



UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Fundación de la Universidad de Chile

Red norma secundaria calidad ambiental río Maipo

INFORME FINAL

Versión 2

Solicitado por

Ministerio del Medio Ambiente

Santiago de Chile

Marzo de 2016

Equipo de Trabajo

Rodrigo Ramos Jiliberto

Alejandro Palma I.

Valentina Escanilla J.

Mauricio Carter M.

Unidad de Biodiversidad, Centro Nacional del Medio Ambiente.

Viviana Zúñiga

Laboratorio de Química Ambiental, Centro Nacional del Medio Ambiente.

Contraparte Técnica

Verónica Rodríguez Melgosa

Carolina Correa Acevedo

SEREMI del Medio Ambiente, Región Metropolitana.

Hernán Latuz Abarzua

Ministerio del Medio Ambiente.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	5
INTRODUCCIÓN.....	6
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO Maipo	8
METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO.....	11
Metodología Objetivo 1: Realizar toma de muestras y análisis de ensayos ecotoxicológicos.....	12
1. Metodología de Bioensayo con: <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> (ex <i>Selenastrum capricornutum</i>)	12
Metodología Objetivo 2: Realizar análisis de bioindicadores de acuerdo a las condiciones y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”	14
2. Macroinvertebrados bentónicos	14
3. Índices Bióticos para determinar calidad del sistema	15
Metodología Objetivo 3: Realizar muestreo y análisis, según corresponda, de parámetros físico-químico y bacteriológicos, en la “Red de Control y Red de Observación”	17
4. Toma de Muestras Puntuales para la Red de Observación.....	17
5. Plan de Trabajo Muestreo	26
RESULTADOS	31
Reunión con la contraparte técnica	31
Resultados Objetivo 1: Realizar toma de muestras y análisis de ensayos ecotoxicológicos.....	32
Resultados Objetivo 2: Realizar análisis de bioindicadores de acuerdo a las condiciones y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”	35
Resultados Objetivo 3: Realizar muestreo y análisis, según corresponda, de parámetros físico-químico y bacteriológicos, en la “Red de Control y Red de Observación”	39
CONCLUSIONES.....	48



RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS.....	51
ANEXO FOTOGRAFICO	53

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe constituye el informe final de los resultados obtenidos en las campañas realizadas durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre de 2015. El proyecto, en general, pretende dar apoyo a las capacidades de vigilancia y control para la protección del recurso hídrico desde el punto de vista de la calidad ambiental de las aguas y del control de la contaminación.

Se han monitoreado veinticinco puntos ubicados en los principales cursos de agua de la cuenca del Maipo, obteniendo parámetros físicos, químicos y biológicos que permiten caracterizar el estado actual de las aguas en dichos sectores.

Tanto los resultados de la Ecotoxicología mediante bioensayo con *Pseudokirchneriella subcapitata* (ex *Selenastrum capricornutum*), como de los Bioindicadores mediante los índices ChBMWP y ChSIGNAL muestran algún grado de perturbación que impide el correcto desarrollo de la biota en las estaciones evaluadas (principalmente de la parte intermedia de la cuenca), siendo la excepción la estación MP1 correspondiente a la parte alta del río Mapocho.

Los análisis de la fisicoquímica básica evaluada en el lugar, muestran condiciones de pH, Conductividad y Temperatura aptos para el correcto desarrollo de la biota. Sin embargo el Oxígeno Disuelto adquiere valores un poco más bajo de lo adecuado para el desarrollo correcto de la vida, con valores bajo los 7.8 mg/L en las estaciones del río Maipo, río Volcan, río Olivares, río Mapocho (parte intermedia), río Angostura, río Puangue, río Lampa. Otros parámetros muestran que este mismo sector medio de la cuenca posee parámetros elevados en Coliformes Fecales en las estaciones PU-2, AN-1, MA-5, MA-4, MP-2 y MP-2.2 No. Of. Asimismo, los sólidos suspendidos y principalmente los sólidos disueltos alcanzan valores muy elevados, todo lo cual impide el correcto desarrollo de la biota, siendo corroborado en los análisis de bioensayos y bioindicadores realizados. Finalmente los nutrientes por lo general se encuentran en valores bajos excepto para las estaciones MA5, MP2 y PU2 que muestran valores mayores al doble de los registrado en el resto de la cuenca.

Debido a las actividades realizadas en la cuenca, y la fuerte presión que las mismas ejercen sobre la calidad de sus aguas, se recomienda continuar con las actividades realizadas en este trabajo: análisis de bioensayos, bioindicadores y fisicoquímica de las aguas, debido a que todas ellas aportan información valiosa y complementaria a las distintas presiones existentes.

INTRODUCCIÓN

En el año 2010 y de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 19.300/1994 MINSEGPRES sobre Bases Generales del Medio Ambiente, se implementó el desarrollo de Normas Secundarias de Calidad del Agua para la preservación de la biota asociada. Esta normativa es una herramienta valiosa para la gestión en la conservación de la biodiversidad de especies, la elaboración e implementación de Planes de Recuperación, Conservación y Gestión de Especies y la puesta en marcha de medidas para su preservación. El objetivo de la norma es proteger, mantener y/o recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

OBJETIVO GENERAL

Levantar la “Red de Observación” identificada en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), la toma de muestra y análisis, según corresponda, de parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, ensayos ecotoxicológicos y bioindicadores, con el fin de incorporar una herramienta de seguimiento que apoye la toma de decisiones, para una futura revisión de la Norma

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar toma de muestras y análisis de ensayos ecotoxicológicos de acuerdo a los parámetros y/o indicadores y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”, utilizando para tales efectos los puntos coincidentes con la Red de Control.
2. Realizar análisis de bioindicadores de acuerdo a las condiciones y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”, utilizando para tales efectos los puntos coincidentes con la Red de Control.
3. Realizar muestreo y análisis, según corresponda, de parámetros físico-químicos y bacteriológicos, en la “Red de Control y Red de Observación”.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MAIPO

La cuenca del río Maipo (Figura 1) posee una extensión de 15303,06 km² y alberga a una serie de ríos y esteros, destacándose entre ellos el río Maipo, principal cauce de la cuenca y fuente principal de agua potable para la Región Metropolitana y parte de las provincias de San Antonio, Región de Valparaíso y Cachapoal, Región de O'Higgins.

Esta cuenca hidrográfica posee la más alta concentración de habitantes del país, radicándose en ella los centros políticos, comerciales, industriales, portuarios y de comunicaciones. La demanda de agua potable por parte de todos los sectores es subsanada en un 70% gracias al aporte del río Maipo y atiende aproximadamente un 90% los requerimientos de agua para riego (CADE IDEPE 2004).

En la cuenca predomina el clima templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada, y en las zonas de la cordillera de los Andes se establece el clima frío de altura. El primero se caracteriza por poseer una estación seca en invierno con temperaturas que llegan a los cero grados, mientras que los veranos las máximas superan los 30° C durante el día. Las precipitaciones de este clima varían desde los 404 mm/año en las zonas más costeras de la cuenca, pasando por los 300 mm/año en las áreas de mayor sequía hasta llegar a los 536 mm en sectores más elevados ubicados en la cordillera de Los Andes. Por otra parte, el clima frío se prolonga sobre la cordillera de Los Andes por sobre los 3.000 metros de altura, zonas donde la precipitación es de tipo sólida.

En cuanto a la vegetación potencial nativa se describen varias formaciones vegetacionales que involucran especies de diversas formas de vida tales como: Herbazales y matorrales de altitud, Bosque esclerófilo, Bosque espinoso y Matorral esclerófilo. Estas últimas se han encontrado en contantes presiones antrópicas como remociones en masa, que conllevan a un estado degradado de la vegetación que allí se desarrolla. Se ha planteado que el espinal corresponde a una fase de degradación del bosque esclerófilo original debido a que estas zonas se encuentran fuertemente intervenidas, viéndose en algunas zonas una importante pérdida de vegetación tipo arbórea e incluso transformación extrema de la formación a una pradera.

Las áreas de protección oficial tanto para vegetación, fauna y paisaje se encuentran confinadas hacia zonas cordilleranas. Es el caso del Santuario de la Naturaleza El Arrayán, Santuario de la Naturaleza yerba Loca, Reserva Nacional Río Clarillo,

Monumento Natural Cerro El Morado y Santuario de la naturaleza Cascada de las Ánimas.

El importante número de habitantes, centros industriales y la degradación progresiva de los ecosistemas naturales de esta cuenca, hacen que la calidad de los ecosistemas se vea afectada de manera importante tanto para las comunidades vegetales, animales como para las personas. Durante mucho tiempo se vertieron a los cuerpos de agua residuos de todo tipo, sin embargo, con el tiempo se han hecho acciones que pretenden revertir el daño provocado en cuanto al recurso hídrico de la cuenca. Hasta el año 2004 se contaba con el tratamiento de aguas servidas en un 87% (CADE IDEPE, 2004), cifra que en la actualidad ha alcanzado al 100% debido a la construcción de nuevas plantas de tratamiento ya en marcha.

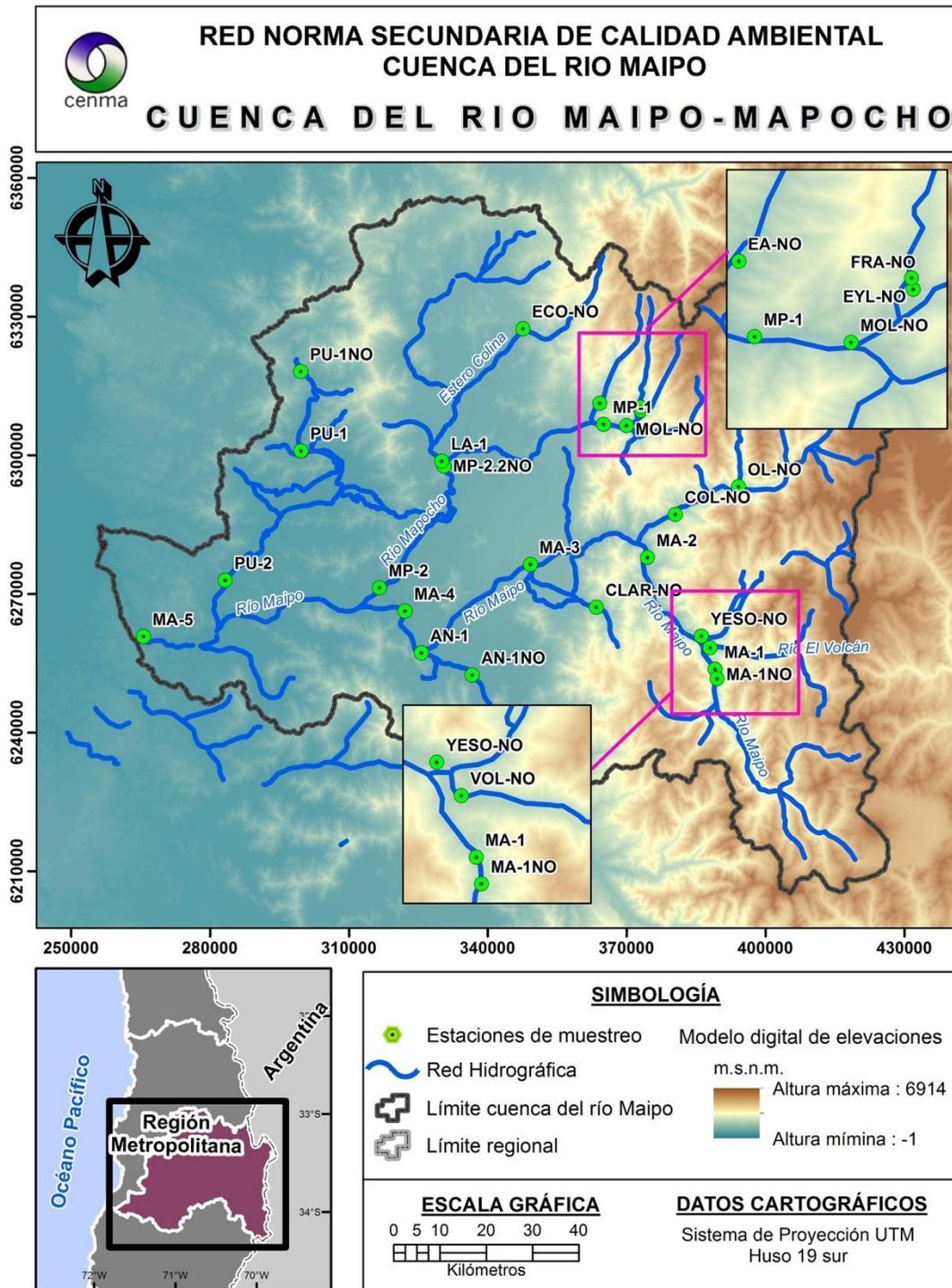


Figura 1. Mapa general de la cuenca del Maipo con las estaciones de monitoreo de este proyecto.
(Fuente: elaboración propia).

METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO

Para el estudio de la cuenca del Maipo, se llevaron a cabo muestreos fisicoquímicos y biológicos, además de ensayos ecotoxicológicos. Para ello se tomaron muestras en los puntos que se muestran en la Tabla 1, donde se informa también que tipo de análisis se realizó en cada una de las estaciones monitoreadas.

Tabla 1. Estaciones de monitoreo y análisis realizados en la cuenca del Maipo para este estudio: MFQ: Muestreo Físico Químico, MBIO: Muestreo Biológico de Macroinvertebrados Bentónicos, EB: Ecotoxicología mediante Bioensayo. (Fuente: elaboración propia)

Cauce	Código área	UTM E	UTM N	MFQ	MBIO	EB
Río Maipo	MA-1	389123	6253669	x	x	
Río Maipo	MA-2	374482	6277844	x	x	
Río Maipo	MA-3	349200	6276367	x	x	x
Río Maipo	MA-4	322141	6266233	x	x	x
Río Maipo	MA-5	265660	6260741	x	x	x
Río Maipo	MA-1NO	389525	6251645	x		
Río Angostura	AN-1	325666	6257192	x	x	x
Río Angostura	AN-1NO	336636	6252445	x		
Río Mapocho	MP-1	365034	6306676	x	x	x
Río Mapocho	MP-2	316634	6271315	x	x	x
Río Mapocho	MP-2.2NO	330551	6297609	x		
Estero Lampa	LA-1	330082	6298707	x	x	x
Estero Puangue	PU-1	299689	6300926	x	x	
Estero Puangue	PU-2	283311	6272919	x	x	x
Estero Puangue	PU-1NO	299624	6318119	x		
Río El Volcán	VOL-NO	387987	6258315	x		
Río Yeso	YESO-NO	386146	6260844	x		
Río Olivares	OL-NO	394152	6293167	x		
Río Clarillo	CLAR-NO	363459	6267114	x		
Estero Arrayan	EA-NO	364173	6311257	x		
Estero Yerba Loca	EYL-NO	373071	6309670	x		
Estero San Francisco	FRA-NO	372977	6310343	x		
Río Molina	MOL-NO	369950	6306402	x		
Estero Colina	ECO-NO	347582	6327363	x		
Estero Colina	COL-NO	380542	6287182	x		
TOTAL				25	11	8

Metodología Objetivo 1: Realizar toma de muestras y análisis de ensayos ecotoxicológicos.

Con el objetivo de evaluar el efecto de las aguas de la cuenca del Maipo sobre las poblaciones de microfitas y fitobentos, se realizaron análisis de bioensayos ecotoxicológicos estandarizado para los puntos especificados en la Tabla 1 de este informe. El bioensayo realizado es de Inhibición de crecimiento poblacional de *Pseudokirchneriella subcapitata* (ex *Selenastrum capricornutum*), en las 8 estaciones identificadas y en acuerdo con la contraparte técnica. La metodología está basada en la Norma Chilena NCH 2706.Of 2002 y se puede obtener en dicho documento. En resumen consiste en evaluar el crecimiento poblacional de *P. subcapitata* en un control de crecimiento sin tratamiento, un control de inhibición sometido a diferentes concentraciones de toxicidad de Dicromato de Potasio (0.15, 0.30, 0.60, 1.20, 2.40 µg/L) y evaluar las muestras de las aguas tomadas en las estaciones de muestreo al 100% (sin diluir) al 50%, 25%, 12.5% y 6.25%. La metodología de estimación de la Inhibición de crecimiento poblacional se describe a continuación:

1. Metodología de Bioensayo con: *Pseudokirchneriella subcapitata* (ex *Selenastrum capricornutum*)

Tipo de Test: Ensayo de crecimiento poblacional

Respuesta:

Curvas de crecimiento poblacional: En escala semilogarítmica.

Porcentaje de inhibición: En base al cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, estimada según la siguiente ecuación

$$\mu = (\ln(N_n) - \ln(N_0)) / t_n \quad (1)$$

dónde:

t_n : tiempo de duración del ensayo

N_0 : densidad celular inicial

N_n : densidad celular al final del ensayo

Las tasas de crecimiento son calculadas, de esta manera en base a las densidades del día 0 y del día 4.

EC₅₀: Estimación de la concentración porcentual de la muestra que disminuye en un 50% la tasa de crecimiento poblacional con respecto al control.

LOEC: Menor concentración ensayada a la cual estadísticamente hay inhibición significativa de la tasa de crecimiento respecto a los controles.

NOEC: Mayor concentración ensayada a la cual estadísticamente no hay inhibición significativa de la tasa de crecimiento respecto a los controles.

Estimación del EC₅₀: Método Probit.

Estimación del LOEC-NOEC: Contrastes contra el control utilizando intervalos de confianza del 95% estimados por bootstrap (remuestreo aleatorio con reposición).

Temperatura sala: 20 ± 2°C

Calidad de Luz: Luz continua

Metodología Objetivo 2: Realizar análisis de bioindicadores de acuerdo a las condiciones y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”

2. Macroinvertebrados bentónicos

La colecta de macroinvertebrados se realiza de forma semi cuantitativa: utilizando una red de mano de 30 x 30 cm de área de muestreo y 250 µm de abertura de malla. En cada estación se toma una muestra que considera cada hábitat identificado en la estación. Para ello previamente se realizó una inspección visual y se identificaron los diferentes microhábitats presentes: macrófitas sumergidas o emergentes, vegetación acuática de ribera, sustrato duro con corriente rápida o moderada a lenta, con presencia de detritos, o con diferentes tipos de sustratos (arena, grava, etc.).

Se establecen y distribuyen 20 “patadas de muestreo” (kick), las cuales son distribuidas según el porcentaje de cobertura de cada hábitat (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005). Un kick consiste en remover el fondo situado a 30 centímetros de la boca de red, con el pie, de manera que los organismos que se encuentran adheridos al sustrato se desprendan y sean arrastrados por la corriente hacia el interior de la red. Corresponde un kick por cada 5% de cobertura de un hábitat y aquellos hábitats con una representación menor al 5% no fueron considerados como una unidad de muestreo.

Las muestras se preservaran *in-situ* con etanol al 96% en frascos de polietileno debidamente identificados y serán trasladados al laboratorio para la separación e identificación de los organismos. Los protocolos se encuentran en Figueroa et al (2011) y Palma (2013).

Identificación

En laboratorio, el contenido de los frascos es puesto en un tamiz y lavado bajo agua corriente. Este material es seccionado en placas de Petri de donde se extraen manualmente los organismos utilizando una lupa estereoscópica trinocular marca Leica con aumento 7X. Los organismos son identificados hasta nivel de familia. La identificación de los macroinvertebrados bentónicos es realizada utilizando las claves de Fernández & Domínguez (2001), Domínguez & Fernández (2009), y Palma (2013)

El análisis de las muestras semicuantitativas contempla contar hasta 200 individuos, captando la mayor diversidad de la muestra (Bonada et al., 2002). Posterior a ello, se revisa el total de la muestra para incorporar nuevos individuos que no hayan sido encontrados durante el recuento inicial, de manera de capturar la riqueza total de la estación muestreada.

3. Índices Bióticos para determinar calidad del sistema

Para determinar la calidad de las aguas mediante las familias de macroinvertebrados bentónicos se utilizaron los índices ChBMWP, y ChSIGNAL (Figueroa et al. 2007), utilizando la puntuación de las familias del mencionado trabajo. El primero de ellos (ChBMWP) ha sido adaptados para la cuenca del Maipo por nuestro equipo consultor (CENMA 2012) en el trabajo para el MMA titulado: “Campaña de monitoreo y Evaluación del Estado Ecológico de 10 Cuencas hidrográficas de Chile” (Tabla 2), mientras que el segundo (ChSIGNAL) fue adaptado siguiendo la misma metodología (Tabla 3) descrita en CENMA 2012. Esto es realizado en las 11 estaciones identificadas en la Tabla 1 de este documento.

Tabla 2. Valores de clases de calidad del índice ChBMWP para ríos con sustrato arena y mixto en la cuenca del Maipo. (Fuente: elaboración propia)

Tipo	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Sustrato arena	≥ 15	9-14	5-8	2-4	0-2
Sustrato mixto	≥ 70	45-69	25-44	11-24	0-10

Leyenda de colores y clases de calidad

Clase	1	2	3	4	5
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala

Tabla 3. Valores de clases de calidad del índice ChSIGNAL para ríos con sustrato arena y mixto en la cuenca del Maipo. (Fuente: elaboración propia)

Tipo	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Sustrato arena	≥ 4	3-4	2-3	1,5-2	0-1,5
Sustrato mixto	≥ 5	4-5	3-4	2-3	0-2

Solo las estaciones LA1 y PU2 presentan sustrato de arena. Todas las otras estaciones de muestreo biológico presentan sustrato mixto (bolones, grava, arena).

Los valores de tolerancia de las familias de macroinvertebrados como bioindicadores encontrados en este proyecto fueron obtenidos de Palma (2013) y se señalan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de tolerancia de cada familia para los índices bióticos utilizados en este estudio en las clases de calidad de los índices en la cuenca del Maipo. (Fuente: Palma 2013)

Taxa	Valor Índice Biótico
ACARI	
Acari	4
COLEOPTERA	
Dytiscidae	3
Elmidae	6
COLLEMBOLA	
Collembola	1
DIPTERA	
Blephariceridae	10
Ceratopogonidae	6
Chironomidae	2
Ephydriidae	2
Psychodidae	4
Simuliidae	5
Tipulidae	5
EPHEMEROPTERA	
Baetidae	5
ODONATA	
Coenagrionidae	7
PLECOPTERA	
Gripopterygidae	7
TRICHOPTERA	
Hydropsichyidae	5
Hydrobiosidae	7
Hydroptilidae	6
ANNELIDA	
Hirudinea	3
Oligochaeta	1
MOLLUSCA	
Planorbidae	3
Physidae	3

Metodología Objetivo 3: Realizar muestreo y análisis, según corresponda, de parámetros físico-químico y bacteriológicos, en la “Red de Control y Red de Observación”.

4. Toma de Muestras Puntuales para la Red de Observación

A fin de obtener muestras representativas, se toman todas las precauciones necesarias durante el proceso de muestreo, garantía que da el continuo proceso de capacitación y aprendizaje del personal. La descripción metodológica (tipo de muestreo, uso de replicas, etc) se encuentra a continuación:

Como premisa, durante la realización de los muestreos, siempre se consideran dos criterios trascendentales, a saber:

Representatividad de la muestra: la determinación del punto de muestreo resulta fundamental a la hora de realizar un muestreo representativo. Los objetivos del programa de muestreo deben ser cuidadosamente estudiados a la hora de determinar el punto de muestreo con el fin de obtener muestras capaces de asegurar el cumplimiento de los objetivos trazados.

Integridad de la muestra: la integridad de la muestra es el resultado de los procedimientos que involucran la toma de muestras, el manejo de muestras y el transporte de éstas hasta su destino final.

En este sentido, los técnicos de terreno, además, deberán asegurar una correcta identificación de las muestras.

Respecto de la toma de muestras puntuales el monitoreo es realizado según Instructivo CENMA IDE-MU-104 Muestreo de Aguas Superficiales basado en las siguientes referencias normativas:

- Norma NCh-411/6. Of 98 Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestro de ríos y cursos de agua
- Standard Methods for examination water and wastewater, Ed 22, 2012. Método 1060 Preservación y toma de muestras.

