



UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Fundación de la Universidad de Chile

Actualización de Antecedentes Técnicos para Desarrollar Norma Secundaria Calidad Protección de las Aguas Continetales de la Cuenca del Mataquito, Región del Maule

INFORME FINAL

Versión 2

Solicitado por

SEREMI Medio Ambiente, Región del Maule

Ministerio del Medio Ambiente

Santiago de Chile
Septiembre de 2015



Equipo de Trabajo

Rodrigo Ramos Jiliberto

Alejandro Palma I.

Valentina Escanilla J.

Mauricio Carter M.

Unidad de Biodiversidad, Centro Nacional del Medio Ambiente.

Contraparte Técnica

Janett Salinas

Luis Opazo

Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, Región del Maule.

Carmen Droppelmann

Ministerio del Medio Ambiente.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	7
INTRODUCCIÓN.....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO.....	13
METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO.....	18
Objetivos y actividades.....	18
Reuniones de trabajo y ajustes con la contraparte técnica del proyecto	18
Cronograma	18
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO POR OBJETIVOS.....	20
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 1: Revisar y actualizar toda la información disponible (bioensayo, fisicoquímica, biológicos y otros que se consideren relevantes) y validar las bases de datos históricos de calidad de agua disponible según requerimientos para elaborar la propuesta de NSCA de la cuenda del rio Mataquito.....	20
1. Recopilación y sistematización de la información.....	20
2. Validación de la información	21
3. Construcción de un archivo consolidado con la información seleccionada y sistematizada en formato Excel	22
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: a) Definición de parámetros a normar y su justificación	23
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: b) El o los análisis estadísticos respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca	25
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: c) Definición de tablas de clase y valores de calidad a partir de los resultados de Bioensayos atingentes a la cuenca y otros que se consideren relevantes.	25
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: d) Definición de Áreas de Vigilancia justificados técnicamente, incluyendo los parámetros propuestos a normar para la NSCA de la cuenca del río Mataquito	26

1.	Recopilación y análisis de información espacial.....	26	
2.	Establecimiento/justificación de áreas de vigilancia	27	
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: e) Definición de niveles de calidad actual para cada área de vigilancia, por tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) 39			
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 3: Caracterizar las distintas especies y ecosistemas ribereños en los distintos tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura), a través de recopilación bibliográfica, líneas de base de proyectos SEIA, muestreos en los tramos definidos y demás información relevante que pueda ser aportado.			39
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 4: a) Indicar toda la información faltante, para dar lugar a proposiciones para completar y/o efectuar estudios, recolección/homologación de datos de forma de generar información comprensible, útil y adecuada para sustentar la Norma de Calidad Secundaria.....			39
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 4: b) Proponer, definir y justificar campañas de monitoreo que permitan determinar los valores de calidad ambiental para los parámetros a definir, considerando la identificación de zonas de referencia por tramos de la cuenca (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) para la elaboración del anteproyecto 40			
METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 5. Realizar un taller dirigido principalmente a autoridades regionales, provinciales y comunales, agricultores, ONGs, servicios públicos, universidades y otros para entregar los resultados de la consultoría.			40
RESULTADOS			41
Reunión con la contraparte técnica			41
RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 1: Revisar y actualizar toda la información disponible (bioensayo, fisicoquímica, biológicos y otros que se consideren relevantes) y validar las bases de datos históricos de calidad de agua disponible según requerimientos para elaborar la propuesta de NSCA de la cuenca del río Mataquito.....			42
1.	Recopilación y sistematización de información relevante	42	
2.	Validación de la información sistematizada	47	

3.	Base de Datos Obtenida	49
4.	Estaciones DGA vigentes.....	50
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: a)	Definición de parámetros a normar y su justificación	52
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: b)	El o los análisis estadísticos respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca	62
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: c)	Definición de tablas de clase y valores de calidad a partir de los resultados de Bioensayos atingentes a la cuenca y otros que se consideren relevantes.	65
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: d)	Definición de Áreas de Vigilancia justificados técnicamente, incluyendo los parámetros propuestos a normar para la NSCA de la cuenca del río Mataquito	68
	Componente física	70
	Componente biológica.....	73
	Componente económica	76
	Delimitación geográfica y propuesta de áreas de vigilancia.....	79
RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: e)	Definición de niveles de calidad actual para cada área de vigilancia, por tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura)	84
RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 3:	Caracterizar las distintas especies y ecosistemas ribereños en los distintos tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura), a través de recopilación bibliográfica, líneas de base de proyectos SEIA, muestreos en los tramos definidos y demás información relevante que pueda ser aportado.	90
RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 4: a)	Indicar toda la información faltante, para dar lugar a proposiciones para completar y/o efectuar estudios, recolección/homologación de datos de forma de generar información comprensible, útil y adecuada para sustentar la Norma de Calidad Secundaria.....	113
RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 4: b)	Proponer, definir y justificar campañas de monitoreo que permitan determinar los valores de calidad ambiental para los parámetros a definir, considerando la	

identificación de zonas de referencia por tramos de la cuenca (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) para la elaboración del anteproyecto	116
CONSIDERACIONES ADICIONALES Y RECOMENDACIONES PRELIMINARES	119
CONCLUSIONES	123
REFERENCIAS	126

RESUMEN EJECUTIVO

Se revisó y validó la base de datos histórica de la calidad de agua de la DGA en conjunto con bases de datos adicionales proveniente de trabajos realizados en la cuenca del Mataquito. Se recopiló un total de 884 registros, los cuales se validaron en su totalidad para 139 parámetros de calidad de agua colectados entre los años 1980 y 2015.

Cinco categorías de actividades económicas fueron identificadas como relevantes en la cuenca: silvoagropecuaria (incluye agrícola-ganadera), urbano-industrial (incluido el turismo), celulosa, producción de alimentos y extracción de áridos. A partir de estas actividades y sus descargas asociadas se seleccionaron un total de 30 parámetros fisicoquímicos para la nueva propuesta normativa, de los cuales 24 se proponen para norma y 6 para seguimiento o vigilancia. Los valores para cada parámetro propuesto para norma fueron categorizados en cinco clases de calidad a partir de la estadística basada en percentiles desde la base de datos histórica de cada parámetro. Las clases son: Clase 1 o Muy buena, Clase 2 o Buena, Clase 3 o Regular, Clase 4 o Mala, y Clase 5 o Muy mala.

Se proponen 11 áreas de vigilancia para la cuenca del Mataquito, basados en criterios Físicos, Económicos y Biológicos.

Debido a que la Norma Secundaria de Calidad de Agua (NSCA) apunta a la protección de la biota, se seleccionaron además cuatro parámetros biológicos para evaluar la calidad ecológica y fisicoquímica de la cuenca, que sirvan de indicadores directos del estado de la biota en el sistema: a) los macroinvertebrados bentónicos, b) el fitobentos, c) las macrófitas, y d) los índices de ribera y hábitat fluvial. Estos fueron escogidos por tener facilidades logísticas importantes: un protocolo rápido, facilidad técnica y poseen amplio reconocimiento mundial para este fin. Los muestreos biológicos deben ser realizados de manera paralela a los fisicoquímicos de modo de incluirlos en la norma en el próximo proceso de revisión de ésta.

En base a la calidad ambiental de cada área de vigilancia y a las clases de calidad actuales calculadas por parámetro fisicoquímico y tramos de la cuenca, se definieron de manera estadística los valores para la propuesta de norma, complementados con valores que protegen la biota obtenidos de la literatura y bioensayos, para cada parámetro en cada tramo, proponiéndose la Clase 2 como el valor límite para la norma en el Mataquito, debiendo evaluarse aquellos tramos que históricamente arrojan valores que pertenecen a la Clase 3 como D.Q.O y Sulfatos.

La calidad actual de la cuenca (últimos tres años, 2012-2014) muestra valores por sobre la Clase 2 en la mayoría de los tramos para los parámetros Conductividad Eléctrica (CE), Cloruros (Cl-), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), pH, Sulfatos

(SO_4^{-2}), existiendo además parámetros que se han dejado de medir en los últimos años y que son sugeridos en este informe para ser incluidos en la normativa, y por tanto, en los monitoreos que vendrán: Aceites y Grasas (A y G), Coliformes Fecales (CF), Coliformes Totales (CT), DBO_5 , Nitratos ($\text{N}(\text{NO}_3^-)$), Nitrógeno Amoniacal (N-NH_4), Fosfatos ($\text{P}(\text{PO}_4^{-3})$), Sólidos Suspendidos (SS).

Se definieron dos áreas de referencia: Río Claro en los Queñes y Río Lontué después de junta Palos y Colorado. En base a ellas se debiera considerar futuros estudios para la conservación de las aguas y de la biota de la cuenca del Mataquito. En conjunto con lo anterior, se deber considerar los beneficios de incorporar las normas de calidad de agua no solo para la biota del lugar, sino también aquellas actividades económicas beneficiadas tales como el turismo y la agricultura, que potencian el desarrollo de la normativa para el cuidado y gestión de la cuenca del río Mataquito.

Experiencias internacionales demuestran la necesidad de fortalecer los procesos de normativa secundaria, de manera de no solo proteger la vida de la biota acuática, sino también disminuir los costos del tratamiento del agua para la calidad primaria, mejorar los procesos y actividades económicas que están asociada a la cuenca, lo cual va en directo beneficio de la población humana. En virtud de lo anterior, es necesario incorporar estudios que permitan realizar una Evaluación de Estado Ecológico, la cual cuantifica y define el grado actual de naturalidad y/o intervención de un sistema para el correcto desarrollo de la vida acuática, de modo que el resultado es la determinación de una clase de calidad actual del sistema (e.g. en buena, regular, mala) para la preservación de la biota asociada, reconociendo sitios de referencia y sitios de seguimiento, realizando estudios que incorporen análisis en dos ejes: espacial y temporal; a lo largo de la cuenca y en estaciones del año distintas (como mínimo durante periodo de lluvias y sequía). Lo anterior permitiría reconocer la dinámica de la cuenca de manera de determinar los valores de calidad ambiental para los distintos sectores y áreas de vigilancias propuestos.

Por lo anterior se recomienda realizar un primer estudio anual, y posteriormente un estudio al menos cada cinco años de todos los grupos que componen la biota de la cuenca del Mataquito: Peces, Anfibios, Aves, Macroinvertebrados, Fitobentos, Macrófitas y Plantas de ribera, debido principalmente a que la norma apunta a la protección de dichas comunidades, siendo fundamental el conocimiento del estado de conservación de las mismas en el tiempo.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Medio ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NSCA) para la protección de las aguas continentales superficiales del país. De acuerdo a lo establecido en la Ley N° 19.300/1994 MINSEGPRES, sobre bases generales del Medioambiente, y el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N° 38/2012 MMA), el objetivo de las normas secundarias de calidad 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.

En la región del Maule, las dos cuencas hidrográficas principales corresponden a la del río Maule, y la del río Mataquito. La cuenca del río Mataquito posee una extensión de 6.190 km² y constituye la más pequeña de las cuencas andinas de la región del Maule.

En la región se ha experimentado una continua disminución de la disponibilidad de agua, principalmente del recurso superficial. Es así como para el año 2011 se esperaba un déficit del orden del 30% de precipitaciones, que se ve agravado por el 45% de déficit del año 2010 (MOP 2011). Por otra parte, la Dirección General de Aguas (DGA) en el año 1999 proyectaba que la demanda de agua para riego entre 2000 y 2020 aumentaría en un 30% en la región. Esta situación, acompañada por las condiciones climáticas existentes ha llevado a la Declaración de Zona de Escasez a la Cuenca del Río Mataquito, por el Decreto 161 de 25 de febrero de 2011.

Según la DGA (2010) de las quince estaciones de muestreo de la cuenca del río Mataquito, diez presentan un malo o muy malo Índice de Calidad de Ribera (QBR), estos puntos de muestreo se encuentran principalmente en las zonas bajas de la subcuenca, lo que indica una alta degradación de la zona ripariana, definida como una zona de frecuentes inundaciones, con una estructura de flora y fauna únicas. A través de la interacción del suelo, hidrología y comunidades bióticas, los ecosistemas riparianos mantienen funciones físicas, biológicas, ecológicas e importantes beneficios sociales. A lo largo de un curso de agua como un estero, río o lago cumplen funciones de estabilización de taludes, protección de riberas y control de inundaciones. Desde el punto de vista de la protección de la vida silvestre, logran un efecto notable al favorecer el desarrollo de una gran variedad de animales, aves y especies acuáticas.

En cuanto a la calidad del agua, la subcuenca del Lontué (ver Figura 1) presenta un pH alcalino >8, y es donde se presenta la mayor concentración de materia orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO), en una concentración en torno a los 25 mg/L en los meses de primavera. Relacionado al parámetro anterior, en este tramo se presenta la menor concentración de oxígeno disuelto (OD) (6,6 mg/L). La

conductividad eléctrica de la zona inferior de la subcuenca del Lontué presenta valores que van desde los 30 $\mu\text{s/cm}$ a los 203 $\mu\text{s/cm}$. El nitrógeno en primavera se encuentra en concentraciones de 500 a 100 mg/L, mientras que en el verano está en alrededor de los 50 mg/L. Estos cambios de concentración pueden ser explicados por la actividad agrícola desarrollada en la zona, lo que genera el crecimiento excesivo de la vegetación acuática observada en terreno (CENMA 2010). También bioensayos realizados en el 2011 muestran que la estación LO-30 existe toxicidad tanto para microalgas como para microcrustaceos y muestra en verano los niveles más altos de Nitrógeno (43,7 mg/L) en el mismo tramo del río Lontué que se extiende desde la ruta 5 sur hasta la confluencia con el río Teno (UCT 2012).

La nueva propuesta de anteproyecto de NSCA que se desarrolla en esta consultoría, requiere contar con antecedentes técnicos y científicos que permitan determinar niveles máximos o mínimos de concentraciones para cada elemento o parámetro normado, en función de los usos del agua, la protección de las comunidades acuáticas y la sustentabilidad del recurso. Éstas deben ser avaladas por la información de la biota existente, en lo referido a su presencia y/o estado de conservación, de manera de poder establecer y justificar técnicamente las áreas de vigilancia vigentes, así como también los parámetros propuestos a normar para la nueva propuesta normativa.

OBJETIVO GENERAL

Recopilar, actualizar, sistematizar y analizar toda la información existente, al año 2015, respecto de la calidad de las aguas continentales correspondientes a la cuenca del río Mataquito en toda su extensión, así como también de sus masas de agua aportantes. Dicha información debe incluir a lo menos, los resultados de las investigaciones científicas que se hayan realizado en universidad, instituciones del Estado y otros sobre índices biológicos, especies, bioensayos, vertidos o eventos en los cuerpos de agua como consecuencia de la operación de proyectos autorizados y que hayan modificado su calidad (o haya presunción sobre ello) y otra información relevante que pueda ser aportado, con la consecuente preocupación pública y/o de las autoridades locales; y de la información recopilada determinar lo necesario para elaborar una propuesta de Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I. Revisar y actualizar toda la información disponible (bioensayo, fisicoquímica, biológicos y otros que se consideren relevantes) y validar las bases de datos históricos de calidad de agua disponible según requerimientos para elaborar la propuesta de NSCA de la cuenca del río Mataquito.

II. En función de la información recopilada, indicar lo que falta y proponer:

- a) Definición de parámetros a normar y su justificación
- b) El o los análisis estadísticos respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca
- c) Definición de tablas de clase y valores de calidad a partir de los resultados de Bioensayos atingentes a la cuenca y otros que se consideren relevantes.
- d) Definición de Áreas de Vigilancia justificados técnicamente, incluyendo los parámetros propuestos a normar para la NSCA de la cuenca del río Mataquito
- e) Definición de niveles de calidad actual para cada área de vigilancia, por tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura)

III. Caracterizar las distintas especies y ecosistemas ribereños en los distintos tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura), a través de recopilación bibliográfica, líneas de base de proyectos SEIA, muestreos en los tramos definidos y demás información relevante que pueda ser aportado.

IV. Con la información procesada:

a) Indicar toda la información faltante, para dar lugar a proposiciones para completar y/o efectuar estudios, recolección/homologación de datos de forma de generar información comprensible, útil y adecuada para sustentar la Norma de Calidad Secundaria.

b) Proponer, definir y justificar campañas de monitoreo que permitan determinar los valores de calidad ambiental para los parámetros a definir, considerando la identificación de zonas de referencia por tramos de la cuenca (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) para la elaboración del anteproyecto

V. Realizar un taller dirigido principalmente a autoridades regionales, provinciales y comunales, agricultores, ONGs, servicios públicos, universidades y otros para entregar los resultados de la consultoría.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO

La cuenca hidrográfica del río Mataquito (Figura 1) se extiende desde la latitud 34°50' por el norte hasta la latitud 35°30' por el sur. Se ubica en la VII región del Maule, situado en el límite de las provincias de Talca y Curicó. Posee una extensión de 6.190 km², lo que lo convierte en una de las cuencas más pequeñas de esta zona (Cade Idepe, 2004).

La formación del río Mataquito se debe a la confluencia del río Teno, que drena la porción norte del área, y del Lontué, que drena la porción sur. Dicha conjunción se produce a 12 km. al poniente (W) de Curicó; desde aquí el Mataquito serpentea por un valle ancho en dirección general al W hasta desembocar en mar abierto después de un recorrido de 95 km. Recibe afluentes de escasa consideración, prácticamente todos generados en depresiones de la cordillera de la Costa.

El río Teno, principal afluente del sistema, tiene las cabeceras de sus formativos en las lagunas de Teno. La divisoria interoceánica alcanza en este sector a los 2.800 y 3.800 m. Se forma el Teno de la confluencia de los ríos del Nacimiento y Malo y drena un área de 1.590 km², con un recorrido de 102 km. Sin embargo, si se considera el formativo más alejado, su desarrollo se alcanza 120 km. El más importante tributario por el sur es el Claro, que se le une en Los Queñes, a unos 30 km. del nacimiento, el cual ocurre en la zona englaciada del volcán Planchón. Un afluente de escasa importancia en la ribera derecha del Teno es río El Manzano, en el sector de La Montaña, pero que es digno de mención porque en su valle se ha hecho el estudio de un embalse regulador de las aguas del Teno trasvasadas con canal alimentador.

El río Lontué posee una hoya de 2.510 km² y un rumbo al norponiente (NW) en todo su curso. Se forma en la cordillera andina de la reunión de los ríos Colorado y Patos de San Pedro a 48 km. al sureste (SE) de su junta al Teno. Tomando en cuenta el Colorado, que es el más importante de sus afluentes, la longitud total del Lontué asciende a 126 km.

División político-administrativa: la cuenca pertenece a la VII Región del Maule, abarcando las provincias de Talca y Curicó, posee una superficie de 619.000 Ha que equivalen al 2% de la superficie regional. Los asentamientos humanos más relevantes, de acuerdo al número de habitantes son las ciudades de Curicó y Teno.

Clima: la cuenca tiene predominantemente un clima mediterráneo, es decir, que existen al menos dos meses consecutivos del verano con déficit hídrico. Además se puede distinguir la presencia de ombroclimas que varían de húmedo a subhúmedo, dependiendo de los montos de precipitación, lo que se debe a la condición geomorfológica general. Las variaciones pluviales sumadas a las diferencias térmicas que ocurren en la cordillera andina, especialmente en lo que se refiere a la amplitud

térmica anual o continentalidad, definen en su conjunto dos tipos bioclimáticos en la cuenca, que son Mediterráneo pluviestacional-oceánico (bajo los 2000 m.) y mediterráneo pluviestacional-continental (sobre los 2000 m.) Las características de continentalidad hacia el interior (Valle Longitudinal y Precordillera) hacen que los contrastes térmicos sean más acentuados que en el litoral (Cade Idepe, 2004).

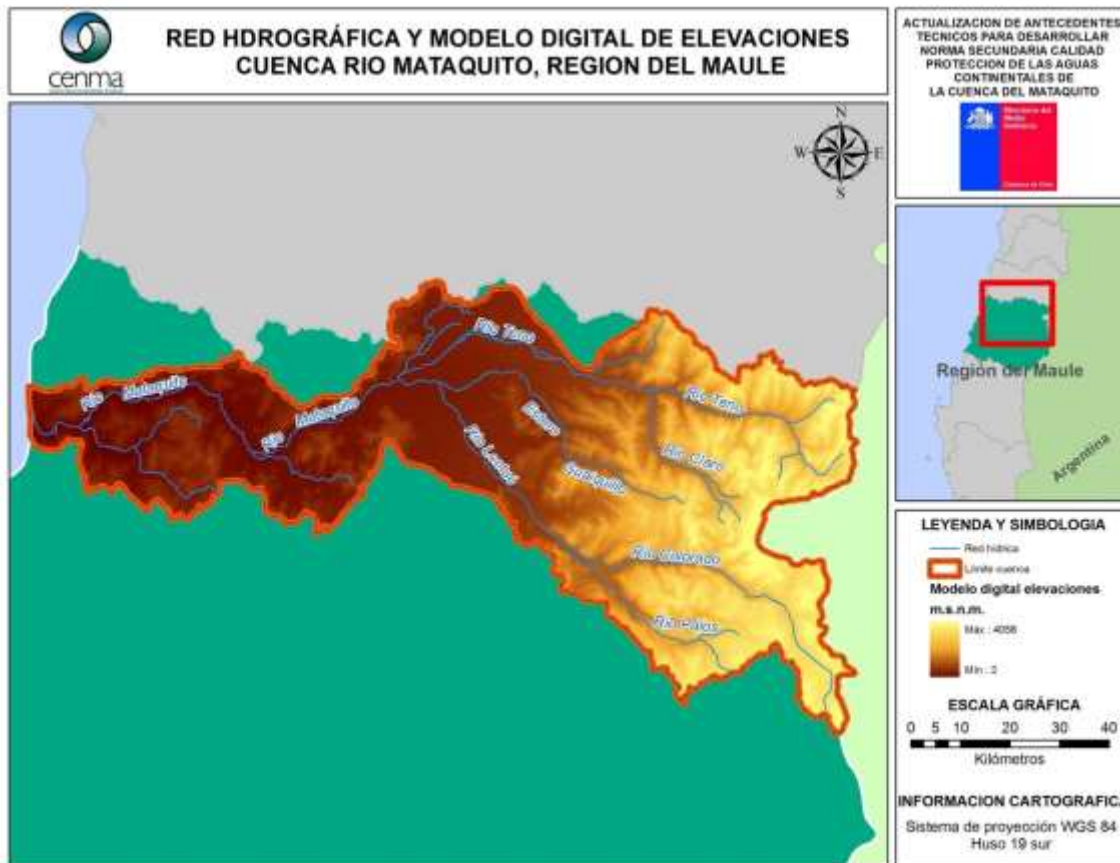


Figura 1. Mapa general de la cuenca del Mataquito, hidrografía y elevaciones. (Fuente: elaboración propia).

Actividad económica: Los suelos, el clima y la hidrografía de la región determinan que su producción esté íntimamente ligada al sector silvoagropecuario. Entre los principales cultivos de la cuenca del río Mataquito, están el maíz, el trigo, las manzanas, las vides y otros tipos de hortalizas. También se encuentran plantaciones de pino en los sectores

más cercanos a la costa. Una de las actividades en amplio desarrollo es el Turismo, principalmente en las partes altas y final de la cuenca, el cual aportan nuevos beneficios económicos a la región.

Geología y volcanismo: la cuenca posee diversas formaciones rocosas, entre las cuales encontramos tipos de rocas sedimentarias, metamórficas, intrusivas, volcano-sedimentarias y volcánicas. En la parte alta de la cuenca, existe una formación rocosa de roca del tipo volcánico del Cuaternario, en la que se encuentran los volcanes existentes en la cuenca. Además se puede decir que la influencia volcánica proviene de parte de los volcanes el Planchón, el Peteroa y el Azufre.

Hidrogeología: en la parte alta de la cuenca, el acuífero asociado al derretimiento de nieves corre paralelo a los cursos de agua de los ríos Teno y Colorado, por un relleno no consolidado de origen aluvial y coluvial de alta permeabilidad. Las formaciones geológicas de la cordillera de Los Andes definen un basamento por el cual baja un acuífero hacia el valle longitudinal de la depresión intermedia, siguiendo por lo general las direcciones de los ríos Teno y Lontué con niveles freáticos de 4 m. a la altura de la ciudad de Curicó. Siguiendo más al sur, las aguas subterráneas confluyen en dirección paralela al río Mataquito, la cual es encerrada por un cordón norte – sur de rocas con baja permeabilidad pertenecientes a los períodos cretácico y paleozoico – batolito costero, motivo por lo cual escurre a través de un relleno de materiales no consolidados conformados por depósitos coluviales de estos cerros vecinos de alta permeabilidad hasta el océano pacífico. La desembocadura del río es en las proximidades del pueblo de Iloca (sector La Pesca).

Usos de suelo: el uso de suelo agrícola en la cuenca comprende 110.477 Ha que equivalen al 17% de la superficie total. Los cultivos que ocupan mayor superficie en la cuenca corresponden a los cultivos anuales y permanentes. Entre ellos destacan las superficies de frutales, cereales, viñas y parronales. Las provincias que concentran mayores superficies destinadas a los cultivos anteriores, corresponden a Curicó, Teno, Molina y Sagrada Familia. En cuanto al uso forestal del suelo abraza 21.658 Ha equivalentes al 3% de la superficie total de la cuenca. Destaca la superficie de bosque Nativo correspondiente a 90.464 Ha (14% de la superficie total). La provincia que posee mayor superficie forestal es Curicó, concentrándose en las comunas de Hualañé, Licantén y Vichuquén. El uso de tipo urbano es reducido y sólo comprende un 0,5% de la superficie total. Este tipo de uso abarca ciudades, pueblos y zonas industriales (Cade Idepe, 2004).

