ANWANDTER**

Convenio SAG - UACH

Mayo 2006

INDICE

1.	Antecedentes	1
2.	Objetivos específicos	2
3.	Resultados	3
	en relación a objetivo específico i) análisis anatomopatológicos y toxicológicos en Cisnes de cuello negro	3
	en relación a objetivo específico ii) estado actual del Luchecillo	8
	en relación a objetivo específico iii) calidad actual del agua del río Cruces medida en base a sólidos suspendidos y disueltos	19
	en relación a objetivo específico iv) distribución espacial de sales en el humedal y cauces adyacentes	22
4.	Conclusiones	27
5.	Investigadores Participantes	29

EVALUACION ACTUAL DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES BIOTICOS Y ABIOTICOS DEL SANTUARIO DE LA NATURALEZA E INVESTIGACION CIENTIFICA CARLOS ANWANDTER

1. Antecedentes

Ante la emigración y mortalidad de Cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en el Santuario de la Naturaleza (sitio Ramsar desde el año 1981), la Universidad Austral de Chile, en su rol como Universidad de Investigación y ante la importancia de tal fenómeno, aceptó realizar el “ESTUDIO SOBRE ORIGEN DE MORTALIDADES Y DISMINUCIÓN POBLACIONAL DE AVES ACUÁTICAS EN EL SANTUARIO DE LA NATURALEZA CARLOS ANWANDTER, EN LA PROVINCIA DE VALDIVIA”, solicitado por CONAMA, X Región de Los Lagos.

El Informe Final de este estudio fue entregado el 18 de Abril del año 2005. Los últimos datos de terreno obtenidos para la realización de ese Informe, fueron recolectados durante el mes de Marzo del 2005, por lo que en general la situación actual del Santuario es una incógnita. Debido a lo mismo, la UACH elaboró y presentó esta propuesta al SAG Valdivia, con el objetivo de encontrar respuestas a las siguientes preguntas:

- i) ¿ Cuales son las concentraciones actuales de metales pesados en los Cisnes de cuello negro del Santuario y humedales adyacentes ?, ¿ son similares o más altas a las detectadas durante la primavera del 2004 y verano del 2005 ?, ¿ siguen ocurriendo daños estructurales en los órganos de los cisnes, como lo detectado durante el período anteriormente mencionado ?
- ii) ¿ Cual es la situación actual del Luchecillo en el Santuario y humedales adyacentes ?, ¿ se han recuperado las poblaciones de *Egeria densa* como para mantener a las actuales densidades poblacionales de aves herbívoras?, ¿ ocurren cambios en plantas sanas llevadas al humedal y

cauces tributarios ?, ¿ cual es la concentración de metales pesados en esas plantas ?, ¿ cual es la tasa de crecimiento del Luchecillo en el Santuario ?

- iii) ¿ Cual es la calidad actual del agua del río Cruces ?, ¿ cual es la carga de sólidos suspendidos y disueltos en la columna de agua del humedal ?
- iv) ¿ Cual es la influencia de las mareas, en la concentración de sales en el humedal y cauces tributarios ?

2. Objetivos específicos

- i) Realizar análisis anatomopatológicos y toxicológicos en ejemplares de Cisnes de cuello negro recolectados en el Santuario y humedales adyacentes a Valdivia, con el objetivo de evaluar contenidos de Hierro, Manganeso y Aluminio y analizar eventuales daños estructurales en diferentes órganos.
- ii) Realizar muestreos sistemáticos en el río Cruces y sus cauces tributarios, ríos Calle Calle y Valdivia, a fin de evaluar el estado actual del Luchecillo, incluyendo eventual recuperación de su cobertura y cuantificación de las concentraciones de Hierro, Manganeso y Aluminio en las plantas.
- iii) Realizar muestreos de agua en los ríos Cruces, Cau Cau y Calle Calle, a fin de evaluar la carga de sólidos suspendidos y disueltos en la columna de agua.
- iv) Realizar muestreos de agua en el río Cruces y cauces tributarios, durante mareas de sicigia y cuadratura, con el objetivo de evaluar efectos de la dinámica hidrográfica sobre la distribución de sales dentro del humedal.

3. Resultados

En relación a objetivo específico i) análisis anatomopatológicos y toxicológicos en Cisnes de cuello negro

Análisis anatomopatológicos

Se realizó examen anatomopatológico a un total de diez Cisnes de cuello negro, de los cuales tres especímenes (dos hembras con 4.8 kg peso promedio y un macho con 4,6 kg) habían permanecido congelados desde el año 2003 en el Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile. El resto de los cisnes estuvo conformado por tres machos (3.1 kg peso promedio) y cuatro hembras (3.5 kg peso promedio). La fecha de recolección, sexo, peso y diagnóstico de esas aves se indican en la Tabla 1.

Como causas de muerte en los cisnes recolectados durante el 2005 (n=7), se pudieron establecer: anemia aguda de origen traumático (probable caída o colisión) en dos aves, aspergilosis sistémica (probablemente originada en una inmunodeficiencia adquirida) en un cisne, fractura antigua de ala en un cisne, lo que le impedía volar (también esta ave era la de menor peso) y lesión grave por disparo en la cabeza de un cisne. En dos de esos siete cisnes los avanzados cambios *postmortem* impidieron establecer la causa de muerte. En las aves controles congeladas (n=3) se diagnosticó: graves lesiones crónicas en las patas y falta de alteraciones en dos cisnes.

Tabla 1. Antecedentes de necropsias realizadas a Cisnes de cuello negro.

	Fecha	Sexo	Peso (kg)	Diagnostico
Cisne 1	19-Julio-2005	Macho	3.3	Ruptura hepática traumática con anemia aguda
Cisne 2	6-Septiembre-2005	Hembra	3.6	Ruptura hepática traumática y de corazón con anemia aguda
Cisne 3	7-Septiembre-2005	Macho	3.1	Avanzados cambios postmortem
Cisne 4	12-Septiembre-2005	Macho	2.8	Aspergilosis sistémica
Cisne 5	26-Septiembre-2005	Hembra	2.2	Fractura antigua de ala avanzados cambios postmortem
Cisne 6	29-October-2005	Hembra	4.1	Avanzados cambios postmortem
Cisne 7	31-October-2005	Hembra	4.1	Lesiones por disparo
Cisne 8	2003	Macho	4.6	Lesiones crónicas en patas
Cisne 9	2003	Hembra	4.2	Sin alteraciones
cisne 10	2003	Hembra	5.4	Sin alteraciones

De todas las aves examinadas se obtuvieron muestras de hígado, riñón y cerebro para examen toxicológico y muestras de diferentes órganos (con especial énfasis en hígado, riñón y cerebro) en formalina al 10% para análisis histopatológico. En el cisne nº 3, los avanzados cambios *postmortem* impidieron la recolección de órganos para análisis toxicológico.

En los diez cisnes se realizó examen histopatológico de hígado y riñón, aún cuando algunas aves presentaban avanzados cambios *postmortem* y/o estuvieran congeladas previamente. Con respecto a cerebro, se realizaron cortes histológicos en aquellas aves en que los cambios *postmortem* no eran muy avanzados.

En el examen histopatológico del hígado, lo más destacable fue la gran presencia de hierro en hepatocitos, determinado en forma específica por la tinción de Perls; concomitantemente, se observó inflamación hepática. En las aves congeladas controles se encontró también presencia de hierro en hepatocitos, pero en menor proporción.

Con respecto al riñón, se aprecia presencia de hierro en células epiteliales tubulares en grado variable; sin embargo, los cisnes con mayor positividad al hierro en riñón, lo fueron también en hígado. Cabe destacar que en el epitelio renal se observó anisocitosis en grado leve a moderado.

El cerebro se procesó histológicamente en cinco cisnes recolectados durante el 2005 y en un cisne control. Los hallazgos fueron similares a los observados en las investigaciones anteriores en cisnes del Santuario. Por otra parte, en todas estas aves la tinción específica para hierro resultó negativa en cerebro.

Los resultados microscópicos obtenidos en los tejidos analizados concuerdan plenamente con lo observado en los estudios realizados entre Noviembre del 2004 y Enero del 2005 en cisnes del Santuario de la Naturaleza y humedales adyacentes.

Análisis toxicológicos: contenidos de Hierro, Manganeso y Aluminio

Se realizaron mediciones de las concentraciones de Hierro, Manganeso y Aluminio en el hígado, riñón y cerebro de un total de seis cisnes recolectados entre Julio y Octubre del 2005. Los resultados de esos análisis se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentración de Hierro, Manganeso y Aluminio (mg/kg) en hígado, riñón y cerebro de seis Cisnes de cuello negro recolectados entre Julio y Octubre del 2005. Se presentan valores promedios y desviación estándar entre paréntesis.

	Hierro (mg / kg)			Manganeso (mg / kg)			Aluminio (mg / kg)		
	Higado	Riñón	Cerebro	Higado	Riñón	Cerebro	Higado	Riñón	Cerebro
cisne 1	4590.0	637.0	159.0	8.8	10.4	2.6	27.0	9.4	<8.0
cisne 2	17500.0	832.0	64.0	7.8	12.0	1.2	8.0	8.0	11.0
cisne 4	15700.0	741.0	102.0	7.4	10.0	2.1	27.0	8.0	<8.0
cisne 5	31000.0	1270.0	73.6	6.8	6.0	1.7	<8.0	<8.0	<5.0
cisne 6	14400.0	870.0	147.0	6.7	10.0	1.6	<8.0	<8.0	<8.0
cisne 7	7120.0	746.0	138.0	6.9	6.4	1.0	11.9	< 8.0	< 8.0
Promedio (d.e)	15051.7 (9311.8)	849.3 (221.4)	113.9 (39.9)	7.4 (0.8)	9.1 (2.4)	1.7 (0.6)	18.5 (10.0)	8.5 (0.8)	11.0

En los siete cisnes analizados se detectó la presencia de Hierro en los tejidos provenientes del hígado, riñón y cerebro. En general, en todos los cisnes analizados las mayores concentraciones se detectaron en el hígado, con valores que variaron entre 4590 y 31000 mg/kg de peso seco, con un valor promedio de 15051.7 mg/kg. En riñón y cerebro, las concentraciones de este metal variaron entre 637 y 1270 mg/kg (promedio de 849.3 mg/kg) y entre 64 y 147 mg/kg, (promedio de 113.9 mg/kg), respectivamente (Tabla 2).

La presencia de Manganeso fue detectada en todos los cisnes y tejidos analizados. En el hígado, esta concentración varió entre 6.7 y 8.8 mg/kg de peso seco (promedio de 7.4 mg/kg), en riñón varió entre 6 y 12 mg/kg (promedio de 9.1 mg/kg) y en el cerebro entre 1.0 y 2.6 mg/kg (promedio de 1.7 mg/kg) (Tabla 2).

Las concentraciones de Hierro y Manganeso detectados en hígado y riñones de los cisnes analizados (n=6) se compararon con aquellas resultantes de los análisis realizados en el periodo de la primavera del 2004 y verano del 2005 (n=36). Estas comparaciones fueron realizadas mediante análisis de varianza de una vía (Sokal & Rohlf 1995). Previo a ello, se corroboraron la normalidad y homoscedasticidad de los datos mediante los test de Kolmogorov-Smirnof y Bartlett, respectivamente (Sokal &

Rohlf 1995). Debido a que los datos correspondientes a la concentración de Manganeso en hígado, vulneraron el precepto de homoscedasticidad, dicha comparación se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

La concentración promedio de Hierro, en los hígados y riñones de los cisnes no mostró diferencias significativas entre los dos períodos analizados ($F= 0.01$ y $P=0.919$ para hígado y $F=3.93$ y $P=0.055$ para riñón). En hígado, la concentración promedio de este metal fue de alrededor de 15000 (mg/kg de peso seco), mientras que en riñón fue de 1239.5 y 849.3 (mg/kg) (Tabla 3). La concentración de Manganeso fue significativamente mayor en los hígados de los cisnes recolectados entre Noviembre del 2004 y Enero del 2005 ($H=5.29$ y $P=0.021$). En riñones, la concentración de Manganeso no presentó diferencias significativas entre ambos períodos ($F=0.36$ y $P=0.549$), con valores promedios de 10.5 y 9.1 mg/kg (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración (mg/kg de peso seco) de Hierro y Manganeso en hígado y riñones de cisnes recolectados durante la primavera del 2004 y verano del 2005 y de los cisnes analizados en este estudio (Julio - Octubre 2005). Se entregan el promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos de los valores analizados.