- NCh- 411/3: 2014 Calidad del Agua- Muestreo- Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de muestras

Consideraciones generales

En la elección del punto de muestreo se involucran dos aspectos:

- La selección de la Zona de muestreo, es decir, el emplazamiento de la sección transversal del muestreo dentro del Tramo correspondiente a cada área de observación.
- La identificación del punto preciso de la zona de muestreo, de acuerdo a las coordenadas dadas en la licitación.
- Para obtener una muestra representativa se debe efectuar el muestreo donde el cuerpo de agua sea lo más homogéneo posible. No se deben tomar muestras cerca de represas, malecón (murallón para defensa y contención de las aguas) o pilares de puentes, debido a que el patrón de flujo no natural altera la representatividad de la muestra.
- Se debe evitar remover el fondo del cuerpo de agua cuando este no es profundo, y tomar muestras en el fondo u orilla del cuerpo de agua. Se debe tener cuidado de no perturbar los sedimentos
- Los puntos de muestreo no deberán estar cerca de los límites de cauce.
- No se deben tomar muestras cerca de la superficie, fondo u orilla. Las muestras deberán tomarse al menos 30 cm bajo la superficie, en caso de que sea posible.
- La toma de muestra puede ser realizada:
 - Directamente a los envases
 - Mediante un recipiente intermedio (ej. Balde, bidón)
 - Otro método, dependiendo de las condiciones geográficas del terreno

Equipos y Elementos para la toma de muestras

1. Extensión para evitar tomar la muestra en los límites del cauce
2. Balde o bidón de 10 L aprox. con cuerda, en caso de disponer de un puente u otra estructura que permita su uso. En caso de toma de muestras microbiológicas, el balde y cuerda deben estar esterilizados.
3. Se utilizarán guantes para realizar todas las actividades de manipulación de las muestras hasta su sellado (cierre final del envase), para evitar la contaminación de las mismas y como medida de seguridad para el personal de muestreo (el uso de guantes también es obligatorio durante la medición de los parámetros en terreno).
4. Bomba de vacío

5. Sistema de Filtración
6. Convertidor corriente (conexión bomba vacío con toma corriente camioneta)
7. Filtros membrana 0.45 μ tamaño de poro.
8. Preservantes (Hielo o Ice-pack, HNO₃, H₂SO₄)
9. Implementos de seguridad (bototo, botas y ropa de agua, chaleco reflectante)
10. Equipo Multiparametro Hanna HI 9828
11. Camioneta doble tracción

Método de Muestreo de superficie

Consiste en sumergir un recipiente de boca ancha (balde o cubo) de volumen suficiente para realizar los distintos análisis, justo por debajo de la superficie para recolectar la muestra. En el caso de tomar muestras microbiológicas, se pueden utilizar el frasco esterilizado directamente o bien, un recipiente esterilizado previamente. Es recomendable tomar la muestra en envases previamente preservados y de esta manera, evitar trasvasijos intermedios.

Las muestras en aguas superficiales de ríos y cursos de aguas son muestras puntuales, que se toman como se describe a continuación:

- Ubicar lugar de geo referencia y definir el punto de muestreo más adecuado, registrar coordenadas del punto con GPS.
- Tomar el envase de la base y sumergirlo rápidamente unos 20-30 cm con el cuello hacia abajo, enseguida darlo vuelta de modo que el gollete quede más elevado que la base del envase. La boca del envase debe estar en sentido contrario a la corriente para evitar contacto del agua con las manos.
- Si el agua no tiene corriente natural, entonces crear una corriente artificial con las manos desplazando el envase en sentido horizontal.
- Llenar cada uno de los envases requeridos o dejar un espacio de aireación o para mezcla dependiendo del análisis a realizar.
- En el caso de muestras microbiológicas, dejar un espacio de aire de aproximadamente 1/4 de la capacidad del envase, con el fin de permitir la presencia de oxígeno que requieren los microorganismos si se encuentran presentes.
- Si es utilizado un contenedor intermedio (balde), se debe ambientar al menos 3 veces con la muestra, antes de utilizarlo y posteriormente se vierte la muestra directamente al envase.

- Para una muestra microbiológica el envase se debe abrir inmediatamente antes de tomar la muestra, cuidando que la tapa y el gollete no se contamine con la mano; enseguida se llena la botella sin enjuagar y se cierra lo más pronto posible. En caso que se deba utilizar un recipiente auxiliar para alcanzar la muestra, éste debe estar esterilizado.
- Se debe evitar la extracción de películas superficiales y también la toma de muestras en zonas de orillas. En algunos casos se debe utilizar brazo extensible para la toma de muestras, si procede.
- Las muestras se preservan de acuerdo a los análisis requeridos. La metodología de preservación se encuentra descrita en instructivo IDE-MU-001 “Preservación de las muestras, transporte y recepción conforme”.
- Se debe verificar el pH en aquellos envases que tengan muestras que deban preservarse a un pH determinado, según las indicaciones del laboratorio.
- Si es necesario filtrar la muestra, esta actividad debe ser realizada en terreno, previo a la adición de preservantes.
- Etiquetar y guardar las muestras en un contenedor o cooler de material aislante, con suficiente hielo, ice o gel pack, cuidando de disponer un sistema que permita evidenciar la temperatura de transporte de las muestras hasta el laboratorio (termómetros de máxima y mínima).
- Proceder a efectuar el registro de los datos de terreno (identificación del punto de muestreo, fecha y hora de recolección, etc.).



Los datos obtenidos son consignados en el formulario: [FDE-MU-010104: Hoja de Terreno Aguas Superficiales](#)

Medición en Terreno de Parámetros Físico-Químicos

Corresponde al control de parámetros *in situ*, durante el proceso de toma de muestra, variables que serán controladas con equipos de propiedad de CENMA y quedarán registrados en la Hoja de terreno.

La medición de los parámetros de temperatura, Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH se realizarán *in situ*, de acuerdo a lo solicitado, utilizando equipos multiparámetros descritos a continuación:

Los equipos multiparámetros serán utilizados de acuerdo a lo señalado en instructivos CENMA correspondientes, señalados en el siguiente listado. CENMA para la ejecución del servicio utilizará uno de los equipos:

- IDE-MU-012: Instructivo de uso, mantención y ajuste sonda multiparámetros HANNA-9828.

Calibración Equipo Multiparametro.

Al inicio del día de monitoreo se deberá realizar la verificación del funcionamiento del equipo, en al menos dos puntos para pH y un punto para Conductividad. Esta verificación debe quedar registrada en la Planilla Ajuste y/o verificación de equipos.

Para la verificación de los equipos existen rangos de aceptación señalados en instructivo para pH 4, pH 7, pH 10, conductividad eléctrica.

Cada vez que se realice un ajuste o verificación de equipo, la solución estándar de conductividad y de buffer de pH utilizadas debe ser descartada en envase definido para este fin, la que posteriormente será eliminada en el Laboratorio de acuerdo a procedimientos CENMA.

La calibración del oxigenómetro (oxígeno disuelto) se realiza con solución de oxígeno cero HI 7040 de, mientras que la calibración del 100% es hecha en aire.

Filtración de Muestras en Terreno

Dado que para este proyecto se requiere la filtración de muestras para análisis de Plomo, Níquel y Zinc disuelto. Esta filtración será realizada en terreno inmediatamente después de la toma de muestra.

Procedimiento de Filtración en Terreno

- La filtración se realiza utilizando un sistema de filtración conectado a una bomba de vacío.
- Se pone un filtro de membrana de nitrocelulosa de 0.45 μ tamaño de poro en el plato - soporte del sistema de filtración. Una vez situado el filtro de membrana se asegura que los anillos que fijan el sistema queden bien cerrados para evitar fuga de la muestra. Si la muestra presenta materia en suspensión considerable, es recomendable realizar en una primera etapa una filtración previa con un filtro de porosidad mayor, como por ejemplo, filtro del tipo Wathman 41, de esta manera se evita cambiar el filtro de porosidad menor varias veces.
- Se conecta una manguera por uno de los brazos laterales de la cámara de recepción a la bomba de vacío, mientras que el otro brazo se cubre con una tapa TPE (para lograr el vacío).
- Se vierte un pequeño volumen de la muestra en la cámara superior del sistema (a modo de cebar la cámara de filtración) y se enciende la bomba, inmediatamente comenzará a pasar la muestra hacia la cámara inferior de recepción ya filtrada. Se utiliza este filtrado para cebar la cámara inferior de recepción del sistema de vacío, debiendo descartarse.
- Se vierte la muestra en la cámara superior del sistema y se enciende la bomba; inmediatamente comenzará a pasar la muestra hacia la cámara inferior de recepción ya filtrada.
- Una vez que haya pasado toda la muestra a la cámara inferior de recepción, se debe parar la bomba, desmontar la cámara superior, rodando los anillos y retirar el plato soporte con la membrana ya utilizada.
- Finalmente, se saca el filtrado, vertiéndolo por la parte superior de la cámara de recepción inferior o bien por los brazos laterales de esta.
- Inmediatamente terminado el filtrado, se debe preservar la muestra.

Preservación Transporte y Almacenamiento de Muestras

Las muestras deben ser preservadas inmediatamente después de su colección, las condiciones de almacenamiento y transporte son también críticas y se registrarán según instructivo CENMA IDE-MU-001: Instructivo preservación de las muestras, almacenamiento y transporte”

Procedimiento de Preservación de Muestras

La preservación de las muestras se refiere al control de pH, adición de compuestos químicos y a la refrigeración de éstas, si fuera necesario, de acuerdo a normativas vigentes y a lo señalado por el laboratorio en que se realizarán los análisis de las muestras.

El tipo de preservante y el pH requerido son indicados por el laboratorio en las etiquetas de los envases.

El laboratorio, entrega los envases con los preservantes incorporados, de acuerdo a las baterías de análisis solicitadas por el mandante. Además, también otorga preservantes adicionales, para agregar en terreno, en caso que las muestras no cumplan con el pH requerido



Refrigeración de Muestras

Las muestras son refrigeradas de acuerdo a la normativa vigente durante el transporte:

Para muestras de Aguas Superficiales para ensayos físico-químicos en un rango de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$, evitando el congelamiento.

Para ensayos microbiológicos en muestras de aguas superficiales, temperatura menor a 10°C , evitando el congelamiento.

Para ello las muestras se almacenarán en coolers y en su interior se colocarán unidades de frío y/o hielo, los que se repondrán según necesidad, mientras dure el muestreo y hasta que se haga la entrega a laboratorio.



Almacenamiento de Muestras

Las muestras recolectadas se van guardando inmediatamente en cajas refrigeradas (cooler) con hielo y protegidas de la luz, de manera tal, que no se deterioren ni pierdan su contenido.



Transporte de Muestras al Laboratorio de Análisis

Las muestras son entregadas a laboratorio cuidando los “holding time”, es decir, el tiempo máximo transcurrido entre la toma de muestra y el ingreso de ésta al laboratorio.

Todas las muestras colectadas son entregadas al laboratorio cumpliendo los tiempos de envase establecidos, manteniendo su T° en el rango óptimo permitido por las normativas vigentes. Para esto, se utiliza hielo que se va renovando cada vez que se requiera.

Todas las muestras se ingresan al laboratorio químico con sus respectivas cadenas de custodia, las que deberán ser firmadas por el personal de recepción del laboratorio, certificando su conformidad.

Registro de Información de Datos de Monitoreo

Toda la información del monitoreo realizado por personal de CENMA es registrada en:

- Hojas de terreno
- Cadena de Custodia de muestras
- Listado Registro muestras enviadas

La información registrada es trazable, lo que permite en todo momento, un control efectivo y el seguimiento de las condiciones en que fueron recolectadas y manipuladas las muestras.

5. Plan de Trabajo Muestreo

El detalle de los puntos de muestreo y su condicionalidad se detalla a continuación:

Muestreos para la Red de Observación

Consideración: Este muestreo se realiza conjuntamente con personal de la DGA.

Estaciones DGA: Si

Puntos de Muestreo: 11

Frecuencia: 3 veces al año.