La población urbana se concentra mayoritariamente en la ciudad de Curicó. Las ciudades de Teno y Sagrada Familia pese a tener alto grado de ruralidad, también concentran un número importante de población urbana. La ciudad de Curicó, capital de la provincia del mismo nombre, se emplaza en el sector centro de la cuenca donde se concentra un número importante de población. Esta ciudad se caracteriza por ser el

principal centro socio – económico debido a su creciente comercio, especialmente del área agrícola, exportación de frutas y elaboración de vinos. (Cade Idepe, 2004).

Principales actividades y su influencia sobre la calidad de las aguas de la cuenca

Basados en la información aportada anteriormente, y al analizar las principales actividades desarrolladas en la cuenca del Mataquito y sus principales efectos que pudieren influenciar la calidad de sus aguas, obtenemos lo siguiente:

- a) Industria: Descarga de efluentes líquidos ricos en compuestos orgánicos, metales disueltos y sólidos suspendidos en los cursos de agua. Se presentan como fuentes puntuales en forma de Riles. Los principales parámetros afectados son: Metales, Oxígeno disponible, Fisicoquímicos Inorgánicos.
- b) Agricultura: Adición de plaguicidas y fertilizantes a los cultivos que posteriormente drenan a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se presenta como fuentes difusas. Los principales parámetros emitidos son: Plaguicidas y Nutrientes.
- c) Ganadería: Aporte por fecas y purines. La presencia de ganado incrementa la cantidad de materia orgánica, coliformes y nutrientes. Los principales parámetros afectados son: Microbiológicos y Oxígeno disponible.
- d) Silvicultura: Similar a la agricultura, pero en menor magnitud. La presencia de plantaciones de árboles disminuye la escorrentía. Los principales parámetros afectados son: Microbiológicos y Fisicoquímicos Orgánicos.
- e) Centros Urbanos: Aporte de aguas servidas, las cuales aportan principalmente: coliformes fecales, DBO₅, aceites y grasas, sólidos suspendidos y nutrientes, disminuyen el OD.
- f) Embalses: Dejan pasar un caudal menor y por tanto con menor capacidad de dilución de contaminantes que se agregan en un segmento inferior. Disminuye la cantidad de oxígeno aguas bajo del embalse.
- g) Extracciones: Concentran contaminantes como nutrientes y sólidos suspendidos y sedimentables.
- h) Celulosa y Minería: Sus actividades son grandes generadoras de Riles con altas concentraciones de metales e inorgánicos. Los principales parámetros afectados son: D.Q.O, DBO₅, Metales, pH, Fisicoquímicos Inorgánicos, Cloruros, AOX.

- i) Turismo: Similar a los centros urbanos, aportes Microbiológicos y Físicoquímicos Orgánicos.

Actividades como el Turismo poseen la misma influencia en la calidad del agua que Centros Urbanos por lo que son incluidas dentro de ésta actividad, mientras que en Agricultura, la construcción de canales de regadíos no afecta los parámetros físicoquímicos en sí mismos, por lo cual no se incluyen dentro de los efectos en la cuenca. Sin embargo los canales de regadío suelen concentrar parámetros físicoquímicos de afectación (EcoHyd 2013) por lo que resultan importantes como dispersores y concentradores de la contaminación. Adicional a lo anterior, se menciona la contaminación difusa debido a plaguicidas y nutrientes, la cual no ha sido medida en general en el país evidenciándose una falta de datos al respecto, en contraposición a la información existente respecto a las fuentes puntuales de descarga, de la que se encuentra abundante información.

Todo lo anterior manifiesta la relevancia de analizar la información existente para formular una propuesta actualizada de anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Mataquito, a fin de establecer y justificar técnicamente las áreas de vigilancias existentes así como también los parámetros a normar para la nueva propuesta normativa, lo que permitirá contar con un instrumento de gestión ambiental que establecerá las clases y niveles de calidad para la cuenca.

METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO

De acuerdo a lo requerido por la contraparte, se han definido los siguientes componentes de la metodología de trabajo.

Objetivos y actividades

El trabajo se desarrolla en diversas actividades que dan cumplimiento a cada uno de los cinco objetivos específicos que se detallan en la Figura 2 como esquema metodológico. Las especificaciones de cada actividad se plantean más abajo.

Reuniones de trabajo y ajustes con la contraparte técnica del proyecto

Durante todo el proceso de trabajo se realizaron reuniones con la contraparte técnica, instancia para resolver dudas de índole administrativa y práctica, unificar criterios respecto del desarrollo técnico de la consultoría, revisión de la metodología propuesta y ajuste del plan y cronograma de trabajo y organización de las actividades.

Cronograma

La Figura 2 da cuenta de los objetivos y actividades específicas que se desarrollaron para dar cumplimiento al objetivo general de la consultoría, asociado al tiempo cronológico que se abarcará en cada una de ellas, para un total de 90 días.

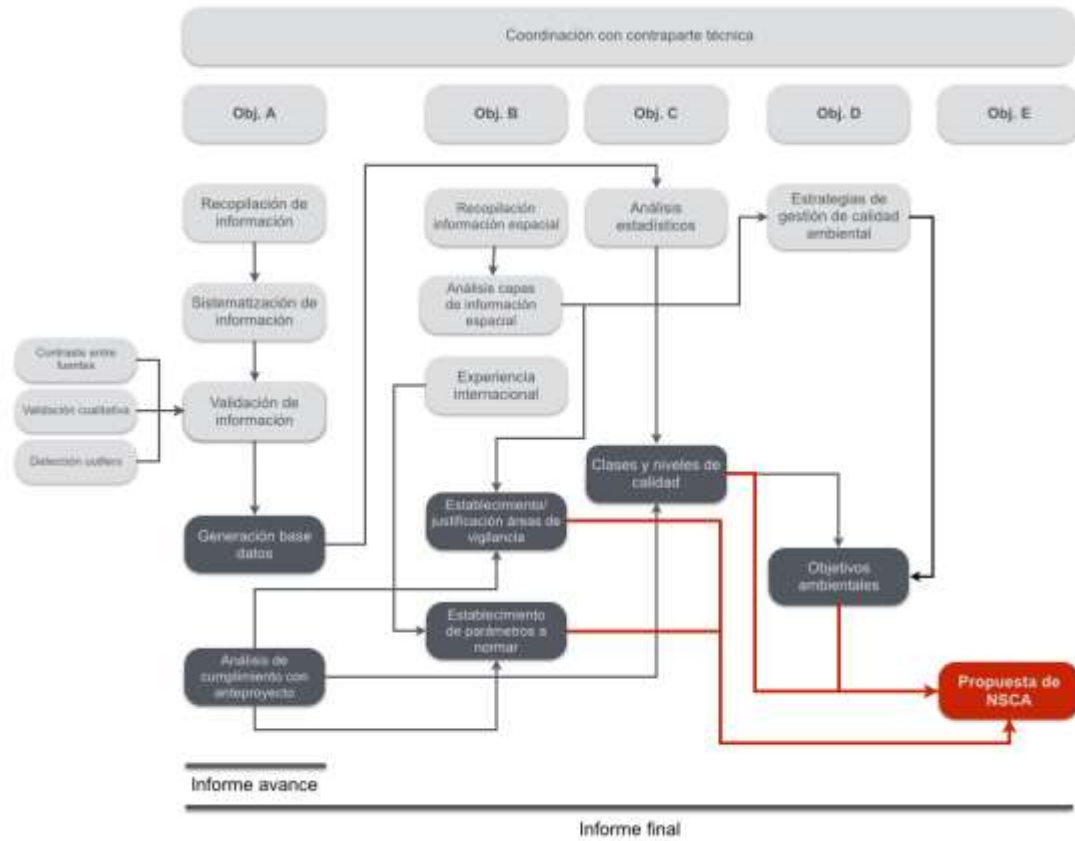


Figura 2. Resumen de la metodología usada en este estudio. Las cajas gris claro representan actividades y las cajas gris oscuro productos/insumos resultantes, asociados a cada objetivo (fuente: elaboración propia).

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO POR OBJETIVOS

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 1: Revisar y actualizar toda la información disponible (bioensayo, fisicoquímica, biológicos y otros que se consideren relevantes) y validar las bases de datos históricos de calidad de agua disponible según requerimientos para elaborar la propuesta de NSCA de la cuenda del río Mataquito

1. Recopilación y sistematización de la información

Utilizando distintas bases de datos (ver Tabla 1), archivos de consultorías, tesis y trabajos científicos disponibles en instituciones, servicios estatales y en la red, se recopiló información de los parámetros fisicoquímicos, hidrológicos y biológicos de las distintas áreas de vigilancia de la cuenca del río Mataquito, así como de las fuentes de descargas puntuales y difusas.

Tabla 1. Base de datos utilizados en este estudio con sus respectivas URL (Fuente: elaboración propia).

Buscador web	URL
ISI web of Science	http://thomsonreuters.com/
Scielo	http://www.scielo.cl/
Google Académico	http://scholar.google.es/
Dirección General de Aguas (DGA)	http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes
Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)	http://seia.sea.gob.cl/

La información recopilada se complementó con una base de datos entregada por la contraparte técnica, la cual contenía datos de calidad de aguas (parámetros físico-químicos) de estaciones administradas por la Dirección General de Aguas (DGA).

2. Validación de la información

Una vez sistematizada toda la información, se realizaron dos análisis previos para seleccionar aquella información con datos confiables.

1. Análisis cualitativo: la información recopilada se filtró primeramente según cumplimiento de los siguientes criterios básicos:

- i. Se reportan sus coordenadas geográficas
- ii. Se reporta la fecha precisa de la toma de cada dato
- iii. Se reporta la unidad de medida de cada parámetro

Aquella información que no cumpliera con todos los requisitos anteriores no fue incluida en la base de datos consolidada.

2. Análisis cuantitativo: la segunda etapa de validación de la información consistió en la identificación de posibles datos anómalos (*outliers*), provenientes de eventuales errores de medición o transcripción de datos. Para la detección de *outliers* (datos extremos), utilizamos el método de Boxplot Ajustado (Vanderviere and Huber, 2004). Este método se basa en estadísticos de rangos (mediana, cuartiles) y no asume normalidad ni simetría en la distribución de las variables. Por lo anterior, este método es apropiado en general para datos donde se espera una distribución de frecuencias sesgada (Seo, 2006), como se verificó para la información recopilada en esta consultoría. De acuerdo a este método, se identifican como *outliers* aquellas observaciones que escapan del rango $[L, U]$, dado por:

$$[L, U] = [Q1 - 1.5 \times \exp(-3.5MC) \times IQR, Q3 + 1.5 \times \exp(4MC) \times IQR] \text{ si } MC \geq 0$$
$$= [Q1 - 1.5 \times \exp(-4MC) \times IQR, Q3 + 1.5 \times \exp(3.5MC) \times IQR] \text{ si } MC \leq 0,$$

donde $Q1$ y $Q3$ son cuartiles 1 y 3, IQR es el rango intercuartil = $Q3 - Q1$ y MC es una medida robusta de la asimetría de la distribución de observaciones, dada por:

$$MC(x_1, \dots, x_n) = \text{med} \frac{(x_j - \text{med}_k) - (\text{med}_k - x_i)}{x_j - x_i},$$

en que med_k es la mediana del conjunto de valores de la variable y , x_j, x_i son observaciones que cumplen $x_i \leq \text{med}_k \leq x_j$ y $x_i \neq x_j$.

Para aquellos casos en que no pudo ser aplicado este método, donde por extrema redundancia de valores la mediana fue igual a los cuartiles 1 y 3, aplicamos el método de la desviación estándar, donde las observaciones que escapan del rango $[L, U] = \bar{x} - 3DE, \bar{x} + 3DE$ son consideradas *outliers*, con \bar{x} y DE siendo el promedio y la desviación estándar del conjunto de observaciones, respectivamente.

3. Análisis del cumplimiento con anteproyecto: se probó la concordancia entre los valores obtenidos por las distintas fuentes de información. Esto se llevó a cabo a través de comparar los datos DGA con los obtenidos de otros estudios, utilizando análisis de varianza no-paramétrico de Kruskal-Wallis, que permite aplicarse a datos que no se distribuyen normalmente como es el caso de los datos recopilados en esta consultoría.

3. Construcción de un archivo consolidado con la información seleccionada y sistematizada en formato Excel

Con el total de información obtenida de las bases de datos, sistematizada y validada, se procedió a realizar un archivo consolidado con la información adecuadamente seleccionada.

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: a) Definición de parámetros a normar y su justificación

A. Físicoquímicos: La selección de parámetros físicoquímicos se realizó en un proceso de cuatro pasos:

1. Se confeccionó una lista preliminar de parámetros candidatos a incluirse en la NSCA del Mataquito, a partir de tres fuentes: a) el conjunto de parámetros con historia de mediciones in situ, obtenidos a partir del Objetivo específico A de este estudio, b) recomendaciones a partir de experiencia internacional, c) conjunto de parámetros sujetos al Decreto Supremo 90 y Decreto Supremo 609 que aplican al listado de empresas presentes en la cuenca.

Con esta información se construyeron paquetes de parámetros físicoquímicos que responden a las principales actividades económicas desarrolladas en la cuenca, las materias primas utilizadas en los procesos productivos y los principales desechos obtenidos.

2. En base a los usos del suelo y el listado de empresas registradas en cada área de vigilancia propuesta en este estudio, se establecieron las actividades económicas realizadas en cada área de vigilancia. El conjunto de actividades económicas se clasificó en seis categorías de actividades económicas, que fueron identificadas para cada área de vigilancia. Las categorías de actividades económicas fueron: 1) Agricultura y ganadería (incluye silvoagropecuaria), 2) Urbano e industrial (incluye empresas, turismo, plantas de tratamientos), 3) Celulosa y Minería, 4) Extracción de áridos, 5) Industria de alimentos. Además se calculó el potencial demográfico en base a proyecciones poblacionales. De esta forma se creó una caracterización de cada una de las áreas de vigilancia para un mejor manejo de la información contenida en cada una de ellas.

3. En base a la información de literatura y criterio experto se asignaron los parámetros del paso 1 a una o más de las categorías de actividades económicas (paso 2). Paso seguido, se redujo el conjunto de parámetros asociados a cada categoría de actividad económica a un mínimo necesario para monitoreo (parámetros a normar) de acuerdo a relevancia, toxicidad y concentraciones observadas en datos históricos.

4. De este modo obtenemos, para cada área de vigilancia, un conjunto de parámetros de interés que están asociados a las categorías de actividades económicas preponderantes desarrolladas en cada área de vigilancia.

Los parámetros seleccionados se clasificaron en dos tipos: I) parámetros para norma, consistentes en aquellos sobre los que se tiene información suficiente para establecer límites permitidos para la protección de las aguas y su biota, II) parámetros para vigilancia, que comprenden aquellos necesarios de conocer y vigilar, pero respecto de los cuales no se posee información confiable suficiente para fijar límites permitidos. Los parámetros para vigilancia deberán ser medidos rutinariamente al igual que los parámetros para norma, a fin de obtener la información suficiente para incluirlos en el siguiente proceso de revisión de la NSCA del Mataquito.

B. Biológicos: Mediante análisis de literatura especializada y el criterio experto del equipo consultor en materias de biodiversidad acuática de Chile, se estableció un número mínimo de indicadores biológicos que mejor puedan ser utilizados para registrar el estado de la biota acuática en su conjunto, así como seguir su evolución temporal, de manera que sirvan como instrumentos de decisión y gestión a la autoridad. Los criterios para la selección de los parámetros biológicos fueron: facilidad y rapidez en la toma de datos y en su interpretación, importancia ecológica, utilización a nivel mundial, nivel de desarrollo en Chile en cuanto a disponibilidad de especialistas y disponibilidad de índices aceptados que deriven del parámetro en cuestión. Consideramos esencial el registro de parámetros biológicos, debido a que el espíritu principal de la NSCA es preservar la estructura y funcionamiento de la biota acuática presente en la cuenca, y el uso de parámetros fisicoquímicos únicamente brinda una visión parcial e indirecta de los potenciales peligros para la biota.

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: b) El o los análisis estadísticos respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca

A partir de la información recopilada y validada, se establecen los percentiles 50 y 95 de cada sector (tramo) para calcular los niveles de calidad actuales. Esto se realiza para los últimos 3 años con datos (periodo 2012-2014).

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: c) Definición de tablas de clase y valores de calidad a partir de los resultados de Bioensayos atinentes a la cuenca y otros que se consideren relevantes.

A partir de la información recopilada y validada, se establecieron 5 clases de calidad para la cuenca y para cada parámetro seleccionado. Esto se realizó en base una metodología de pasos:

1. Establecer las estaciones de mejor calidad que sirven de referencia para la cuenca.
2. Calcular los percentiles 50 y 95 de la estación de mejor calidad en la cuenca (“mejor caso”) y percentil 95 de la estación de peor calidad registrada en la cuenca (“peor caso”).
3. La clasificación resultante es contrastada para las clases 1 y 2 con la información biológica disponible en trabajos de bioensayos (Encina 2012 y 2014) y literatura general (Parra et al 2004, Cortes & Montalvo 2010) y de Bioindicadores (CENMA 2012), de modo de establecer niveles que aseguren una clase de calidad que proteja el mayor porcentaje de la biota posible

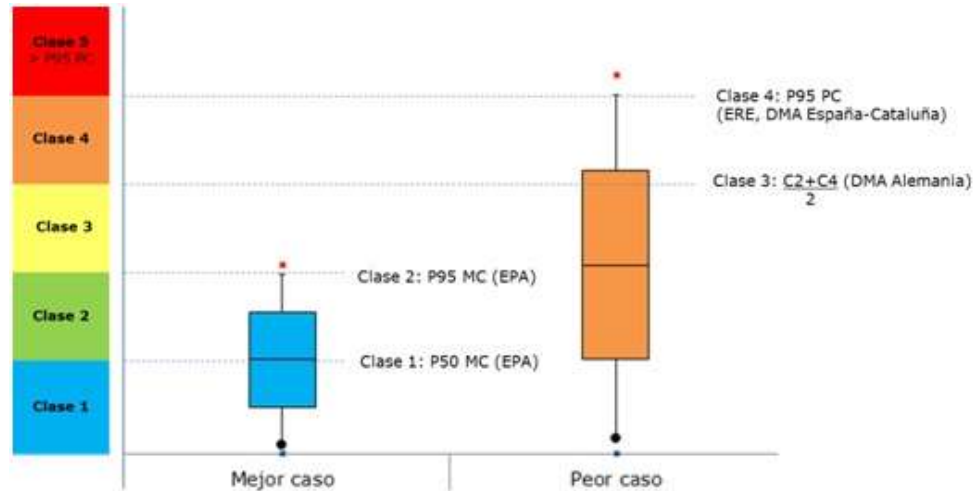


Figura 3. Metodología de determinación mediante percentiles de mejor y peor caso (Fuente: EPA, DMA).

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: d) Definición de Áreas de Vigilancia justificadas técnicamente, incluyendo los parámetros propuestos a normar para la NSCA de la cuenca del río Mataquito

1. Recopilación y análisis de información espacial

Esta actividad comprende la recopilación de información espacial para caracterizar la cuenca a través de atributos que dan cuenta de:

- i. Características físicas y políticas de la cuenca: hidrología, usos de suelo, subcuencas, tipología de ríos (Fuster 2011), ciudades.
- ii. Actividades económicas: ubicación de industrias, puntos de descargas RILES
- iii. Aspectos ecológicos y normativos: SNASPE, especies en categorías de conservación, estado ecológico de los tramos, áreas de vigilancia propuestas por CONAMA (2006-2007), estaciones de monitoreo vigentes DGA.

Esta información se recopiló en formato *shape*, principalmente a través de 3 bases de datos:

- a. Infraestructura de datos Geoespaciales (IDE).
- b. Base de datos CENMA.

c. Información aportada por la contraparte técnica.

El análisis espacial de la cartografía adquirida y que permitió finalmente delimitar las áreas de vigilancia se basó en primer lugar en identificar todas las actividades y elementos espaciales importantes de la cuenca para construir una visión general del desarrollo económico, social y ecológico. De esta forma se concibe una idea de territorio.

Bajo esta visión, fue necesario traducir esta generalidad en información que entregase datos duros sobre la heterogeneidad espacial de la cuenca sobre el objeto de estudio: la red hidrográfica. Para tal fin se asignó la información cartográfica a cada uno de los tramos de la red en base a la proximidad espacial, es decir, los elementos y actividades identificados en la cuenca se asignaban al tramo ubicado a menor distancia lineal. Si bien, el producto final está dirigido a áreas de vigilancia, nuestra metodología se basa en la asignación de información por tramos de la red hidrográfica para luego identificar grupos de tramos que conformarán las áreas de vigilancia.

Finalmente el conjunto de datos por tramo sirvió de base para definir áreas de vigilancia a través de la metodología que se describe a continuación.

2. Establecimiento/justificación de áreas de vigilancia

El establecimiento de las áreas de vigilancia se basó en una metodología cuantitativa desarrollada para este estudio por el equipo consultor. La metodología está orientada al uso de la información espacial recopilada con el fin de obtener una priorización en tres capas de cada uno de los tramos (ríos) que conforman la cuenca. A partir de esta priorización emergen los grupos de tramos (áreas) con alto valor de importancia para la vigilancia, cuyos límites se ajustan luego para optimizar el uso de estaciones DGA actualmente en operación y a la presencia de fuentes de contaminación puntual importantes. Cada área de vigilancia queda así justificada de acuerdo a la(s) capa(s) de información que la definen con alto valor de importancia. Cada área de vigilancia propuesta cuenta con una estación control (principal) que deberá estar ubicada al final de ésta y opcionalmente una o más estaciones de monitoreo (adicionales a la principal) cuando hay sub-áreas de especial significación biológica o económica, la cual deberá estar ubicada aguas debajo del objetivo de monitoreo (área biológica o fuente industrial).

Priorización cuantitativa de los tramos para fines de vigilancia

Desarrollamos una metodología cuantitativa para priorizar los tramos de acuerdo a su importancia para la vigilancia ambiental del sistema hídrico del Mataquito. Estos cálculos se podrán implementar en cualquier hoja de cálculo, aunque es preferible

utilizar algún lenguaje de programación. El resultado de esta priorización será tomado como base para la definición de las áreas de vigilancia. La priorización de tramos considera tres capas básicas de información, las cuales son detalladas en el texto más adelante:

1. Física, que integra la centralidad topológica, longitud y tipología del tramo
2. Biológica, que integra el estado ecológico (calidad), valor de conservación y orden de Strahler del tramo
3. Económica, que considera indicadores de las fuentes puntuales y difusas de contaminación asociadas al tramo

El siguiente esquema ilustra la aproximación general utilizada.

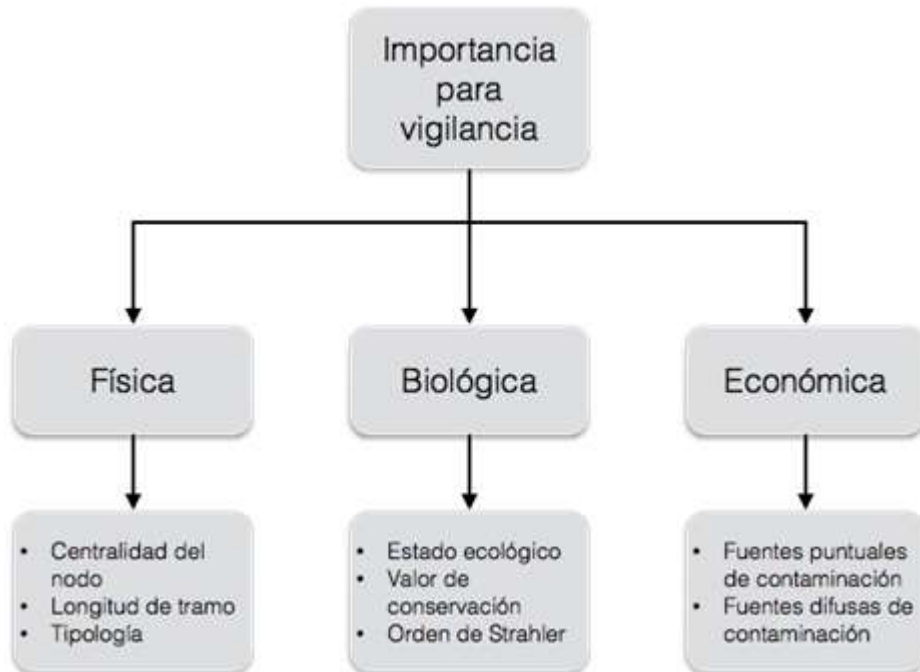


Figura 4. Esquema de la información utilizada para priorizar los tramos del sistema hídrico del Mataquito para fines de vigilancia ambiental (Fuente: elaboración propia).

Componente físico

La importancia física de cada tramo F_n , se calculó considerando los siguientes sub-componentes: a) centralidad topológica del tramo, b) longitud del tramo, c) distancia a la desembocadura y d) cercanía a glaciares. La centralidad topológica es una medida de la contribución de un tramo a la conectividad global de la red hidrográfica. La longitud es

una medida del tamaño del tramo y por tanto de la cantidad de energía y materia que contiene. La distancia a la desembocadura tiene por objetivo otorgar mayor importancia a los tramos cuyas aguas recorrerán mayor distancia y por lo tanto su calidad afectará a una mayor fracción de la cuenca. Finalmente, aquellos tramos que están en contacto con los glaciares se les otorgan mayor importancia para la vigilancia debido a la pristinidad que resguarda estas fuentes de agua dulce.