	Hígado		Riñón	
	Nov 2004–Ene 2005	Jul–Oct 2005	Nov 2004–Ene 2005	Jul–Oct 2005
Hierro				
Promedio	15429.9	15051.7	1239.5	849.3
Desv. est.	8335.0	9311.8	511.0	221.4
Max	34616.0	31000.0	2946.0	1270.0
Min	2325.0	4590.0	555.0	637.0
Manganeso				
Promedio	12.8	7.4	10.5	9.1
Desv. est.	5.8	0.8	4.7	2.4
Max	26.9	8.8	29.9	12.0
Min	5.8	6.7	5.8	6.0

En el hígado de cuatro de los cisnes analizados se detectó la presencia de Aluminio (i.e. con un límite de detección de 8.0 mg/kg de peso seco). La concentración de Aluminio en este órgano presentó valores que variaron entre 8.0 y 27.0 mg/kg con

un promedio de 18.5 mg/kg (Tabla 2). En tres de los cisnes analizados se detectó aluminio en sus riñones (límite de detección de 8.0 mg/kg), con valores que variaron entre 8.0 y 9.4 mg/kg, con un valor promedio de 8.5 mg/kg. Sólo en uno de los cisnes analizados se detectó la presencia de este metal en tejidos provenientes del cerebro, con un valor de 11.0 mg/kg (Tabla 2).

En relación a objetivo específico ii) estado actual del Luchecillo

Monitoreo de la presencia y estado actual de la planta

En las Tablas 7 y 8 se muestran los resultados de los monitoreos tendientes a evaluar la presencia y estado del Luchecillo en el humedal del río Cruces, cauces tributarios y ríos Calle Calle y Valdivia. Con propósitos comparativos, se muestran resultados de monitoreos realizados en el área durante el período previo a la iniciación de este estudio (Tablas 4 a 6).

Los resultados muestran que *Egeria densa* está prácticamente ausente en todas las estaciones del río Cruces y cauces tributarios del mismo; por el contrario, la planta está presente y en estado normal (color verde sin manchas, estado 1) en todas las estaciones muestreadas en el río Calle Calle, con la excepción del muestreo de Diciembre del 2005. Durante el muestreo de ese mes, las plantas recolectadas en el sector Fogón Palestino correspondieron a remanentes con brotes (estado 3), probablemente como consecuencia del forrajeo de los cisnes (remanentes) e inicio del período de mayor crecimiento (brotes).

La situación de las plantas recolectadas en los sitios del río Valdivia ha sido altamente variable: durante el muestreo de Agosto del 2005 (Tabla 6), *Egeria densa* estuvo ausente en las cinco estaciones de muestreo, a la vez que durante Diciembre del mismo año (Tabla 7) aparecieron remanentes de plantas (estado 2) en el sector muelle de Carabineros, mientras que durante el monitoreo de Febrero del 2006 (Tabla

8) se recolectaron plantas en ese mismo sitio y en el sector Molino Hoffman, todas en estado normal.

Similar a lo expresado anteriormente, el efecto del forrajeo de los cisnes durante el invierno del 2004 podría explicar la ausencia de Luchecillo en el sector del muelle de Carabineros, estación que durante Diciembre del 2004 y Marzo del 2005 (cf. Tablas 4 y 5) tuvo presencia de plantas. Eso mismo podría explicar la ausencia de *Egeria densa* en el sector Club de Yates a partir de Agosto del 2004, situación que se mantuvo hasta el muestreo de Febrero del 2006 (Tabla 8).

Finalmente, la ausencia de Luchecillo que se observa en la estación ubicada en el sector de la Facultad de Arquitectura de la UACH y que comenzó a ser monitoreada a partir de Agosto del 2005 podría estar relacionada al hecho que durante algunos períodos mareales de la primavera y verano, este sector es afectado por las aguas color marrón que provienen del humedal del río Cruces y que tienen altas concentraciones de metales pesados.

Tabla 4. Presencia de Luchecillo en los sitios visitados en el río Cruces, tributarios del mismo, ríos Calle Calle y Valdivia, durante Diciembre del 2004. Los siguientes números indican el estado de la planta: 1: estado normal (color verde), 2: remanentes (color pardo), 3: remanentes con brotes. NM=sitio no muestreado.

Sitio	Coordenadas	Presente	Profundidad	Estado
RIO CRUCES				
San Luis	39°36'34.4 073°09'06.4	Si	200 cm	2
sitio Historico	39°36'81.4 073°09'55.8	No		
San Martin	39°39'82.1 073°09'75.2	No		
San Antonio	39°39'82.3 073°09'78.1	No		
Chorocamayo	39°43'86.8 073°13'48.7	No		
Punucapa	39°45'66.1 073°15'59.5	Si	150 cm	2
Cabo Blanco	39°46'65.5 073°15'35.6	Si	150 cm	2
TRIBUTARIOS				
Cudico 2	39°39'12.3 073°09'03.4	Si	150 cm	2
Cudico 1	39°39'48.7 073°09'35.7	No		
Nanihue 2	39°38'21.9 073°09'81.8	Si	150 cm	2
Nanihue 1	39°39'81.7 073°09'40.7	Si	100 cm	2
Sta Maria 3	39°40'51.7 073°13'44.4	Si	120 cm	2
Sta Maria 2	39°40'69.4 073°12'12.0	No		
Sta Maria 1	39°41'69.5 073°11'79.3	No		
Pichoy 3	39°41'22.2 073°06'15.6	No		
Pichoy 2	39°42'22.5 073°09'07.6	No		
Pichoy 1	39°42'82.1 073°11'06.9	Si	100 cm	2
Cayumapu 4	39°43'50.4 073°07'41.0	No		
Cayumapu 3	39°44'40.1 073°08'44.8	Si	150 cm	1
Cayumapu 2	39°43'73.8 073°10'98.6	Si	150 cm	2
Cayumapu 1	39°43'24.7 073°11'42.0	Si	120 cm	2
Tambillo 1	39°43'29.4 073°14'34.6	No		
Tambillo 2	39°42'03.0 073°14'29.9	Si	100 cm	2
San Ramón 2	39°44'22.7 073°16'03.1	No		
San Ramón 1	39°44'11.6 073°16'68.9	No		
RIO CALLE CALLE				
sector Huellehue	39°47'13.0 073°08'15.3	NM		
sector Cuesta de Soto	39°48'02.3 073°09'57.5	NM		
sector Aguas Décima	39°47'20.1 073°10'49.3	NM		
sector Quita Calzón	39°46'55.5 073°11'18.1	NM		
sector Club de Golf	39°47'22.1 073°12'21.0	NM		
sector Gruta Virgen de Lourdes	39°47'51.2 073°12'45.6	NM		
sector playa Collico	39°49'04.7 073°13'02.1	NM		
sector Aridos Las Animas	39°49'13.0 073°13'64.3	Si	20 cm	1
sector Fogón Palestino	39°49'13.4 073°13'64.7	Si	50 cm	1
RIO VALDIVIA				
sector Fac. Arquitectura UACH	39°48'32.7 073°14'53.0	NM		
sector muelle de Carabineros	39°49'04.4 073°15'07.4	Si	100	2
sector Molino Hoffman	39°49'06.0 073°15'10.0	NM		
sector Club de Yates	39°49'28.1 073°15'05.0	Si	100	2
sector Hotel Naguilán	39°49'58.0 073°15'13.1	NM		

Tabla 5. Presencia de Luchecillo en los sitios visitados en el río Cruces, tributarios del mismo, ríos Calle Calle y Valdivia, durante Marzo del 2005. Los siguientes números indican el estado de la planta: 1: estado normal (color verde), 2: remanentes (color pardo), 3: remanentes con brotes. NM=sitio no muestreado.

Sitio	Coordenadas	Presente	Profundidad	Estado
RIO CRUCES				
San Luis	39°36'34.4 073°09'06.4	Si	150 cm	2
sitio Historico	39°36'81.4 073°09'55.8	No		
San Martin	39°39'82.1 073°09'75.2	Si	150 cm	2
San Antonio	39°39'82.3 073°09'78.1	Si	150 cm	2
Chorocamayo	39°43'86.8 073°13'48.7	Si	150 cm	2
Punucapa	39°45'66.1 073°15'59.5	No		
Cabo Blanco	39°46'65.5 073°15'35.6	No		
TRIBUTARIOS				
Cudico 2	39°39'12.3 073°09'03.4	Si	100 cm	2
Cudico 1	39°39'48.7 073°09'35.7	Si	150 cm	2
Nanihue 2	39°38'21.9 073°09'81.8	Si	180 cm	2
Nanihue 1	39°39'81.7 073°09'40.7	Si	150 cm	2
Sta Maria 3	39°40'51.7 073°13'44.4	Si	120 cm	2
Sta Maria 2	39°40'69.4 073°12'12.0	No		
Sta Maria 1	39°41'69.5 073°11'79.3	No		
Pichoy 3	39°41'22.2 073°06'15.6	No		
Pichoy 2	39°42'22.5 073°09'07.6	No		
Pichoy 1	39°42'82.1 073°11'06.9	Si	150 cm	2
Cayumapu 4	39°43'50.4 073°07'41.0	No		
Cayumapu 3	39°44'40.1 073°08'44.8	No		
Cayumapu 2	39°43'73.8 073°10'98.6	Si	150 cm	2
Cayumapu 1	39°43'24.7 073°11'42.0	Si	150 cm	2
Tambillo 1	39°43'29.4 073°14'34.6	No		
Tambillo 2	39°42'03.0 073°14'29.9	No		
San Ramón 2	39°44'22.7 073°16'03.1	No		
San Ramón 1	39°44'11.6 073°16'68.9	No		
RIO CALLE CALLE				
sector Huellahue	39°47'13.0 073°08'15.3	NM		
sector Cuesta de Soto	39°48'02.3 073°09'57.5	NM		
sector Aguas Décima	39°47'20.1 073°10'49.3	NM		
sector Quita Calzón	39°46'55.5 073°11'18.1	NM		
sector Club de Golf	39°47'22.1 073°12'21.0	NM		
sector Gruta Virgen de Lourdes	39°47'51.2 073°12'45.6	NM		
sector playa Collico	39°49'04.7 073°13'02.1	Si	30 cm	1
sector Aridos Las Animas	39°49'13.0 073°13'64.3	Si	55 cm	1
sector Fogón Palestino	39°49'13.4 073°13'64.7	Si	80 cm	1
RIO VALDIVIA				
sector Fac. Arquitectura UACH	39°48'32.7 073°14'53.0	NM		
sector muelle de Carabineros	39°49'04.4 073°15'07.4	Si	210	1
sector Molino Hoffman	39°49'06.0 073°15'10.0	NM		
sector Club de Yates	39°49'28.1 073°15'05.0	Si	220	2
sector Hotel Naguilán	39°49'58.0 073°15'13.1	No		

Tabla 6. Presencia de Luchecillo en los sitios visitados en el río Cruces, tributarios del mismo, ríos Calle Calle y Valdivia, durante Agosto del 2005. Los siguientes números indican el estado de la planta: 1: estado normal (color verde), 2: remanentes (color pardo), 3: remanentes con brotes.

Sitio	Coordenadas	Presente	Profundidad	Estado
RIO CRUCES				
San Luis	39°36'34.4 073°09'06.4	No		
Sitio Historico	39°36'81.4 073°09'55.8	No		
San Martin	39°39'82.1 073°09'75.2	Si	300 cm	3
San Antonio	39°39'82.3 073°09'78.1	No		
Chorocamayo	39°43'86.8 073°13'48.7	No		
Punucapa	39°45'66.1 073°15'59.5	No		
Cabo Blanco	39°46'65.5 073°15'35.6	No		
TRIBUTARIOS				
Cudico 2	39°39'12.3 073°09'03.4	Si	100 cm	3
Cudico 1	39°39'48.7 073°09'35.7	Si	200 cm	3
Nanihue 2	39°38'21.9 073°09'81.8	Si	150 cm	3
Nanihue 1	39°39'81.7 073°09'40.7	Si	300 cm	3
Sta Maria 3	39°40'51.7 073°13'44.4	No		
Sta Maria 2	39°40'69.4 073°12'12.0	No		
Sta Maria 1	39°41'69.5 073°11'79.3	No		
Pichoy 3	39°41'22.2 073°06'15.6	No		
Pichoy 2	39°42'22.5 073°09'07.6	No		
Pichoy 1	39°42'82.1 073°11'06.9	No		
Cayumapu 4	39°43'50.4 073°07'41.0	No		
Cayumapu 3	39°44'40.1 073°08'44.8	No		
Cayumapu 2	39°43'73.8 073°10'98.6	No		
Cayumapu 1	39°43'24.7 073°11'42.0	No		
Tambillo 1	39°43'29.4 073°14'34.6	No		
Tambillo 2	39°42'03.0 073°14'29.9	No		
San Ramón 2	39°44'22.7 073°16'03.1	No		
San Ramón 1	39°44'11.6 073°16'68.9	No		
RIO CALLE CALLE				
sector Huellehue	39°47'13.0 073°08'15.3	Si	300 cm	1
sector Cuesta de Soto	39°48'02.3 073°09'57.5	Si	450 cm	1
sector Aguas Décima	39°47'20.1 073°10'49.3	Si	300 cm	1
sector Quita Calzón	39°46'55.5 073°11'18.1	Si	350 cm	1
sector Club de Golf	39°47'22.1 073°12'21.0	Si	320 cm	1
sector Gruta Virgen de Lourdes	39°47'51.2 073°12'45.6	Si	400 cm	1
sector playa Collico	39°49'04.7 073°13'02.1	Si	200 cm	1
sector Aridos Las Animas	39°49'13.0 073°13'64.3	Si	200 cm	1
sector Fogón Palestino	39°49'13.4 073°13'64.7	Si	170 cm	3
RIO VALDIVIA				
sector Fac. Arquitectura UACH	39°48'32.7 073°14'53.0	No		
sector muelle de Carabineros	39°49'04.4 073°15'07.4	No		
sector Club de Yates	39°49'06.0 073°15'10.0	No		
sector Molino Hoffman	39°49'28.1 073°15'05.0	No		
sector Hotel Naguilán	39°49'58.0 073°15'13.1	No		

Tabla 7. Presencia de Luchecillo en los sitios visitados en el río Cruces, tributarios del mismo, ríos Calle Calle y Valdivia, durante Diciembre del 2005. Los siguientes números indican el estado de la planta: 1: estado normal (color verde), 2: remanentes (color pardo), 3: remanentes con brotes.