Análisis: Las muestras se trasladan al Laboratorio subcontratado

Envases: Proporcionado por Laboratorio Subcontratado

Tabla 5. Estaciones de monitoreo y análisis realizados en la cuenca del Maipo para este estudio en la red de observación realizados en puntos de Control. (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	PUNTOS DE MUESTREO – ESTACIONES DGA										
	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	AN-1	MP-1	MP-2	LA-1	PU-1	PA-2
SST	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SDT			3		3			3	3		
Turbidez			3		3			3	3		
A y G				3	3	3		3	3	3	3
Detergentes				3	3	3		3	3	3	3
Coli fecales				3	3	3	3	3	3	3	3
Salinidad				3							
Alcalinidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
NH ₄			3	3	3		3	3	3		
NT			3	3	3	3		3	3	3	3
CN									3		
S ⁻									3		
Fenoles									3		

Consideración: Este muestreo se realiza conjuntamente con personal de la DGA.
 Estaciones DGA: Si
 Puntos de Muestreo: 9
 Frecuencia: 1 veces al año.
 Análisis: Las muestras se trasladan al Laboratorio subcontratado
 Envases: Proporcionado por Laboratorio Subcontratado

Tabla 6. Estaciones de monitoreo y análisis realizados en la cuenca del Maipo para este estudio en la red de observación realizados en puntos de Observación. (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	PUNTOS DE MUESTREO – ESTACIONES DGA								
	VOL	YESO	OL	CLAR	EA	EYL	FRA	MOL	ECO
DBO5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PO4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SST	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SDT									
Turbidez									
A y G									1
Detergentes									1
Coli fecales									1
Alcalinidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NH ₄									
NT	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CN		1				1			
S ⁻		1				1			
Fenoles		1				1			

Consideración: No participa personal de la DGA. Filtrar muestras en terreno.
 Estaciones DGA: No
 Puntos de Muestreo: 5
 Frecuencia: 1 vez al año.
 Análisis: Las muestras se trasladan al Laboratorio Ambiental de la DGA
 Envases: Proporcionado por Laboratorio de la DGA

Tabla 7. Estaciones de monitoreo y análisis realizados en la cuenca del Maipo para este estudio en la red de observación realizados en puntos de observación no oficiales. (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	PUNTOS DE MUESTREO –SIN ESTACIONES DGA				
	MA-1 No. of	AN-1 No. of	MP-2.2 No. of	PU-1 No. of	COL-No. of
OD	1	1	1	1	--
CE	1	1	1	1	1
CL ⁻	1	1	1	1	1
SO ₄ ⁻	1	1	1	1	1
P T	--	1	1	1	1
Na	1	1	1	1	1
Ca	1	1	1	1	1
Mg	1	1	1	1	1
K	1	1	1	1	1
Al (d)	1	1	1	1	1
As (d)	1	1	1	1	1
Cd(d)	1	1	1	1	1
Cr (d)	1	1	1	1	1
Cu d)	1	1	1	1	1
Fe (d)	1	1	1	1	1
Pb (d)	1	1	1	1	1
Ni (d)	1	1	1	1	1
Zn (d)	1	1	1	1	1
Al (t)	1	1	1	1	1

As (t)	1	1	1	1	1
Cd(t)	1	1	1	1	1
Cr (t)	1	1	1	1	1
Cu)t)	1	1	1	1	1
Fe (t)	1	1	1	1	1
Pb (t)	1	1	1	1	1
Ni (t)	1	1	1	1	1
Zn (t)	1	1	1	1	1

Consideración: No participa personal de la DGA.

Estaciones DGA: No

Puntos de Muestreo: 5

Frecuencia: 1 vez al año.

Análisis: Las muestras se trasladan al Laboratorio Subcontratado

Envases: Proporcionado por Laboratorio Subcontratado

Tabla 8. Estaciones de monitoreo y análisis realizados en la cuenca del Maipo para este estudio en la red de observación realizados en puntos de observación no oficiales. (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	PUNTOS DE MUESTREO –SIN ESTACIONES DGA				
	MA-1 No. of	AN-1 No. of	MP-2.2 No. of	PU-1 No. of	COL-No. of
DBO ₅		1	1	1	1
NO ₃		1		1	
PO ₄		1	1	1	1
pH	1	1	1	1	1
T°	1	1	1	1	1
SST	1	1	1	1	1
SDT					
Turbidez					
A y G		1	1	1	
Detergentes			1	1	
Coli fecales		1	1	1	
Alcalinidad	1	1	1	1	1
NH ₄			1		
N T		1	1	1	1

RESULTADOS

Los resultados del presente informe abarcan reuniones con la contraparte técnica, y el desarrollo de los Objetivos de la metodología desarrollada para esta consultoría.

Reunión con la contraparte técnica

Se realizaron dos reuniones con la contraparte técnica, donde se expuso la metodología utilizada en el desarrollo de la consultoría y se acordaron ajustes metodológicos para el desarrollo de esta consultoría.

Los ajustes metodológicos acordados fueron:

1. Una salida a terreno en conjunto para verificar puntos que aparecen dudosos o de difícil acceso, los que corresponden a puntos no oficiales.
2. Respecto a la fisicoquímica se acordó trabajar con laboratorio externo SGS y se determinó la logística de entrega de envases y muestreos correspondientes a los que debe facilitar la DGA.
3. Respecto de los bioindicadores, se precisó que la utilización de los índices bióticos se refieren a ChSignal y ChBMWP, y se acordó utilizar como bioensayo el test de inhibición de crecimiento poblacional de *Pseudokirchneriella subcapitata*.

Resultados Objetivo 1: Realizar toma de muestras y análisis de ensayos ecotoxicológicos

Siguiendo la metodología descrita en este documento, se tomaron muestras en los ocho puntos considerados en este trabajo para bioensayo (ver Tabla 1). El bioensayo con *Pseudokirchneriella subcapitata* se muestra en la Figura 2 y arrojó los siguientes resultados:

El control de toxicidad con Dicromato de Potasio muestra que la cepa es inhibida desde la concentración más baja ensayada (0.15 µg/L) y por lo tanto muestra sensibilidad a un tóxico conocido, siendo una buena cepa para realizar bioensayo.

Las muestras MA3, MA4, MA5, MP1, LA1 y AN1 mostraron efectos significativos de inhibición del crecimiento poblacional de *P. subcapitata* en todas las concentraciones ensayadas, inhibiendo al 50% de la población en la concentración sin diluir (100%) luego de 96 horas.

Las muestras MP2 y PU2 mostraron efectos significativos de inhibición del crecimiento poblacional de *P. subcapitata* desde una concentración ensayada de 12,5%, y sin llegar a inhibir al 50% de la población en la máxima concentración (sin diluir, 100%) luego de 96 horas.

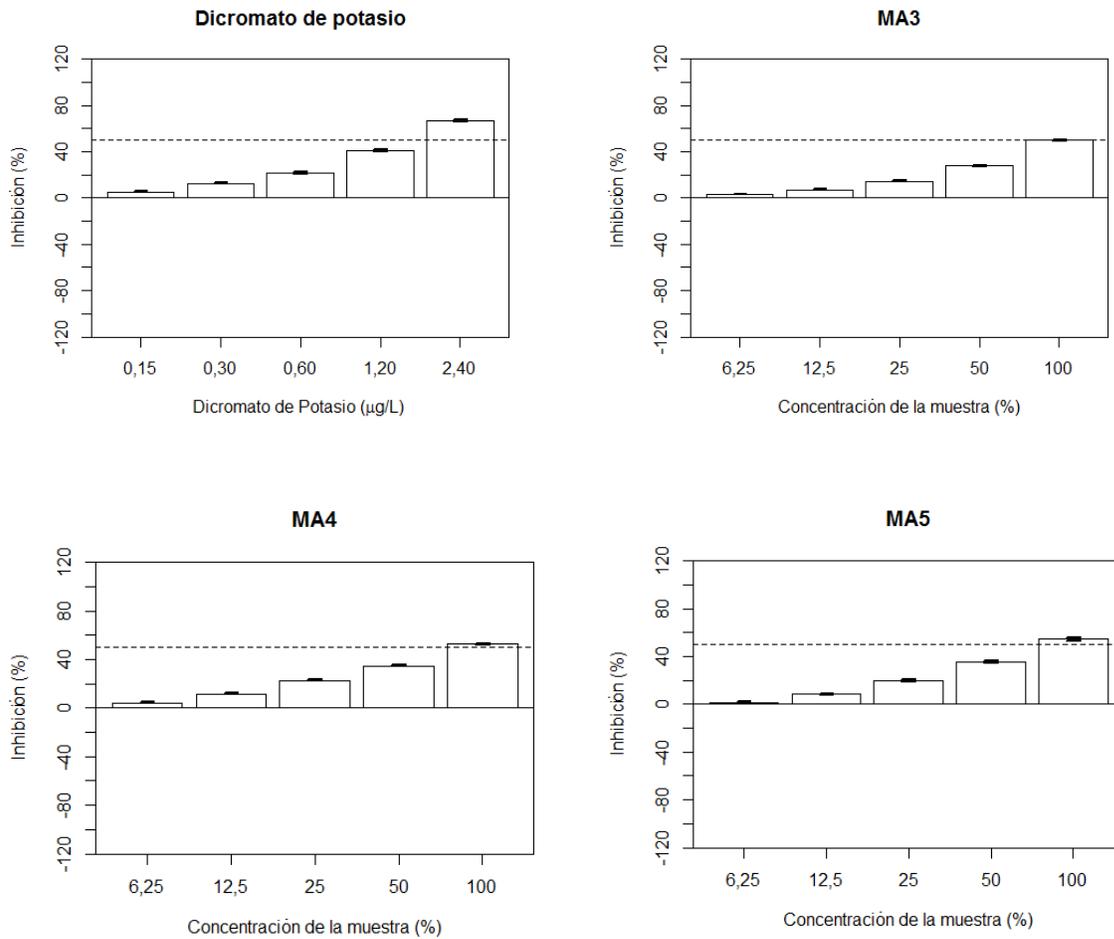


Figura 2. Inhibición del crecimiento poblacional relativo al control negativo (media \pm intervalo de confianza del 95%) de *Pseudokirchneriella subcapitata* (ex *S. capricornutum*) expuestos a medios con Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y a las muestras evaluadas para distintas concentraciones en un período de 96 horas.

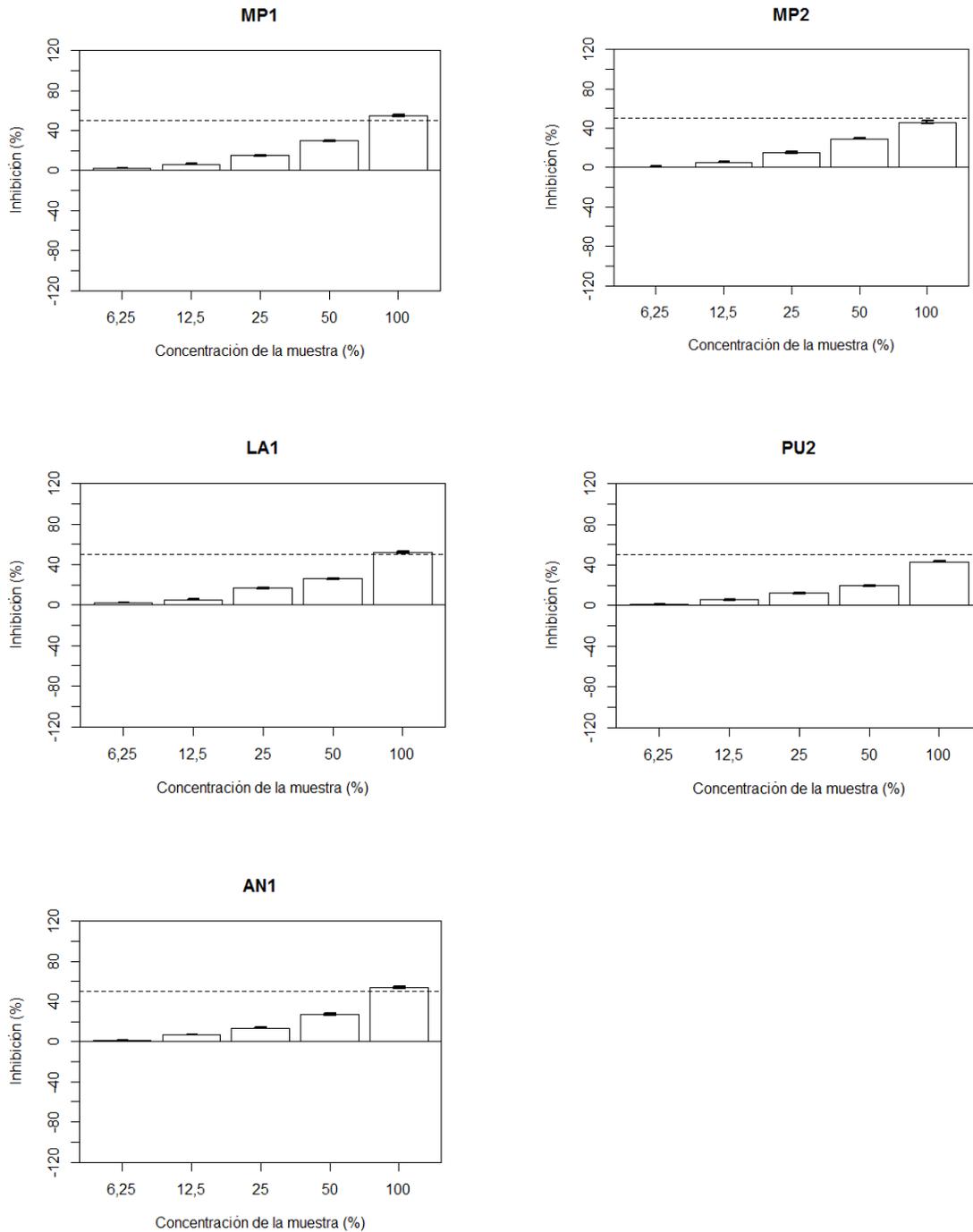


Figura 2. (Continuación). Inhibición del crecimiento poblacional relativo al control negativo (media \pm intervalo de confianza del 95%) de *Pseudokirchneriella subcapitata* (ex *S. capricornutum*) expuestos a medios con Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y a las muestras evaluadas para distintas concentraciones en un período de 96 horas.