Para ello, se modelizó el sistema hídrico del río Mataquito como un grafo no-dirigido, donde los nodos representan tramos y los arcos representan confluencias entre tramos. Se define un “tramo” como una sección de río que se encuentra entre confluencia y confluencia (Figura 5).

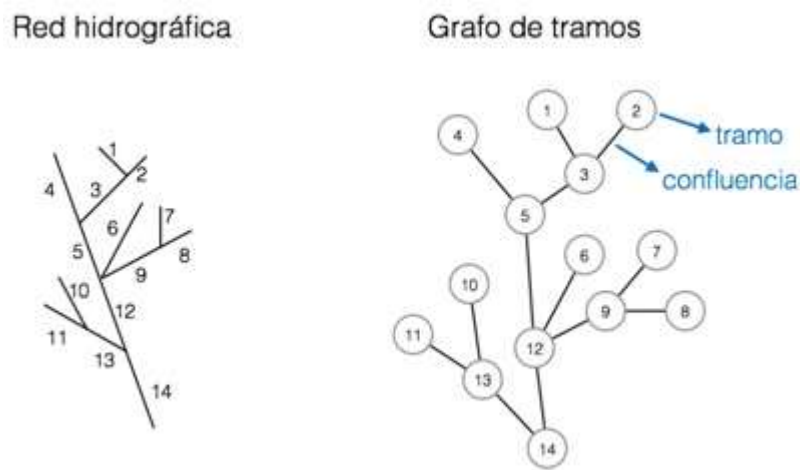


Figura 5. Esquema del procedimiento de modelización basado en grafo (fuente: elaboración propia).

A partir del grafo obtenido (Figura 5) y su matriz de adyacencia¹ asociada, se calculó la conectividad integral (i.e. conectividad global del sistema) C de la red hídrica del Mataquito, a partir de Eros *et al.* 2011, como:

¹ Se refiere a una matriz con igual número de filas y columnas equivalentes al número de nodos (tramos) de la red. En cada posición i,j (fila, columna) se registra “1” ó “0” cuando existe o no existe, respectivamente, conexión física (confluencia) entre los nodos (tramos) i y j .

$$C = \frac{\sum_i \sum_j \frac{A_i A_j}{1+d_{ij}}}{(\sum_n A_n)^2}$$

Donde A_i corresponde al valor de atributo del tramo i , calculado como:

$$A_i = L_i D_i (1 + 0.2 G_i)$$

L_i es la longitud de cada tramo, D_i es la distancia a la desembocadura desde el límite superior del tramo i . G_i es una variable binaria que asume valor 1 si es que el tramo i toca un glaciar y valor cero de otro modo.

El valor de importancia física F_n del nodo (tramo) n , para fines de vigilancia, se calcula mediante:

$$F_n = \frac{C - C_n}{C},$$

Donde C_n es el índice de conectividad integral del sistema en ausencia del nodo n .

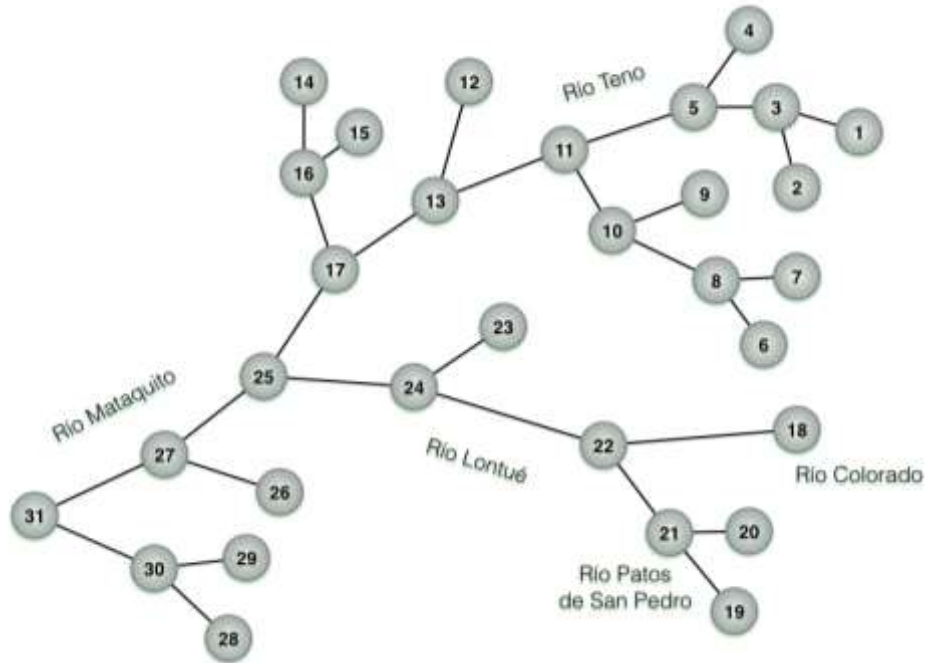


Figura 6. Modelo de grafo del sistema hídrico del Mataquito (fuente: elaboración propia).

La ubicación espacial de los nodos del modelo de grafos (Figura 6) se muestra en la Figura 7. En la Tabla 2 se presentan los nombres de cada tramo (nodo) correspondiente.

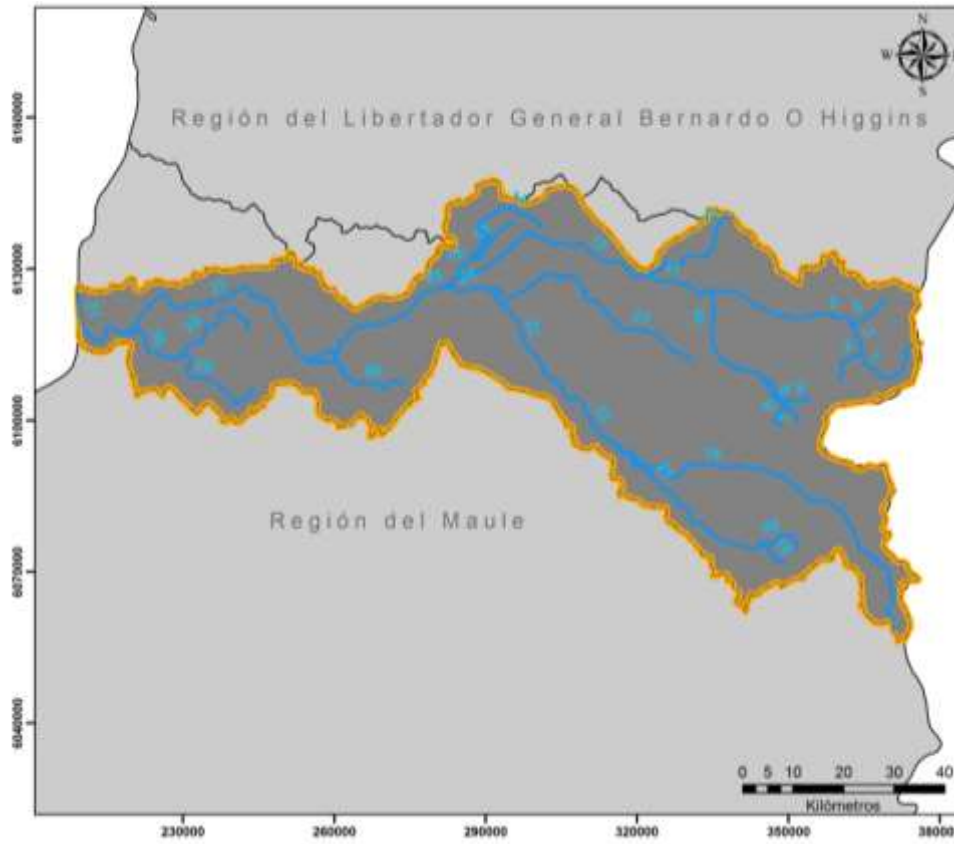


Figura 7. Número de nodos para cada tramo de la red hidrográfica. (Fuente: elaboración propia).

Tabla 2. Nombre de los principales ríos de la red hidrográfica del Mataquito, y su correspondencia con los nodos del modelo de grafo. (Fuente: elaboración propia).

Número de Nodo	Nombre del río
1	Río Teno
2	Río Malo
3	Río Teno
4	Estero del Colorado
5	Río Teno
6	Desconocido
7	Río de los Cajones
8	Río de los Cajones
9	Río del Planchón
10	Río Claro

Número de Nudo	Nombre del río
11	Río Teno
12	Río el Manzano
13	Río Teno
14	Estero la Palmilla
15	Estero Seco
16	Estero la Palmilla
17	Río Teno
18	Río Colorado
19	Estero Descabezado Chico
20	Estero San José
21	Río Lontué
22	Río Lontué
23	Estero Guaiquillo
24	Río Lontué
25	Río Mataquito
26	Estero Culenar
27	Río Mataquito
28	Estero Rapilermo
29	Estero Domulgo
30	Estero Curepto
31	Río Mataquito

Componente biológico

La importancia biológica B_n de cada tramo se calculó en base a tres propiedades: a) estado ecológico, b) valor de conservación, c) orden de Strahler.

Estado ecológico

Es un índice basado en la presencia de organismos bioindicadores de calidad de aguas, que informa el estado de salud de la biodiversidad en el sitio focal (CENMA, 2012). El valor de estado ecológico E_n de cada tramo de acuerdo a las categorías estándar se asigna de acuerdo a:

Tabla 3. Valores del índice de estado ecológico, de acuerdo a las respectivas categorías (fuente: elaboración propia).

Estado ecológico	E
Malo	1
Deficiente	2
Moderado	4
Bueno	8
Muy bueno	16

Estos valores fueron establecidos por el grupo de trabajo bajo el criterio de asignar mayor importancia a aquellos tramos con el mejor estado ecológico, con tal de resguardar y mantener su calidad biológica. El puntaje sigue una serie geométrica.

Valor de conservación

Es un indicador de la importancia del sitio para el resguardo de especies o sitios protegidos. Se utiliza en general para dar valor a áreas con diferentes características ecológicas, basándose en la suma ponderada entre el número de especies y el puntaje según el valor de conservación de dichas especies (Guti, 1995). Para efectos de esta consultoría, se consideró relevante agregar a este índice un valor extra debido a la cercanía de un área considerada como Sitio prioritario de conservación. Por consiguiente, nuestro índice de valor de conservación V_n del sitio n se calculó como:

$$V_n = \sum_i k_i N_{i,n} + S_n,$$

Donde $N_{i,n}$ es el número de especies adscritas a la categoría de conservación i presentes en el tramo n , k_i es la ponderación de la categoría de conservación i (Tabla 4) y S_n es el índice de presencia de sitios prioritarios (SP) en la vecindad del tramo n , con valores:

$$S_n = \begin{cases} 32 & \text{si existe SP en tramo } n \\ 0 & \text{si no existe SP en tramo } n \end{cases}$$

Tabla 4. Valores de ponderación de cada categoría de conservación de especies (fuente: elaboración propia).

Categoría de conservación i	k_i
En peligro	8
Vulnerable	4
Casi amenazada	2
Preocupación menor	1
Insuficientemente conocida	0

Los puntajes asignados a cada categoría de conservación fueron propuestos por esta consultoría con el objeto de darle mayor importancia (puntaje) a aquellos tramos con especies de mayor sensibilidad e importancia para su conservación biológica (e.g. en peligro). Al igual que los puntajes anteriores, éste sigue una serie geométrica.

Orden de Strahler

Corresponde a una medida de la complejidad hidrográfica del sistema de tributarios del tramo focal. Nuestra experiencia indica que los tramos con menor orden (ríos de cabecera) albergan *per se* una mayor biodiversidad que tramos de mayor orden (curso principal), y por tanto los primeros poseen un mayor valor como potenciales fuentes de restauración ecológica. El valor del índice de orden de Strahler del tramo n , O_n , lo calculamos como 2^x , donde $x \in \{1, 2, 3, 4\}$ es el orden de Strahler.

La literatura clásica señala que la mayor biodiversidad se encuentra en ríos de órdenes de Strahler mayores (e.g. Vannotte *et al.* 1980), lo cual concuerda con estudios realizados en nuestras aguas para el conjunto de peces, diatomeas y macrófitas, y no así para macroinvertebrados bentónicos que prefieren órdenes menores (Palma *et al.* 2013). Sin embargo en lo referente a biodiversidad nativa para nuestro país, principalmente en los estudios realizados en peces y también en macroinvertebrados, los trabajos revelan que es en ríos, canales y esteros de bajos órdenes que corresponden a sistemas de cabecera y cursos secundarios donde se encontraría la mayor biodiversidad nativa (Habit *et al.* 1998, Habit *et al.* 2003, Habit *et al.* 2005, Habit *et al.* 2010, Palma 2013, Palma *et al.* 2013), al encontrarse mejores condiciones de refugio ante amenazas externas como contaminantes (los cuales por lo general son vertidos sobre cursos principales de alto orden), especies introducidas (como salmónidos) y otras situaciones de estrés. Los estudios que reportan el patrón señalado han sido desarrollados principalmente en las cuencas del Loa, Huasco, Maipo, Cachapoal y Mataquito para macroinvertebrados bentónicos e Itata, Andalién, Bio-Bio y

Aysén para peces. Por esta razón es que para fines de conservación de la biodiversidad nativa se consideran como prioritarios en este trabajo aquellos sistemas de bajo orden por sobre los de orden superiores, por ser los sitios documentados como los hábitats de mayor diversidad y conservación en fauna nativa.

Integrando los tres subcomponentes, el valor del índice de importancia biológica se computa:

$$B_n = \frac{E'_n + V'_n + O'_n}{3},$$

Donde x' indica valores normalizados de x . La normalización se realiza:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)},$$

Siendo x el valor de la variable a normalizar (E' , V' , O') y $\min(x)$ y $\max(x)$ los valores mínimo y máximo de la misma variable entre todos los nodos (tramos) del sistema.

Componente económico

Denominamos importancia económica para fines de vigilancia al grado de intervención y amenaza ambiental de un tramo producto de la concentración de actividades humanas. Este componente incluye a) presencia de fuentes de contaminación puntuales, medida a través del índice P_n y b) presencia de fuentes de contaminación difusas, medidas de acuerdo al tipo de uso de suelo. El índice P_n se calcula:

$$P_n = \sum_{i=1}^m d_i I_{i,n},$$

Donde $I_{i,n}$ es cada una de las m fuentes (actividades económicas) de contaminación puntual asociadas (por proximidad) al tramo n y d_i es el factor de peligrosidad superficial de la fuente i , definido como 10^{IP} . El valor de IP (Índice de Peligrosidad) (ver hoja "IP" de archivo Anexo) se determinó a través de criterio experto, y se basó en la asignación de puntajes según grado esperado o potencial de contaminación a la cuenca.

Por otro lado, el indicador D_n de contaminación difusa del tramo n se asigna según el uso del suelo de acuerdo a la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de contaminación difusa de acuerdo al uso del suelo (fuente: elaboración propia).

Usos de suelo	Puntaje
Afloramientos rocosos	1
Bosque nat.- Renoval	1
Estepa Andina central - Vegas	1
Nieves	1
Ríos - Cajas de río	1
Sobre limite vegetación	1
Lagos - lagunas - otros	2
Matorral - suculentas	2
Playas y dunas	2
Bosque nat.- Exótica	4
Bosque nat.- Plantación	4
Plantación	4
Praderas	4
Terrenos agrícolas - Praderas	8
Ciudades - Zonas Industriales	16
Minería	16

Estos valores fueron propuestos por el equipo consultor en base al grado de potencialidad de contaminación difusa que tiene un uso respecto del otro. El puntaje sigue una serie geométrica.

En el caso de existir dos o más usos de suelo para un mismo nodo, se calculó la suma ponderada entre el área del uso de suelo comprendida en una zona buffer desde el río hasta 200 m, y el puntaje correspondiente.

La importancia para la vigilancia del componente económico da cada tramo n se computa:

$$E_n = \frac{P'_n + D'_n}{2},$$

Donde x' indica valores normalizados de x , como se explica más arriba.

Las variables consideradas en estos tres componentes se adjuntan en el archivo anexo “datos_Mataquito.xlsx”

Categorización de los tramos

Finalmente, para cada capa de información los tramos han sido priorizados en cuatro categorías (1 – 4 desde baja hasta máxima,

Tabla 6), en base al valor correspondiente de su importancia física, biológica y económica. La categorización se realiza en base a percentiles, de tal manera que las dos categorías superiores (3-4, Altas y Máxima) agrupe en total al 35% de los datos (percentiles 65-100), permitiendo discriminar (o categorizar) los tramos más importantes de aquellos menos relevantes:

Tabla 6. Categorías de priorización para los tramos de la red hidrográfica (Fuente: elaboración propia).

Categoría	Descripción	Límites (percentiles)
1	Baja	0 - 40
2	Media	40 - 65
3	Alta	65 - 85
4	Máxima	85 - 100

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECÍFICO 2: e) Definición de niveles de calidad actual para cada área de vigilancia, por tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura)

Una vez definidas las clases de calidad por parámetro (objetivo 2 b y 2 c), los valores son utilizados para calcular los niveles de calidad actuales (para los últimos 3 años, periodo 2012-2015) de cada parámetro en cada área de vigilancia y por tramos de la cuenca. Para ello se utiliza el percentil 95 del valor correspondiente al periodo elegido debido a que este valor refleja excedencias (o valores altos) registrados en el período, y se contrasta con los valores normados para cada parámetro y por área de vigilancia. Esto mismo es realizado para la tendencia central histórica (percentil 50 datos 1980-2014), a fin de definir la clase de calidad que cada estación vigente ha mantenido históricamente, obteniendo entonces sus valores normas.

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 3: Caracterizar las distintas especies y ecosistemas ribereños en los distintos tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura), a través de recopilación bibliográfica, líneas de base de proyectos SEIA, muestreos en los tramos definidos y demás información relevante que pueda ser aportado.

Utilizando distintas bases de datos planteados en el objetivo 1 (ver Tabla 1), que consta de archivos de consultorías, tesis y trabajos científicos disponibles en instituciones, servicios estatales y en la red, se recopiló información de la biota existente en la cuenca del Mataquito, la cual es entregada como base de dato en formato xls. Además de lo anterior, se realizó un levantamiento de información en terreno en conjunto con la contraparte técnica.

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 4: a) Indicar toda la información faltante, para dar lugar a proposiciones para completar y/o efectuar estudios, recolección/homologación de datos de forma de generar información comprensible, útil y adecuada para sustentar la Norma de Calidad Secundaria.

Con la información fisicoquímica y biológica encontrada, se procederá a identificar áreas con mayor y menor información disponible, de manera de establecer la falta de información por área de vigilancia y proponer los estudios pertinentes para sustentar la NSCA. La metodología para ello será la siguiente:

- Identificación cualitativa y/o cuantitativa de “gaps” de información por área de vigilancia y por parámetros a normar y/o vigilar.
- Criterio experto del equipo consultor
- Discusión y consenso con la contraparte técnica

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 4: b) Proponer, definir y justificar campañas de monitoreo que permitan determinar los valores de calidad ambiental para los parámetros a definir, considerando la identificación de zonas de referencia por tramos de la cuenca (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) para la elaboración del anteproyecto

Para aquellos parámetros que no pueden ser normados actualmente por falta de información histórica, se desarrollará una propuesta de metodología de muestreo idónea a los objetivos de la NSCA, considerando el estado actual y los desafíos futuros. Se establecerán los sitios y frecuencia óptimos, incluyendo la identificación de sitios de referencia. Este producto será entregado en una combinación de carta Gantt (temporalidad) y formato Shape (espacialidad). De esta manera se tendrá toda la información necesaria para realizar campañas adecuadas y efectivas en la realización de los objetivos planteados. La metodología para ello considerará al menos:

- Identificación de “gaps” de información por área de vigilancia y por parámetros a normar y/o vigilar.
- Identificación de zonas de referencias como aquellas con mejores valores en los parámetros de calidad evaluados y que presenten menor intervención antrópica.
- Priorización de sitios para muestrear de acuerdo a información espacial disponible.
- Criterio experto del equipo consultor
- Discusión y Consenso con la contraparte técnica

METODOLOGIA OBJETIVO ESPECIFICO 5. Realizar un taller dirigido principalmente a autoridades regionales, provinciales y comunales, agricultores, ONGs, servicios públicos, universidades y otros para entregar los resultados de la consultoría.

Realización de taller

El taller tendrá una duración de media jornada (4 horas) donde se expondrán y discutirán los resultados de la consultoría realizada y los desafíos futuros. Esta será realizada en al final de la consultoría y no se informa en el presente documento.

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 presente NSCA y se acordó una salida a terreno para verificar vacíos de información, principalmente aquella que pudiera estar dada por el desarrollo de actividades de extracción y procesamientos de áridos en la parte baja de la cuenca. En la segunda reunión se realizó la revisión de los objetivos, se evaluó el conocimiento existente de la cuenca y se estableció una priorización para aquellas zonas poco intervenidas y de alto interés para la protección de la biodiversidad de la cuenca.

RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 1: Revisar y actualizar toda la información disponible (bioensayo, fisicoquímica, biológicos y otros que se consideren relevantes) y validar las bases de datos históricos de calidad de agua disponible según requerimientos para elaborar la propuesta de NSCA de la cuenda del río Mataquito

1. Recopilación y sistematización de información relevante

Base de datos DGA

La base de datos de las estaciones monitoreadas por la DGA para la cuenca del río Mataquito obtenida desde la página web de la DGA para los últimos 35 años, incluyendo el 2015 arrojó un total de 814 registros repartida en 21 estaciones de monitoreo. Sin embargo la información entregada en la página web solo contiene hasta el mes de julio (invierno) de 2014 y no se encontraron datos disponibles para el año 2015.

Otras bases de datos

La búsqueda en otras bases de datos se presenta en la Tabla 7 y el desglose de la información útil encontrada se presenta en la Tabla 8.

Adicional a los criterios de búsquedas por las palabras claves utilizadas, se consideraron relevantes aquellos trabajos que tuvieran contenida la información de biota y/o parámetros fisicoquímicos de la cuenca del río Mataquito.

Tabla 7. Resultados de búsqueda y recopilación de información relevante para este proyecto en buscadores científicos vía internet. Total se refiere al total de artículos relacionados en la búsqueda respectiva, y útil se refiere a artículos relevantes y descargados para complementar la información respecto de búsquedas anteriores realizadas. (Fuente: elaboración propia)

	Buscador									
	ISI		Scielo		Google Académico		Base de datos (SINIA, SIC, etc)		Base de datos contraparte	
Keyword	total	útil	total	útil	total	útil	total	útil	total	útil
Mataquito AND river	11	3	2	1	223	4	9	1	15	6
Mataquito AND basin	1	1	3	1	149	2	0	0	0	0
Mataquito AND rios	4	1	1	1	395	2	0	0	0	0

De la búsqueda de realizada se seleccionó un total de 13 artículos relevantes entre ellos publicaciones en revistas científicas (7), informes de consultorías (5) y tesis de grado (1), según se describen a continuación en la Tabla 8.

Del total del material recopilado (base de datos DGA para el Mataquito 1980 – 2014) se trabajó con los siguientes documentos por aportar datos relevantes que cumplieran con los criterios para estandarizar y validar la información obtenida, de acuerdo a los objetivos de este estudio:

- Base de datos histórica de la DGA para el Mataquito periodo 1980 – 2015
- BIOMA BGA consultores: Consultoría para la Recopilación de Información sobre la Biodiversidad en Apoyo a la Elaboración del Anteproyecto de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas de la Cuenca del Río Mataquito. 2008.
- Estudio Universidad Católica de Temuco: Evaluación Ambiental en el Río Mataquito. 2008.
- Estudio Centro Regional de Estudios Ambientales (CREA): Caracterización de las Aguas Superficiales del Río Mataquito Región del Maule. 2007.
- Estudio Universidad Católica de Temuco. Estudio Complementario Elaboración Norma Secundaria de la Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas de la Cuenca del Río Maule. 2010.
- Estudio Universidad Católica de Temuco. Estudio de Calidad del Agua de la Cuenca Hidrográfica del Mataquito Mediante Bioensayos. 2012.

Tabla 8. Desglose de los resultados de búsqueda y recopilación de información relevante para este proyecto en buscadores científicos vía internet (Fuente: elaboración propia).