Sitio	Coordenadas	Presente	Profundidad	Estado
RIO CRUCES				
San Luis	39°36'34.4 073°09'06.4	No		
Sitio Historico	39°36'81.4 073°09'55.8	No		
San Martin	39°39'82.1 073°09'75.2	Si	250 cm	1
San Antonio	39°39'82.3 073°09'78.1	Si	150 cm	3
Chorocamayo	39°43'86.8 073°13'48.7	No		
Punucapa	39°45'66.1 073°15'59.5	No		
Cabo Blanco	39°46'65.5 073°15'35.6	No		
TRIBUTARIOS				
Cudico 2	39°39'12.3 073°09'03.4	Si	150 cm	3
Cudico 1	39°39'48.7 073°09'35.7	Si	150 cm	3
Nanihue 2	39°38'21.9 073°09'81.8	Si	150 cm	3
Nanihue 1	39°39'81.7 073°09'40.7	Si	120 cm	3
Sta Maria 3	39°40'51.7 073°13'44.4	No		
Sta Maria 2	39°40'69.4 073°12'12.0	No		
Sta Maria 1	39°41'69.5 073°11'79.3	No		
Pichoy 3	39°41'22.2 073°06'15.6	No		
Pichoy 2	39°42'22.5 073°09'07.6	No		
Pichoy 1	39°42'82.1 073°11'06.9	No		
Cayumapu 4	39°43'50.4 073°07'41.0	No		
Cayumapu 3	39°44'40.1 073°08'44.8	No		
Cayumapu 2	39°43'73.8 073°10'98.6	No		
Cayumapu 1	39°43'24.7 073°11'42.0	No		
Tambillo 1	39°43'29.4 073°14'34.6	No		
Tambillo 2	39°42'03.0 073°14'29.9	No		
San Ramón 2	39°44'22.7 073°16'03.1	No		
San Ramón 1	39°44'11.6 073°16'68.9	No		
RIO CALLE CALLE				
sector Huellelhue	39°47'13.0 073°08'15.3	Si	150 cm	1
sector Cuesta de Soto	39°48'02.3 073°09'57.5	Si	151 cm	1
sector Aguas Décima	39°47'20.1 073°10'49.3	Si	152 cm	1
sector Quita Calzón	39°46'55.5 073°11'18.1	Si	153 cm	1
sector Club de Golf	39°47'22.1 073°12'21.0	Si	154 cm	1
sector Gruta Virgen de Lourdes	39°47'51.2 073°12'45.6	Si	155 cm	1
sector playa Collico	39°49'04.7 073°13'02.1	Si	156 cm	1
sector Aridos Las Animas	39°49'13.0 073°13'64.3	Si	300 cm	1
sector Fogón Palestino	39°49'13.4 073°13'64.7	Si	150 cm	3
RIO VALDIVIA				
sector Fac. Arquitectura UACH	39°48'32.7 073°14'53.0	No		
sector muelle de Carabineros	39°49'04.4 073°15'07.4	Si	150 cm	2
sector Club de Yates	39°49'06.0 073°15'10.0	No		
sector Molino Hoffman	39°49'28.1 073°15'05.0	No		
sector Hotel Naguilán	39°49'58.0 073°15'13.1	No		

Tabla 8. Presencia de Luchecillo en los sitios visitados en el río Cruces, tributarios del mismo, ríos Calle Calle y Valdivia, durante Febrero del 2006. Los siguientes números indican el estado de la planta: 1: estado normal (color verde), 2: remanentes (color pardo), 3: remanentes con brotes.

Sitio	Coordenadas	Presente	Profundidad	Estado
RIO CRUCES				
San Luis	39°36'34.4 073°09'06.4	No		
Sitio Historico	39°36'81.4 073°09'55.8	No		
San Martin	39°39'82.1 073°09'75.2	Si	250 cm	1
San Antonio	39°39'82.3 073°09'78.1	Si	150 cm	2
Chorocamayo	39°43'86.8 073°13'48.7	No		
Punucapa	39°45'66.1 073°15'59.5	No		
Cabo Blanco	39°46'65.5 073°15'35.6	No		
TRIBUTARIOS				
Cudico 2	39°39'12.3 073°09'03.4	Si	150 cm	2
Cudico 1	39°39'48.7 073°09'35.7	Si	150 cm	2
Nanihue 2	39°38'21.9 073°09'81.8	Si	150 cm	2
Nanihue 1	39°39'81.7 073°09'40.7	Si	150 cm	2
Sta Maria 3	39°40'51.7 073°13'44.4	No		
Sta Maria 2	39°40'69.4 073°12'12.0	No		
Sta Maria 1	39°41'69.5 073°11'79.3	No		
Pichoy 3	39°41'22.2 073°06'15.6	No		
Pichoy 2	39°42'22.5 073°09'07.6	No		
Pichoy 1	39°42'82.1 073°11'06.9	No		
Cayumapu 4	39°43'50.4 073°07'41.0	No		
Cayumapu 3	39°44'40.1 073°08'44.8	No		
Cayumapu 2	39°43'73.8 073°10'98.6	No		
Cayumapu 1	39°43'24.7 073°11'42.0	No		
Tambillo 1	39°43'29.4 073°14'34.6	No		
Tambillo 2	39°42'03.0 073°14'29.9	No		
San Ramón 2	39°44'22.7 073°16'03.1	No		
San Ramón 1	39°44'11.6 073°16'68.9	No		
RIO CALLE CALLE				
sector Huellelhue	39°47'13.0 073°08'15.3	Si	150 cm	1
sector Cuesta de Soto	39°48'02.3 073°09'57.5	Si	150 cm	1
sector Aguas Décima	39°47'20.1 073°10'49.3	Si	150 cm	1
sector Quita Calzón	39°46'55.5 073°11'18.1	Si	150 cm	1
sector Club de Golf	39°47'22.1 073°12'21.0	Si	150 cm	1
sector Gruta Virgen de Lourdes	39°47'51.2 073°12'45.6	Si	150 cm	1
sector playa Collico	39°49'04.7 073°13'02.1	Si	100 cm	1
sector Aridos Las Animas	39°49'13.0 073°13'64.3	Si	30 cm	1
sector Fogón Palestino	39°49'13.4 073°13'64.7	Si	50 cm	1
RIO VALDIVIA				
sector Fac. Arquitectura UACH	39°48'32.7 073°14'53.0	No		
sector muelle de Carabineros	39°49'04.4 073°15'07.4	Si	50 cm	1
sector Club de Yates	39°49'06.0 073°15'10.0	No		
sector Molino Hoffman	39°49'28.1 073°15'05.0	Si	150 cm	1
sector Hotel Naguilán	39°49'58.0 073°15'13.1	No		

Experimentos manipulativos de terreno

El día 18 de Enero del 2006 se recolectaron plantas sanas de Luchecillo en la ribera del río Calle Calle, sector Fogón Palestino. Se prepararon trozos de plantas que incluyeran diez verticilios; cada uno de esos trozos se colocó en un canastillo plástico para ser mantenidos durante la duración del experimento (18 de Enero al 8 de Marzo del 2006). Se mantuvieron 20 canastillos experimentales en el lugar de origen (sitio 1, Fotografía 1) y se llevaron otros 20 a cada uno de los siguientes sitios: río Valdivia, sector CEAM (sitio 2, Fotografía 1), río Cruces, sector Cabo Blanco (sitio 3, Fotografía 1) y río Pichoy (sitios 4 y 5, Fotografía 1). En cada sitio se instalaron 10 canastillos en aguas superficiales (ca. 40 cm) y otros diez en aguas profundas (ca. 150 cm). El día 8 de marzo se retiraron las plantas experimentales para ser analizadas por microscopía óptica y electrónica y para llevar a cabo mediciones de crecimiento.

El objetivo de este experimento fue evaluar eventuales cambios en el aspecto y crecimiento de plantas sanas de Luchecillo llevadas a sectores del humedal donde ocurren aguas turbias (ríos Cruces y Pichoy) *versus* donde estas aguas afectan periódicamente la ribera del río Valdivia (sector CEAM - Centro de Estudios Ambientales) y donde las mismas no ocurren (ribera del río Calle Calle, sector Fogón Palestino).

• aspecto general de las plantas y contenidos de metales pesados

La Fotografía 2 muestra el aspecto de plantas sanas de Luchecillo recolectadas en el río Calle Calle, el 18 de Enero del 2006: el color verde y la superficie celular limpia de las hojas de esas plantas evidencian el buen estado de las mismas. Las Fotografías 3 y 4 muestran hojas de plantas recolectadas al final de los experimentos en el sitio 1 (Fogón Palestino); como se observa en las hojas mantenidas en la superficie como en profundidad, existe sobre las mismas una cubierta coloide-plancton, lo que es probablemente el resultado de un efecto trampa de partículas por efecto de las mallas de los canastillos experimentales. Tal cubierta es más notoria en

las hojas de las plantas mantenidas en la ribera del río Valdivia (Fotografías 5 y 6) y especialmente en las plantas mantenidas en el sector cabo Blanco del río Cruces (Fotografías 7 y 8), donde la cubierta coloide-plancton cubre prácticamente toda la superficie de las hojas.

En la Tabla 9 se muestran los porcentajes de Hierro, Manganeso y Aluminio (medidos mediante microscopía electrónica de barrido y difracción por rayos X), en plantas de Luchecillo recolectadas al final del período experimental de siete semanas. Como se observa, los contenidos de esos metales pesados son más altos en aquellas plantas mantenidas en el río Cruces, afectado durante el estudio por aguas turbias ricas en ese tipo de elementos.

Tabla 9. Concentración porcentual de Hierro, Manganeso y Aluminio en plantas de Luchecillo mantenidas en canastillos experimentales durante siete semanas en los ríos Calle Calle (sector Fogón Palestino), Valdivia (sector CEAM) y Cruces (sector Cabo Blanco).

	Hierro	Manganeso	Aluminio
río Calle Calle, sector Fogón Palestino	2.92	1.01	0.83
río Valdivia, sector CEAM	2.88	0.86	2.21
río Cruces, sector Cabo Blanco	5.11	2.55	3.65

● crecimiento del Luchecillo en condiciones experimentales

La Figura 1 muestra los resultados de los experimentos desarrollados para estimar la tasa de crecimiento de *Egeria densa*, en las aguas de los ríos Cruces, Calle Calle y Valdivia. Los mayores incrementos en peso fresco se registraron en las plantas puestas en las aguas de fondo en el río Calle Calle y en las superficiales del río Valdivia. Por su parte, las plantas experimentales sometidas a las aguas del río Cruces (sector Cabo Blanco) y río Pichoy (sector 4 y 5) (ver Fotografía 1) registraron

crecimientos negativos, tanto las de superficie como las de fondo, excepto en las aguas superficiales del sector Pichoy 1.

En todas las estaciones, el incremento en la longitud del brote, registró sus mayores valores en las plantas localizadas en aguas superficiales, excepto en el río Calle-Calle, donde el crecimiento de las plantas fue similar en ambas profundidades. El crecimiento del brote en aguas superficiales, fue homogéneo entre las distintas estaciones, en tanto que en las aguas de fondo, las plantas del río Calle Calle, registraron mayores incrementos que el resto de estaciones, con más de dos ordenes de magnitud de diferencia.

Similar a lo registrado para el crecimiento del brote, el mayor número de raíces ocurrió en las plantas ubicadas en aguas superficiales, excepto en el río Calle Calle. El número de raíces en aguas superficiales, fue similar entre estaciones, en tanto que en aguas de fondo el número de raíces de las estaciones río Calle Calle y Valdivia fueron mayores que el resto de estaciones.