Resultados Objetivo 2: Realizar análisis de bioindicadores de acuerdo a las condiciones y frecuencia de monitoreo contenidos en la “Red de Observación”

Se tomaron muestras biológicas de Macroinvertebrados bentónicos en los once puntos considerados en este trabajo (ver Tabla 1) durante el mes de Octubre de 2015. El listado de taxa encontrado con sus abundancias se presentan en la Tabla 9, mientras que el resultado de la los índices bióticos se presentan en la Tabla 10.

Tabla 9. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la cuenca del Maipo en la campaña de Octubre de 2015. (Fuente: elaboración propia)

Taxa / Estación	MP1	MP2	AN1	LA1	PU1	PU2	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5
ACARI											
Acari										1	
COLEOPTERA											
Dytiscidae					11						
Elmidae	16		10						2	15	25
COLLEMBOLA											
Collembola		2	1								
DIPTERA											
Blephariceridae	1							1			
Ceratopogonidae											
Chironomidae	10	190	10		170	150		13	1	79	64
Ephydriidae	1		1		1						
Psychodidae		1									
Simuliidae							1				
Tipulidae	5										
EPHEMEROPTERA											
Baetidae	10		18								
ODONATA											
Coenagrionidae			1								
PLECOPTERA											
Gripopterygidae	15										
TRICHOPTERA											
Hydropsichyidae	13		12					1		1	
Hydrobiosidae	2						1				
Hydroptilidae			1								
ANNELIDA											
Hirudinea		5				2					
Oligochaeta		2	10		13	48			2	102	110
MOLLUSCA											
Planorbidae					5						
Physidae			6							2	1
ABUNDANCIA TOTAL	73	200	70	0	200	200	2	15	5	200	200
RIQUEZA TOTAL	9	5	10	0	5	3	2	3	3	6	4

Tabla 10. Valores de clases de calidad del índice ChBMWP y ChSIGNAL para los ríos evaluados en la campaña de Octubre de 2015 en la cuenca del Maipo. (Fuente: elaboración propia)

Índice Biótico	MP1	MP2	AN1	LA1	PU1	PU2	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5
ChSIGNAL	5.4	2.2	3.8	0	2.2	2	6	2.6	3	3.5	3
ChBMWP	49	11	38	0	11	6	12	8	9	21	12

Leyenda de colores y clases de calidad

Clase	1	2	3	4	5
	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala

Ambos índices muestran una calidad ecológica similar para todas las estaciones estudiadas donde solo la estación MP1 presenta un estado ecológico Bueno, mientras las demás estaciones presentan un estado ecológico regular a malo. La excepción de esto es MA1, en la cual solo se encontraron dos individuos de dos taxa distintos y donde ambos son indicadores de buena calidad, por lo que el índice ChSIGNAL lo cataloga como una estación con un estado ecológico de excelencia. Sin embargo esta estación claramente presenta baja riqueza y diversidad de taxa, por lo que es el índice ChBMWP el que evalúa mejor el estado ecológico de esa estación de monitoreo.

En general las abundancias son bajas en la mayoría de las estaciones monitoreadas que pertenecen a la parte alta de la cuenca. La alta abundancia de las estaciones en la parte medio y baja de la cuenca es debido a la presencia de Chironomidae y Oligochaeta, ambas familias altamente tolerante a la contaminación y a las perturbaciones. Esto es reflejado por los índices bióticos que evalúan la calidad de los sitios como perturbados en la parte media y baja de la cuenca (Figura 3 y Figura 4).

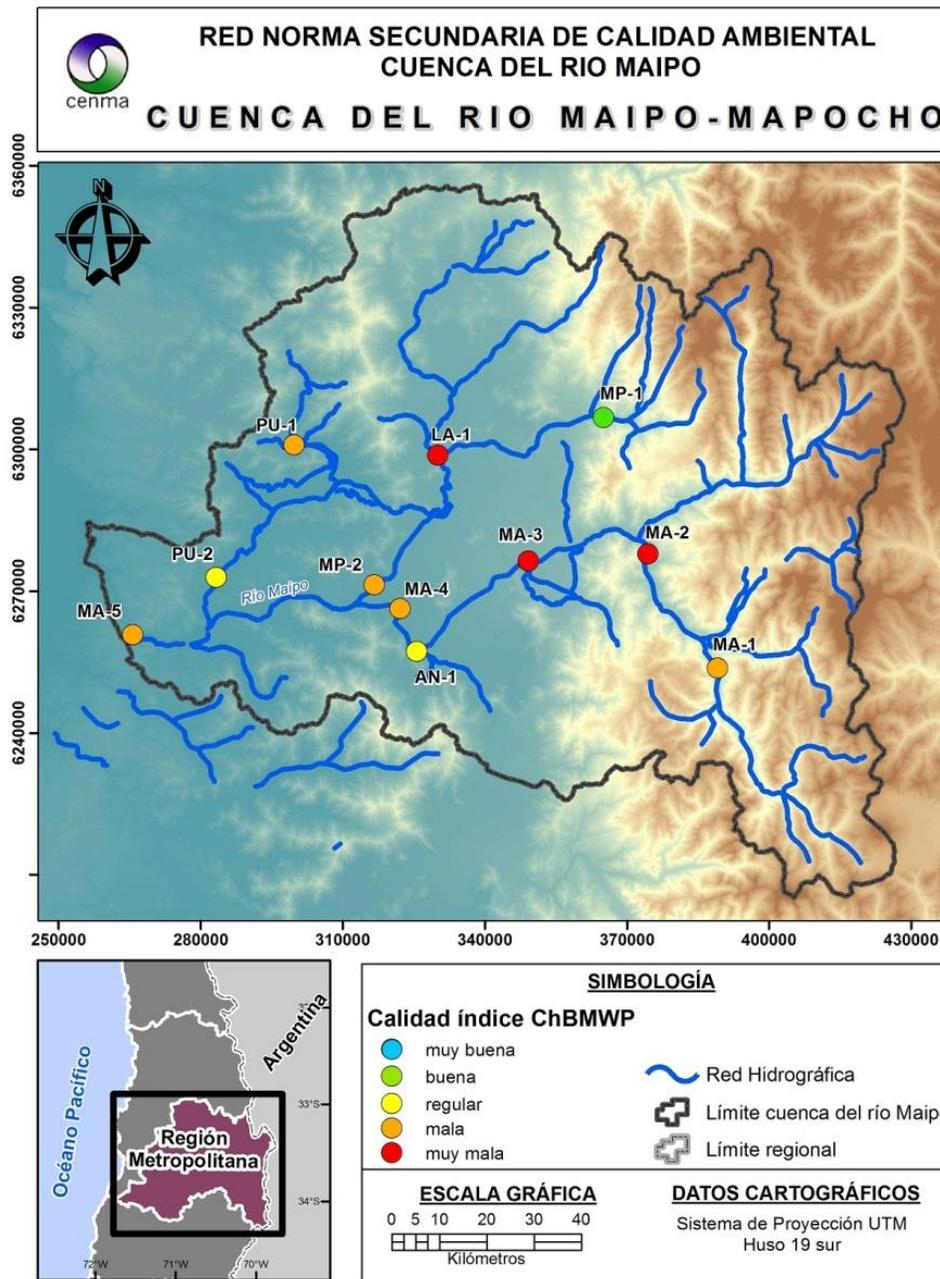


Figura 3. Mapa Calidad de la cuenca del Maipo en las estaciones de monitoreo de este proyecto obtenidas según el índice biótico ChBMWP. (Fuente: elaboración propia).

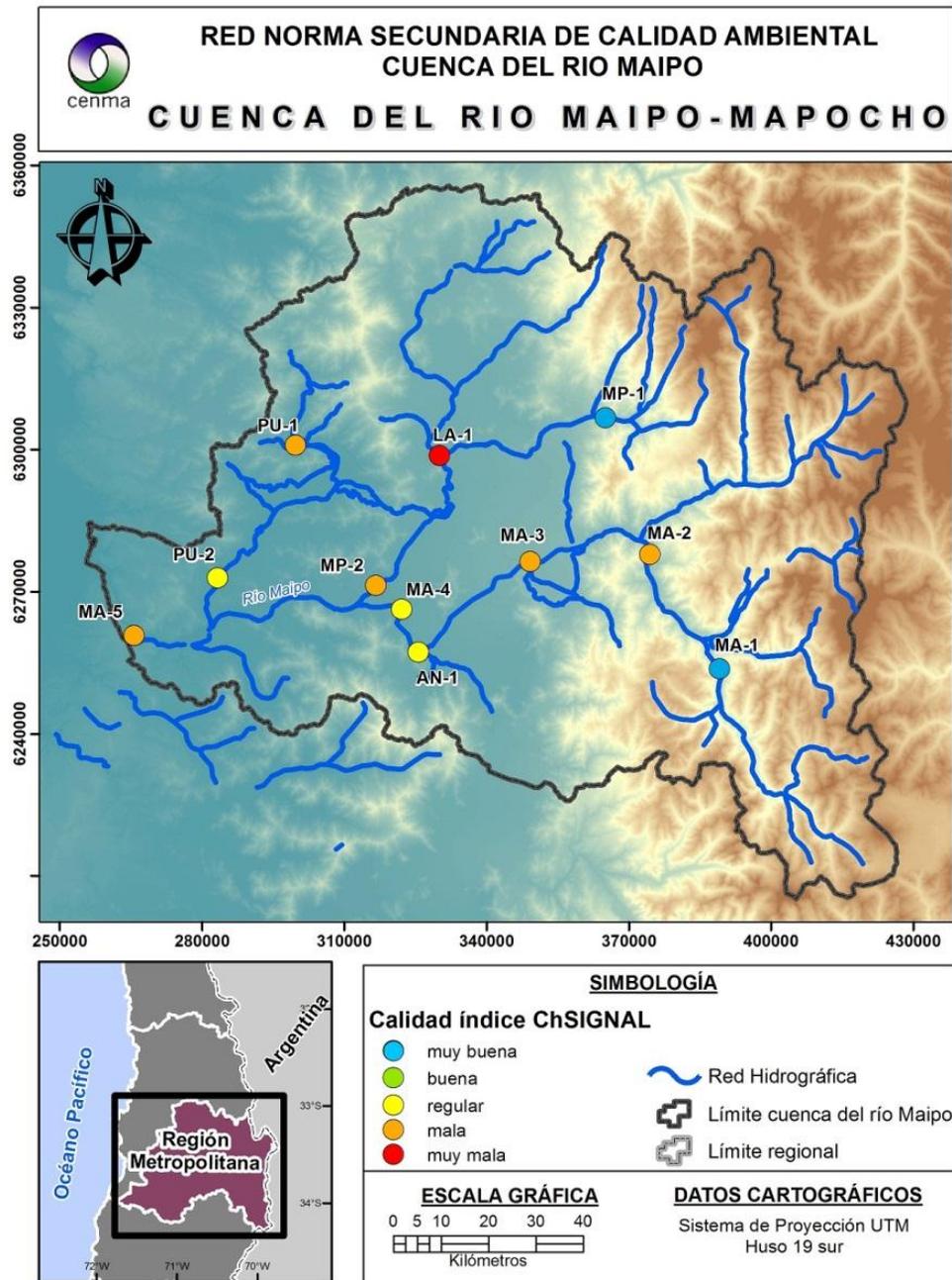


Figura 4. Mapa Calidad de la cuenca del Maipo en las estaciones de monitoreo de este proyecto obtenidas según el índice biótico ChSIGNAL. (Fuente: elaboración propia).

Resultados Objetivo 3: Realizar muestreo y análisis, según corresponda, de parámetros físico-químico y bacteriológicos, en la “Red de Control y Red de Observación”.