Autor/es	Título	Tipo de documento	Año	Cita completa	Utilidad por (criterio)
Estades CF, Vukasovic MA	Waterbird population dynamics at estuarine wetlands of central Chile	Publicación Científica	2013	Ornitología neotropical 24: 67–83	Datos biológicos
Figuerola R, Bonada N, Guevara M, Pedreros P, Correa-Araneda F, Díaz ME, Ruiz, VH	Freshwater biodiversity and conservation in Mediterranean climate streams of Chile	Publicación Científica	2013	Hydrobiologia 719: 269–289	Datos biológicos
Muñoz-Ramírez C, Jara A, Beltrán-Concha M, Zúñiga-Reinoso A, Victoriano P, Habit E	Distribución de la familia diplomystidae (pisces: siluriformes) en Chile: nuevos registros	Publicación Científica	2010	Boletín de Biodiversidad de Chile 4: 6-17	Datos biológicos
Palma A, Gonzalez-Barrientos J, Reyes C, Ramos-Jiliberto, R	Biodiversidad y estructura comunitaria de ríos en las zonas árida, semiárida y mediterránea-norte de Chile	Publicación Científica	2013	Revista Chilena de Historia Natural 86: 1-14	Datos biológicos
Vasquez D, Correa C, Pastenes L, Palma RE, Mendez MA	Low phylogeographic structure of <i>Rhinella arunco</i> (Anura: Bufonidae), an endemic amphibian from the Chilean Mediterranean hotspot	Publicación Científica	2013	Zoological Studies, 52:35	Datos biológicos

Villavicencio G, Urrestarazu P, Arbildua J, Rodriguez PH	Application of an acute biotic ligand model to predict chronic copper toxicity to <i>Daphnia magna</i> in natural waters of Chile and reconstituted synthetic waters	Publicación Científica	2011	Environmental Toxicology and Chemistry, 30: 2319–2325	Datos fisicoquímicos
Universidad Católica de Temuco	Estudio de calidad del agua de la cuenca hidrografica del Mataquito mediante bioensayos	Documento técnico	2012		Datos fisicoquímicos
Universidad Católica de Temuco	Estudio complementario elaboración norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Maule	Documento técnico	2010		Datos fisicoquímicos
CREA	Caracterización química de las aguas superficiales del río Mataquito Región del Maule periodo 2006 - 2007	Documento técnico	2007		Datos fisicoquímicos
BIOMA	Consultoría para la recopilación de información sobre la biodiversidad en apoyo a la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Mataquito	Documento técnico	2008		Datos fisicoquímicos/biológicos
CENMA	Propuesta de utilización de biocriterios para la implementación y monitoreo de la norma secundaria de calidad ambiental - Resultados cuencas de los ríos Limarí y	Documento técnico	2010		Datos fisicoquímicos/biológicos



	Mataquito				
Muñoz-Ramírez C	Filogeografía de la Familia Diplomystidae (Pisces, Siluriformes): Nuevos Registros, Patrones Macro y Microevolutivos y Conservación	Tesis	2010		Datos biológicos

2. Validación de la información sistematizada

Se recopiló un total de 884 registros, los cuales se validaron en su totalidad para 139 parámetros de calidad de agua colectados entre los años 1980 y 2014 (por no existir datos disponibles para 2015 en la base de datos de DGA como ya se ha mencionado).

A continuación se presentan los resultados de la validación:

Outliers: Comparación entre valores medidos por DGA y otros estudios

La validación se realizó antes y después de eliminar los outliers. Antes de la eliminación de outliers unos pocos parámetros presentaron diferencias significativas entre estudios: Cloruros, Bicarbonato, D.Q.O, Sodio Disueltos, Potasio Disuelto, Conductividad y Fosfatos. Luego de la eliminación de outliers no se encontraron diferencias significativas entre los valores informados por DGA y los valores informados por otros tres estudios: CENMA 2010, Crea 2008 y UCT 2012 (Test U de Mann Withney, $p > 0,05$) en ningún parámetro. Por tanto, se incluyen los datos obtenidos para la propuesta normativa.

Un resumen del recuento básico del total de datos recopilados y aquellos que fueron validados se presenta en la planilla Excel "Planilla_datos_Mataquito2015.xls" en la hoja activa FQ1_outliers.

Outliers: relación con eventos naturales

Los datos obtenidos como outliers en este estudio no muestran un patrón que pudiera atribuirse a eventos naturales, es decir no asociados a la acción del hombre. Los datos evidencian una tendencia a aumentar durante el periodo de otoño invierno, lo que puede relacionarse a eventos de escorrentía debido a las lluvias, sugiriendo que esta época del año es susceptible a evidenciar valores por sobre los del resto del año. Sin embargo, esto no puede ser atribuido a "condiciones naturales", debido a que no se puede separar el efecto de las actividades desarrolladas por el hombre en la cuenca y por causa de las lluvias lleguen por "contaminación difusa" a las aguas, y no por una condición propia y "natural" de los suelos de la cuenca.

Parámetros Fisicoquímicos Validados

Una lista con los principales parámetros validados y el número de datos obtenidos se presenta a continuación (Tabla 9):

Tabla 9. Lista de los principales parámetros fisicoquímicos validados y ordenados por número de datos obtenidos de mayor a menor (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	Unidad	N
pH	-	859
Conductividad	μS/cm	846
Temperatura	°C	727
Fe	mg/L	635
Mg Dis	mg/L	572
K ⁺ Dis	mg/L	570
Ca Dis	mg/L	561
Cu	mg/L	559
Cl ⁻	mg/L	542
SO ₄ ⁻²	mg/L	525
As	mg/L	489
O.D.	mg/L	469
Mn	mg/L	463
Na Dis	mg/L	456
Zn	mg/L	432
Cd	mg/L	427
D.Q.O.	mg/L	413
Cr	mg/L	405
B	mg/L	404
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L	402
Ni	mg/L	387
Al	mg/L	384
Co	mg/L	383
N(NO ₃ ⁻)	mg/L	380
Hg	mg/L	378
Mo	mg/L	369
Se	mg/L	336
RAS	mg/L	312
Ag	mg/L	270
DBO ₅	mg/L	73
AyG	mg/L	40
N-NH ₄	mg/L	40
SS	mg/L	40

3. Base de Datos Obtenida

Toda la información recopilada, seleccionada y sistematizada se encuentra en la planilla Excel "Planilla_Datos_Mataquito2015.xls". En ella existen 17 hojas activas:

- Id: con la identificación de los símbolos utilizados en toda la planilla.
- FQ: todos los datos fisicoquímicos obtenidos en esta etapa (1980 – 2015).
- FQ1: datos con validación cualitativa aplicada y signos < eliminados.
- FQ1_outliers: datos con métodos para detectar outliers aplicada (es decir, datos sin outliers). Las celdas de los datos eliminados fue resaltada en azul.
- FQ1_Actual: datos para la calidad actual (2012-2014).
- FQ1Est: entrega estadística de datos validados con la calidad histórica (1980-2014) y actual (2012-2014).
- Clases: Análisis estadísticos para determinar las clases de calidad con los datos históricos y por tramo.
- Bioensayo: con los valores obtenidos en la literatura y bioensayos para definir las distintas clases de calidad.
- InfoBiol: Total de datos biológicos recopilados para la cuenca del Mataquito.
- Biol1diatomeas: datos biológicos de diatomeas presentes en la cuenca.
- Biol1macroinvertebrado: datos biológicos de macroinvertebrados presentes en la cuenca.
- Biol1macrofitas: datos biológicos de macrofitas presentes en la cuenca.
- Biol1aves: datos biológicos de aves presentes en la cuenca.
- Biol1peces: datos biológicos de peces presentes en la cuenca.
- Biol1anfibios: datos biológicos de anfibios presentes en la cuenca.
- ActEconomicas: Fuentes contaminantes cuenca: listado y fisicoquímica que descargan desde fuentes puntuales en la cuenca.
- Anteproyecto2009: con los valores y áreas de vigilancias propuestos para el anteproyecto de la cuenca del Mataquito para el año 2009.

4. Estaciones DGA vigentes

Nueve estaciones monitoreadas por DGA han continuado hasta el año 2014 según los datos obtenidos y que se entregan en la Tabla 10 y que pueden verse espacialmente en la Figura 8.

Tabla 10. Identificación de las estaciones vigentes de la DGA, donde se reportan datos de los distintos parámetros fisicoquímicos para este estudio (fuente: modificado de DGA).

CODIGO B.N.A.	NOMBRE ESTACION	UTM E	UTM N	TRAMO/AREA
07123007-4	POZO SECTOR LORA	218863	6118849	27
07103001-6	RIO CLARO EN LOS QUEÑES	334690	6125230	10
07117002-0	RIO LONTUE DESP. JUNTA PALOS Y COLORADO	314862	6095071	22
07117001-2	RIO LONTUE EN LONGITUDINAL	294770	6121645	22
07119003-K	RIO LONTUE EN SAGRADA FAMILIA (CA)	283788	6125830	24
07123003-1	RIO MATAQUITO EN PUENTE LAUTARO (CA)	244222	6124806	27
07106006-3	RIO TENO ANTES JUNTA MATAQUITO (CA)	283744	6127678	17
07101001-5	RIO TENO ANTES RIO INFIERNILLO (CA)	356938	6119873	5
07102001-0	RIO TENO EN LOS QUEÑES	334654	6125815	5

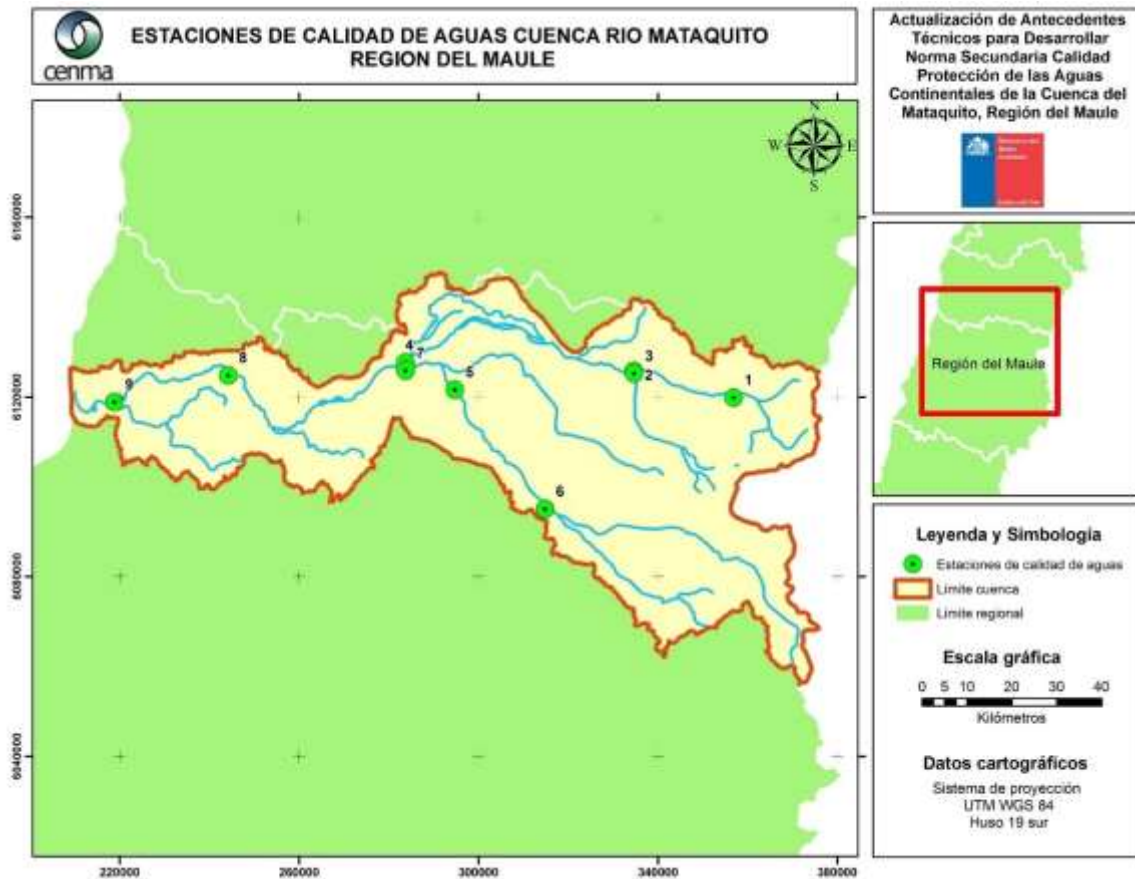


Figura 8. Estaciones vigentes de la DGA, donde se reportan datos de los distintos parámetros fisicoquímicos para este estudio (fuente: modificado de DGA).

RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: a) Definición de parámetros a normar y su justificación

En base a todas las fuentes de información detallada en la Metodología, conducente a la identificación de parámetros físico-químicos relevante para la NSCA de la cuenca del Mataquito, se recopiló un total de 139 parámetros. Se seleccionaron aquellos parámetros que fueran mayoritariamente descargados por las cuatro principales categorías económicas de la cuenca. La selección por fuentes de contaminación agrupadas en actividades económicas se reporta en la siguiente Tabla 11.

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos agrupados en torno a las principales categorías de actividades económicas del Mataquito. (Fuente: elaboración propia).

Celulosa	Urbano-Industrial	Agricultura y ganadería	Extracción de áridos	Alimentos
Ag	Al	Cl ⁻	Cl ⁻	Cl ⁻
As	As	CT	NT	CT
Cd	B	DQO	PT	D.Q.O
Cl ⁻	Cd	DBO ₅	PO ₄ ⁻³	DBO ₅
CT	Cl ⁻	Grasas	NO ₃ ⁻	Grasas
Cu	PE	PE		NT
DQO	Cr	NT		PT
DBO ₅	CT	N-NH ₄		N-NH ₄
Fe	Cu	PT		PO ₄ ⁻³
AyG	D.Q.O	PO ₄ ⁻³		NO ₃ ⁻
Hg	DBO ₅	NO ₃ ⁻		
Mn	Grasas			
Mo	Hg			
Ni	Mn			
CN ⁻	Ni			
PT	N-NH ₄			
NT	NT			
N-NH ₄	Pb			
PO ₄ ⁻³	PT			
NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³			
HC	NO ₃ ⁻			
Tº				
AOX				

Dentro de las actividades económicas desarrolladas en la cuenca, el turismo ha sido incorporado en Urbano-Industrial y la Silvicultura en Agrícola-Ganadero por poseer parámetros de afectación asociados a los mismos y no diferenciables para incluirlos en una categoría adicional. El detalle de las empresas y actividades económicas asociadas a la cuenca se entregan en la Tabla 12, los cuales se relacionan a 26 parámetros fisicoquímicos que son descargados y/o se ven afectados en la cuenca del Mataquito.

Tabla 12. Empresas y actividades reportadas para la cuenca del Mataquito con sus respectivos parámetros de seguimiento de descarga (Fuente: Modificada del Catastro D.S.90/00 y D.S.46/02 - al 17 de mayo de 2013).

PLANTA	pH	Tº	S.S.	S.D.	AyG	HC	DBO ₅	As	Cd	CN ⁻	Cu	Cr	Cr ⁶	P	Hg	Ni	NH ₄ ⁺	Pb	SO ₄ ⁻²	S ⁻²	Zn	PE	B	Al	Mn	Cl ⁻
AGRICOLA MANUEL SANTA MARIA	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
AGRICOLA Y COMERCIAL ANDINA S.A. (CURICO)																										
AGRIZANO S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
ANDES SERVICE S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
COMERCIAL TORO Y NEGRONI LTDA. (CURICO)	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
CURTIEMBRE RUFINO MELERO (PLANTA CURICO)	*	*	*	*	*		*					*	*				*		*	*		*				
DAVID DEL CURTO S.A. (EL ROMERAL)	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
DEL MONTE FRESH PRODUCE (CURICO)	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
EXPORTADORA DE MOSTOS Y VINOS JUCOSOL (CURICO)	*		*				*																			
FRUTICOLA DOSAL	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
FRUTICOLA JOSE SOLER S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
IANSAGRO S.A. (CURICO)	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
INDUSTRIA VINICAS S.A. (CURICO)	*		*				*																			
JAIME SOLER S.A. (PLANTA CENFRUSOL)	*	*	*	*	*		*							*			*					*				
SOCIEDAD AGRICOLA Y	*	*	*	*	*		*							*			*					*				

PLANTA	pH	Tº	S.S.	S.D.	AyG	HC	DBO ₅	As	Cd	CN ⁻	Cu	Cr	Cr ⁶	P	Hg	Ni	NH ₄ ⁺	Pb	SO ₄ ⁻²	S ⁻²	Zn	PE	B	Al	Mn	Cl ⁻	
FRUTICOLA LEON (PLANTA 2)																											
SOCIEDAD AGRICOLA Y FRUTICOLA LEON LTDA. (PLANTA 1 - LOS NICHES)	*	*	*	*	*		*							*			*					*					
VIÑA MONTES S.A. - VIÑA LOS NOGALES	*		*				*																				
VIÑA SANTA CATALINA Y ALGARROBAL S.A.	*		*				*																				
CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION (LICANCEL)	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*					
PATAGONIAFRESH S.A. (MOLINA)	*	*	*	*	*		*							*			*					*					
PLANTA FAENADORA SAN FRANCISCO S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*					*					
SERVICIOS DE FRIO SERVIFRIO LONTUE LTDA.	*		*		*		*							*			*					*					
VIÑA CONCHA Y TORO S.A. (BODEGA LONTUE)	*		*				*																				
VIÑA ECHEVERRIA LTDA.	*		*				*																				
VIÑA LONTUE S.A. (FUNDO PIRIHUIN)	*		*				*																				
VIÑA SAN PEDRO S.A. (LONTUE)	*		*				*																				
VIÑA SANTA RITA S.A. (BODEGA LONTUE)	*		*				*																				
VITIVINICOLA PATACON LTDA.	*		*				*																				
APFRUT LTDA.	*	*	*	*	*		*							*			*					*					

PLANTA	pH	Tº	S.S.	S.D.	AyG	HC	DBO ₅	As	Cd	CN ⁻	Cu	Cr	Cr ⁶	P	Hg	Ni	NH ₄ ⁺	Pb	SO ₄ ⁻²	S ⁻²	Zn	PE	B	Al	Mn	Cl ⁻	
(ROMERAL)																											
COPEFRUT S.A. (ROMERAL)	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
LUIS GABRIEL LOZANO ENCALADA - PLANTA AL MUNDO	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
LUIS GABRIEL LOZANO ENCALADA - PLANTA DON CHERRY	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
ROCOFRUT S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
SOCIEDAD AGROINDUSTRIAL VALLE FRIO LTDA.	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
AGROZZI S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
COPEFRUT S.A. (CENKIWI)	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
INDUSTRIA VINICAS S.A. (TENÓ)	*		*				*																				
RELLENOS SANITARIOS DEL MAULE (TENÓ)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	
RIO TENÓ S.A.	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
UNIFRUTTI TRADERS (TENÓ)	*	*	*	*	*		*							*			*						*				
EXTRACCIÓN DE ARIDOS			*											*			*										*

PARAMETROS SELECCIONADOS

Los parámetros que se seleccionaron a través de la metodología desarrollada para la NSCA de la cuenca del río Mataquito se presentan a continuación agrupados en 2 tablas. La primera (Tabla 13) da cuenta de once parámetros considerados fundamentales o básicos para el diagnóstico del estado general de la calidad de las aguas continentales con su justificación específica. La segunda (Tabla 14) enlista los parámetros obtenidos de las actividades desarrolladas en la cuenca.

La evaluación de estos diez parámetros puede ser realizada de manera rápida y expedita con instrumental adecuado para realizarlo *in situ*, reduciendo los costos, agilizando los resultados y la toma de decisiones. Además, los parámetros: 4, 7, 8 y 11, pueden ser utilizados para el cálculo de un índice integrado de evaluación rápida propuesto por la EPA: el índice de contaminación fluvial (River Pollution Index) (EPA, 2010).

Tabla 13. Parámetros fundamentales para evaluar alteración de las aguas.

#	Parámetro	Justificación
1	Conductividad Eléctrica (CE)	Evalúa la cantidad de iones y equilibrio químico existente en el agua y que puede afectar a la biota. Un exceso indica vertidos antrópicos por productos químicos como sales o metales.
2	Carbono Orgánico Disuelto (COD)	Evidencia la fracción disuelta de materia orgánica, alterando las propiedades ópticas del agua, provocando efectos en la visión de organismos, la capacidad de fotosíntesis del sistema y la penetración de radiación ultravioleta.
3	Carbono Orgánico Total (COT)	Evalúa el contenido orgánico total en diversos estados de oxidación. Es un indicador de eutrofización, contaminación orgánica, exceso de microorganismos en suspensión, detritus.
4	Oxígeno Disuelto (OD)	Es un indicador recurrente del estado de salud de un cuerpo de agua, debido a que la biota requiere de un mínimo para su adecuado desempeño. Su déficit indica un elevado metabolismo aeróbico, exceso de microorganismos, alta carga orgánica y eutrofización.
5	pH	Permite determinar la alcalinidad y acidez del agua, lo cual es fundamental para el desarrollo de la vida. Los valores adecuados se acercan a la neutralidad. Determina la biodisponibilidad de metales, de modo que aguas más ácidas pueden re-disponer metales existentes en los sedimentos.
6	Sulfato (SO_4^{-2})	En concentraciones elevadas es altamente tóxico para la actividad primaria, afectando la cadena trófica.
7	Nitrato Amoniacal (N-NH_4)	En concentraciones elevadas es altamente tóxico para la vida resultando en efectos perjudiciales para la flora y fauna.
8	Sólidos Suspendidos (SS)	Diferentes tipos de sólidos en suspensión evidencian contaminación física de las aguas y alteración para la vida. Sus amplios efectos varían desde disminuir la visibilidad para encontrar refugio o alimento, hasta obstrucción de órganos vitales. Como indicador ambiental evidencia actividades que generan alteraciones físicas en el cauce (ej. extracción de áridos) o en ribera.
9	Temperatura (T)	Parámetro básico determinante del metabolismo del sistema. Su alteración es evidencia de contaminación por fuentes generadoras de calor, con amplios efectos sobre los ritmos biológicos en distintas escalas temporales. Cambios moderados ocasionan graves efectos sobre los organismos.

#	Parámetro	Justificación
10	Turbidez	Evalúa la transparencia de las aguas, al ser una expresión de la materia en suspensión (viva e inerte) y disuelta presente en el sistema. Determina las propiedades ópticas del agua y en conjunto con otros parámetros básicos permite un eficaz diagnóstico del grado de alteración del ecosistema.
11	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	Mide el proceso de respiración aerobia en un lugar y tiempo determinado e indica la concentración de microorganismos, así como la contaminación orgánica del sistema.

Además de los parámetros básicos presentados anteriormente, seleccionamos un segundo conjunto de parámetros, que son específicos a las actividades económicas presentes en cada área de vigilancia de la cuenca del río Mataquito. Estos se presentan en la Tabla 14 junto con su justificación particular, que corresponde al tipo de actividad económica asociada a cada parámetro en la cuenca y a la existencia/inexistencia de evidencia de altas concentraciones registradas en monitoreo de aguas de la DGA.

Parámetros 12 – 13 corresponden a los indicadores más utilizados para estimar contaminación microbiológica proveniente de humanos y animales. Parámetro 14 corresponde a un indicador del impacto de la contaminación química del agua sobre la disponibilidad de oxígeno en el sistema. Parámetros 15 – 16 son contaminantes prevalentes derivados de diversas actividades industriales. Tienen efectos visibles y persistentes sobre el ecosistema acuático, provocando fácilmente preocupación social. Parámetros 17 – 20 corresponden a las formas más comunes e informativas de macronutrientes para productores primarios. Su disponibilidad en el agua determina el potencial de productividad biológica del sistema completo, por ende su estado trófico. Parámetros 21 - 28 corresponden a metales. Parámetro 29 corresponde a Hidrocarburos. Estos elementos particulares fueron seleccionados por ser los más prevalentes entre los parámetros descargados de las actividades desarrolladas en la cuenca del río Mataquito. Además, se dispone de un buen registro de monitoreo histórico de su concentración en el agua en la cuenca de estudio (Tabla 14).

Tabla 14. Propuesta de parámetros fisicoquímicos seleccionados según parámetros generados y/o controlados en actividades económicas de la cuenca. Las columnas señalan la justificación particular de la elección del respectivo parámetro seleccionado. (DA: descargado por múltiples actividades en la cuenca, EC: elevada concentración observada en la cuenca (últimos 3 años datos DGA), AG: descarga agrícola-ganadera, UI: descarga urbano-industrial, C: descarga celulosa, AL: descarga en producción alimentos, AR: descarga extracción de áridos). (Fuente: elaboración propia)

#	Parámetro	Justificación						
		DA	EC	AG	UI	C	AL	AR
12	Coliformes Fecales (CF)			x	x	x		
13	Coliformes Totales (CT)	x		x	x	x	x	
14	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)	x		x	x	x	x	
15	Aceite y Grasas (AyG)	x	x	x	x	x	x	
16	Poder Espumógeno (PE)	x		x	x			
17	Nitratos (N(NO ₃ ⁻))	x		x	x	x	x	x
18	Nitrógeno (NT)	x		x	x	x	x	x
19	Fosfatos (P(PO ₄ ⁻³))	x		x	x	x	x	x
20	Fósforo (PT)	x		x	x	x	x	x
21	Aluminio (Al)				x			
22	Arsénico (As)		x		x	x		
23	Cloruro (Cl-)	x	x	x	x	x	x	x
24	Cromo (Cr)		x		x	x		
25	Cobre (Cu)				x	x		
26	Hierro (Fe)					x		
27	Manganeso (Mn)		x		x	x		
28	Níquel (Ni)				x	x		
29	Hidrocarburos (HC)					x		
30	Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX)					x		

Se propone realizar adicional a los monitoreos temporales a la columna de agua, un monitoreo a los sedimentos para cada área de vigilancia una vez al año, debido que allí se acumulan nutrientes y metales que pueden ser fácilmente liberados ante un proceso de remoción y re-suspensión del mismo, o ante una baja de pH, lo cual podría causar la mortalidad de toda la biota del lugar y de aguas abajo.

B. Biológicos:

Se establecieron cuatro indicadores biológicos para evaluar la calidad ecológica y fisicoquímica de la cuenca en forma regular, de manera de detectar alteraciones peligrosas para el desarrollo de la biota en el sistema y sirvan como apoyo a la norma (Tabla 15), los que consideraran un protocolo rápido, de facilidad técnica y de amplio reconocimiento mundial para este fin. Aquellos parámetros que no cumplieran con estos criterios no fueron seleccionados.