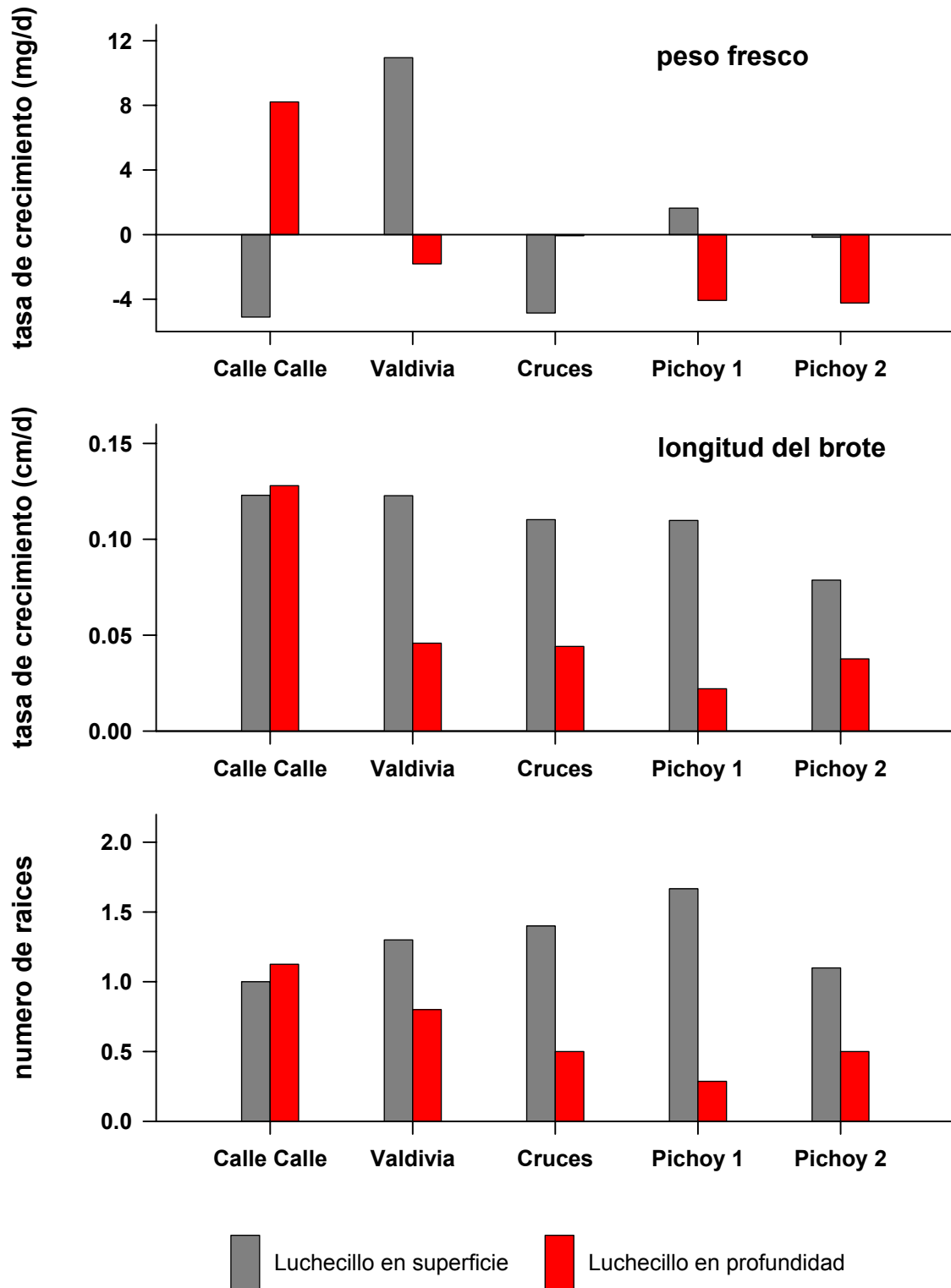


Figura 1. Resultados del crecimiento de Luchecillo en los cinco sitios experimentales.

Los resultados anteriores sugieren que las plantas de Luchecillo, pueden incrementar su crecimiento sólo en las aguas superficiales del río Cruces (aguas del humedal), a diferencia de lo que ocurre en las plantas ubicadas en aguas del río Calle Calle, donde ese crecimiento puede ocurrir en ambas profundidades. Lo anterior podría ser el resultado de la menor cantidad de luz que llega hacia estaciones más profundas, producto de la presencia de aguas turbias o color marrón que ocurrieron durante el período de estudio en todo el humedal y cauces tributarios y que actuarían como un filtro de luz. El comportamiento similar de las plantas de la estación experimental del río Valdivia, puede ser el resultado de la menor cantidad de luz que recibieron esas plantas (en el sector ocurre un gran número de árboles, que impiden el paso de luz) y/o al hecho de que las aguas turbias alcanzan periódicamente (durante las mareas baja o vaciante), lo que confirmaría lo propuesto para las plantas localizadas en el humedal.

En relación a objetivo específico iii) calidad actual del agua del río Cruces medida en base a sólidos suspendidos y disueltos

Sector superior del río Cruces

La Tabla 10 muestra la variabilidad espacial y temporal de la concentración de sólidos suspendidos y disueltos en la porción superior del río Cruces, específicamente en tres sitios de muestreo: aguas arriba del efluente de la Planta Valdivia de CELCO, aproximadamente 200 m aguas abajo de este y cerca de 1500 m aguas abajo de ese efluente (Puente Rucaco). La concentración de sólidos suspendidos fue homogénea entre las distintas estaciones de muestreo, durante todas las fechas de monitoreo, excepto durante el monitoreo del 18 de Enero del 2006, cuando la estación ubicada aguas arriba de CELCO presentó diferencias de dos ordenes de magnitud con la estación ubicada en Rucaco (ver Tabla 10). Por otro lado, la mayor concentración de esos sólidos se registró durante el monitoreo del 13 de Abril del 2006, con valores por sobre los 10 mg/L, para las tres estaciones de monitoreo.

Los sólidos disueltos mostraron las concentraciones más altas en la estación Rucaco (1500 aguas abajo de CELCO); esto, con excepción del muestreo del 18 de Enero del 2006, cuando esas concentraciones fueron más bajas en esa estación (Tabla 10). Los sólidos disueltos de la estación ubicada inmediatamente después del efluente de CELCO, registraron durante tres de los cinco muestreos (04/04, 29/04 y 05/05 del 2006), valores de concentración más altos que los de la estación ubicada aguas arriba de Celco. Los resultados anteriores muestran que para el período de estudio, la concentración de sólidos disueltos del río Cruces en el sector del río aledaño a CELCO, estaría siendo afectada por las descargas de la planta.

Tabla 10. Concentración de sólidos suspendidos y disueltos (mg/L) en el agua de la porción superior del río Cruces, específicamente en el sector aledaño a las instalaciones de la Planta Valdivia de CELCO (ver texto). Los valores corresponden a promedio (n=3) con desviación estándar en paréntesis.

Fecha	Antes de Celco	Después de Celco	Rucaco
sólidos suspendidos			
18/01/2006	5.5 (4.1)	3.1 (0.2)	2.4 (0.4)
04/04/2006	1.9 (0.1)	1.7 (0.3)	2.0 (0.3)
13/04/2006	12.0 (0.8)	13.0 (1.2)	10.7 (1.2)
29/04/2006	5.3 (0.7)	4.1 (0.4)	4.8 (0.5)
05/05/2006	2.3 (0.4)	2.5 (0.5)	2.7 (0.3)
sólidos disueltos			
18/01/2006	61.3 (14.2)	56.0 (16.4)	54.0 (16.9)
04/04/2006	42.0 (11.1)	60.0 (27.7)	92.0 (19.3)
13/04/2006	39.3 (13.6)	30.7 (7.6)	61.3 (7.0)
29/04/2006	26.0 (16.0)	42.7 (6.1)	52.0 (18.0)
05/05/2006	43.3 (3.1)	60.0 (12.5)	76.7 (21.4)

Sector inferior del río Cruces y ríos adyacentes

La Tabla 11 muestra la variabilidad espacial y temporal de la concentración de sólidos suspendidos y disueltos en aguas superficiales de la porción inferior del río Cruces, específicamente en tres sitios de muestreo: confluencia del río Cruces con el canal mareal Cau Cau (estación 1), canal mareal Cau Cau (estación 2) y río Calle

Calle, sector ASENAV (estación 3) (Fotografía 9). Los muestreos se realizaron durante Febrero del 2006, período durante el cual, aguas turbias de color marrón ocurrían en las estaciones 1 y 2.

Durante ambas fechas de muestreo, la concentración de sólidos suspendidos registró su valor más bajo en la columna de agua del río Calle Calle; esas concentraciones mostraron diferencias de hasta 9-10 ordenes de magnitud con las de las estaciones 1 y 2. La comparación de las estaciones 1 y 2, muestra que durante el muestreo del 16 de Febrero la concentración de sólidos suspendidos fue mayor en la estación 1, a la vez que durante el muestreo del 28 de Febrero los valores fueron similares en ambas estaciones (Tabla 11).

Similar a lo observado con los sólidos suspendidos, la concentración de sólidos disueltos fue también menor en aguas de la estación 3 (río Calle Calle) (Tabla 11). A su vez, las concentraciones de sólidos disueltos en aguas de las estaciones 1 y 2 fueron similares, principalmente durante el monitoreo del 28 de Febrero.

Estos resultados, muestran que las aguas turbias de color marrón de las estaciones 1 y 2 difieren en su carga de sólidos suspendidos y disueltos en relación a aguas sin ese color, lo que sugiere que las aguas que provienen del río Cruces, están siendo afectadas por procesos distintos a los del río Calle Calle .

Tabla 11. Concentración de sólidos suspendidos y disueltos (mg/L) en la columna de agua del río Cruces (estación 1), canal mareal Cau Cau (estación 2) y río Calle Calle, (estación 3) durante dos campañas de muestreo. Los valores corresponden a promedio (n = 2 el 16/02 y n = 3 el 28/02) con desviación estándar en paréntesis.

Fecha	río Cruces	canal mareal Cau Cau	río Calle Calle
sólidos suspendidos			
16/02/2006	29.4 (0.2)	18.2 (1.6)	1.9 (0.2)
28/02/2006	22.2 (5.0)	22.9 (3.5)	2.8 (0.5)
sólidos disueltos			
16/02/2006	604.0 (67.9)	928.0 (11.3)	36.0 (2.8)
28/02/2006	2392.5 (33.6)	2657.0 (55.0)	82.5 (43.3)

En relación a objetivo específico iv) distribución espacial de sales en el humedal y cauces adyacentes

Durante Marzo del 2006, se midió la conductividad de la columna de agua en sitios de muestreo, distribuidos entre Las Mulatas en el río Valdivia (estación 1) y San Luis en el extremo norte del humedal del río Cruces (estación 15) (Fotografía 10). Las mediciones se realizaron en mareas de cuadratura (9 y 10 de Marzo) y sicigia (14 y 15 de Marzo) y durante marea alta a fin de evaluar el efecto de la dinámica mareal sobre la concentración de sales dentro del humedal. En cada sitio de muestreo se obtuvieron muestras para análisis de sólidos suspendidos y disueltos. Debido a problemas logísticos, se muestreó en 10 sitios durante la cuadratura y 15 sitios durante la sicigia.

La conductividad del agua disminuye significativamente desde la estación 1 (ca. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Las Mulatas) hacia el interior del humedal (ca. 40-50 $\mu\text{S}/\text{cm}$), durante ambos tipos de marea (Fig.2). En general, no se detectaron mayores diferencias de conductividad al comparar ambas mareas. Ya que durante la sicigia se muestrearon más estaciones, se utilizaron los datos de esa marea para evaluar en que área o áreas del humedal del río Cruces, ocurren quiebres en los valores de la conductividad. Ese análisis muestra que la conductividad disminuye fuertemente

desde la estación 1 y 2 (4096 y 1716 $\mu\text{S}/\text{cm}$) hasta la estación 6 (725 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Desde este último sitio (Tres Bocas), ocurre una caída más suave de la conductividad hasta el sector Pichoy con valores de 165 y 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en las estaciones 9 y 10. A partir de ese sector, la conductividad del agua se mantiene en valores aproximados de 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta la estación 15 (Fig. 2).

Durante ambos tipos de mareas, la variabilidad espacial de los sólidos disueltos muestra una tendencia similar a la de la conductividad (*cf.* Fig. 2 y 3). Análisis comparativos y basados en los datos de la marea de sicigia muestran una caída brusca desde las estaciones 1 y 2 (2389 y 977 mg/L) hasta la estación 6 (406 mg/L), luego de esta última a la 10 (113 mg/L), a partir de la cual la concentración de sólidos disueltos se mantiene en valores que varían entre 68 y 98 mg/L (Fig. 3).