Resultados Campaña Octubre

Los resultados de los análisis realizados se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 11. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en el lugar (*in situ*) en la cuenca del Maipo para el mes de Octubre de 2015. (T: Temperatura; C.E: Conductividad Eléctrica, O.D: Oxígeno Disuelto) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	Fecha Análisis Fecha Muestreo	Hora	ANALISIS IN SITU				
			T °C	pH upH	C.E uS/cm	O.D. mg/L	O.D. % Sat
MA-1	13/10/2015	11:30	10.32	6.12	729	7.81	85.4
MA-2	13/10/2015	12:45	9.90	6.89	1394	9.55	96.0
MA-3	13/10/2015	13:40	16.9	6.74	1642	7.36	88.1
MA-4	16/10/2015	11:56	14.15	7.66	1240	7.38	73.6
MA-5	16/10/2015	17:47	15.83	7.85	1658	7.31	73.3
AN-1	16/10/2015	10:32	13.91	7.11	1175	6.71	67.4
MP-1	15/10/2015	10:15	5.18	5.72	258	10.6	91.2
MP-2	16/10/2015	13:05	15.5	7.88	1744	7.70	77.0
LA-1	15/10/2015	12:00	13.4	6.4	1580	7.05	72.8
PU-1	15/10/2015	12:50	17.3	7.35	329	8.48	92.1
PU-2	16/10/2015	16::10	15.49	7.59	1801	6.47	64.7
VOL	21/10/2015	12:15	12.82	8.25	1105	7.42	83.7
YESO	21/10/2015	11:45	9.64	7.44	1254	8.91	93.7
OL	21/10/2015	15:30	12.83	8.54	858	7.73	86.8
CLAR	21/10/2015	18:50	12.3	8.17	150	9.2	98.0
EA	15/10/2015	11:00	6.89	6.41	368	9.91	91.3
EYL	20/10/2015	12:45	6.98	7.03	297	9.35	92.0
FRA	20/10/2015	11:45	8.96	6.82	432	9.18	92.8
MOL	20/10/2015	12:30	7.68	7.25	202	9.95	97.5
ECO	20/10/2015	14:20	13.45	7.15	195	9.16	97.1
MA-1 No. of	22/10/2015	14:00	15.00	7.79	1570	7.35	89.8
AN-1 No. of	22/10/2015	18:20	20.00	7.98	324	8.14	94.6
MP-2.2 No. of	20/10/2015	16:35	13.92	7.31	871	9.18	95.4
PU-1 No. of	27/10/2015	12:35	18.30	7.20	251	9.70	100.00
COL No Of	21/10/2015	16:00	11.76	8.27	957	8.63	92.3

Tabla 12. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio SGS para la cuenca del Maipo en el mes de Octubre de 2015. (SST: Sólidos Suspendidos Totales; SDT: Sólidos Disueltos Totales; A y G: Aceites y Grasas; Deterg: Detergentes; CF: Coliformes Fecales; Salin: Salinidad; Alcal: Alcalinidad; NH₄: Amonio, NTK: Nitrógeno Kjeldahl) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	SST mg/L	SDT mg/L	Turbidez NTU	A y G mg/L	Deterg mg/L	CF NMP/100 ml	Salin ‰	Alcal mg/L	NH ₄ mg/L	NTK mg/L
MA-1	7	--	--	--	--	--	--	76.7	--	--
MA-2	184	--	--	--	--	--	--	109	--	--
MA-3	185	1220	190	--	--	--	--	144	<0,03	0.9
MA-4	62	--	--	<10	<0,1	>1600*	<1	144	<0,03	3.5
MA-5	56	1007	34	<10	<0,1	>1600*	--	161	<0,03	7.6
AN-1	116	--	--	<10	<0,1	>1600*	--	138	--	2.8
MP-1	61	--	--	--	--	17	--	45.8	<0,03	--
MP-2	13	989	5.2	<10	<0,1	>1600*	--	193	<0,03	6.6
LA-1	101	901	80	<10	<0,1	240	--	156	<0,03	1.8
PU-1	<5	--	--	<10	<0,1	49	--	106	--	1.0
PU-2	64	--	--	<10	<0,1	>1600*	--	161	--	8.4
VOL	<5	--	--	--	--	--	--	196	--	0.6
YESO	37	--	--	--	--	--	--	98.4	--	0.6
OL	<5	--	--	--	--	--	--	100	--	0.8
CLAR	7	--	--	--	--	--	--	30.6	--	0.6
EA	14	--	--	--	--	--	--	56.3	--	1.3
EYL	121	--	--	--	--	--	--	25.7	--	0.9
FRA	231	--	--	--	--	--	--	37.6	--	1.8
MOL	306	--	--	--	--	--	--	41.2	--	1.1
ECO	1008	--	--	10	<0,1	70	--	63.4	--	1.1
MA-1 No. of	6	--	--	--	--	--	--	83.2	--	
AN-1 No. of	50	--	--	<10	--	220	--	53.9	--	1.8
MP-2.2 No. of	721	--	--	<10	<0,1	>1600*	--	97.2	<0,03	1.5
PU-1 No. of	<0,5	--	--	<10	<0,1	49	--	91.7	--	0.4
COL No Of	91	--	--				--	51.7	--	0.8

* Valor entregado desde laboratorio SGS (no se entrega el valor absoluto)

Tabla 13. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio SGS para la cuenca del Maipo en el mes de Octubre de 2015. (CN: Cianuro; S⁻: Azufre; DBO₅: Disponibilidad Biológica de Oxígeno; PO₄: Fosfatos; NO₃: Nitratos) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	CN mg/L	S ⁻ mg/L	Fenol mg/L	DBO ₅ mg/L	PO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	pH UpH
MA-1	--	--	--	--	--	--	--
MA-2	--	--	--	--	--	--	--
MA-3	--	--	--	--	--	--	--
MA-4	--	--	--	--	--	--	--
MA-5	--	--	--	--	--	--	--
AN-1	--	--	--	--	--	--	--
MP-1	--	--	--	--	--	--	--
MP-2	--	--	--	--	--	--	--
LA-1	<0,02	<0,2	<0,001	--	--	--	--
PU-1	--	--	--	--	--	--	--
PU-2	--	--	--	--	--	--	--
VOL	--	--	--	2	<0,02	--	--
YESO	<0,02	<0,2	<0,001	<2	<0,02	--	--
OL	--	--	--	<2	<0,02	--	--
CLAR	--	--	--	<2	<0,02	--	--
EA	--	--	--	<2	0.03	--	--
EYL	<0,02	<0,2	<0,001	4	0.03	--	--
FRA	--	--	--	3	0.21	--	--
MOL	--	--	--	5	0.10	--	--
ECO	--	--	--	2	0.09	--	--
MA-1 No. of	--	--	--	--	--	--	8.0
AN-1 No. of	--	--	--	2	0.06	5.9	--
MP-2.2 No. of	--	--	--	5	0.09	--	7.7
PU-1 No. of	--	--	--	<2	<0,02	0.05	8.1
COL No Of	--	--	--	<2	0.12	--	8.3

Tabla 14. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio DGA para la cuenca del Maipo en el mes de Octubre de 2015. (Cl: Cloruro; Cr: Cromo; Ni: Niquel, Pb: Plomo, Zn: Zinc; NO₃: Nitratos; PO₄: Fosfatos;) (Fuente: elaboración propia)

NOMBRE ESTACIÓN	Cl ⁻ Método SM 4500-Cl C	Cr (1) Método SM 3120 B (4)	Ni (2) Método SM 3111 C (4)	Pb (2) Método SM 3111B (4)	Zn (3) Método SM 3111 B	N-(NO ₃) Metodo salicilato	P - PO ₄ ⁻² SM 4500 - P E.
	L.D: 2,5 mg/L	L.D: 0,01 mg/L	L.D: 0,001 mg/L	L.D: 0,005 mg/L	L.D: 0,01 mg/L	L.D: 0,010 mg/L	L.D: 0,003 mg/L
MA1	114.3	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	0.176	0.011
MA2	254.4	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	0.229	0.009
MA3	261.4	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	0.283	0.020
MA4	185.4	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	< 0.010	0.046
MA5	188.2	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	7.307	0.388
AN1	140.8	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	2.671	0.125
MP1	17.4	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	0.833	0.011
MP2	200.7	< 0.01	< 0.001	< 0.005	0.02	4.882	1.102
LA1	180.5	< 0.01	< 0.001	< 0.005	0.01	1.006	0.199
PU1	< 2.5	< 0.01	< 0.001	< 0.005	< 0.01	8.062	0.010
PU2	223.7	< 0.01	< 0.001	< 0.005	0.01	0.304	0.061

Resultados Campaña Noviembre

Los resultados de los análisis realizados se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 15. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en el lugar (*in situ*) en la cuenca del Maipo para el mes de Noviembre de 2015. (T: Temperatura; C.E: Conductividad Eléctrica, O.D: Oxígeno Disuelto) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	Fecha Análisis Fecha Muestreo	Hora	ANALISIS IN SITU				
			Temp °C	pH upH	C.E uS/cm	O.D. mg/L	O.D. % Sat
MA-1	16/11/2015	13:30	11.31	6.23	1359	7.93	85.0
MA-2	16/11/2015	15:00	11.75	6.86	1066	8.75	92.7
MA-3	16/11/2015	16:55	14.23	6.81	995	8.7	93.0
MA-4	18/11/2015	12:00	12.50	7.73	1020	8.24	80.3
MA-5	18/11/2015	16:35	20.02	7.87	1306	8.76	94.2
AN-1	18/11/2015	10:30	10.60	7.65	788	8.59	82.9
MP-1	16/11/2015	11:00	11.90	5.96	217	5.92	60.4
MP-2	18/11/2015	13:30	17.00	7.45	1190	6.43	68.8
LA-1	19/11/2015	12:00	16.00	7.86	871	6.73	68
PU-1	19/11/2015	13:00	20.51	8.73	339	9.86	100.03
PU-2	18/11/2015	15:00	19.50	7.69	1560	7.4	79.6

Tabla 16. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio SGS para la cuenca del Maipo en el mes de Noviembre de 2015. (SST: Sólidos Suspendidos Totales; SDT: Sólidos Disueltos Totales; Turb: Turbidez; A y G: Aceites y Grasas; Deterg: Detergentes; CF: Coliformes Fecales; Salin: Salinidad; Alcal: Alcalinidad; NH₄: Amonio; NTK: Nitrógeno Kjeldahl; CN: Cianuro; S⁻: Azufre) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	ANALISIS LABORATORIO												
	SST mg/L	SDT mg/L	Turb NTU	A y G mg/L	Deterg mg/L	CF NMP/100 ml	Salin %	Alcal mg/L	NH ₄ mg/L	NTK mg/L	CN mg/L	S - mg/L	Fenol mg/L
MA-1	390	--	--	--	--	--	--	95.5	--	--	--	--	--
MA-2	536	--	--	--	--	--	--	77.5	--	--	--	--	--
MA-3	1233	506	1400	--	--	--	--	72.0	<0,03	1.0	--	--	--
MA-4	62	--	--	<10	<0,1	>1600*	<1	144	<0,03	3.5	--	--	--
MA-5	56	1007	34	<10	<0,1	>1600*	--	161	<0,03	7.6	--	--	--
AN-1	234	--	--	<10	<0,1	>1600*	--	101	--	2.3	--	--	--
MP-1	422	--	--	--	--	1600	--	29.7	<0,03	--	--	--	--
MP-2	13	989	5.2	<10	<0,1	>1600*	--	193	<0,03	6.6	--	--	--
LA-1	101	901	80	<10	<0,1	240	--	156	<0,03	1.8	<0,02	<0,2	<0,001
PU-1	<5	--	--	<10	<0,1	49	--	106	--	1.0	--	--	--
PU-2	88	--	--	<10	<0,1	>1600*	--	160	--	8.3	--	--	--

* Valor entregado desde laboratorio SGS (no se entrega el valor absoluto)

Tabla 17. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio DGA para la cuenca del Maipo en el mes de Noviembre de 2015. (Cl⁻: Cloruro; Cr: Cromo; Ni: Niquel, Pb: Plomo, Zn: Zinc; NO₃⁻: Nitratos; PO₄³⁻: Fosfatos;) (Fuente: elaboración propia)

NOMBRE	Cl ⁻	Cr (1)	Ni (2)	Pb (2)	Zn (3)	N-NO ₃ ⁻	P - PO ₄ ³⁻
ESTACIÓN	Método SM 4500-Cl C	Método SM 3111B (4)	Método SM 3111 C (4)	Método SM 3111B (4)	Método SM 3111 B	Metodo salicilato	SM 4500 - P E.
	L.D: 2,5 mg/L	L.D: 0,05 mg/L	L.D: 0,001 mg/L	L.D: 0,005 mg/L	L.D: 0,01 mg/L	L.D: 0,010 mg/L	L.D: 0,003 mg/L
MA1	250.2	<0.01	<0.001	<0.005	<0.01		
MA2	171.4	<0.01	<0.001	<0.005	<0.01		
MA3	136.6	<0.01	<0.001	<0.005	0.02		
MA4	112.2	<0.01	<0.001	<0.005	<0.01		
AN1	80.8	<0.01	<0.001	<0.005	0.01		
MP1	4.4	<0.01	<0.001	<0.005	0.01		
MP2		<0.01	<0.001	<0.005	0.02		
LA1	89.9	<0.01	<0.001	<0.005	0.01		
PU1	<2.5	<0.01	<0.001	<0.005	<0.01		
MA5	121.6	<0.01	<0.001	<0.005	<0.01	3.035	0.226
PU2	156.5	<0.01	<0.001	<0.005	0.01	6.511	0.591