Tabla 15. Parámetros biológicos considerados y seleccionados (señalados con *) para monitoreo de impacto de actividades en la cuenca según literatura científica. Las columnas señalan la justificación de la elección del respectivo parámetro seleccionado. (Fuente: elaboración propia)

Indicador	Método	Importancia ecológica	Uso a nivel mundial	Facilidad técnica	Desarrollo en Chile	Desarrollo de Índices	*
Macroinvertebrados	Presencia Ausencia Familias	Alta (links entre productores y consumidores finales)	Alto	Alta	Alto	Si	Si
Ribera y hábitat (QBR, IHF)	Suma ponderada de puntaje	Alta (sustrato para albergar la vida y aportar energía)	Medio	Alta	Medio	Si	Si
Macrófitas	Cobertura en transectos	Alta (sustrato para albergar la vida y aportar energía)	Alto	Alta	Alto	No	Si
Fitobentos	Medición de Clorofila	Alta (sustrato para albergar la vida y aportar energía)	Alto	Alta	Alto	No	Si
Peces	Presencia Ausencia de especies	Alta (consumidores finales)	Alto	Media	Medio	No	No
Anfibios	Presencia Ausencia de especies	Alta (consumidores intermedios y finales)	Alto	Media	Bajo	No	No
Aves	Presencia Ausencia de especies	Alta (consumidores finales)	Alto	Media	Bajo	No	No

Monitoreo biológico

Debido a que los muestreos biológicos deben ser realizados de manera paralela a los fisicoquímicos de modo de poder relacionar ambos y contar con información necesaria para un proceso futuro de mejoramiento y perfeccionamiento, es que solo se sugiere incorporar aquellos parámetros biológicos que posean facilidad para ser realizados y analizados.

Debido a lo anterior, se propone realizar un estudio de línea base de biodiversidad adicional cada 5 años al menos (que considere todos los grupos presentes en el río y sus riberas) para todas las áreas de vigilancia, a fin de establecer el estado real de toda la biota y su evolución temporal. Las áreas de vigilancia propuestas para este fin

corresponden a aquellas que, sobre la base de la visualización de la red de áreas de vigilancia, presentan tramos de alto o máximo valor de importancia biológica. No obstante lo anterior, la recomendación ideal es realizar esta línea de base adicional para toda la cuenca cada cinco años o menos.

RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: b) El o los análisis estadísticos respectivos que permitan definir los valores de calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca

Los resultados de los análisis estadísticos de acuerdo a la metodología descrita se presentan en la Tabla 16. El parámetro ambiental para la norma es el valor del percentil 95.

Tabla 16. Calidad ambiental actual para todos los parámetros propuestos por tramos de la cuenca. Algunos parámetros no registraron valores para algunos tramos y se presenta la celda vacía. (MAX. Máximo, Px: Percentil x, MIN: Mínimo) (Fuente: elaboración propia).

Tramo	Unidad	RIO TENO EN LOS QUEÑES					RIO CLARO EN LOS QUEÑES				
		MAX	P95	P50	P5	MIN	MAX	P95	P50	P5	MIN
Ag	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
Al	mg/L	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.49	0.405	0.319	0.31
As	mg/L	0.004	0.0035	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.001	0.001	0.001
AyG	mg/L										
CF	NMP/100ml										
Cl ⁻	mg/L	67.19	67.19	67.19	67.19	67.19	15.30	14.55	7.87	6.63	6.50
CE	μS/cm	981	963	679	366.5	353	939.1	800.325	218.5	126.5	118
Cr	mg/L	0.05	0.046	0.03	0.009	0.009	0.05	0.048	0.03	0.0111	0.009
CT	NMP/100ml										
Cu	mg/L	0.021	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
D.Q.O.	mg/L	5.4	5.3	3.6	1.7	1	14.6	13.0	3.3	1.3	1
DBO ₅	mg/L										
Fe	mg/L	7.295	6.0145	0.499	0.071	0.056	3.62	3.58075	0.232	0.102	0.093
Mn	mg/L	0.461	0.3625	0.039	0.02	0.02	0.052	0.049	0.024	0.02	0.02
N(NO ₃)	mg/L										
Ni	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.023	0.02
N-NH ₄	mg/L										
O.D.	mg/L	14.04	13.27	10.65	6.53	6.4	12.83	12.82	10.85	7.15	6.57
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L										
pH	-	9.5	9.4	8.3	7.4	7.3	9.3	9.2	7.8	7.5	7.4
SO ₄ ⁻²	mg/L										
SS	mg/L										
T	°C	15.9	15.4	12.4	7.0	6.1	15.7	15.7	13.5	7.7	7.2

Tramo	Unidad	RIO TENO ANTES JUNTA MATAQUITO					RIO LONTUE DESP. JUNTA PALOS Y COLORADO				
		MAX	P95	P50	P5	MIN	MAX	P95	P50	P5	MIN
Ag	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	mg/L	0.5	0.5	0.4	0.21	0.2	1.72	1.3	0.5	0.3	0.3
As	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.053	0.04	0.01	0.004	0.001
AyG	mg/L										
CF	NMP/100ml										
Cl ⁻	mg/L	40.7	39.9	30.9	28.3	27.8	27.1	25.9	15.1	6.9	6.7
CE	µS/cm	513	492.75	418	400.75	397	257	249.85	192.5	112.65	111
Cr	mg/L	0.05	0.048	0.03	0.0111	0.009	0.05	0.05	0.03	0.009	0.009
CT	NMP/100ml										
Cu	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
D.Q.O.	mg/L	7.5	6.7	3	1	1	7.2	6.8	3	1	1
DBO ₅	mg/L										
Fe	mg/L	0.3	0.3	0.07	0.05	0.05	1.86	1.72	0.2	0.04	0.02
Mn	mg/L	0.031	0.0295	0.02	0.02	0.02	0.09	0.08065	0.02	0.02	0.02
N(NO ₃)	mg/L	0.261	0.261	0.261	0.261	0.261	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164
Ni	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.023	0.02	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02
N-NH ₄	mg/L										
O.D.	mg/L	13.6	13.4	12.0	10.7	10.5	13.3	12.9	11.2	7.3	6.9
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L										
pH	-	9.6	9.5	8.8	8.1	7.9	9.4	9.2	7.9	7.2	7.2
SO ₄ ⁻²	mg/L	77.0	77.0	76.8	76.7	76.7	23.8	23.2	18	17.3	17.3
SS	mg/L										
T	°C	22.9	22.5	19.5	12.5	12.1	21.7	20.9	15.4	5.3	4.6

Tramo	Unidad	RIO LONTUE EN SAGRADA FAMILIA					RIO MATAQUITO EN PUENTE LAUTARO				
		MAX	P95	P50	P5	MIN	MAX	P95	P50	P5	MIN
Ag	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Al	mg/L	0.5	0.5	0.5	0.32	0.3	0.5	0.5	0.405	0.225	0.2
As	mg/L	0.012	0.011	0.005	0.003	0.003	0.029	0.025	0.011	0.003	0.001
AyG	mg/L										
CF	NMP/100ml										
Cl ⁻	mg/L	27.82	26.81	19.50	12.86	12	37.29	36.91	29.98	17.14	16.9
CE	μS/cm	370	367.75	290	190.75	179	650	639	424	255.65	232
Cr	mg/L	0.05	0.048	0.03	0.0111	0.009	0.05	0.05	0.04	0.009	0.009
CT	NMP/100ml										
Cu	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
D.Q.O.	mg/L	8.49	7.51	3	1.11	1	15.96	13.37	5.65	3	3
DBO ₅	mg/L										
Fe	mg/L	0.71	0.57	0.17	0.064	0.039	11.17	9.59	0.79	0.094	0.08
Mn	mg/L	0.115	0.091	0.02	0.02	0.02	1.042	1.02	0.17	0.025	0.02
N(NO ₃ ⁻)	mg/L	0.609	0.609	0.609	0.609	0.609	0.473	0.45715	0.3145	0.17185	0.156
Ni	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.023	0.02	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02
N-NH ₄	mg/L										
O.D.	mg/L	13.7	13.6	12.9	10.8	10.2	13.7	12.6	7.9	5.4	5.2
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L										
pH	-	9.6	9.4	8.8	7.7	7.7	9.3	9.0	7.99	7.3	7.3
SO ₄ ⁻²	mg/L	34.6	34.3	31.6	28.9	28.6	62.8	58.7	21.9	4.3	4.2
SS	mg/L										
T	°C	24.7	23.7	18.8	12.8	12.2	22.8	22.4	18.2	12.4	12.1

RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: c) Definición de tablas de clase y valores de calidad a partir de los resultados de Bioensayos atingentes a la cuenca y otros que se consideren relevantes.

Los resultados de los análisis estadísticos de acuerdo a la metodología descrita se explican a continuación:

1. Establecer las estaciones de mejor calidad que sirven de referencia para la cuenca: Según estudio realizado por CENMA 2012, son Río Claro en los Queñes y Río Lontué después de junta Palos y Colorado.
2. Calcular los percentiles 50 y 95 de la estación de mejor calidad en la cuenca (“mejor caso”) y percentil 95 de la estación de peor calidad registrada en la cuenca (“peor caso”): se presentan en la Tabla 17. Se propone de manera preliminar que el valor para el cumplimiento de la norma se debiera fijar en la Clase 2
3. La clasificación resultante es contrastada para las clases 1 y 2 con la información biológica disponible en trabajos de bioensayos (Encina 2012 y 2014) y literatura general (Parra et al 2004, Cortes & Montalvo 2010) y de Bioindicadores (CENMA 2012), de modo de establecer niveles que aseguren una clase de calidad que proteja el mayor porcentaje de la biota posible: se presentan en la Tabla 17 y se señalan con un asterisco (*) aquellos obtenidos de bioensayo y con dos asteriscos (**) aquellos obtenidos de la literatura y de bioindicadores. Los trabajos con Bioensayos se basan en las curvas obtenidas con el LC_{50} con la especie más sensible evaluada.

Tabla 17. Propuesta de valores para las clases de calidad sugerida en la normativa de la cuenca del Mataquito. Los valores representan el valor máximo permitido para cumplimiento de la norma, excepto para pH y OD, donde se indica el rango de cumplimiento. Todos los valores corresponden a la estadística basada en percentiles excepto aquellos con (*) que corresponde al valor de Bioensayo y aquellos (**) que corresponden a valores de literatura y bioindicadores (Fuente: elaboración propia).

Parámetro	Unidad	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Al *	mg/L	0.5	0.7	3	6	> 6
As	mg/L	0.001	0.007	0.03	0.05	> 0.05
AyG	mg/L	3	6	10	15	> 15
CE	μS/cm	250	350	500	900	> 900
CF **	NMP/100ml	25	100	1000	10000	> 10000
Cl ⁻	mg/L	8	20	60	90	> 90
Cr	mg/L	0.01	0.03	0.04	0.05	> 0.05
CT **	NMP/100ml	50	1000	5000	15000	> 15000
Cu *	mg/L	0.01	0.03	0.05	0.1	> 0.1
D.Q.O.	mg/L	5	7	30	70	> 70
DBO ₅ **	mg/L	2	5	20	40	> 40
Fe	mg/L	0.08	0.2	8	16	> 16
Mn	mg/L	0.003	0.05	0.6	1	> 1
N(NO ₃ ⁻)	mg/L	0.03	0.2	0.5	1.4	> 1.4
Ni	mg/L	0.01	0.02	0.2	0.4	> 0.4
N-NH ₄	mg/L	0.01	0.02	0.05	0.1	> 0.1
O.D. **	mg/L	> 10	10-8	8-6	6-5	> 5
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L	0.01	0.05	0.3	0.5	> 0.5
pH **	-	7-8	6.5-7 ó 8.0-8.5	6.3-6.5 ó 8.5-8.7	6.0-6.3 ó 8.7-8.9	<6 ó >9
SO ₄ ⁻²	mg/L	8	20	100	200	> 200
SS	mg/L	9	15	30	50	> 50
T **	°C	<18	18-21	21-23	23-25	> 25

De los 29 parámetros propuestos, 25 se proponen para norma por poseer datos en la cuenca (ver Tabla 17 más arriba) 6 para seguimiento o vigilancia por no poseer valores referenciales para la cuenca en el presente: Turbidez, Carbono Orgánico Total (COT), Carbono Orgánico Disuelto (COD), Hidrocarburos (HC), Poder Espumógeno (PE), Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX).

Al establecer los valores de clases de calidad con la metodología de los percentiles, los resultados de las clases 3, 4 y 5 pueden resultar más altos de lo esperado para la protección de la fauna, debido a que se basan en la estación de peor calidad en la cuenca. Por esta razón estos resultados podrían ser re-evaluados y corregidos en metodologías posteriores.

RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: d) Definición de Áreas de Vigilancia justificadas técnicamente, incluyendo los parámetros propuestos a normar para la NSCA de la cuenca del río Mataquito

La propuesta de las áreas de vigilancia se basa en la metodología basada en criterios físicos, económicos y biológicos, además de los criterios técnicos siguientes:

1. Compromiso entre vigilancia óptima vs número mínimo de áreas y estaciones: se propone una división de la cuenca hidrográfica en 10 áreas de vigilancia más un área de control para la zona del estuario orientada a convertirse en área de vigilancia en el próximo proceso de revisión de la norma. Criterio comprende áreas A1 – A11.
2. Disponibilidad estaciones de calidades vigentes DGA: se consideraron 9 estaciones de calidad operadas por la DGA (áreas A1 –10) y se propone una nueva estación ubicada en río Guaiquillo (área A6).
3. Distribución espacial de centros urbanos: se aumentó la resolución espacial de vigilancia en aquellas áreas próximas a los grandes centros urbanos (Curicó y Molina). Criterio comprende áreas A5 y A6
4. Distribución espacial de industrias: se aumentó la resolución espacial de vigilancia en aquellas áreas próximas a importantes complejos industriales (concentración de pequeñas y medianas industrias y/o presencia de grandes industrias). Se consideró como importante la vigilancia de la planta CELCO Licancel. Criterio comprende área A9.
5. Topología de la red hidrográfica de la cuenca: en base a la red hidrográfica utilizada como base y consensuada con la contraparte técnica, se cubrió la red completa con áreas de vigilancia agrupando dentro de cada una de ellas a conjuntos de tramos vecinos o tramos solitarios, a los cuales confluyan las aguas de una sub área de drenaje importante dentro de la cuenca. Criterio comprende áreas A1 – A11.
6. Consistencia con áreas propuestas en Anteproyecto de NSCA: se realizó una comparación entre nuestra propuesta preliminar y la propuesta del anteproyecto (Figura 16), habiendo algunas similitudes y diferencias. En general hubo alta concordancia, aunque aumentamos el número de áreas de vigilancia de 7 a 10 (excluyendo estuario) y algunos límites entre áreas fueron redefinidos; específicamente las áreas de esta propuesta A8, A9 y A10 comprendían una única área de vigilancia en el anteproyecto. De forma similar las áreas propuestas A5 y A6 también comprendían una única área de vigilancia en el anteproyecto.

Los tramos de la red hidrográfica de la cuenca fueron agrupados y encerrados en óvalos como lo muestra la Figura 9, en base a los criterios técnicos enunciados anteriormente

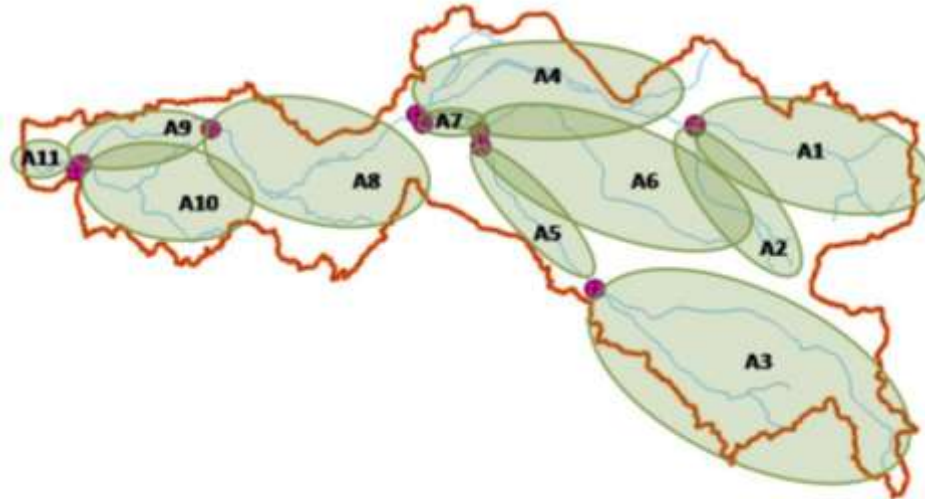


Figura 9. Zonas que presentan relevancia al aplicar metodología de priorización económica, ecológica y física. (Fuente: elaboración propia).

A continuación se presentan los resultados de la priorización física, biológica y económica de tramos según su importancia para la vigilancia, siguiendo la metodología propuesta.

Componente física

La siguiente Tabla muestra el resultado de nuestro procedimiento de priorización, considerando las capas de información física.

Tabla 18. Resultado del procedimiento de priorización física de tramos para la vigilancia ambiental del Mataquito (Fuente: elaboración propia).

Nodo	Nombre del río	Longitud tramo (km)	Distancia desembocadura (km)	Toca glaciar	Atributo	F'	Categoría
1	Río Teno	13.07	237.1	1	3718.6	0.017	1
2	Río Malo	8.65	232.68	0	2012.6	0.008	1
3	Río Teno	6.70	224.03	0	1501.0	0.147	2
4	Estero del Colorado	11.25	228.58	0	2571.5	0.022	1
5	Río Teno	30.29	217.33	0	6582.9	0.318	3
6	Desconocido	5.46	223.07	0	1217.9	0.003	1
7	Río de los cajones	6.22	223.83	1	1670.6	0.005	1
8	Río de los cajones	6.80	217.6	0	1479.6	0.078	2
9	Río del planchón	9.97	220.78	0	2201.1	0.015	1
10	Río Claro	23.77	210.81	0	5010.9	0.219	3
11	Río Teno	12.51	187.04	0	2339.8	0.636	3
12	Río el manzano	22.05	196.58	0	4334.5	0.065	2
13	Río Teno	63.98	174.53	0	11166.4	0.837	4
14	Estero la palmilla	22.49	138.14	0	3106.7	0.024	2

Nodo	Nombre del río	Longitud tramo (km)	Distancia desembocadura (km)	Toca glaciar	Atributo	F'	Categoría
15	Estero seco	11.72	127.37	0	1492.7	0.009	1
16	Estero la palmilla	5.10	115.65	0	589.8	0.134	2
17	Río Teno	1.94	110.55	0	214.4	0.791	4
18	Río Colorado	75.28	238.42	1	21537.9	0.607	3
19	Estero descabezado chico	10.17	208.46	0	2120.03	0.024	2
20	Estero San José	9.15	207.44	0	1898.07	0.021	1
21	Río Lontué	35.15	198.29	0	6969.8	0.264	3
22	Río Lontué	45.33	163.14	0	7395.1	1	4
23	Estero Guaiquillo	66.15	183.96	0	12168.9	0.252	3
24	Río Lontué	9.20	117.81	0	1083.8	0.995	4
25	Río Mataquito	41.35	108.61	0	4491.0235	0.912	4
26	Estero culenar	25.92	93.19	0	2415.4	0.021	1
27	Río Mataquito	50.97	67.26	0	3428.2	0.173	2
28	Estero rapilermo	25.27	56.31	0	1422.9	0	1
29	Estero	19.93	50.97	0	1015.8	0	1

Nodo	Nombre del río	Longitud tramo (km)	Distancia desembocadura (km)	Toca glaciar	Atributo	F'	Categoría
	domulgo						
30	Estero Curepto	14.75	31.04	0	457.8	0.052	2
31	Río Mataquito	16.29	16.29	0	265.3	0.056	2

Las categorías de priorización de tramos del Mataquito de acuerdo a la componente física pueden visualizarse en la siguiente figura.

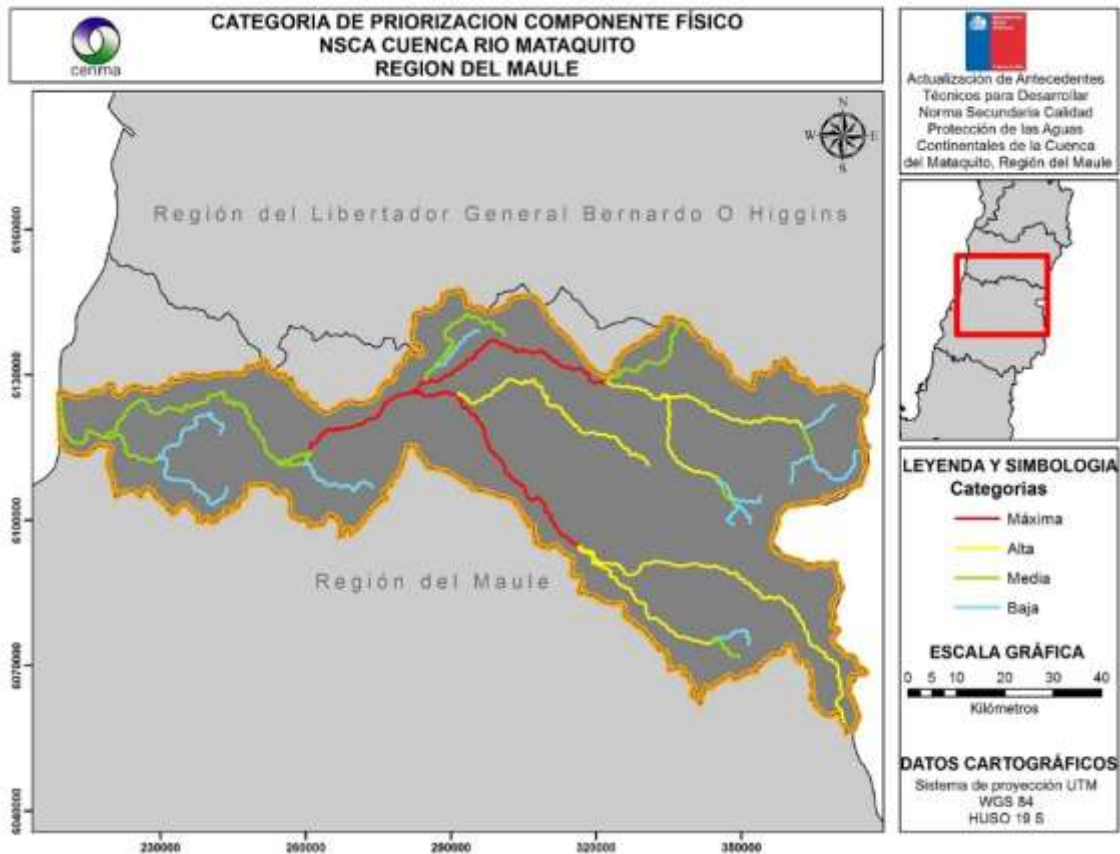


Figura 10. Tramos priorizados por importancia física para la vigilancia ambiental de la cuenca del Mataquito, categorizados como sigue. Rojo: 4, máxima; Amarillo: 3, alta; verde: 2, media, celeste: 1, baja (ver

Tabla 6). (Fuente: elaboración propia)

Componente biológica

Siguiendo la metodología, se utilizó la cartografía obtenida de MMA (2012) y de consultoría de estandarización de estados de conservación y distribución de especies (CENMA 2013) que se muestra a continuación:

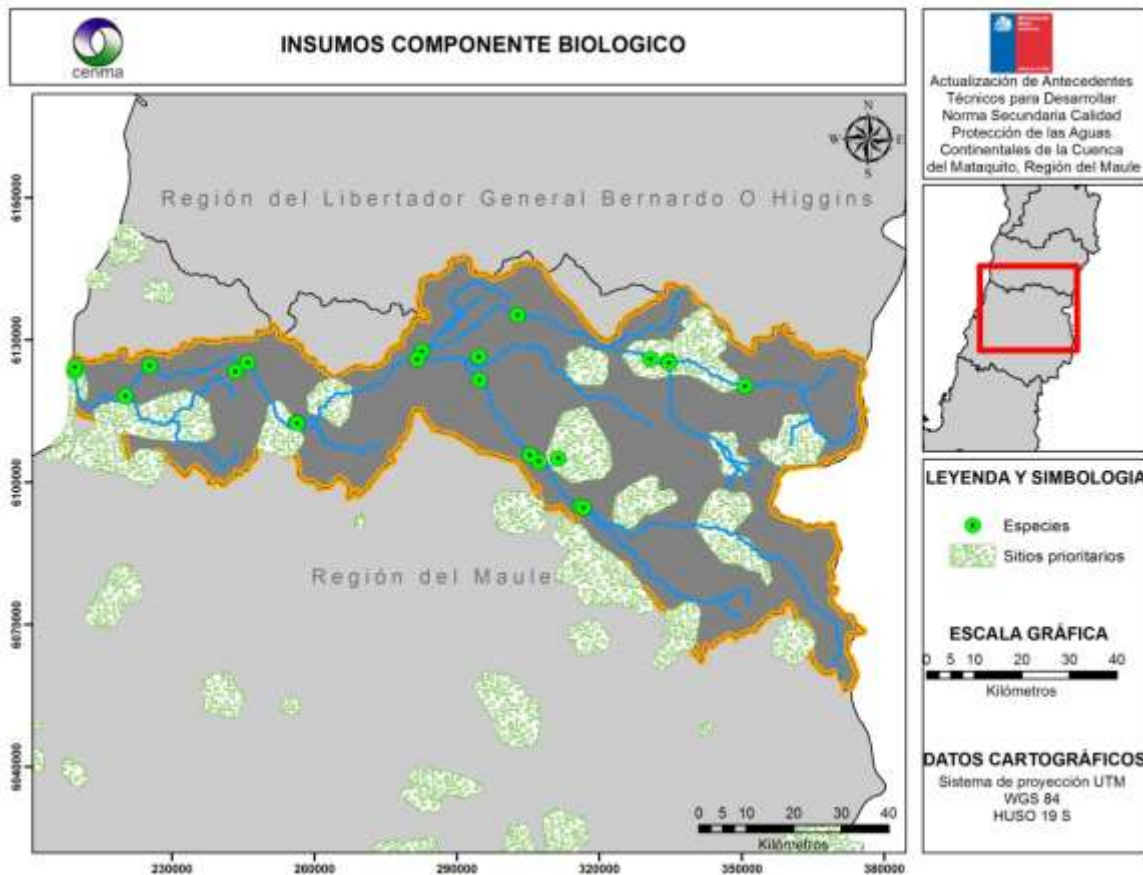


Figura 11. Información cartográfica de sitios prioritarios y especies en categoría de conservación utilizada para el componente biológico. (Fuente: MMA 2012 y CENMA 2013).