A diferencia de lo observado con la conductividad del agua y la concentración de sólidos disueltos, la variabilidad de los sólidos suspendidos no mostró ninguna tendencia espacial estadísticamente significativa (Fig. 3). Aún así, se observa que en general los valores más altos de estos sólidos ocurrieron en estaciones ubicadas en la parte central del humedal (hasta cerca de 15 y 18 mg/L durante la marea de cuadratura y sicigia, respectivamente).

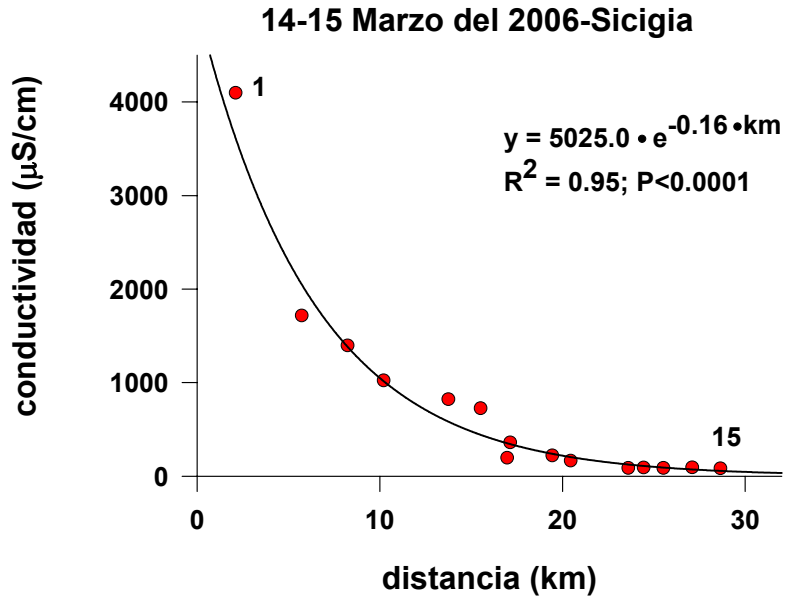
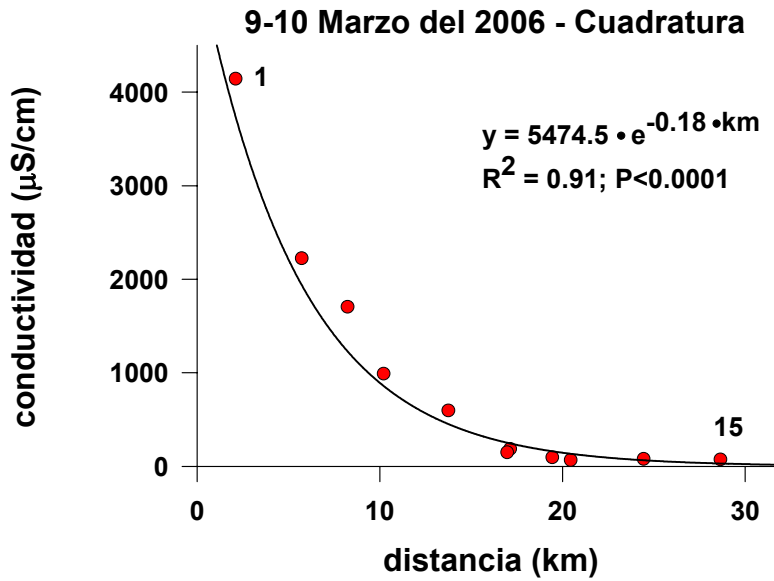


Figura 2. Variabilidad espacial de la conductividad en el área de estudio (cf. Fotografía 10).

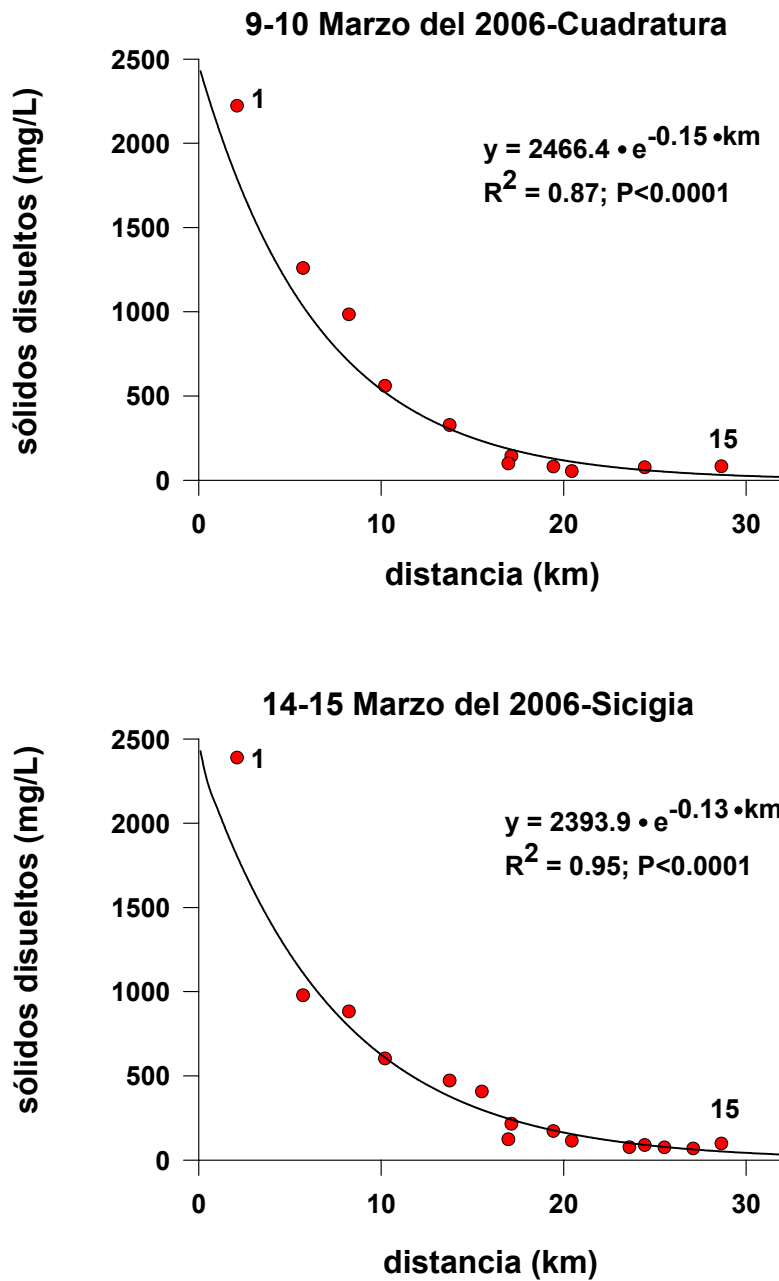


Figura 3. Variabilidad espacial de los sólidos disueltos en el área de estudio (cf. Fotografía 10).

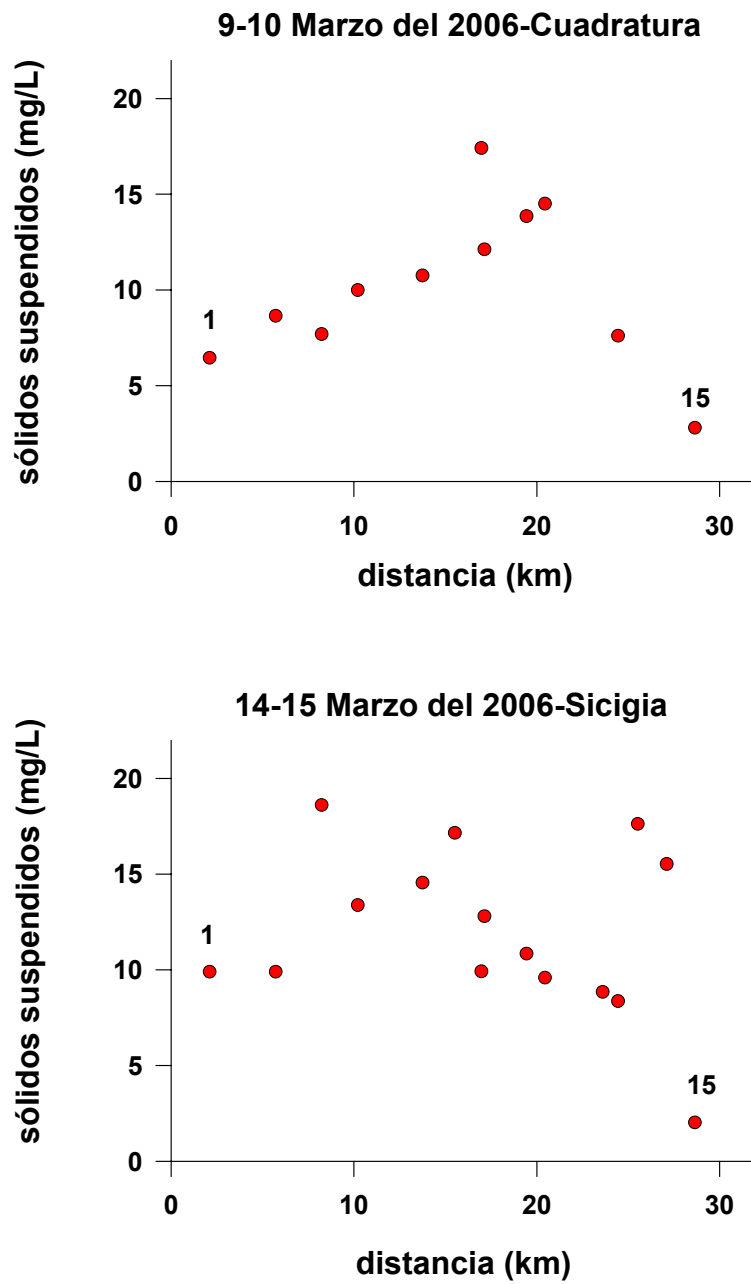


Figura 4. Variabilidad espacial de los sólidos suspendidos en el área de estudio (cf. Fotografía 10).

4. Conclusiones

- Tal como evidenciado en el estudio realizado por la UACH en la primavera del 2004 y verano del 2005, los cisnes analizados en este estudio presentan altas concentraciones de Hierro en sus tejidos, lo que resulta en alteraciones morfológicas de tejidos y células, primariamente hepáticas.
- En el hígado de cuatro de los cisnes analizados se detectó la presencia de Aluminio. Sin embargo, no se detectaron alteraciones morfológicas de tejido que puedan ser atribuibles a la presencia de este metal.
- Monitoreos realizados durante Diciembre del 2005 y Febrero del 2006 y comparados con datos históricos (Diciembre del 2004, Marzo y Agosto del 2005), muestran que *Egeria densa* está prácticamente ausente en todas las estaciones del río Cruces y cauces tributarios del mismo; por el contrario, la planta esta presente y en estado normal (color verde sin manchas) en todas las estaciones muestreadas en el río Calle Calle, con la excepción del muestreo de Diciembre del 2005. La situación de las plantas recolectadas en los sitios del río Valdivia ha sido altamente variable, durante algunos muestreos se encontró a la planta en algunas de las estaciones de muestreo y en otros esta estuvo ausente.
- Resultados de los estudios de microscopía óptica y electrónica, muestran que plantas sanas de Luchecillo recolectadas en el río Calle Calle y llevadas al humedal y cauces tributarios del mismo, adquieren una costra coloide-plancton sobre sus hojas y aumentan en las mismas los contenidos de metales pesados.
- Los resultados de experimentos de terreno sugieren que las plantas de Luchecillo, pueden incrementar su crecimiento sólo en las aguas superficiales del río Cruces (aguas del humedal), a diferencia de lo que ocurre en las plantas ubicadas en aguas del río Calle Calle, donde ese crecimiento puede ocurrir en

aguas superficiales y de fondo. Lo anterior podría ser el resultado de la menor cantidad de luz que llega hacia estaciones más profundas, producto de la presencia de aguas turbias o color marrón que ocurrieron durante el período de estudio en todo el humedal y cauces tributarios y que actuarían como un filtro de luz.

- La concentración de sólidos suspendidos en el agua de la porción superior del río Cruces (sector aledaño a CELCO) fue similar entre las distintas estaciones de muestreo, durante la mayoría de los muestreos. Por el contrario, la concentración de sólidos disueltos del río Cruces fue en general mayor, aguas abajo del efluente de CELCO.
- La comparación realizada entre aguas turbias del humedal (río Cruces) y del canal mareal Cau Cau con las aguas claras del río Calle Calle, muestran que las primeras tuvieron concentraciones más altas de sólidos suspendidos y disueltos.
- La conductividad del agua disminuye significativamente desde Las Mulatas (ca. 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) hacia el interior del humedal (ca. 40-50 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- La concentración de sólidos disueltos en el agua muestra una tendencia similar a la de la conductividad; i.e., disminución desde la confluencia del río Cruces con el Valdivia hasta la parte media y superior del humedal.
- A diferencia de lo observado con la conductividad del agua y la concentración de sólidos disueltos, la variabilidad de los sólidos suspendidos no mostró ninguna tendencia espacial estadísticamente significativa. Aún así, se observa que en general los valores más altos de estos sólidos ocurrieron en estaciones ubicadas en la parte central del humedal.