Resultados Campaña Diciembre

Los resultados de los análisis realizados se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 18. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en el lugar (*in situ*) en la cuenca del Maipo para el mes de Diciembre de 2015. (T: Temperatura; C.E: Conductividad Eléctrica, O.D: Oxígeno Disuelto) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	Fecha Análisis Fecha Muestreo	Hora	ANALISIS IN SITU				
			Temp °C	pH upH	C.E uS/cm	O.D. mg/L	O.D. % Sat
MA-1	16/12/2015	12:35	10.73	6.56	1189	8.88	96.9
MA-2	16/12/2015	14:10	11.00	7.25	1032	9.95	100.1
MA-3	16/12/2015	16:00	13.54	7.34	973	10.02	100.2
MA-4	18/12/2015	11:10	17.6	7.35	989	8.3	90.4
MA-5	11/12/2015	11:30	19.81	7.65	1259	8.45	90.7
AN-1	18/12/2015	10:15	17.02	7.33	1166	8.76	95.2
MP-1	16/12/2015	9:45	11.24	6.38	383	8.53	90.4
MP-2	11/12/2015	13:40	22.34	7.62	1262	6.34	70.2
LA-1	18/12/2015	12:50	22.70	7.89	1226	4.12	53.5
PU-1	18/12/2015	13:46	25.7	7.65	328	6.54	80.7
PU-2	11/12/2015	12:35	21.42	7.82	1650	7.85	83.2

Tabla 19. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio SGS para la cuenca del Maipo en el mes de Diciembre de 2015. (SST: Sólidos Suspendidos Totales; SDT: Sólidos Disueltos Totales; Turb: Turbidez; A y G: Aceites y Grasas; Deterg: Detergentes; CF: Coliformes Fecales; Salin: Salinidad; Alcal: Alcalinidad; NH₄: Amonio, NTK: Nitrógeno Kjeldahl; CN: Cianuro; S⁻: Azufre) (Fuente: elaboración propia)

Identificación Muestras	ANALISIS LABORATORIO												
	SST mg/L	SDT mg/L	Turb NTU	A y G mg/L	Deterg mg/L	CF NMP/100 ml	Salin ‰	Alcal mg/L	NH ₄ mg/L	NTK mg/L	CN mg/L	S - mg/L	Fenol mg/L
MA-1	454	--	--	--	--	--	--	119.0	--	--	--	--	--
MA-2	548	--	--	--	--	--	--	123.0	--	--	--	--	--
MA-3	899	552	900	--	--	--	--	180.0	<0,03	--	--	--	--
MA-4	625	--	--	<10	<0,1	500000	<1	160	<0,03	1.2	--	--	--
MA-5	397	813	450	<10	<0,1	33	--	162	<0,03	3.8	--	--	--
AN-1	364	--	--	<10	<0,1	140	--	166	--	3	--	--	--
MP-1	83	--	--	--	--	33	--	29.7	<0,03	--	--	--	--
MP-2	249	691	230	<10	<0,1	350	--	146	<0,03	11.5	--	--	--
LA-1	162	1023	190	<10	<0,1	350	--	180	<0,03	1.8	<0,02	<0,2	<0,001
PU-1	35	--	--	<10	<0,1	23	--	125	--	0.5	--	--	--
PU-2	53	--	--	<10	<0,1	1300	--	178	--	9.3	--	--	--

Tabla 20. Estaciones monitoreo y resultados de análisis realizados en laboratorio DGA para la cuenca del Maipo en el mes de Noviembre de 2015. (Cl⁻: Cloruro; Zn: Zinc; NO₃⁻: Nitratos; PO₄⁻³: Fosfatos;) (Fuente: elaboración propia)

NOMBRE ESTACIÓN	Cl ⁻ Método SM 4500-Cl C L.D: 2,5 mg/L	Zn (3) Método SM 3111 B L.D: 0,01 mg/L	N-NO ₃ ⁻ Metodo salicilato L.D: 0,010 mg/L	P - PO ₄ ⁻³ SM 4500- P E. L.D: 0,003 mg/L
MA1	149.5	< 0.01	0.234	0.008
MA2	108.4	< 0.01	0.252	0.011
MA3	88.2	< 0.01	0.257	0.014
MP1	7.6	0.02	0.428	0.008
LA1	56.8	< 0.01	0.956	0.165
PU1	< 2.5	< 0.01	1.776	0.004
MA4	86.4	< 0.01	0.728	0.019
MA5	102.8	< 0.01	3.852	0.178
AN1	77.0	< 0.01	4.626	0.077
MP2	103.5	< 0.01	12.039	0.653
PU2	163.4	< 0.01	16.802	0.595

CONCLUSIONES

Ecotoxicología

Todas las muestras ensayadas arrojaron algún grado de inhibición del crecimiento poblacional de *P. subcapitata*. Solo las muestras MP2 y PU2 mostraron efectos significativos de inhibición del crecimiento poblacional de *P. subcapitata* desde una concentración ensayada de 12,5%, y sin llegar a inhibir al 50% de la población en la máxima concentración (sin diluir, 100%) luego de 96 horas.

Las muestras correspondientes a las estaciones MA3, MA4, MA5, MP1, LA1 y AN1 mostraron efectos significativos de inhibición del crecimiento poblacional de *P. subcapitata* en todas las concentraciones ensayadas, inhibiendo al 50% de la población en la concentración sin diluir (100%) luego de 96 horas, demostrando una inhibición más alta que las estaciones MP2 y PU2.

Es posible que los efectos de inhibición de crecimiento poblacional estén dados por una combinación de: a) la baja cantidad de nutrientes existentes en las aguas de la cuenca del Maipo, lo cual queda de manifiesto en los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos; b) la alta carga de sólidos suspendidos en la columna de agua y c) posible toxicidad en el agua por fuentes de contaminación puntuales y difusas.

Los resultados de bioensayos son coherentes con los obtenidos en los análisis de bioindicadores (ver a continuación, más adelante en el texto), demostrando una calidad deficiente en la cuenca del Maipo.

Bioindicadores

Ambos índices (ChBMWP y ChSIGNAL) muestran una calidad ecológica similar de regular a mala para todas las estaciones estudiadas. Sólo la estación MP1 presenta un estado ecológico Clase 2: Bueno.

En general las abundancias son bajas (menores a 100 individuos en el total de la muestra) en la mayoría de las estaciones monitoreadas que pertenecen a la parte alta de la cuenca (MP1, MA1, MA2). La alta abundancia de las estaciones en la parte media y baja de la cuenca es debido a la presencia de familias altamente tolerante a perturbaciones y condiciones estresantes (Chironomidae y Oligochaeta). En efecto, esto queda reflejado por los índices bióticos que evalúan la calidad de los sitios como perturbados, lo cual es coincidente con los resultados obtenidos en la fisicoquímica estudiada (principalmente con valores elevados de coliformes fecales, bajos en oxígeno y nutrientes, altos en sólidos suspendidos y disueltos) y que se presenta a continuación en el texto.

Fisicoquímica

Los análisis de la fisicoquímica básica evaluada en el lugar, muestran condiciones de pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura aptos para el correcto desarrollo de la vida. Sin embargo el Oxígeno Disuelto adquiere valores un poco más bajo de lo adecuado para el desarrollo correcto de la vida, con valores bajo los 7.8 mg/L en las estaciones MA1 No Of, MA1, MA3, MA4, MA5, MP2, AN1, PU-2, LA-1, VOL y OL.

El sector medio de la cuenca muestra que las Coliformes Fecales tienen valores elevados >1.600 NMP/100ml en las estaciones PU-2, AN-1, MA-5, MA-4, MP-2 y MP-2.2 No. Of. Los sólidos suspendidos y principalmente los sólidos disueltos alcanzan valores muy elevados, todo lo cual impide el correcto desarrollo de la biota, siendo corroborado en los análisis de bioindicadores y bioensayos realizados.

Finalmente los nutrientes por lo general se encuentran en valores bajos excepto para las estaciones MA5, MP2 y PU2 que muestran valores mayores al doble de los registrado en el resto de la cuenca.

RECOMENDACIONES

Debido a las actividades realizadas en la cuenca, y la fuerte presión que las mismas ejercen sobre la calidad de sus aguas, se recomienda continuar con las actividades realizadas en este trabajo: análisis de bioensayos, bioindicadores y fisicoquímica de las aguas, debido a que todas ellas aportan información valiosa y complementaria a las distintas presiones existentes.

Los bioensayos con microalga aportan información de las presiones a las que se ve sometido el componente flora que vive en los cuerpos de agua de esta cuenca. Por otra parte, el realizar bioensayo con *Daphnia* resultaría importante en la entrega de información al permitir conocer las concentraciones a las que se evidencie afectación de la fauna, razón por la cual se recomienda su inclusión. No obstante lo anterior y en beneficio de la logística y los costos de estos análisis, si hay que realizar una elección al respecto, los análisis de bioindicadores resultan mucho más adecuados y útiles.

Los análisis de bioindicadores aportan doble información: entregan un mapa de calidad de las estaciones estudiadas y del componente fauna que habita la cuenca respecto de su riqueza y tolerancia a las perturbaciones. Este es uno de los grupos de mayor importancia en aguas corrientes, debido a que son eslabones intermedios en la red trófica y aportan información relevante, fácil de conseguir y a bajo costo.

El análisis fisicoquímico permite conocer en detalle los parámetros de afectación que presentan valores subóptimos para permitir el correcto desarrollo de la biota en la cuenca.

Sin embargo se recomienda considerar el eliminar algunos análisis de seguimiento que se han realizado en este trabajo debido a que aportan escasa información y no son representativos de las actividades realizadas en la cuenca, elevando los valores de análisis sin mayor necesidad: Fenoles y Cianuro.

Se recomienda adicionalmente complementar la información con un mapa con actividades económicas y áreas de descargas de RILES, lo cual pudiera ser llevado a cabo en consultorías futuras especialmente enfocadas en ello. De esta manera los mapas de calidad entregados podrían discutirse a la luz de mejores y más completos datos.

REFERENCIAS

- ALLAN, J.D. & CASTILLO, M.M. 2007. Stream ecology. Structure and function of running waters. Published by Springer, Dordrecht. 444 pp.
- BONADA, N. 2004. Protocolo de Muestreo y análisis para invertebrados bentónicos, Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005. 57 pp
- CADE-IDEPE (Estudio).2004. Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad: cuenca del Maipo.
- CENMA (Estudio) 2010. Propuesta de utilización de biocriterios para la implementación y monitoreo de la norma secundaria de calidad ambiental - Resultados cuencas de los ríos Limarí y Mataquito.
- CENMA (Estudio). 2012. Campaña de monitoreo y Evaluación del Estado Ecológico de 10 Cuencas hidrográficas de Chile.
- CORTES I & MONTAVO S. 2010. Aguas: calidad y contaminación. Un enfoque químico ambiental. Ed. CENMA. 328pp.
- DOMÍNGUEZ, E. Y H. FERNÁNDEZ. 2009. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. 237 pp.
- FERNÁNDEZ, H.R. Y E. DOMÍNGUEZ. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán, Argentina. 282 pp.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION ADMINISTRATION (EPA). Environmental water quality information. Disponible en, <http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Business/Standard.aspx?Languages=en>
- EPA. 1990. Biological criteria: National program guidance for surface waters. Washington, DC: Environmental Protection Agency; Office of water regulation and standards. 68 pp.
- EROS T, D SCHMERA, RS SCHICK. 2011. Network thinking in riverscape conservation – A graph-based approach. *Biological Conservation* 144: 184-192.
- EULA 2009. Informe Final: Validación y complementación de la aplicación del índice biótico ChSIGNAL en la cuenca del río Maipo. (Septiembre 2009)
- FIGUEROA R, BONADA, N, GUEVARA M, PEDREROS P, CORREA-ARANEDA F, DÍAZ ME & RUIZ, VH, 2013. Freshwater biodiversity and conservation in Mediterranean climate streams of Chile. *Hydrobiologia* 719: 269–289.
- FIGUEROA R, A. PALMA, V.H. RUIZ & X. NEILL. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la valuación de la calidad de aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80(2):225-242.

- NSCA RIO MAIPO (2014) Decreto 53 4-julio-2014: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo. 9 pp.
- PALMA A. 2013. Importancia de las regiones Mediterránea, Templada y Patagónica en la diversidad de Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera: implicancias de futuros cambios ambientales en sus distribuciones. Boletín de Biodiversidad de Chile 8: 37-47.
- PALMA A. 2013. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. 122 pp.
- PALMA A., J GONZÁLEZ-BARRIENTOS, C. A. REYES & R. RAMOS-JILIBERTO. 2013. Biodiversidad y estructura comunitaria de ríos en las zonas árida, semiárida y mediterránea-norte de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 86: 1-14.
- PARRA O, DELLA N & VALDOVINOS C. 2004. Elementos de limnología aplicada y teórica. Ed. Centro EULA-CHILE. 295pp.
- WELCH EB & JM JACOBY. 2004. Pollutant effects in freshwater. Applied limnology. Cambridge University Press. 504 pp.