La siguiente Tabla muestra el resultado de nuestro procedimiento de priorización, considerando la capa de información biológica.

Tabla 19. Resultado del procedimiento de priorización biológica de tramos para la vigilancia ambiental del Mataquito. (Fuente: elaboración propia)

Nodo	E Ecológico	V Conservación	O Strahler	B'	Categoría
1	8	0	0.5	0.476	3
2	8	0	0.5	0.476	3
3	8	32	0.25	0.524	3
4	8	0	0.5	0.476	3
5	8	0	0.25	0.238	1
6	16	0	0.5	0.714	4
7	16	32	0.5	1	4
8	16	0	0.25	0.476	3
9	16	0	0.5	0.714	4
10	16	32	0.25	0.762	4
11	8	8	0.125	0.19	1
12	4	32	0.5	0.643	4
13	4	32	0.125	0.286	1
14	4	0	0.5	0.357	2
15	4	0	0.5	0.357	2
16	4	0	0.25	0.119	1
17	4	0	0.125	0	1
18	8	8	0.5	0.548	3
19	8	0	0.5	0.476	3
20	8	0	0.5	0.476	3
21	8	32	0.25	0.524	3
22	8	32	0.25	0.524	3
23	4	0	0.5	0.357	2
24	4	0	0.25	0.119	1
25	4	0	0.125	0	1
26	4	0	0.5	0.357	2

Nodo	E Ecológico	V Conservación	O Strahler	B'	Categoría
27	4	40	0.125	0.357	2
28	4	0	0.5	0.357	2
29	4	0	0.5	0.357	2
30	4	0	0.25	0.119	1
31	4	32	0.125	0.286	1

Las categorías de priorización de tramos del Mataquito de acuerdo al componente biológico pueden visualizarse en la siguiente figura.

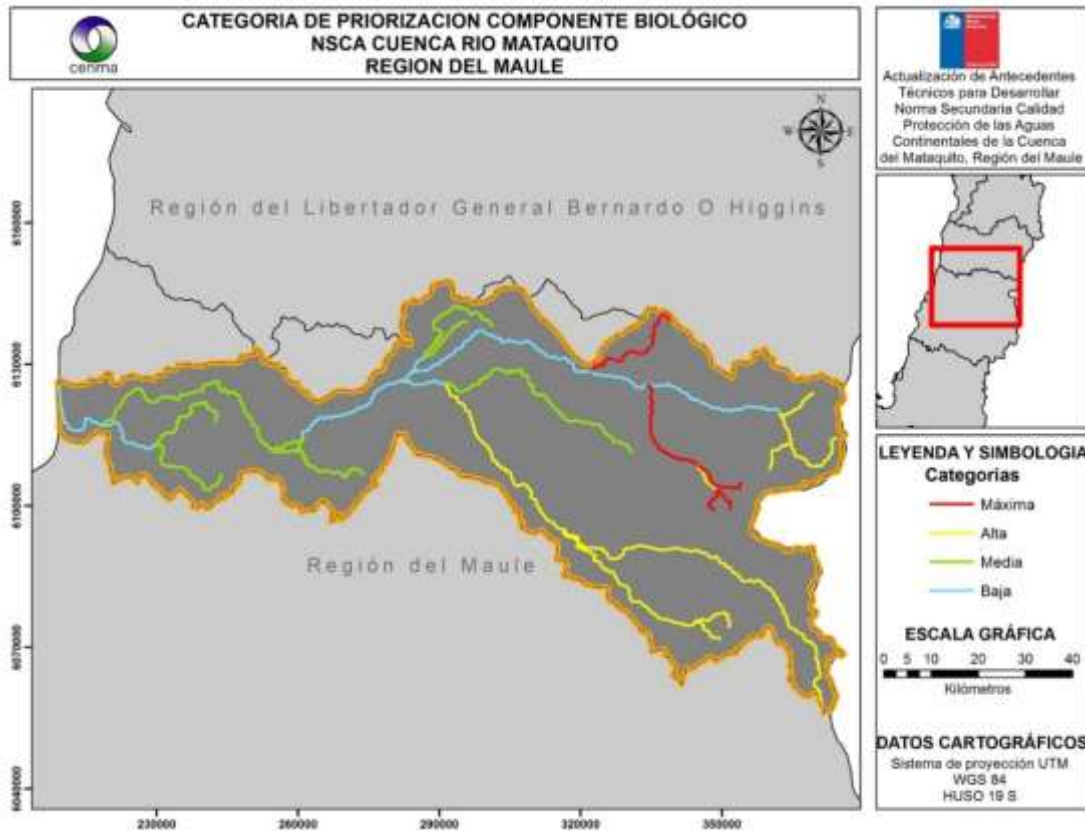


Figura 12. Tramos priorizados por importancia biológica para la vigilancia ambiental de la cuenca del Mataquito, categorizados como sigue. Rojo: 4, máxima; verde: 2, media, celeste: 1, baja.(fuente: elaboración propia)

Componente económica

Cartografía utilizada:

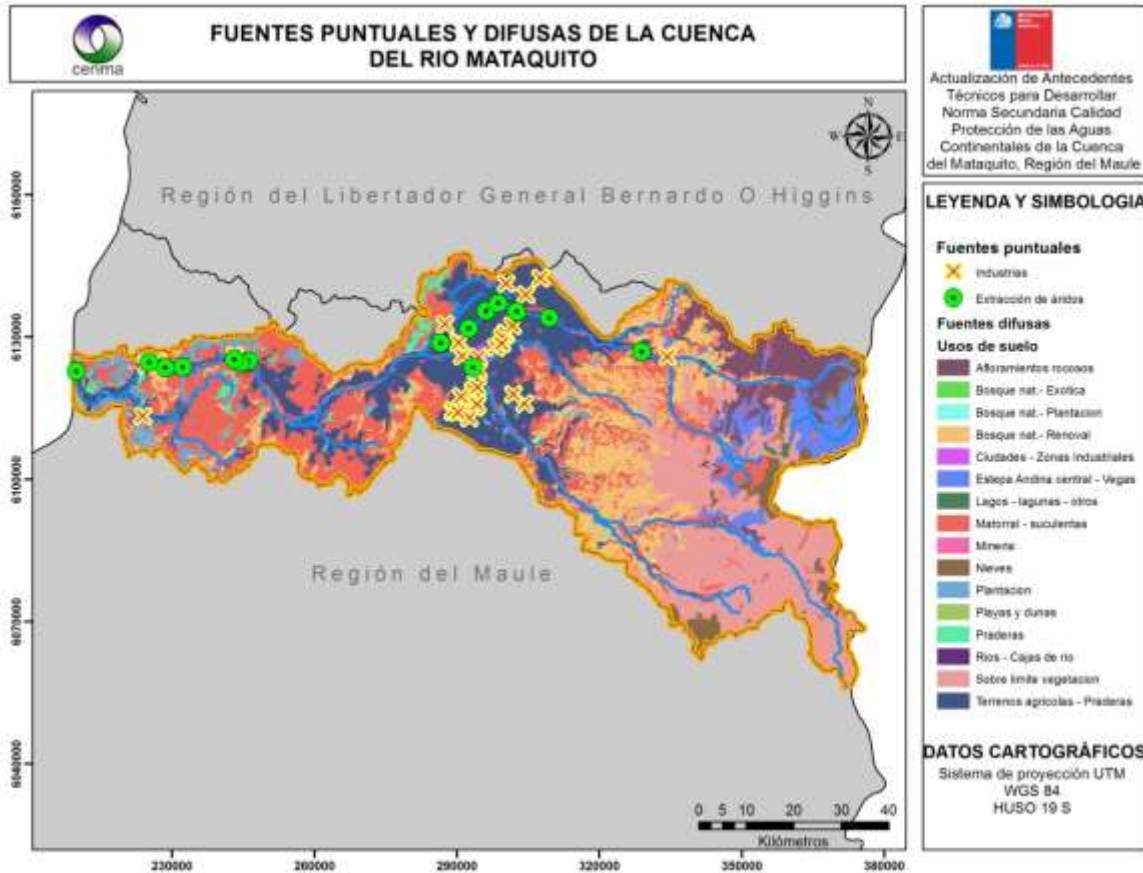


Figura 13. Fuentes puntuales y difusas en la cuenca del río Mataquito.(fuente:SEREMI MMA Talca y elaboración propia 2015)

La siguiente Tabla muestra el resultado de nuestro procedimiento de priorización, considerando la capa de información económica.

Tabla 20. Resultado del procedimiento de priorización económica de tramos para la vigilancia ambiental del Mataquito. (Fuente: elaboración propia)

Nodo	Puntuales P	Difusas D	E'	Categoría
1	0	1.03	0	1
2	0	1.10	0.008	1
3	0	1.15	0.013	1
4	0	1.08	0.006	1
5	1000	1.44	0.092	2
6	0	1.47	0.045	1
7	0	1.65	0.064	1
8	0	1.35	0.033	1
9	0	1.41	0.039	1
10	0	1.81	0.08	2
11	100	3.55	0.262	2
12	0	2.24	0.124	2
13	840	6.17	0.567	4
14	2010	6.56	0.665	4
15	0	7.18	0.628	4
16	0	4.95	0.399	3
17	0	4.29	0.333	2
18	0	1.40	0.038	1
19	0	1.17	0.014	1
20	0	1.17	0.014	1
21	0	1.37	0.035	1
22	1491	5.31	0.511	3
23	70	4.39	0.347	3
24	1000	5.86	0.542	4
25	0	4.63	0.367	3
26	0	5.07	0.413	3

Nodo	Puntuales P	Difusas D	E'	Categoría
27	12600	4.67	1	4
28	0	3.22	0.224	2
29	0	3.25	0.226	2
30	1000	5.04	0.459	3
31	100	4.20	0.329	2

Las categorías de priorización de tramos del Mataquito de acuerdo al componente económico pueden visualizarse en la siguiente figura.

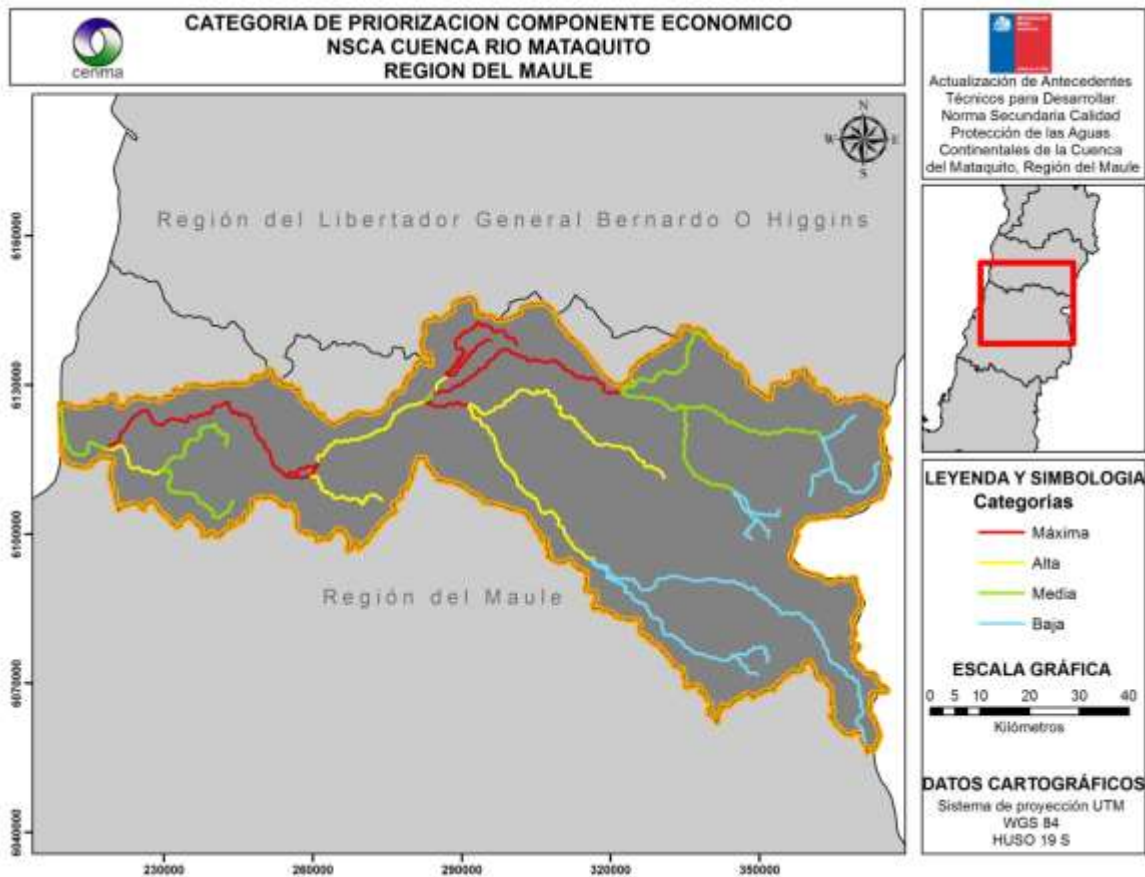


Figura 14. Tramos priorizados por importancia económica para la vigilancia ambiental de la cuenca del Mataquito, categorizados como sigue. Rojo: 4, máxima; Amarillo: 3, alta; verde: 2, media, celeste: 1, baja. (Fuente: elaboración propia).

Delimitación geográfica y propuesta de áreas de vigilancia

El establecimiento definitivo de las áreas de vigilancia se basó en los resultados de la priorización de tramos según componentes físico, biológico y económico. El criterio fue que cada área de vigilancia contenga un conjunto único de tramos adyacentes priorizados (categorías máxima y alta) de acuerdo de al menos uno de los tres componentes. Finalmente, la delimitación geográfica de las áreas de vigilancia definitivas se realizó utilizando un modelo digital de elevaciones (DEM), de modo de establecer los límites de las áreas de acuerdo a la superficie de drenaje natural que poseen las subcuencas.

La Tabla 17 y la Figura 15 resumen nuestra propuesta de áreas de vigilancia ambiental para la cuenca del Mataquito. Se propone establecer 11 áreas de vigilancia y utilizar 9 de las estaciones DGA en operación y agregar 1 nueva estación control. Se contempla además 4 estaciones para monitoreo, de las cuales 1 corresponden a estaciones DGA en operación, 2 estaciones de la Universidad Católica de Temuco (UCT) y 1 corresponde a una nueva estación.

Tabla 21. Resultado del procedimiento de establecimiento de áreas de vigilancia para el Mataquito. Se establecieron un total de 11 áreas de vigilancia, cada una de las cuales contiene la descripción numérica asignada a cada tramo de esa área, su justificación principal según importancia entregada por las categorías (1-4) de la Tabla 7 (nivel de respaldo), la estación DGA actual existente en el área de vigilancia (estación control oficial) y si se sugieren nuevas estaciones control oficiales requeridas, las que se designan N-x. Las estaciones de monitoreo adicional para observación se designan M-x. (Fuente: elaboración propia)

Área de vigilancia	Tramos	Justificación	Nivel de respaldo**	Estación monitoreo control	Estación de monitoreo vigilancia	Justificación monitoreo vigilancia
1	1 - 5	Biológica Física	6	Río Teno en Los Queñes (DGA)	"Río Teno antes Río Infiernillo" (DGA)	Sitio prioritario lagunas de Teno
2	6 - 10	Biológica Física	7	Río Claro en Los Queñes (DGA)		
3	18 - 21	Biológica Física	6	Río Lontué después junta Palos y Colorado (DGA)		
4	11 - 17	Biológica Física Económica	12	Teno antes junta Mataquito (DGA)	Nueva en pie Tramo 12	Alto valor biodiversidad
5	22	Física Biológica Económica	10	Río Lontué en longitudinal (DGA)		
6	23	Física Económica	6	Río Guaiquillo en Panamericana (DGA)		
7	24	Física	8	Río Lontué en		

Área de vigilancia	Tramos	Justificación	Nivel de respaldo**	Estación monitoreo control	Estación de monitoreo vigilancia	Justificación monitoreo vigilancia
		Económica		Sagrada Familia (DGA)		
8	25-27*	Física Económica	8	Río Mataquito en puente Lautaro (DGA)		
9	27*	Económica	4	Pozo sector Lora (DGA)		
10	28 - 30	Económica	3	Nueva en pie tramo 30		
11	31	Biológica	6		2 Estaciones de UCT	Recolección información y Sitios prioritarios Desembocadura y Bosques Ruil y Hualo

* Tramo 27 participa en áreas de vigilancia 8 y 9.

** Se suman los valores de priorización máxima y alta, en caso de existir al menos un tramo en esas categorías (ver Figura 10, Figura 12 y Figura 14).

La justificación de la inclusión de estaciones de monitoreo adicionales para observación se basa en el criterio Biológico: se justifica la ubicación de una estación de monitoreo adicional debido a que esos tramos tienen una alta priorización Biológica dada por la presencia de especies en categoría de conservación y/o cercanía a zonas de alto valor para la biodiversidad.

Adicionalmente, se propone la zona de la desembocadura (estuario) como un punto de monitoreo, a fin de coleccionar antecedentes suficientes que permitan establecer una NSCA para esta zona debido a su relevancia como sitio de conservación para aves locales y migratorias, en el siguiente proceso normativo.

El desarrollo de esta consultoría evidencia una falta de información de la subcuenca del río Lontué, en especial a lo referido a biodiversidad y eventuales actividades económicas. En base a la información existente hemos contemplado solo dos áreas de vigilancia para

esta subcuenca (AV 3 y AV 5). Proponemos fuertemente el levantamiento de información físico-química, biológica y económica a fin de reevaluar la subdivisión en las áreas de vigilancia propuestas en base a estos criterios. El levantamiento de información físico-química se debe hacer al menos en a) las estaciones control propuestas, b) en el sector medio del tramo correspondiente al nodo 22 (AV 5) aguas arriba de la influencia de la ciudad de Molina y c) en los pie de tramos 18 y 21 (AV 3) donde actualmente existen las estaciones vigentes DGA Rio Palos en junta con Colorado y Rio Colorado en junta Palos. Por otra parte, la información biológica y económica requerida se debiese llevar a cabo en toda la extensión de las AV 3 y AV 5.

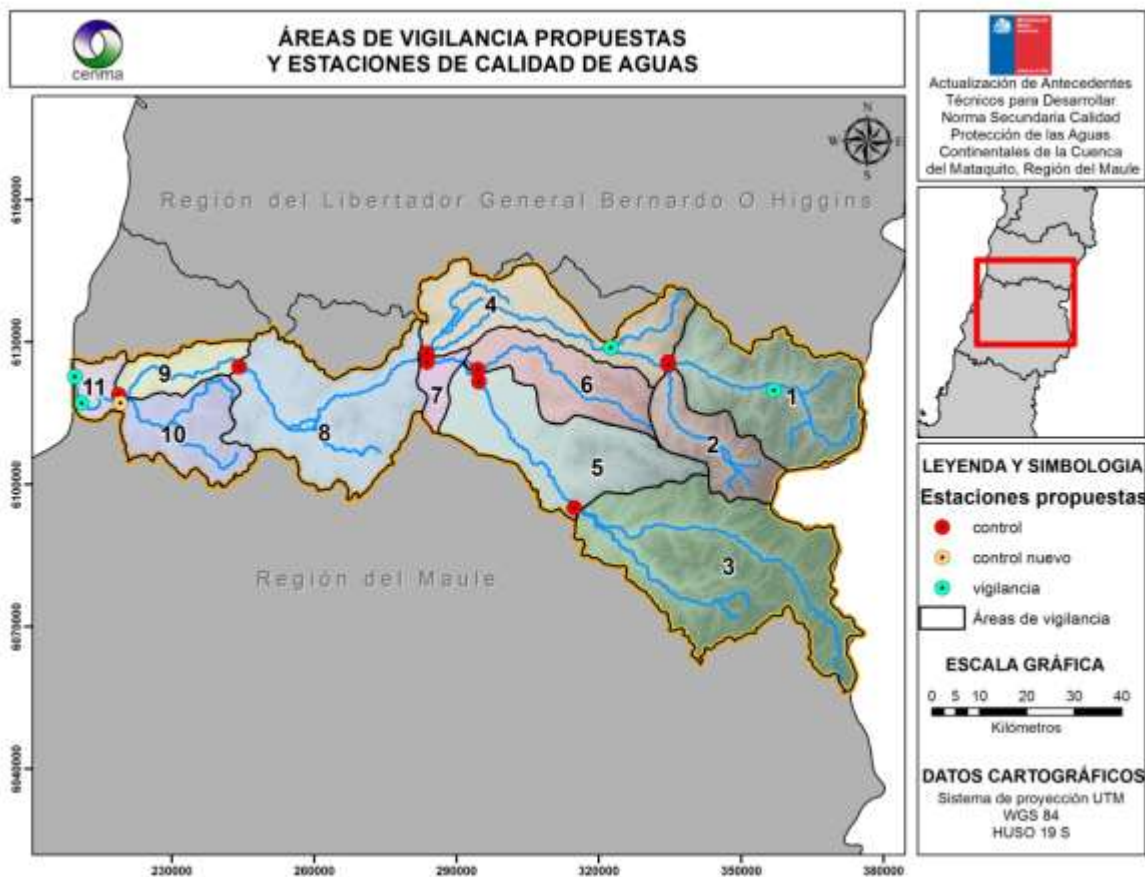


Figura 15. Propuesta de las 11 áreas de vigilancia ambiental para la cuenca del Mataquito. Estación de Monitoreo control se refiere a estaciones DGA vigentes que pueden ser utilizadas en las nuevas áreas de vigilancia. Estación de Monitoreo control nuevo son estaciones que se sugieren adicionales. Lo anterior es análogo para estaciones de vigilancia, las cuales se refieren a estaciones no normadas sino para recopilar información adicional (fuente: elaboración propia)

La propuesta de anteproyecto existente del año 2009 se muestra en la figura siguiente:

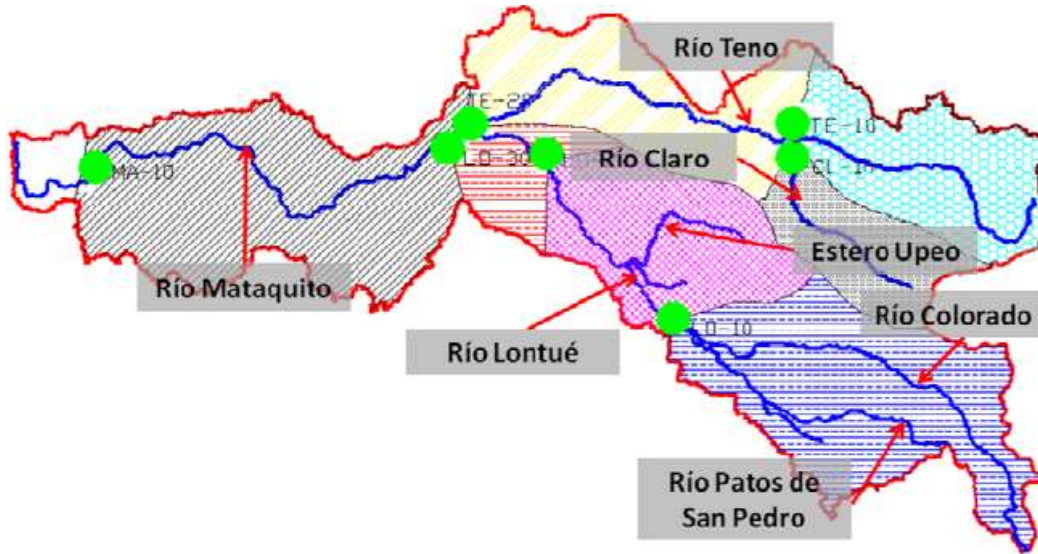


Figura 16. Áreas de vigilancia propuestas en el anteproyecto (Fuente: DSS AMBIENTE, 2009).