5. Investigadores Participantes

Dr. Eduardo Jaramillo (Instituto de Zoología), Coordinador General del estudio.

Dr. Enrique Paredes (Instituto de Anatomía Patológica), análisis anatomopatológicos de Cisnes de cuello negro.

Dr. Bruno Peruzzo (Instituto de Histología), análisis microscópicos de Luchecillo.

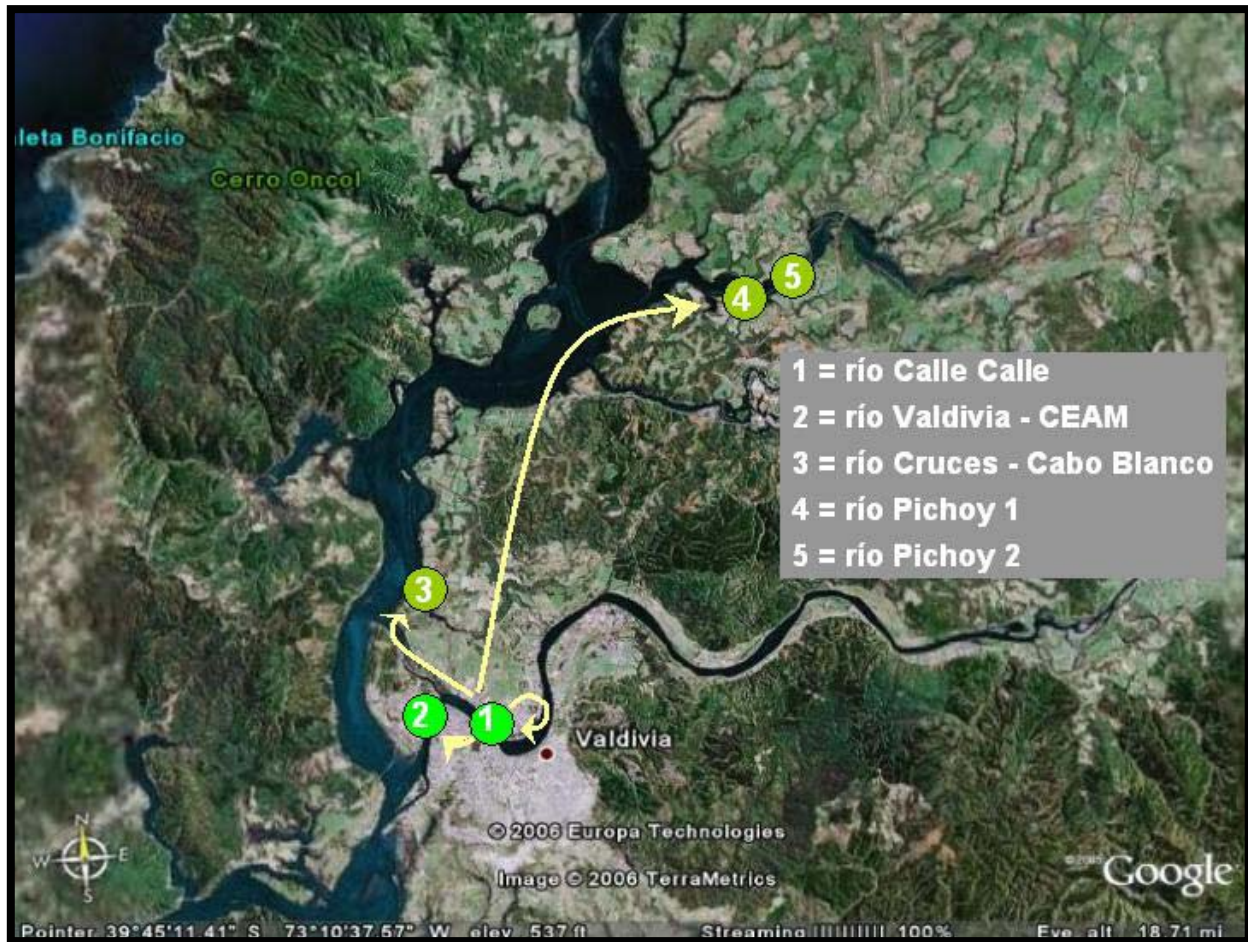
Dr. Heraldo Contreras (Instituto de Zoología), análisis estadísticos de crecimiento de Luchecillo.

Dr. Alejandra Zúñiga (Instituto de Botánica), selección de plantas y mediciones de Luchecillo.

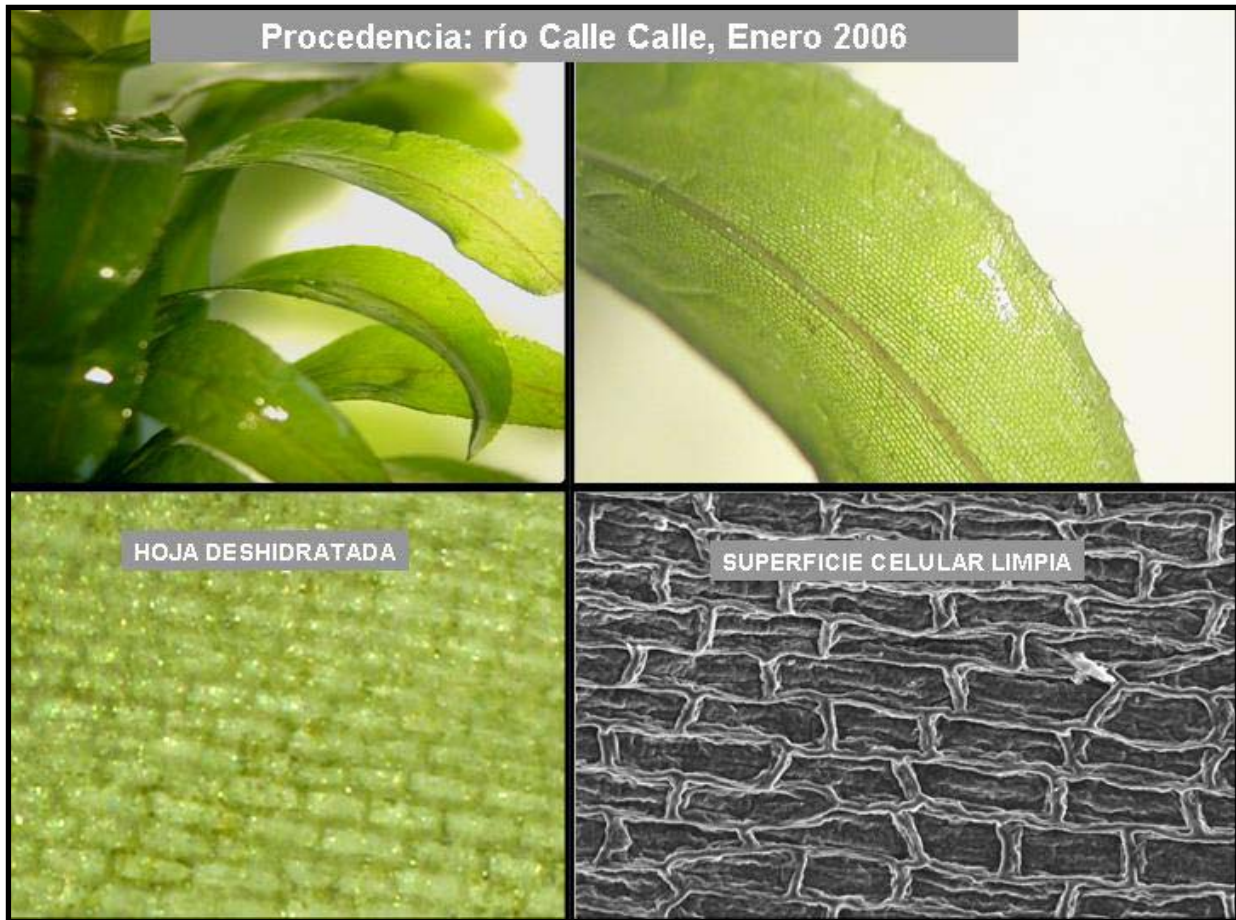
Ing. Elect. Ricardo Silva (Instituto de Histología), análisis de metales pesados en Luchecillo por difracción de rayos X.

Biol. Mar. Cristian Duarte (Instituto de Zoología), análisis de sólidos en humedal de río Cruces y cauces adyacentes.

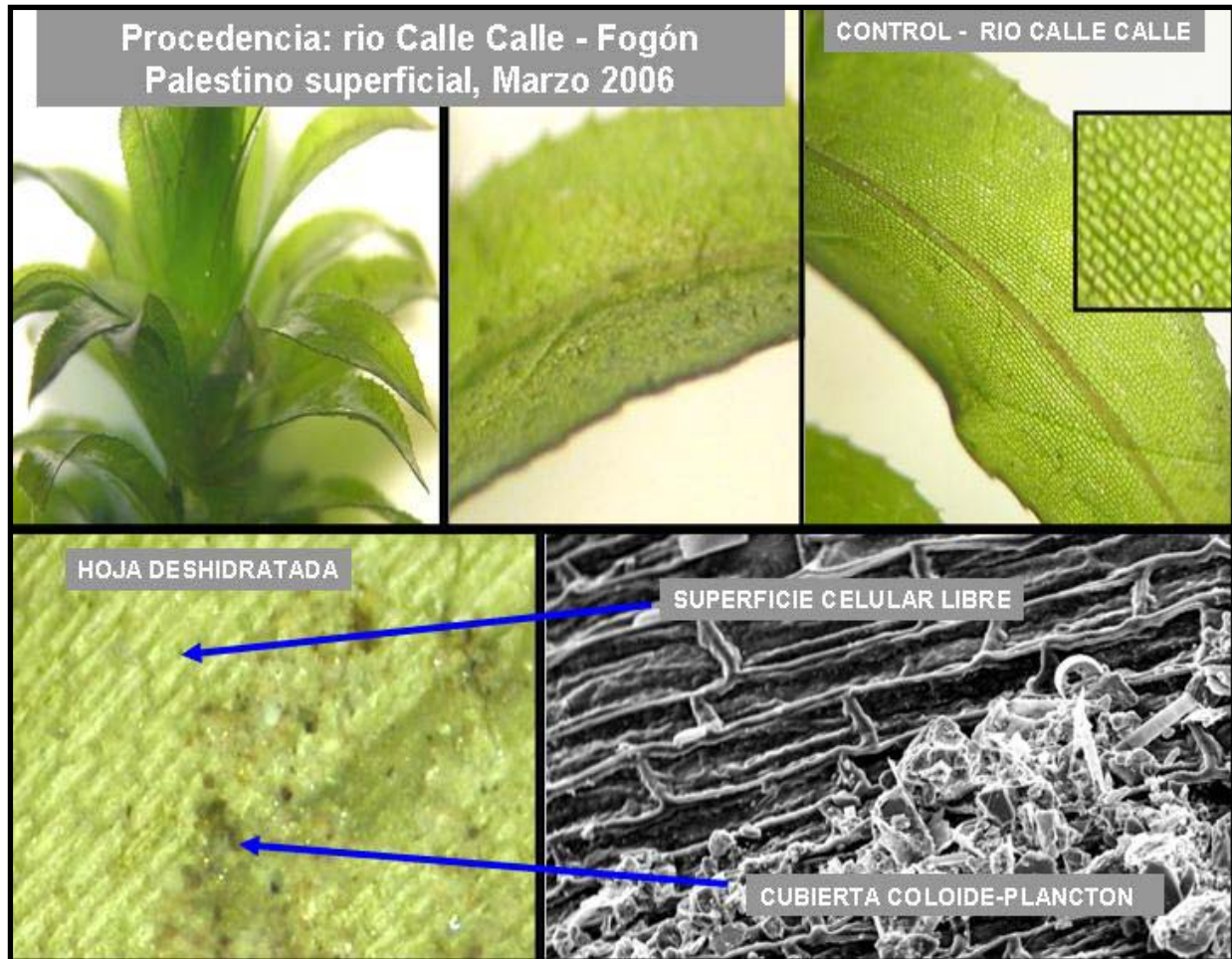
Biol. Mar. Sandra Cifuentes (Instituto de Zoología), análisis de sólidos en humedal de río Cruces y cauces adyacentes.