ANEXO FOTOGRAFICO

En las figuras siguientes se muestran los sitios de estudios mencionados en la Tabla 1.

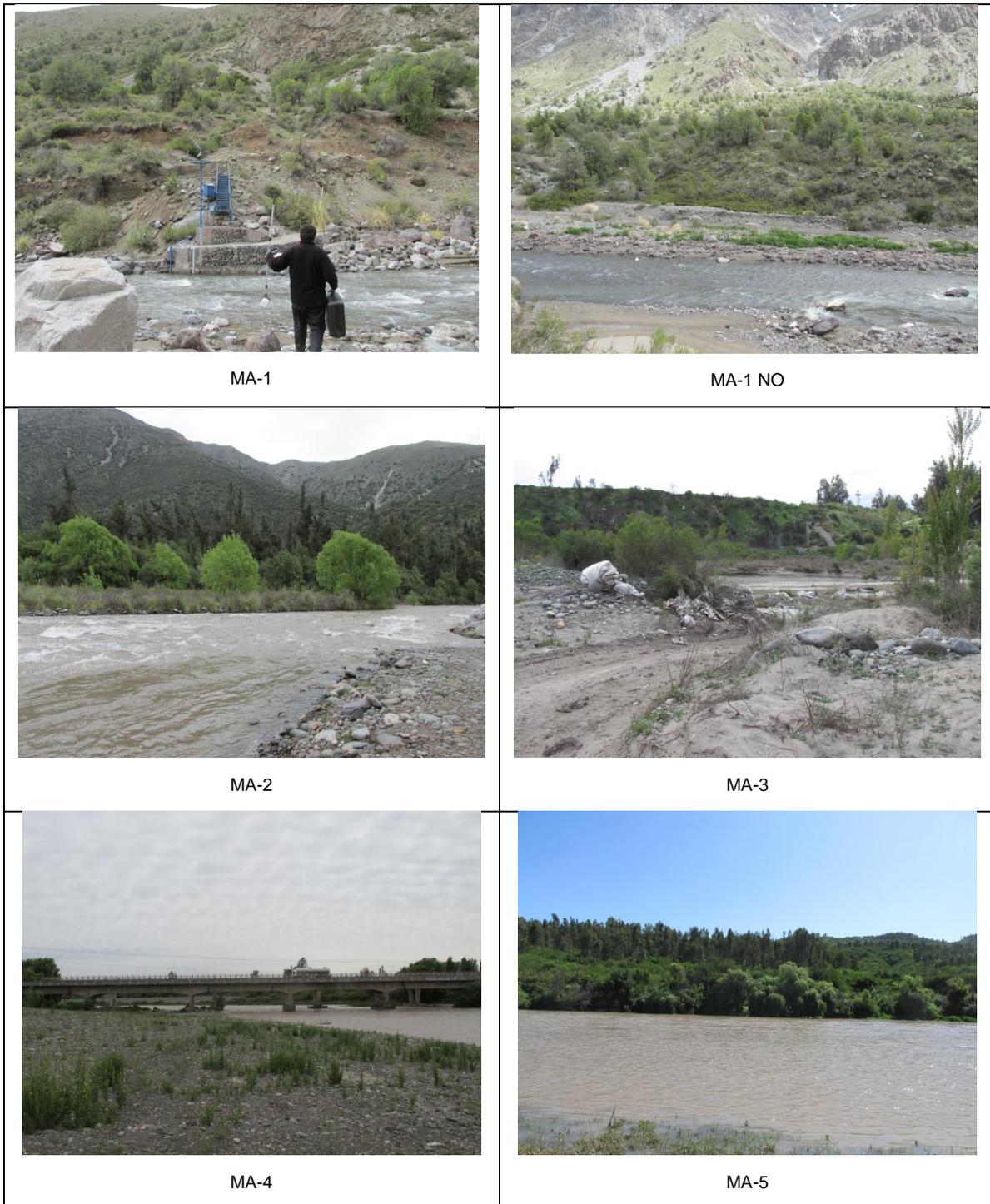


Figura 5. Fotografías de las estaciones monitoreadas en la cuenca del Maipo en este proyecto. (Fuente: elaboración propia).

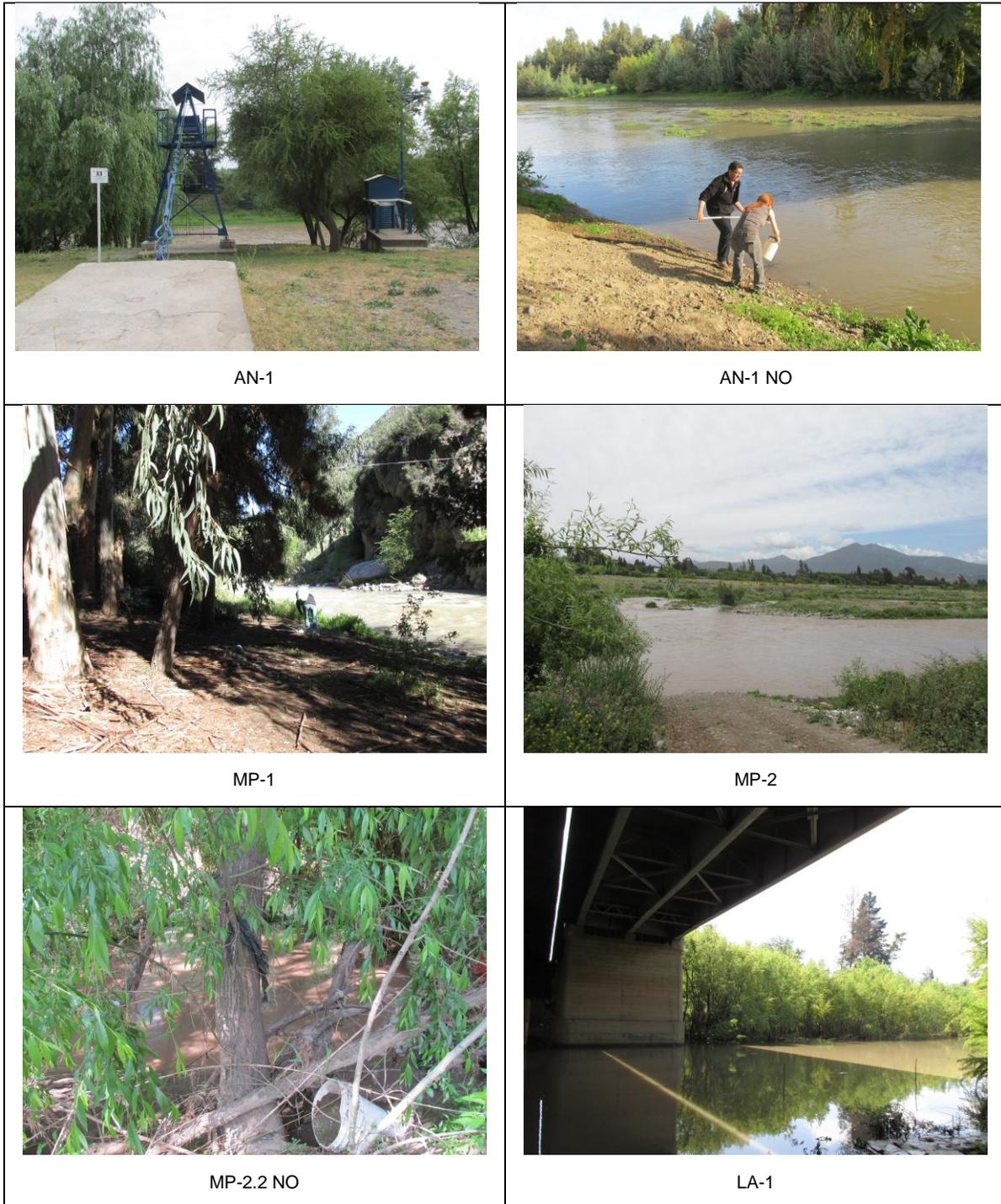


Figura 6. Fotografías de las estaciones monitoreadas en la cuenca del Maipo en este proyecto. (Fuente: elaboración propia).



Figura 7. Fotografías de las estaciones monitoreadas en la cuenca del Maipo en este proyecto. (Fuente: elaboración propia).

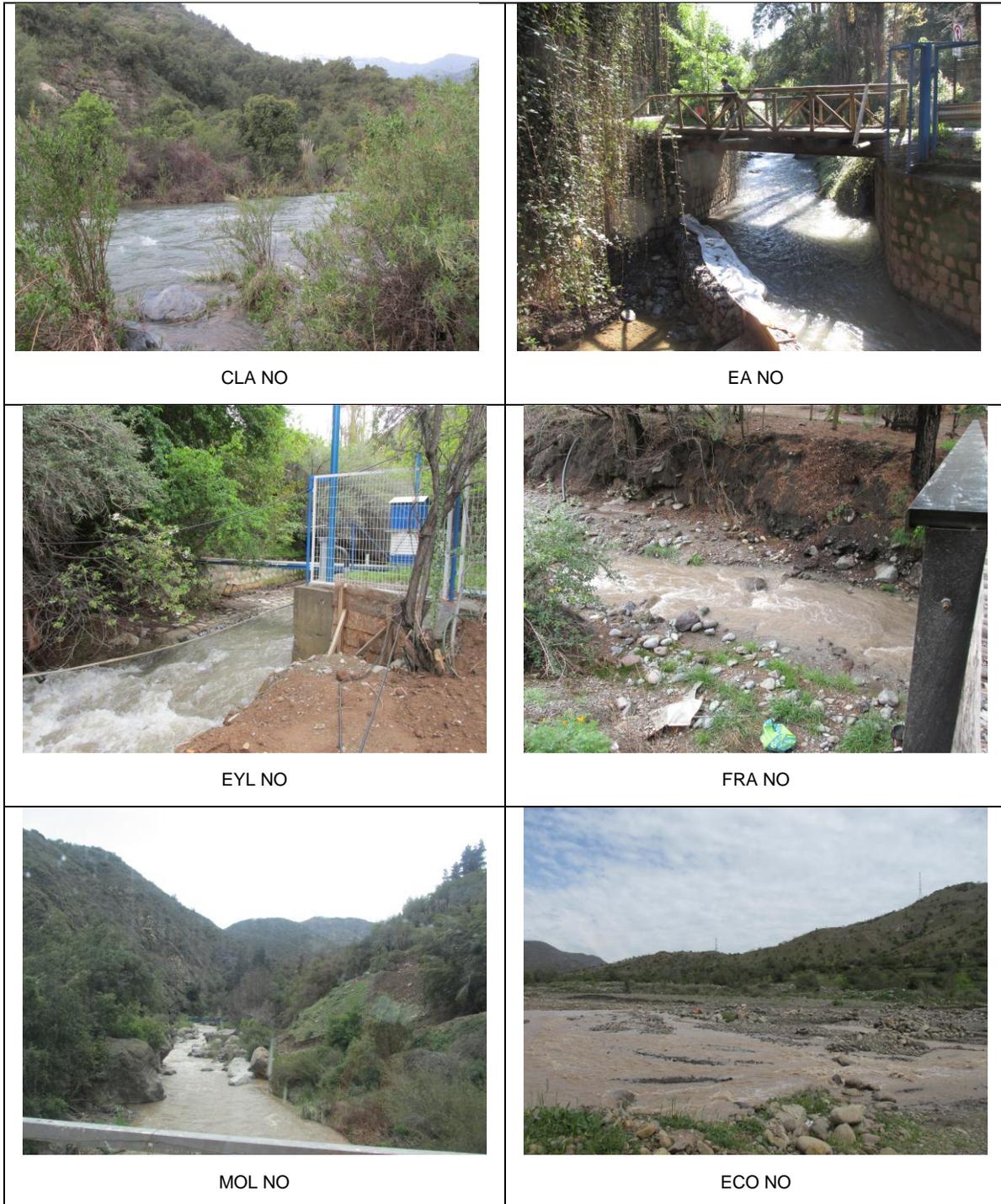


Figura 8. Fotografías de las estaciones monitoreadas en la cuenca del Maipo en este proyecto. (Fuente: elaboración propia).



Figura 9. Fotografías de las estaciones monitoreadas en la cuenca del Maipo en este proyecto. (Fuente: elaboración propia).