RESULTADOS OBJETIVO ESPECÍFICO 2: e) Definición de niveles de calidad actual para cada área de vigilancia, por tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura)

Los niveles actuales de calidad basados en el percentil 95 de los últimos tres años se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Cumplimiento actual de la propuesta de norma para las estaciones DGA vigentes, basados en el percentil 95 de los últimos 3 años (2012-2014). Celdas en blanco representa ausencia de datos. (TEQ: Río Teno en los Queñes, CLQ: Río Claro en los Queñes, TEAJM: Río Teno antes junta Mataquito, LOSF: Río Lontué en Sagrada Familia) (Fuente: elaboración propia)

Leyenda de colores

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

	Est DGA	TEQ	CLQ	TEAJM	LOSF
Parámetro	Unidad	P95	P95	P95	P95
Al	mg/L	0.5	0.49	0.5	0.5
As	mg/L	0.004	0.007	0.001	0.012
AyG	mg/L				
CE	µS/cm	963	800	492	367
CF	NMP/100ml				
Cl ⁻	mg/L	67.19	14.55	39.96	26.81
Cr	mg/L	0.046	0.048	0.048	0.048
CT	NMP/100ml				
Cu	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02
D.Q.O.	mg/L	5.30	13.01	6.77	7.51
DBO ₅	mg/L				
Fe	mg/L	6.0	3.5	0.3	0.5
Mn	mg/L	0.36	0.049	0.03	0.09
N(NO ₃ ⁻)	mg/L				
Ni	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NH ₄	mg/L				
O.D.	mg/L	13.27	12.82	13.424	13.694
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L				
pH	-	9.33	9.17	9.55	9.45
SO ₄ ⁻²	mg/L			77	34
SS	mg/L				
T	°C	15.4	15.7	22.5	23.7

Continuación Tabla 22. Cumplimiento actual de la propuesta de norma para las estaciones DGA vigentes, basados en el percentil 95 de los últimos 3 años (2012-2014). Celdas en blanco representa ausencia de datos. (LODJP: Río Lontué después de junta Palos y Colorado, RLL: Río Lontué en Longitudinal, PSL: Pozo Sector Lora, MAPL: Río Mataquito en Puente Lautaro) (Fuente: elaboración propia)

Leyenda de colores

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

	Est DGA	LODJP	RLL	PSL	MAPL
Parámetro	Unidad	P95	P95	P95	P95
Al	mg/L	0.5	1.537	0.485	0.5
As	mg/L	0.051	0.023	0.027	0.012
AyG	mg/L				
CE	μS/cm	253	201	645	362
CF	NMP/100ml				
Cl ⁻	mg/L	26.7	16.0	37.1	26.1
Cr	mg/L	0.048	0.048	0.05	0.05
CT	NMP/100ml				
Cu	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02
D.Q.O.	mg/L	6.7	5.7	14.7	8.2
DBO ₅	mg/L				
Fe	mg/L	1.7	0.8	10.4	0.8
Mn	mg/L	0.09	0.03	1.03	0.05
N(NO ₃ ⁻)	mg/L				
Ni	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05
N-NH ₄	mg/L				
O.D.	mg/L	11.7	13.1	7.5	13.0
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L				
pH	-	8.9	9.3	7.8	9.2
SO ₄ ⁻²	mg/L	18	23.5	5.6	61.2
SS	mg/L				
Temp.	°C	17.5	21.3	18.6	22.7

Los niveles históricos de calidad basados en el percentil 50 de los últimos 34 años, a fin de apreciar la tendencia histórica de la cuenca en las distintas estaciones, se muestran en la Tabla 23. Esto nos permite definir cuál clase de calidad (Tabla 17) se debe aplicar a cada tramo/estación de vigilancia, debido a su tendencia histórica.

Tabla 23. Datos históricos de la propuesta de norma para las estaciones DGA vigentes, basados en el percentil 50 (1980-2014). Celdas en blanco representa ausencia de datos. (TEQ: Río Teno en los Queñes, CLQ: Río Claro en los Queñes, TEAJM: Río Teno antes junta Mataquito, LODJP: Río Lontué después de junta Palos y Colorado, LOSF: Río Lontué en Sagrada Familia) (Fuente: elaboración propia)

Leyenda de colores

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

	Est DGA	TEQ	CLQ	TEAJM	LOSF
Parámetro	Unidad	P50	P50	P50	P50
Al	mg/L	0.4	0.305	0.3	0.3
As	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.009
AyG	mg/L				
CE	µS/cm	394	153.5	363	190
CF	mg/L	23	50		130
Cl ⁻	NMP/100ml	39.3	8.3	28.5	14.6
Cr	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
CT	NMP/100ml				
Cu	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
D.Q.O.	mg/L	10	13	13.259	21
DBO ₅	mg/L	3	3		2
Fe	mg/L	0.33	0.16	0.0895	0.2
Mn	mg/L	0.03	0.01	0.01	0.02
N(NO ₃ ⁻)	mg/L	0.1	0.06	0.2	0.5
Ni	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
N-NH ₄	mg/L				
O.D.	mg/L	10.16	9.64	10.77	10.29
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L	0.008	0.02	0.02	0.09
pH	-	7.73	7.56	8.635	7.78
SO ₄ ⁻²	mg/L	72.3	27.9	70.2	24.5
SS	mg/L	20.4	2.9	9	7.7
T	°C	10.4	11.4	20.1	17.6

Continuación Tabla 23. Datos históricos de la propuesta de norma para las estaciones DGA vigentes, basados en el percentil 50 (1980-2014). Celdas en blanco representa ausencia de datos. (LODJP: Río Lontué después de junta Palos y Colorado, RLL: Río Lontué en Longitudinal, PSL: Pozo Sector Lora, MAPL: Río Mataquito en Puente Lautaro) (Fuente: elaboración propia)

Leyenda de colores

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

	Est DGA	LODJP	RLL	PSL	MAPL
Parámetro	Unidad	P50	P50	P50	P50
Al	mg/L	0.5	0.5	0.3	0.5
As	mg/L	0.029	0.014	0.008	0.008
AyG	mg/L				
CE	µS/cm	139	130	578	232
CF	mg/L	2			170
Cl ⁻	NMP/100ml	15.3	11.3	29.3	18.8
Cr	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
CT	NMP/100ml				
Cu	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
D.Q.O.	mg/L	3	11	21.9	18.7
DBO ₅	mg/L	11.7			
Fe	mg/L	0.225	0.165	0.18	0.39
Mn	mg/L	0.02	0.02	0.09	0.04
N(NO ₃ ⁻)	mg/L	0.09	0.15	1.2	0.41
Ni	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
N-NH ₄	mg/L				
O.D.	mg/L	10.01	10	5.0	8.73
P(PO ₄ ⁻³)	mg/L	0.033	0.024	0.23	0.05
pH	-	7.77	7.55	7.675	7.87
SO ₄ ⁻²	mg/L	25	17.3	19.8	36.3
SS	mg/L				
T	°C	12.8	14.8	14.9	17.5

OBJETIVOS DE CALIDAD

En la Tabla 24 se presenta la clave de conversión entre la clase actual de calidad y el objetivo ambiental, es decir la clase de calidad a la cual se aspira llegar, de acuerdo a la estrategia de gestión correspondiente.

Tabla 24. Paso 2: Establecimiento de objetivos de calidad. Conversión de estrategia de gestión de calidad ambiental del área de vigilancia a objetivo de calidad del parámetro dentro del área, en base al nivel de calidad actual del parámetro en el área. s/i: sin información. (Fuente: elaboración propia)

Estrategia de gestión		Clase de calidad actual					s/i
		1	2	3	4	5	
Conservadora	Objetivo ambiental	1	2	3	3	3	2
Moderada		1	2	2	3	3	2
Agresiva		1	2	2	2	2	2

En la Tabla 25 se muestran los objetivos ambientales para cada parámetro en cada área de vigilancia. Además, se muestran las clases de calidad actuales para fines comparativos. Este resultado constituye el paso inmediato anterior al establecimiento de una propuesta NSCA para la cuenca del río Mataquito.

Tabla 25. Objetivos ambientales para las estaciones DGA vigentes (rectángulo derecho de cada celda). Celdas en blanco representa ausencia de datos (s/i). El cuadrado a la izquierda de cada celda representa la clase de calidad actual para fines comparativos. TEQ: Río Teno en los Queñes, CLQ: Río Claro en los Queñes, TEAJM: Río Teno antes junta Mataquito, LODJP: Río Lontué después de junta Palos y Colorado, LOSF: Río Lontué en Sagrada Familia, MAPL: Río Mataquito en Puente Lautaro. Par: parámetro. AV: Área de vigilancia. (Fuente: elaboración propia)

Leyenda de colores

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

	TEQ	CLQ	LODJPC	TEAJM	RLL	LOSF	MAPL	PSL
Par\AV	1	2	3	4	5	7	8	9
Estrategia	Agresiva	Agresiva	Moderada	Moderada	Conservadora	Moderada	Conservadora	Moderada
Al								
As								
AyG								
CE								
CF								
Cl								
Cr								
CT								
Cu								
D.Q.O.								
DBO ₅								
Fe								
Mn								
N(NO ₃ ⁻)								
Ni								
N-NH ₄								
O.D.								
P(PO ₄ ⁻³)								
pH								
SO ₄ ⁻²								
SS								
T								

RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 3: Caracterizar las distintas especies y ecosistemas ribereños en los distintos tramos de la cuenca del Mataquito (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura), a través de recopilación bibliográfica, líneas de base de proyectos SEIA, muestreos en los tramos definidos y demás información relevante que pueda ser aportado.

De acuerdo al Comité on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management (NRC, 2002), la zona ripariana es un área de transición entre la zona terrestre y el ecosistema acuático que se distingue por un gradiente de condiciones biofísicas, procesos ecológicos y la biota. Son áreas a través de las cuales las aguas superficiales y subsuperficiales se conectan con territorios adyacentes. Es en estas zonas donde se produce y controla significativamente el intercambio de energía y materia de un ecosistema terrestre con uno acuático (EcoHyd 2013).

La vegetación de ribera (vegetación terrestre aledaña al cauce) es abundante en la parte alta, correspondiente al sector de los Queñes, siendo reemplazada en la parte media por la acción del hombre debido a diversas actividades económicas desarrolladas, para luego reaparecer en la parte baja dominada principalmente por aromos. Las especies descritas para la zona se encuentran en la Tabla 26. Los principales tipos de cultivos presentes en la cuenca son las plantaciones forestales, seguidas de las viñas y parronales viníferos. En tercer lugar, más rezagado se encuentran los frutales. El tipo de cultivo es de vital importancia dentro de la contaminación difusa, ya que depende de la especie cultivada los requerimientos de nutrientes y la capacidad de acelerar los procesos de desnitrificación del suelo (EcoHyd 2013).

Tabla 26. Vegetación de ribera descrita para la cuenca del Mataquito.

Especie	Fuente
<i>Blechnum chilense (kaulf.) me</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Drimys winteri forst.</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Drimys winteri forst.</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Equisetum bogotense hbk.</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Escallonia revoluta (r. et p.)</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Fuchsia magellanica lam.</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Fuchsia magellanica lam.</i>	CADE-IDEPE 2004
<i>Luma chequen (mol.) a. Gray</i>	CADE-IDEPE 2004

En cuanto a las macrófitas (vegetación propia del cauce), la estación que se encuentra cercano a Sagrada Familia presenta un 100% de cobertura de macrófitas, con presencia de distintos tipos (enraizadas emergentes, enraizadas natantes, flotantes libres, algas flotantes y algas adheridas); sin embargo, luego de visitar este lugar durante los terrenos realizados en el presente estudio se pudo constatar que solo el brazo secundario posee

estas características, por lo que se presume que en el estudio del CENMA (2010) no se visitó el brazo principal del río durante el muestreo realizado. Por otra parte, la estación que se encuentra en la Panamericana casi no posee macrófitas (EcoHyd 2013).

Las especies descritas para la cuenca del Mataquito se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Macrofitas descritas para la cuenca del Mataquito.

Especie	Fuente
<i>Azolla filiculoides</i>	CENMA 2010
<i>Cladophora sp</i>	CENMA 2010
<i>Egeria densa</i>	CENMA 2010
<i>Galega officinalis</i>	CENMA 2010
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	CENMA 2010
<i>Lemna gibba</i>	CENMA 2010
<i>Nostoc sp</i>	CENMA 2010
<i>Potamogeton affiliformis</i>	CENMA 2010
<i>Veronica anagalis aquatica</i>	CENMA 2010
<i>Vitria pachyloma</i>	CENMA 2010

Vida existente en los ecosistemas ribereños

Los ecosistemas ribereños no solo poseen biota de tipo vegetal, sino también albergan una importante fauna asociada y que permite un importante flujo de energía para el funcionamiento ecológico de la cuenca. La biota descrita se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28. Biota descrita para la cuenca del Mataquito.

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Rhinella arunco</i>	Anfibio	Vasquez et al 2013
<i>Accipiter chilensis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Agriornis livida</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anairetes parulus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas bahamensis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas flavirostris</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas georgica</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas platalea</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas sibilatrix</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anas versicolor</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Anthus corredera</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Aphrastura spinicauda</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Ardea alba</i>	Ave	BIOMA 2008

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Ardea cocoi</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Bubulcus ibis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Buteo polysoma</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Callipepla californica</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Caracara plancus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Carduelis barbatus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Cathartes aura</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Cinclodes patagonicus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Colaptes pitio</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Colorhamphus parvirostris</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Columba araucana</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Columbina picui</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Coragyps atratus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Curaeus curaeus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Cygnus melanocorypha</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Diuca diuca</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Egretta thula</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Elaenia albiceps</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Elanus leucurus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Enicognathus leptorhynchus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Falco spaverius</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Fulica armillata</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Fulica leucoptera</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Gallinula melanops</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Haematopus ater</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Haematopus palliatus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Himantopus mexicanus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Larus dominicanus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Larus maculipennis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Larus serranus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Lessonia rufa</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Mimus thenca</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Parabuteus unicinctus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Pelecanus thagus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Phrygilus fruticeti</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Phytotoma rara</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Picoides lignarius</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Plegadis chihi</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Podiceps major</i>	Ave	BIOMA 2008

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Podiceps occipitalis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Podilymbus podiceps</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Pteroptochos megapodius</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Rollandia rolland</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Rostratula semicollaris</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Rynchops niger</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Sephanoides galeritus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Sicalis luteola</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Sterna trudeaui</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Sturnella loyca</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Sula variegata</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Tachycineta leucopyga</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Tachuris rubrigastra</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Tachyeres patachonicus</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Troglodytes aedon</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Turdus falcklandii</i>	Ave	BIOMA 2008
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Amphora pediculus</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Aulacoseira distans</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Caloneis sp</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Cocconeis placentula v euglypta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Cymbella affinis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Cymbella cistula</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Cymbella helvetica</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Diatoma vulgare</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Encyonema minutum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Eolimna minima</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Fragilaria aff capucina</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Fragilaria brevistriata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Fragilaria capucina</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Fragilaria capucina v vaucheriae</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Fragilaria construens f subsalina</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Frustulia saxonica</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Geissleria decussis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphoneis minuta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema cf scharfii</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema clevei</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema olivaceum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema parvulum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema pumilum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gomphonema sp</i>	Diatomea	CENMA 2010

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Gomphonema truncatum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Gyrosigma sp</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Hannaea arcus</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Hippodonta hungarica</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Mayamaea atomus</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Melosira varians</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula capitatoradiata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula cryptotenella</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula gregaria</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula obsoleta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula rhyngocephala</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Navicula viridula</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Naviculadicta chilensis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia aff fonticola</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia debilis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia dissipata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia gracilis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia inconspicua</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia palea</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia perminuta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nitzschia spp</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Nupela chilensis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Pennada</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Planothidium frequentissimum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Planothidium lanceolatum</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Pleurosira laevis</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Reimeria sinuata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Stausosirella pinnata</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Surirella angusta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Surirella minuta</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Synedra acus</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Synedra ulna</i>	Diatomea	CENMA 2010
<i>Mastigoptila brevicornuta</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Meridialaris laminata</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Hemerodromia sp</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Heptagia sp</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Limnoperla jaffueli</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Massartellopsis irarrazavali</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Meridialaris diguillina</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Meridialaris spina</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Meridialis chiloense</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Ortocadius sp</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Potamoperla mymidon</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Pseudocloeon albinerve</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Rhyacophilidae</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Simulium sp</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Staphilinidae</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
<i>Tipulidae</i>	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
Acari	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Athericidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Baetidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Ceratopogonidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Chiliniidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Chironomidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Collembola	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Elmidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Empididae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Ephydriidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Glossosomatidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Gripopterygidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Haliplidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Hidrophilidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Hydrobiosidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Hydropsichyidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Hydroptilidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Leptoceridae	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
Leptophlebiidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Odontoceridae	Macroinvertebrado	CADE-IDEPE 2004
Oligochaeta	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Simulidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Tabanidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
Tipulidae	Macroinvertebrado	CENMA 2010
<i>Basilichthys australis</i>	Pez	Veliz et al 2012, CADE-IDEPE 2004
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pez	CADE-IDEPE 2004
<i>Diplomystes chilensis</i>	Pez	CADE-IDEPE 2004
<i>Diplomystes sp.</i>	Pez	CENMA 2010
<i>Gambusia sp</i>	Pez	CENMA 2010
<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Pez	CENMA 2010
<i>Percichthys melanops</i>	Pez	CADE-IDEPE 2004
<i>Percichthys trucha</i>	Pez	CADE-IDEPE 2004
<i>Percilia gillisi</i>	Pez	CENMA 2010, CADE-IDEPE 2004
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Pez	CENMA 2010, CADE-IDEPE 2004
<i>Pseudalopex culapeus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Thylamys elegans</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Lepus capensis</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Pudu pudu</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014

ESPECIE / FAMILIA o CLASE	TIPO	Fuente
<i>Abrothrix olivaceus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Rattus rattus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Histiotus macrotus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Histiotus montanus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Lasiurus borealis</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Lasiurus cinereus</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Myotis chiloensis</i>	Mamifero	Sustentable S.A. 2014
<i>Phylodrias chamissonis</i>	Reptil	Sustentable S.A. 2014
<i>Liolaemus schroderi</i>	Reptil	Sustentable S.A. 2014
<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Reptil	Sustentable S.A. 2014

Intervenciones Antrópicas

Se ha realizado un resumen de las actividades y obras que alteran la ribera de la cuenca del Mataquito (Tabla 29). Las principales son basurales, extracciones de agua para agricultura, extracción de áridos, defensas fluviales y acequias.

Tabla 29. Actividades y obras que alteran la ribera de la cuenca del Mataquito (Fuente: modificado de Ecohyd 2013).

Componente	Actividades/Obras
Cambio de uso de suelo	Proyectos urbanísticos o turísticos
	Proyectos industriales
	Explotaciones mineras (extracciones de áridos)
	Explotaciones ganaderas (pastoreo)
	Basurales (en la ribera o en el lecho)
	Plantaciones Agrícolas o Forestales
	Incendios
Regulación del régimen hidrológico	Presas o Tranques
	Extracciones de agua para hidroeléctricas
	Extracciones para usos en agricultura y ganadería
	Extracciones para uso en minería
	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)
	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas
Cambios en la morfología	Canalización del río por infraestructuras rígidas (defensas fluviales, canalizaciones)
	Explotaciones mineras (extracciones de áridos)
	Actividades de limpieza no selectiva del cauce
Obras Lineales	Atraviesos (puentes, caminos, vías férreas, etc)
	Infraestructuras transversales (barreras móviles, vados, etc)
	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones, acequias, etc)

Extracción de áridos

Dentro de las intervenciones de las que se levantó información en terreno durante Agosto de 2015, fue la extracción de áridos (Tabla 30). La información que se levantó en terreno durante Agosto corresponde solo a cauces prospectados junto al equipo técnico de la Seremi, pero no corresponde a la totalidad de los afluentes de la cuenca de los cuales se desconoce intervenciones.

Tabla 30. Extracción de áridos cuenca del Mataquito. (Fuente: CENMA 2015: Levantamiento en terreno realizado por equipo CENMA en agosto de 2015; DGA Maule 2015: Dirección General de Aguas Región del Maule, información del 07 de agosto de 2015; DOH Maule 2015: Dirección de Obras Hidráulicas Región del Maule, información del 20 de Agosto de 2015).

Fuente	UTM E	UTM N	Solicitante
CENMA 2015	328923	6126874	Sin información
CENMA 2015	309508	6134051	Sin información
CENMA 2015	302842	6135071	Sin información
CENMA 2015	302663	6135314	Sin información
CENMA 2015	292536	6131750	Sin información
CENMA 2015	246194	6124875	Sin información
CENMA 2015	232281	6123628	Sin información
CENMA 2015	228645	6123491	Sin información
CENMA 2015	225220	6124576	Sin información
CENMA 2015	209899	6122759	Sin información
DGA Maule 2015	228244	6122466	Construmaq SPA
DGA Maule 2015	758147	6120618	Const. Gonzalo Orellana e Hijos LTDA
DGA Maule 2015	231914	6123233	Áridos Placilla
DGA Maule 2015	302771	6135217	Áridos Georogu
DGA Maule 2015	293124	6132564	Áridos Río Rauco
DOH Maule 2015	244379	6124570	Empresa Transporte Labra e Hijos
DOH Maule 2015	243184	6125232	Dirección de Vialidad
DOH Maule 2015	293442	6123527	Empresa Áridos Teno S.A.
DOH Maule 2015	296156	6135426	Dirección de Vialidad
DOH Maule 2015	286814	6128664	Dirección de Vialidad
DOH Maule 2015	298706	6137145	Dirección de Vialidad
DOH Maule 2015	286602	6128690	Dirección de Vialidad

Adicional a lo anterior, el municipio del Romeral informó con fecha 21 de Julio de 2015, a través del Director de Obras Municipales que “en el rio Teno correspondiente a la comuna de Romeral, no hay ninguna planta de extracción de áridos, más bien esta actividad se realiza entorno a proyectos específicos con la correspondiente autorización a la DOH y

otros privados de manera clandestina”. Respecto de las obras en la ribera del río desde los cuales se extraen áridos señaló los siguientes sitios:

- Puente Río Teno (Ruta 5 Sur)
- Callejón Verdugo
- Callejón Santa Catalina (principalmente MOP y particulares)
- Callejón Guaico 1 (siempre y cuando el puente de acceso este habilitado)
- Los Maquis (varias entradas de manera ocasional)
- Los Queñes (varias entradas de manera ocasional)
- Desde Los Queñes hacia arriba la actividad es realizada de manera aún más esporádica y para trabajos puntuales cercanos el punto de extracción de manera clandestina.

Las extracciones de áridos en la cuenca se muestran en la Figura 17.

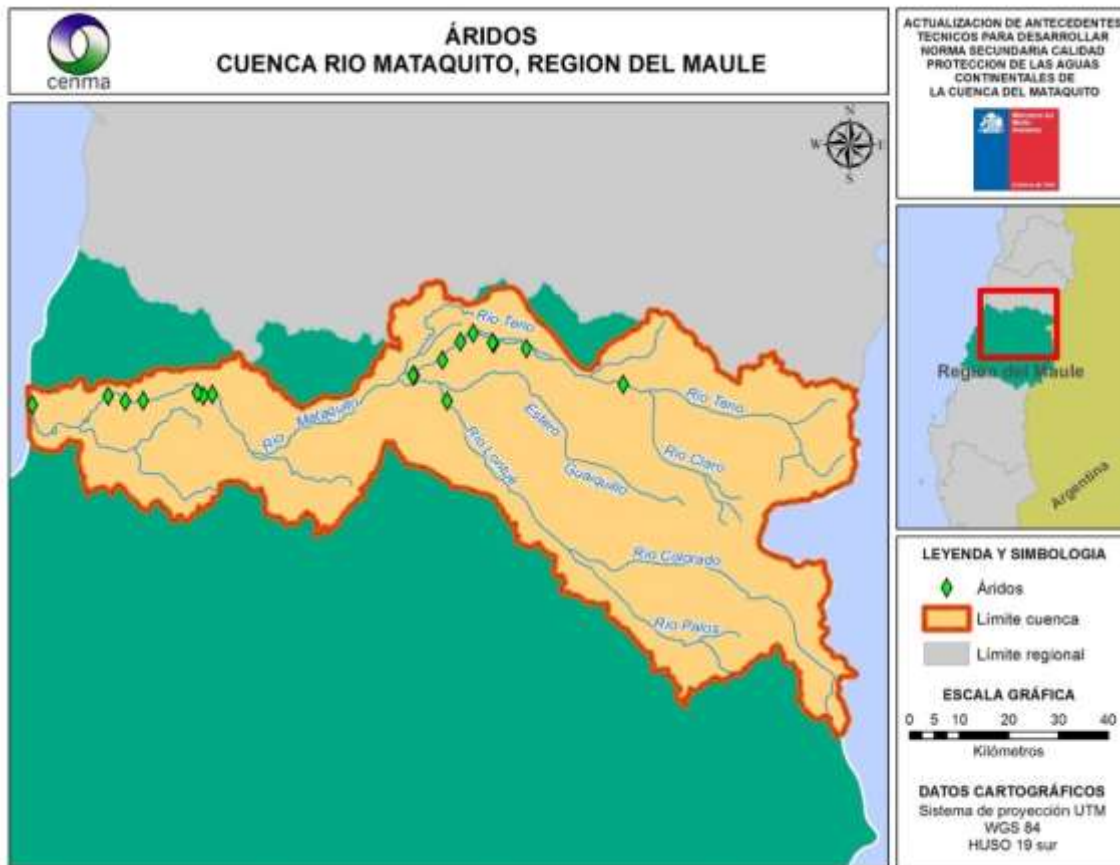


Figura 17. Sitios conocidos donde se realiza extracción de áridos en la cuenca del Mataquito. La información que se levantó en terreno durante Agosto corresponde solo a cauces prospectados junto al equipo técnico de la SEREMI, pero no corresponde a la totalidad de los afluentes de la cuenca de los cuales se desconoce intervenciones totales (fuente: SEREMI MMA TALCA y Elaboración Propia 2015).

Plantas de Tratamiento de aguas servidas

Los sistemas ribereños se ven fuertemente impactados cuando se vierten descargas directas sin tratar, como es el caso de plantas de tratamientos de agua servidas (PTAS) que no funcionan o funcionan mal debido a que su capacidad de carga o población servida supera a la población de diseño original.

Como ejemplo, la comuna de Sagrada Familia cuenta con un sistema de alcantarillado donde no existe un sistema de depuración de las aguas servidas, ya que en la comuna se estaba implementando una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, el cual durante la construcción fue inundado por la napa subterránea. Al año 2013, la comuna enviaba de manera directa los efluentes del alcantarillado hacia el río Lontué (EcoHyd 2013).

En la Tabla 31 se presenta la información de las plantas de tratamiento de aguas servidas en la cuenca del Mataquito, junto con información relevante respecto a su funcionamiento. Muchas plantas presentan estados regular o malo. Esto deja en evidencia la importancia de controlar y normar los coliformes, cloruros, sólidos, aceite y grasas entre otros contaminantes en la cuenca, para la protección de la biota asociada a sus aguas continentales.