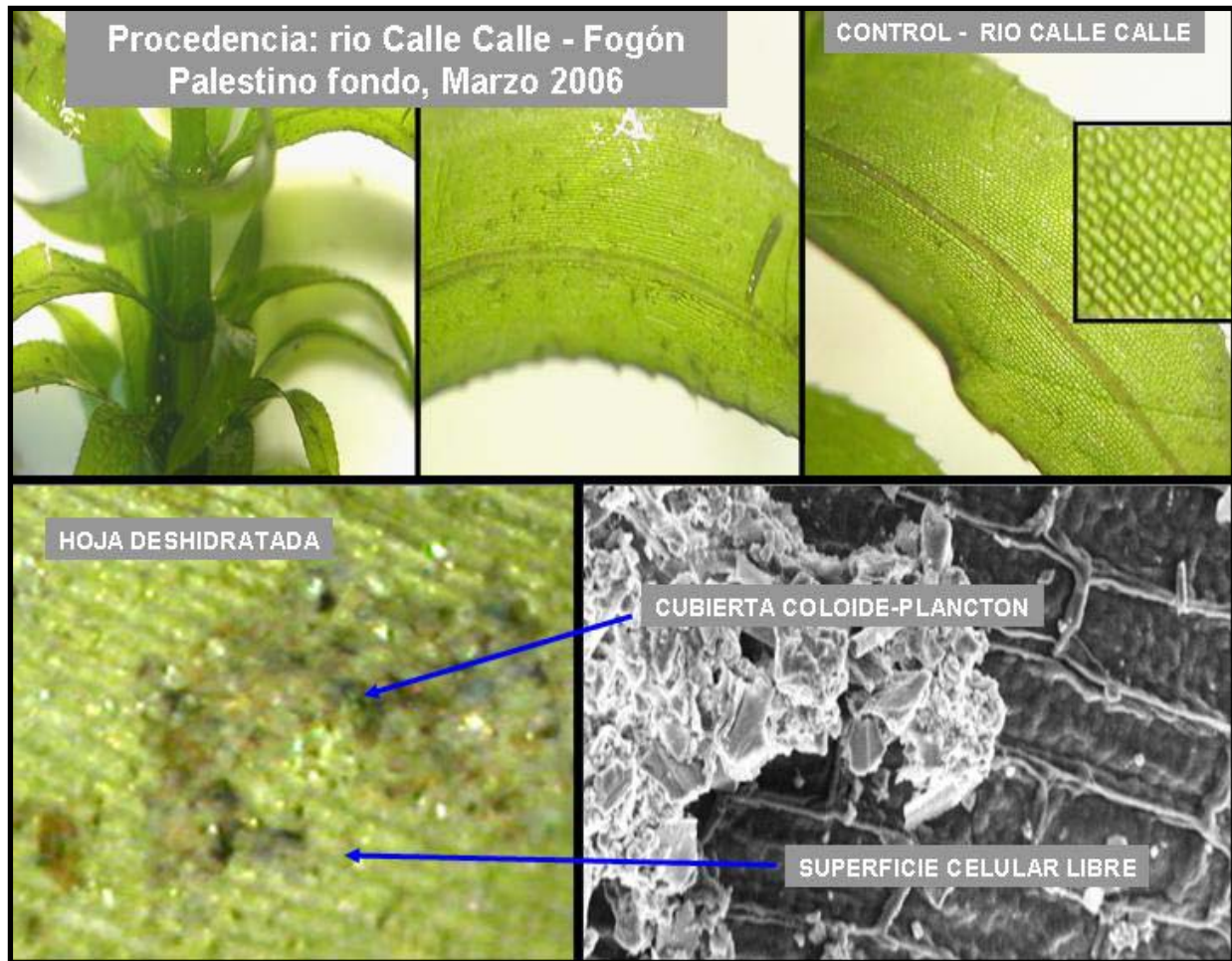
Fotografía 1. Ubicación de los sitios donde se instalaron las plantas experimentales de Luchecillo. 1= lugar de origen de las plantas; río Calle Calle, sector Fogón Palestino, 2= río Valdivia, sector muelle CEAM, 3= río Cruces, sector Cabo Blanco, 4 = río Pichoy 1, 5= río Pichoy 2.



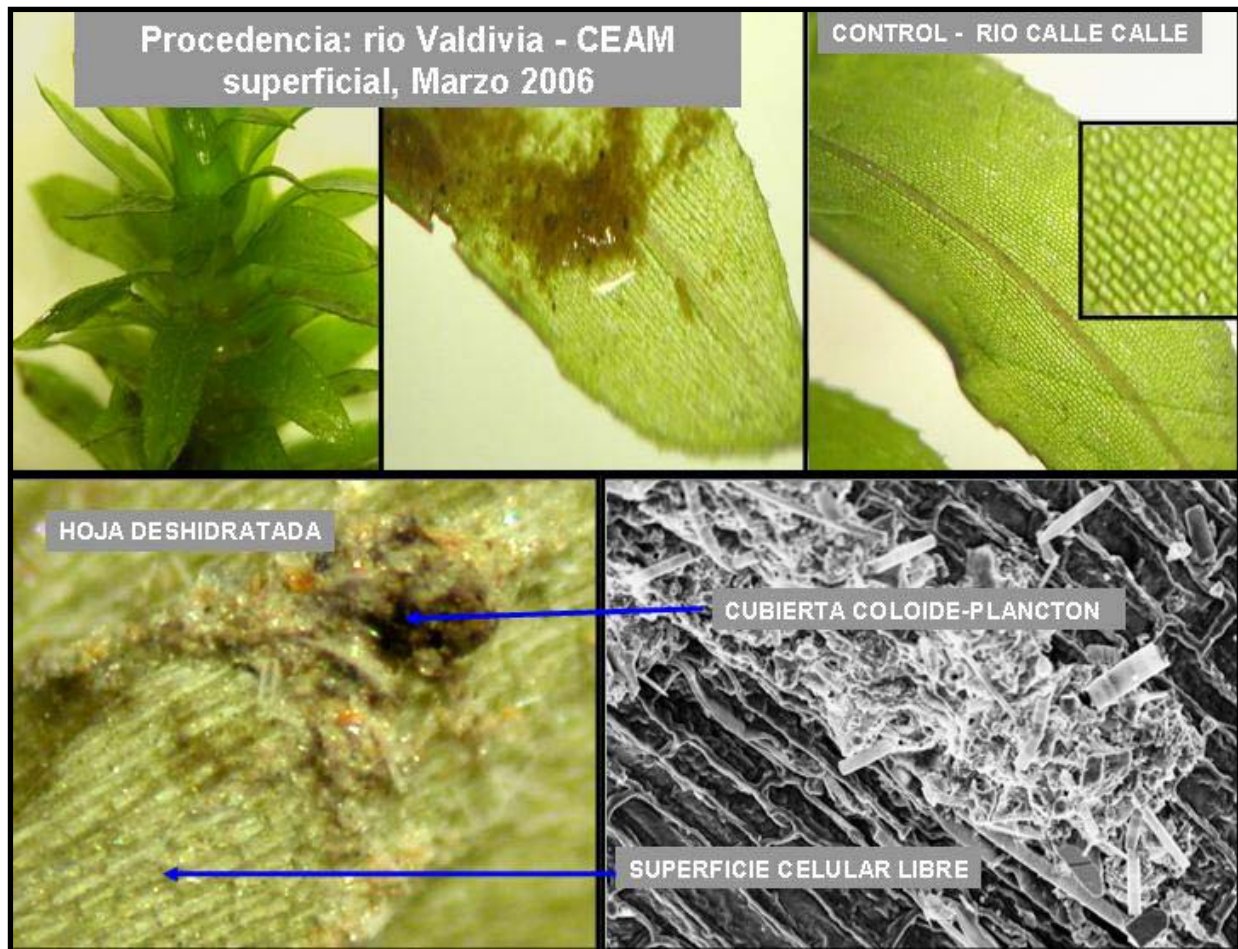
Fotografía 2: Aspecto de las plantas sanas de Luchecillo recolectadas al inicio de los experimentos en el río Calle Calle, sector Fogón Palestino. Obsérvese la superficie celular limpia, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



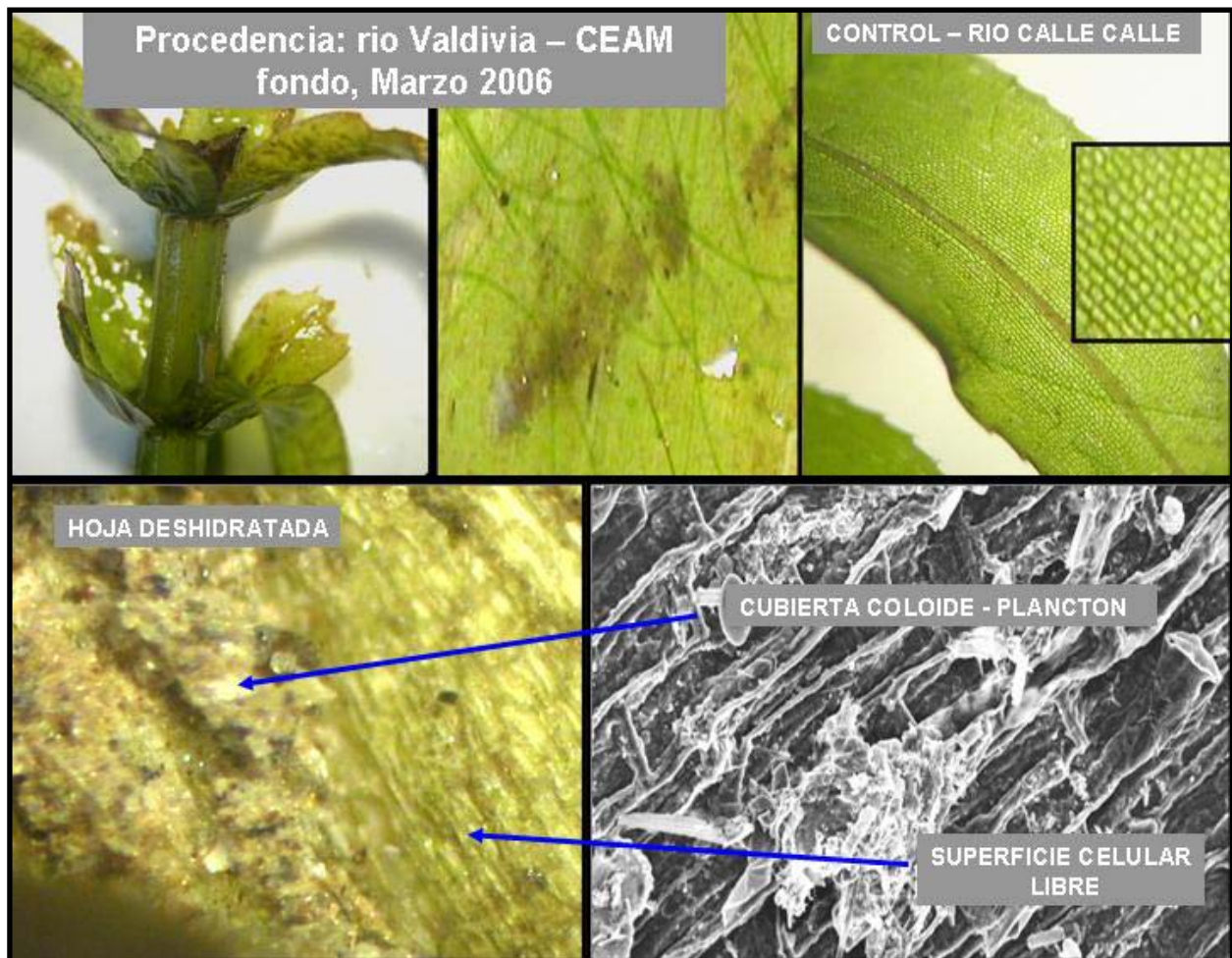
Fotografía 3: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato superficial del sitio ubicado en el río Calle Calle, sector Fogón Palestino. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



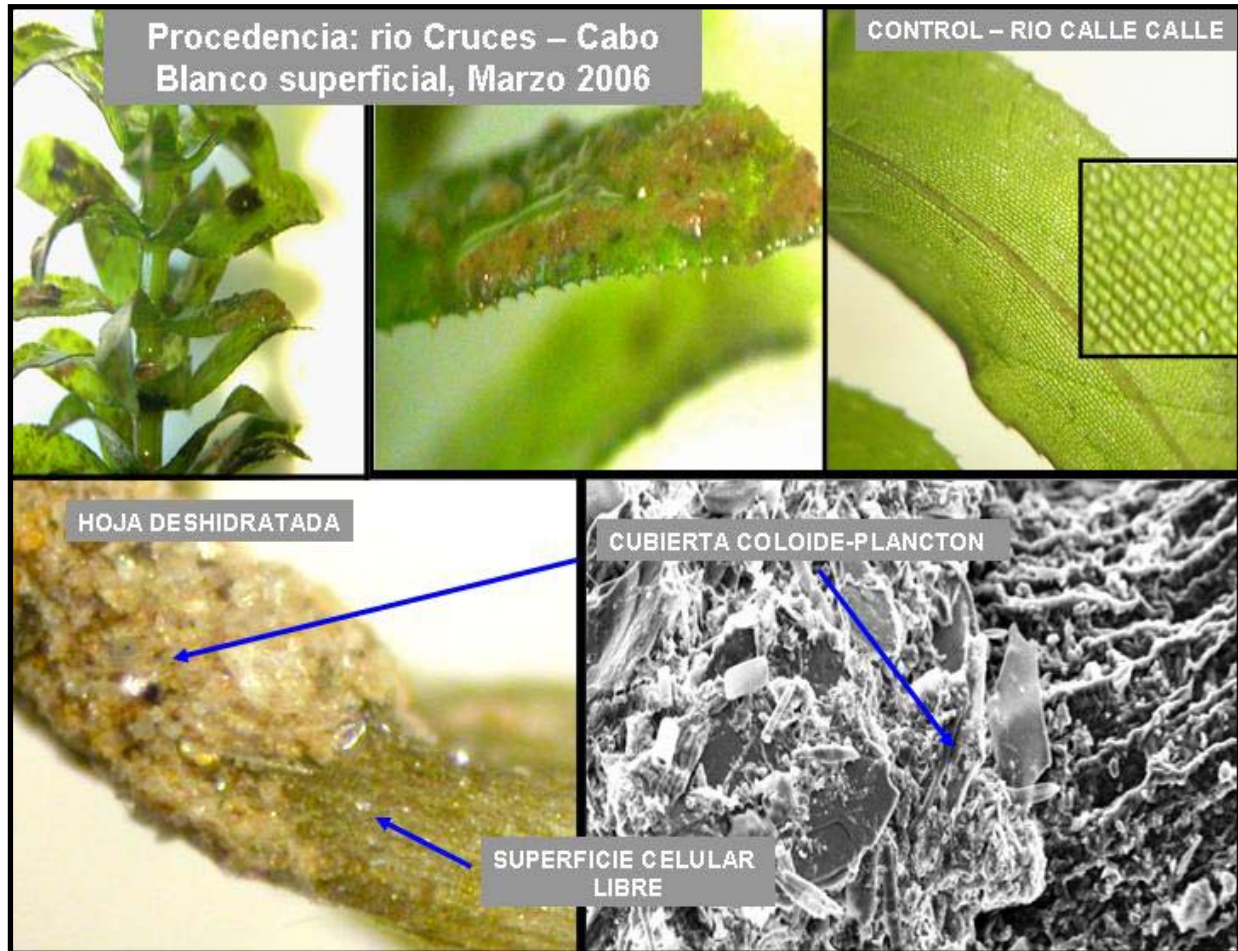
Fotografía 4: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato profundo del sitio ubicado en el río Calle Calle, sector Fogón Palestino. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



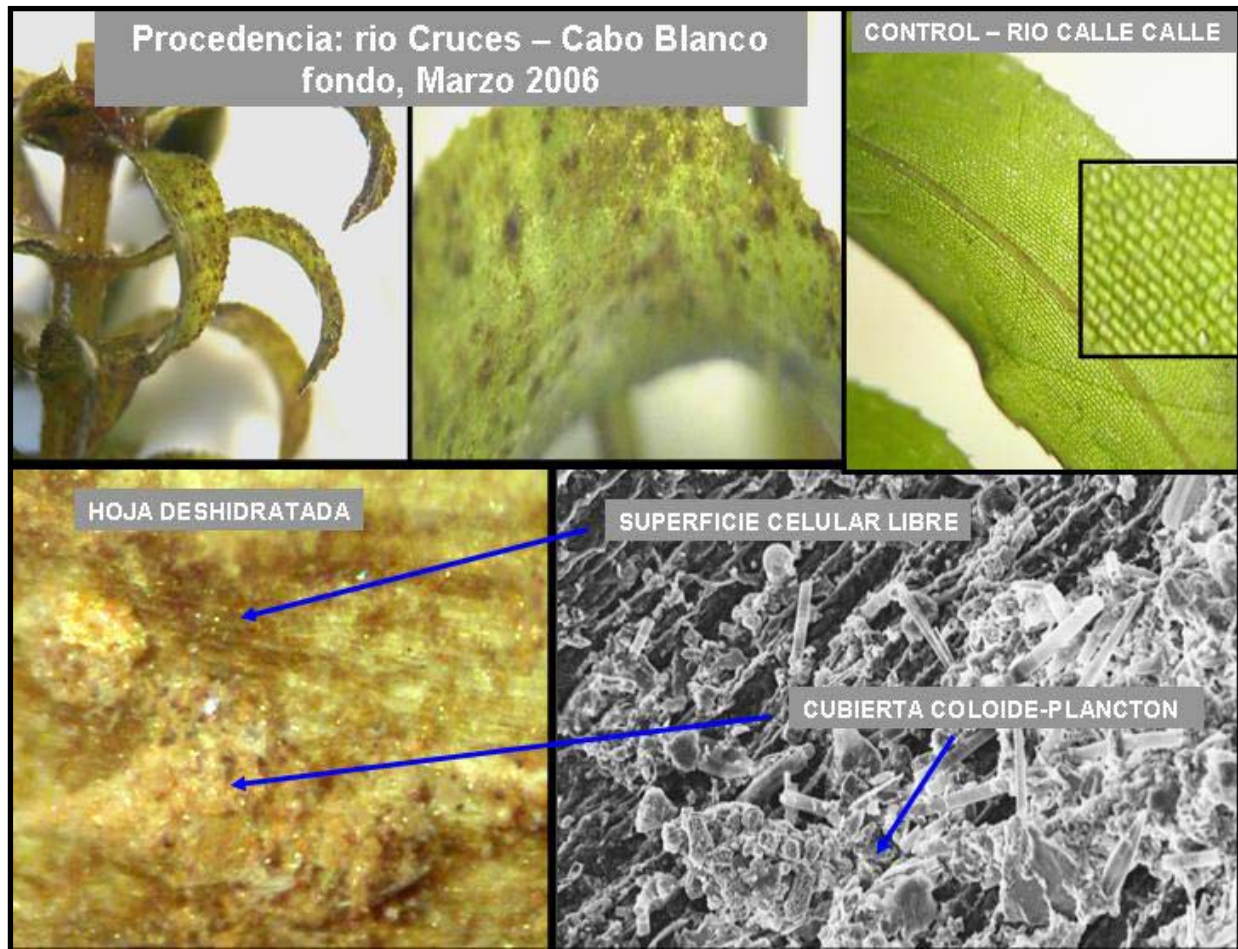
Fotografía 5: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato superficial del sitio ubicado en el río Valdivia, sector muelle CEAM. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



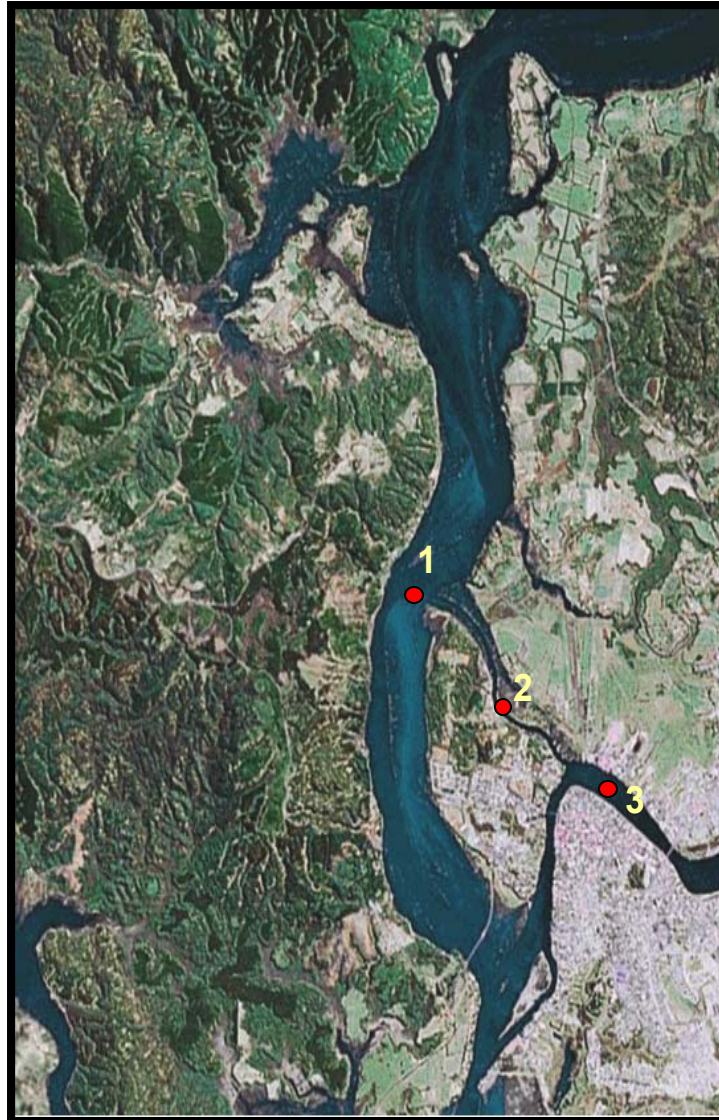
Fotografía 6: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato profundo del sitio ubicado en el río Valdivia, sector muelle CEAM. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



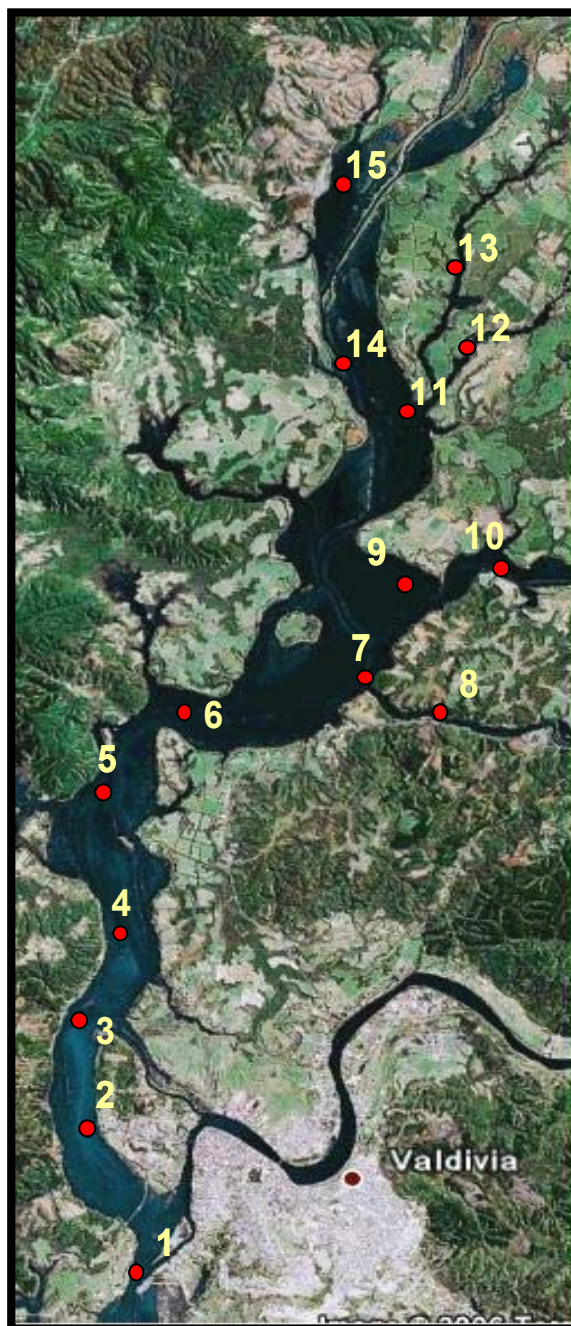
Fotografía 7: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato superficial del sitio ubicado en el río Cruces, sector Cabo Blanco. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



Fotografía 8: Aspecto de las plantas de Luchecillo recolectadas después de siete semanas en el estrato profundo del sitio ubicado en el río Cruces, sector Cabo Blanco. En las fotografías del extremo superior derecho, se muestra para fines comparativos el aspecto de una hoja de plantas sanas (controles) recolectadas al inicio del estudio. Obsérvese la superficie celular de las hojas en este sitio, ya sea con microscopía óptica (foto inferior izquierda) o electrónica (foto inferior derecha).



Fotografía 9. Ubicación de las estaciones de muestreo para análisis de Sólidos Disueltos y Suspendidos en la porción inferior del río Cruces (estación 1), canal mareal Cau Cau (estación 2) y río Calle Calle (sector ASENAV). Durante los muestreos, las estaciones 1 y 2 estuvieron cubiertas por aguas turbias color marrón.



Fotografía 10. Ubicación de las estaciones de muestreo para análisis de Sólidos Disueltos y Suspendidos en el río Cruces, cauces tributarios y río Valdivia (estación 1). Durante los muestreos, las estaciones 2 a 14 estuvieron cubiertas por aguas turbias color marrón, cosa que no ocurrió en las estaciones 1 (Las Mulatas) y 15 (San Luis).