Tabla 31. Plantas de tratamiento de aguas servidas en la cuenca del Mataquito. (AC: año de construcción, Pob. Población) (Fuente: CATASTRO SUBDERE AÑO 2012, Ministerio MA).

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	CURICÓ	NUEVO AMANECER	2006			0		REGULAR	A la fecha la municipalidad no tiene información respecto a reclamos por el funcionamiento del sistema. Se recomienda una reparación de la PTAS
CURICÓ	CURICÓ	PRUDENCIO LOZANO	2005		1504	241	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	VILLA SANTA CARMEN TUTUQUÉN	1996		126	20	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	SANTA FILOMENA	1996		200	32	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	SANTA ELENA	1996		1035	166	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	CURICÓ	SANTA CLAUDIA	1996		1404	225	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	SARMIENTO	1997	13000	9508	1521	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	LOS CRISTALES	2000		1197	192	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	LA OBRA	2000		2340	374	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	CHEQUENLEMU	1998		540	86	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	CONVENTO VIEJO	2001		315	50	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	CURICÓ	CORDILLERILLA	1996		2142	343	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	EL MAITÉN-LOS CASTAÑOS	2003		990	158	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	POBL.. JULIÁN LOZANO	2007		297	48	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	RINCÓN DE SARMIENTO	1999		360	58	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repararon obras civiles y repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	SAN ALFONSO (RINCÓN DE SARMIENTO)				0		REGULAR	En el año 2009 la comunidad manifestó su interés por reparar el sistema existente que descarga directamente al río Teno, situación que se solucionó por parte del municipio. A la fecha la municipalidad no tiene información respecto a reclamos por el funcionamiento del sistema. Se recomienda una reparación de la PTAS.
CURICÓ	HUALAÑÉ	LA HUERTA DE MATAQUITO				0		REGULAR	A la fecha no se tiene información fidedigna respecto a reclamos por el funcionamiento del sistema. Se recomienda una reparación de la PTAS.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	CURICÓ	SAN MARTÍN LAS PIEDRAS	2005		481	77	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	VILLA LOS GUINDOS	1996		225	36	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	VISTA HERMOSA NORTE	1999		675	108	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	VISTA HERMOSA SUR	1999		450	72	20	BUENO	Mediante proyecto evaluado por circular 33 y financiado por provisión saneamiento sanitario se repusieron equipos. El proyecto termina durante diciembre de 2012, sin embargo, contempla mantención y operación a cargo del contratista por un año a contar desde esa fecha.
CURICÓ	CURICÓ	VILLA EL MEMBRILLO	1996		60	10	20	REGULAR	Originalmente existió una PTAS que nunca funcionó bien y finalmente quedó fuera de servicio. Actualmente el sistema funciona sólo como fosa séptica. A la fecha la municipalidad no tiene información respecto a reclamos por el funcionamiento del sistema. Se recomienda una reparación de la PTAS.
CURICÓ	RAUCO	QUICHARCO	1995	576	850	136	10	MALO	Colapsada, ingreso caudal muy superior a la capacidad de tratamiento de la fosa, descarga de efluente sin cloración. Presencia de foco infeccioso. Se requiere urgente el reemplazo de la PTAS. Del sistema de tratamiento, por lo que se conversará con el municipio la forma de abordar el problema, ya que en el sector existe en diseño una solución integral del problema de aguas servidas para toda la localidad del Plumero.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	RAUCO	VILLA PALQUIBUDI	1999	156	208	33	15	REGULAR	Acumulación de lodos en el digestor, lo que genera malos olores. Sin tratamiento de secado lodos. Se recomienda un mejoramiento de la PTAS. Se recomienda un mejoramiento provisorio de la PTAS y la posterior conexión de la población al sistema de alcantarillado que se construirá para la localidad de Palquibudi.
CURICÓ	RAUCO	EL CRISTO PALQUIBUDI	2003	123	164	26	15	BUENO	PTAS quedará fuera de uso aproximadamente en año 2014, una vez entre en funcionamiento el sistema de alcantarillado que se construye para la localidad de Palquibudi.
CURICÓ	ROMERAL	BELLAVISTA PUMAITÉN	2009			0		REGULAR	Fosa séptica colapsada por saturación de drenes, con afloramiento de aguas servidas a la superficie, lo que provoca malos olores. Se recomienda una reparación . El municipio formuló un proyecto para solicitar recursos al PMB que permita diseñar una solución a la problemática existente.
CURICÓ	ROMERAL	EL BOLDAL	2005	223	150	24	10	REGULAR	Se recomienda una reparación de la PTAS
CURICÓ	ROMERAL	ESC. EL CALABOZO	2001	150	105	17	10	REGULAR	No funciona adecuadamente. Se recomienda una reparación de la PTAS
CURICÓ	ROMERAL	ESC.EI PEUMAL	1982	100	50	8	20	REGULAR	Fosas sépticas (son 2). Se recomienda un reemplazo de la PTAS.
CURICÓ	ROMERAL	ESC.GUAICO CENTRO	2007	315	150	24	20	REGULAR	No funciona adecuadamente. Se recomienda una reparación de la PTAS
CURICÓ	ROMERAL	ESC-TRES ESQUINAS	2007	325	150	24	20	BUENO	PTAS funciona bien, ya fue reparada posteriormente al terremoto de 2010.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	ROMERAL	SAN JUAN (GUAICO 3)	1994	90	80	13	20	MALO	Desde la URS se orientó a las actuales autoridades municipales para que postulen un proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento, lo que se volverá a conversar con la nueva administración comunal.
CURICÓ	ROMERAL	LA YESCA	2008			0		REGULAR	Originalmente era PTAS, pero como no tenía mantenimiento por parte de los usuarios, el municipio la transformó en fosa séptica con drenes. El municipio formuló un proyecto de reemplazo de la PTAS, para solicitar recursos al PMB que permita diseñar una solución a la problemática existente.
CURICÓ	ROMERAL	TRES PUENTES	2005	270	109	17	10	REGULAR	El sistema corresponde a fosas individuales con un dren común. El municipio formuló un proyecto de reemplazo de la PTAS para solicitar recursos al PMB que permita diseñar una solución a la problemática existente.
CURICÓ	ROMERAL	V. ESPERANZA	2002			0		REGULAR	Sistema particular. Se recomienda un reemplazo de la PTAS.
CURICÓ	ROMERAL	LUXEMBURGO - VILLA SANTA CECILIA	2009			0		MALO	Originalmente era PTAS, pero como no tenía mantenimiento por parte de los usuarios, el municipio la transformó en fosa séptica con drenes. Desde la URS se orientó a las actuales autoridades municipales para que postulen un proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento, lo que se volverá a conversar con la nueva administración comunal.
CURICÓ	SAGRADA FAMILIA	LA ISLA	2009	2500	2150	344	20	BUENO	
CURICÓ	SAGRADA FAMILIA	LO VALDIVIA	1998	700	800	128	20	BUENO	Falta de mantenimiento. Está en ejecución obra de ampliación la planta de tratamiento, con fondos del FNDR, para 1840 usuarios

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	SAGRADA FAMILIA	PETEROA SANTA ANA				0		REGULAR	El proyecto fue recepcionado provisoriamente durante el año 2011, sin embargo, el comité de APR no ha asumido la operación, debido a diferencias argumentadas al municipio en la ejecución de obras. Se recomienda una reparación de la PTAS
CURICÓ	VICHUQUÉN	LLICO	2008	1316	1620	259	20	REGULAR	Falla recurrentes de bombas en plantas elevadoras de aguas servidas, por mal uso del sistema de alcantarillado de parte de los usuarios, mal diseño de cámara de rejas antes de las peas. Se recomienda una reparación de la PTAS.
CURICÓ	VICHUQUÉN	VICHUQUÉN				0		REGULAR	El proyecto se encuentra en etapa de recepción provisoria, sin embargo, existe elevado nivel de filtraciones del estanque de la PTAS. Se recomienda una reparación de la PTAS.
CURICÓ	TENO	ALDEA SAN JOSÉ - EL MOLINO				0		MALO	Existen problemas en sopladores y falta cámara de rejas, lo que hace que el sistema presenta problemas. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejoramiento de PTAS, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	SAN LEÓN DE MORZA	2008	580	550	88	20	MALO	Difusores en mal estado, bombas elevadoras con fallas recurrentes. Descarga de efluente sin cloración. Requiere urgente una reparación y/o reemplazo de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	TENO	DOMINGO MANCILLA	2007	1247	756	121	20	BUENO	Si bien es administrada por el APR del sector, el municipio es quien paga los servicios básicos asociados y reponen equipos y hacen mantenencias cuando es necesario. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para un mejoramiento , mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	EL GUINDO	2007	145	40	6	20	MALO	Difusores en mal estado, bombas elevadoras con fallas recurrentes. Descarga de efluente sin cloración. Requiere urgente un reemplazo de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	EL HERALDO/EL ESCUDO	2004	900	600	96	20	MALO	Sistema de retorno de lodos malo, sistema de aireación y difusores defectuoso, descarga de efluente sin cloración. Se recomienda una reparación de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	EL QUELMÉN	2007	1106	745	119	20	REGULAR	Cámaras de la red de colectores de aguas servidas con infiltración de aguas lluvias. La planta opera sólo con una bomba elevadora de as. Se recomienda una reparación del sistema (impermeabilización de cámaras de inspección y reposición de bombas). El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	TENO	LA ESTRELLA / VILLORRIO LA ESTRELLA	2007	653	440	70	20	REGULAR	La planta opera con sólo una bomba elevadora. Se recomienda un mejoramiento de equipos de bombas y sistema eléctrico de la PTAS. No cuenta con operador ni mantención de equipos. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	LAS LIRAS / ELCÓNDOR	2002	530	500	80	20	MALO	Los equipos sopladores y difusores no funcionan. Descarga de efluente sin cloración. Se recomienda el reemplazo de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	CASAS DE VISCAYA	2007	120	95	15	20	MALO	La planta no cuenta con cámara de rejillas. La primera cámara funciona como decantador primario que debe ser limpiada con camión limpia fosas y cuando esto se retrasa causa malos olores. Se recomienda mejoramiento de la PTAS. De acuerdo a lo informado anteriormente por el municipio existiría un elevado nivel de infiltración en la red de colectores. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	SAN FRANCISCO EL SAUCE	2007	385	315	50	20	BUENO	El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.

Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	TENO	SANTA REBECA/VENTANA DEL ALTO	2007			0	20	BUENO	En invierno existe un elevado ingreso de aguas de infiltración al colector, lo que colapsa el funcionamiento de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	VILLORREO EL EUCALIPTUS	2009	420	369	59	20	REGULAR	Existe filtración de aguas lluvias al sistema de alcantarillado, produciendo un lavado de la planta. Falta de aliviadero de tormenta. Se recomienda una reparación de la PTAS. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para mejorar, mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	TENO	VILLA COMALLE			APROX. 170			MALO	Falta de mantenimiento. En el sector se desarrolla un estudio financiado por el PMB para construir un sistema recolector y de tratamiento de aguas servidas. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para un mejoramiento , mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.
CURICÓ	ROMERAL	VILLA LUXEMBURGO			APROX. 80			REGULAR	Equipos son muy antiguos, requieren reemplazo y mantenciones del sistema. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para un mejoramiento , mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.



Provincia	Comuna	Localidad	A C	Pob. diseño	Pob. servida	Caudal estimado (m3/d)	Vida útil	Estado	Observación catastro año 2012
CURICÓ	ROMERAL	VILLA PADRE LUIS LETCH			APROX. 200			MALO	Fosa no funciona correctamente, ya que municipio debe acudir aprox. Cada 1,5 meses a retirar lodos. El municipio se encuentra formulando proyecto con financiamiento PMB para un mejoramiento , mantener y capacitar la operación de los sistemas de tratamiento de la comuna, para así poder traspasar posteriormente la administración completa a los comités correspondientes.

RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 4: a) Indicar toda la información faltante, para dar lugar a proposiciones para completar y/o efectuar estudios, recolección/homologación de datos de forma de generar información comprensible, útil y adecuada para sustentar la Norma de Calidad Secundaria.

El producto final será identificar áreas con mayor y menor información disponible, de manera de establecer la falta de información por área de vigilancia y proponer los estudios pertinentes para sustentar la NSCA. La información parcial para este informe de avance es la siguiente:

Actividades Económicas desarrolladas

Existen vacíos de información respecto al total de industrias, empresas y actividades desarrolladas en la cuenca, principalmente en la georreferenciación de las mismas y sus puntos de descarga. Muchas veces se tiene información de que existen, (por ejemplo industrias vínicas en la cuenca), pero no se puede acceder al total de las mismas y su ubicación georreferenciada exacta en la cuenca. Por esta razón se realizó un recorrido junto a la contraparte técnica para evidenciar en terreno información faltante específica (en este caso actividades de extracción de áridos) lo cual ha sido un aporte importante.

Por lo anterior, se hace necesario realizar estudios específicos como los que se describen a continuación:

1. Estudio que tenga por objetivo determinar y evaluar en terreno y con las autoridades de cada sector (por ejemplo municipios) el total de actividades y su ubicación concreta en la cuenca georreferenciada. Por ejemplo, actividades como las Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas (PTAS) a pesar de poseer información concreta del sector donde se desarrollan no poseen georreferenciación específica, lo que dificulta asignarles la ubicación espacial concreta y el área de vigilancia correspondiente.
2. Estudio que tenga por objetivo considerar las acciones sinérgicas debido a las presiones de los distintos usos. Al considerar los tipos de usos, también se deben considerar los valores máximos que una cuenca puede soportar en las perturbaciones que se le realizaran: a) tanto en la físico-química del agua (carga máxima), considerando el total de usos y sus cargas individuales, de manera que el total de usos no supere la carga máxima del sistema en el vertido de sustancias, b) como en la extracción del agua, afectando el caudal para la vida acuática y para la dilución de contaminantes.
3. Estudio que tenga por objetivo detectar aquellas actividades que afecten la ribera de manera concreta mediante intervenciones puntuales tales como descargas, vertederos ilegales, la extracción de áridos, las defensas fluviales, entre otras.

4. Estudio que tenga por objetivo determinar el aporte de contaminación difusa en la cuenca, principalmente por la agricultura desarrollada y el uso de pesticidas, y su relación con la escorrentía y fenómenos asociados a las épocas de lluvia.
5. Estudio que tenga por objetivo reconocer los beneficios de proteger la biota y mantener la fisicoquímica del lugar en clases de calidad de excelencia (bueno y muy bueno) para los siguientes componentes: biota y actores beneficiarios según actividad económica (por ejemplo turismo, agricultura, consumo humano, etc), y georeferenciación de las actividades beneficiadas en la cuenca.

Parámetros Fisicoquímicos

Existe una buena base de datos por parte de la DGA para numerosos parámetros. Sin embargo no existe información respecto a algunos de gran importancia y amplio uso como pesticidas y AOX (sustancias químicas orgánicas que contienen uno o varios átomos de un elemento halógeno) propias de las actividades de la cuenca. En este aspecto son los pesticidas los más complejos de medir y evaluar, porque se debe conocer bien a lo menos el tipo de pesticida empleado y la época de aplicación, la cual llegará por contaminación difusa a las aguas. Es por esta razón que se ha recomendado un estudio que pueda evaluar lo anterior para un seguimiento y detección eficaz de los pesticidas.

Dentro de los parámetros que se proponen para reincorporar a las mediciones de la DGA debido a que en los últimos años no se han medido son: Aceite y Grasas, Coliformes fecales y totales, DBO, Nitratos, Fosfatos, Sulfatos, Sólidos Suspendedos.

Dentro de los parámetros que se propone para seguimiento o vigilancia por no poseer valores referenciales para la cuenca en el presente se sugieren los siguientes: Turbidez, Carbono Orgánico Total (COT), Carbono Orgánico Disuelto (COD), Hidrocarburos (HC), Poder Espumógeno (PE), Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX).

Biota

Existe información sobre los distintos grupos que componen la biota de la cuenca, si bien la misma es dispersa, escasa y corresponden en su mayoría a los años 2008 – 2010, por lo cual muchos datos no han sido actualizados en los últimos años. Incluso el grupo de plantas de ribera no ha sido actualizado en la última década (desde CADE-IDEPE 2004). Asimismo, existe una evidente falta de datos que permita tener una base sólida y completa de la biota asociada, sobre todo de aquella que se encuentra con estados de conservación conocidos (principalmente peces, anfibios y aves), pues otros grupos no tienen estado de conservación declarado o conocido (macroinvertebrados, macrofitas y diatomeas o fitobentos).

Por lo anterior se recomienda realizar un estudio al menos cada cinco años de todos los grupos que componen la biota de la cuenca del Mataquito: Peces, Anfibios, Aves,

Macroinvertebrados, Fitobentos, Macrófitas y Plantas de ribera, debido principalmente a que la norma apunta a la protección de dichas comunidades, siendo fundamental el conocimiento del estado de conservación de las mismas en el tiempo.

En contexto de lo anterior CENMA realizó un estudio de evaluación de estado ecológico durante 2012 que necesita ser complementado y completado para la todos los tramos de la cuenca, es decir, afluentes principales y aportantes de la cuenca completa.

Por lo anterior y en resumen, se hace necesario realizar estudios específicos como los que se describen a continuación:

1. Estudio que tenga por objetivo determinar la biota (fauna y flora) de la cuenca, sus abundancias relativas y estado de conservación actualizado mediante literatura y trabajo en terreno.
2. Estudio que haga un seguimiento de la biota de la cuenca, sus abundancias relativas y estado de conservación al menos cada cinco años.
3. Estudio que realice resuma toda la información en un criterio ecológico, mediante una evaluación de estado ecológico complementaria en conjunto con los muestreos biológicos (aprovechando la información obtenida) que complemente la información para todos los tramos de la cuenca, es decir, afluentes principales y aportantes de la cuenca completa.

RESULTADOS OBJETIVO ESPECIFICO 4: b) Proponer, definir y justificar campañas de monitoreo que permitan determinar los valores de calidad ambiental para los parámetros a definir, considerando la identificación de zonas de referencia por tramos de la cuenca (afluentes preconfluencia y río desde la confluencia hasta la desembocadura) para la elaboración del anteproyecto

En diversos países se han impulsado programas de evaluaciones ecológicas y ambientales, de modo de poder caracterizar y conocer los ecosistemas, además de poder estimar cambios en las condiciones ambientales producto de intervenciones humanas de manera menos costosa y eficiente. Entonces el marco teórico bajo el cual se desarrolla este tipo de investigación abarca la conservación de la biota y los ecosistemas, mediante el conocimiento de su ecología y procesos ambientales.

En la comunidad Europea estos estudios se impulsaron con fuerza durante el año 2000, año en que se propusieron como meta mejorar el estado de sus cuencas en un periodo de 15 años, por lo que en 2015 la mayoría de sus cuencas debieran presentar una evaluación de estado ecológico clasificada como buena. En Chile no existe un programa que establezca una fecha como una meta para conocer y mejorar los ecosistemas; sin embargo se está avanzando en los programas de normativas de calidad ambiental que persiguen un objetivo similar.

La visión detrás de evaluar las aguas y principalmente la biota presente en ella, es de proteger la cuenca completa. Esto porque el concepto de cuenca abarca desde las altas cumbres hasta las aguas superficiales que resultan sumideros de todo lo que sucede en el ambiente terrestre aledaño, es decir, la cuenca en su plenitud. Así, cualquier actividad o perturbación en algún sector de la montaña, bosque, ladera o ribera, desembocará y repercutirá en los sistemas de ríos o lagos, desembocando finalmente en el mar. Detectar alteraciones en el sector más cercano a su origen, permitirá entonces aplicar las medidas necesarias para detener, mitigar o compensar el daño.

Por otra parte, en términos cualitativos el agua constituye una parte esencial de la vida en el planeta. Una reducción de la calidad del recurso, genera efectos negativos sobre todo el ecosistema, por lo que es necesario mantener las condiciones naturales de las aguas para la conservación de dicha diversidad, no solo por su valor intrínseco, sino también por sus servicios esenciales al ser humano. Experiencias internacionales demuestran la necesidad de fortalecer los procesos de normativa secundaria, de manera de no solo proteger la vida de la biota acuática, sino también disminuir los costos del tratamiento del agua para la calidad primaria, lo cual va en directo beneficio de la población humana.

En virtud de lo anterior, es necesario incorporar estudios que permitan realizar una Evaluación de Estado Ecológico, la cual cuantifica y define el grado actual de naturalidad y/o intervención de un sistema para el correcto desarrollo de la vida acuática, de modo que el resultado es la determinación de una clase de calidad actual del sistema (e.g. en buena, regular, mala) para la preservación de la biota asociada, reconociendo sitios de

referencia y sitios de seguimiento. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten proponer la realización de estudios que incorporen análisis en dos ejes: espacial y temporal.

Respecto del eje espacial, es necesario corroborar las estaciones de referencia existentes en la cuenca y que en el presente informe se proponen, los cuales corresponden a sectores precordilleranos pertenecientes a los sistemas Río Claro y Río Lontué. Estos deben ser contrastados con el resto de las estaciones a lo largo de la cuenca para comparar la calidad de sus aguas y establecer las medidas necesarias en gestión y toma de decisiones para una óptima conservación de la cuenca del Mataquito.

Respecto del eje temporal, lo ideal es realizar al menos un primer estudio que abarque las cuatro estaciones del año: Primavera, Verano, Otoño e Invierno. Sin embargo si esto no fuese posible por diversos motivos, y dado el carácter mediterráneo de la cuenca, se debiera realizar como mínimo un muestreo para el periodo lluvioso (Otoño-invierno) y otro para el periodo seco (Primavera-Verano). Lo anterior permitiría reconocer la dinámica de la cuenca de manera de determinar los valores de calidad ambiental para los distintos sectores y áreas de vigilancias propuestos.

Una vez realizado lo anterior, es fundamental implementar un estudio de seguimiento de manera óptima al menos dos veces al año (periodos de lluvia y seco) o a lo menos durante la época de Primavera que es cuando la biota se encuentra en su ciclo de reproducción, y por lo tanto es una buena medida del estado del sistema en su mejor estación del ciclo biológico durante el año. Así, si la evaluación de este periodo resulta regular, entonces es una clara muestra que la cuenca completa se encuentra en ese estado y es necesario tomar medidas al respecto.

Por ello en este tipo de evaluación se utiliza algún índice desarrollado para ese fin, donde se utiliza la bioindicación como herramienta para entregar una clase de calidad que informe de cómo se encuentra la salud de la biota en el ecosistema, y que acompaña a los resultados de clases de calidad fisicoquímica obtenidos en las mediciones realizadas por la DGA. Por este motivo es que se proponen cuatro grupos como herramientas de seguimiento ambiental considerados como Herramientas de Evaluación Rápida para la cuenca (ver Tabla 11) como bioindicadores.

La bioindicación es una técnica de evaluación basada en la sensibilidad de los organismos utilizados. Consiste en la utilización de organismos vivos (e.g. bacterias, animales, vegetales), para medir el grado de intervención de un entorno determinado y poder determinar así el grado de peligro para la vida acuática. Además los indicadores biológicos reaccionan de una manera concreta ante ciertos agentes contaminantes, y se convierten en indicadores que permiten predecir o determinar el tipo de contaminante y el grado de toxicidad, por lo cual también pueden ser utilizados para este fin.

Es decir, estas metodologías son para determinar clases de calidad biológica para el correcto desarrollo de la vida de la biota asociada al ecosistema en estudio, en este caso, la cuenca hidrográfica. En temas normativos, estas metodologías son idóneas para el

desarrollo y evaluación de las normas secundarias de clases de calidad de agua, al permitir establecer los parámetros de las condiciones físico-químicas y biológicas asociadas a las distintas clases de calidad de aguas.

En términos generales y a nivel mundial, los más usados como bioindicadores son los macroinvertebrados bentónicos, los cuales pertenecen principalmente a la clase Insecta. En esta clase se encuentran diversos órdenes que sirven de bioindicadores tanto de oligotrofia como de eutroficación, así como de otros tipos de contaminación: pesticidas, falta de oxígeno, exceso de temperatura, mineralización. Por esta razón incorporar estudios de bioindicadores al menos una vez por año es no solo necesario, sino también fundamental.

CONSIDERACIONES ADICIONALES Y RECOMENDACIONES PRELIMINARES

La cuenca del Mataquito se encuentra inserta en un área con régimen de influencia de las ecorregiones mediterránea y semiárida, sectores definidos como de gran desarrollo económico. A pesar de la importancia de la cuenca en términos de actividades económicas y de biodiversidad existe escasez de estudios publicados asociados a la ecología fluvial y al medio ambiente en la zona, lo cual parece ser recurrente para muchas cuencas del país.

Actividades desarrolladas que afectan la calidad del agua

Debido a la intensidad y diversidad de actividades desarrolladas en la cuenca fue necesario clasificar aquellas actividades que causaran impactos sobre las aguas que pudieran ser medidas mediante parámetros fisicoquímicos que pudieran ser incorporarlos a la normativa futura. En este sentido, las actividades más importantes resultaron ser: agrícola-ganadera, urbano-industrial, celulosa, producción de alimentos y extracción de áridos, donde existe un número importante de elementos de alta toxicidad que tienden a acumularse en los sedimentos, generando un banco de elementos potencialmente peligrosos que pueden resuspenderse por cambios en condiciones físicas y químicas, afectando la biota.

Otras actividades de amplio desarrollo como turismo y silvicultura son incorporadas dentro de las actividades ya descritas por poseer parámetros de afectación coincidentes a estas actividades, y no se les asigna un impacto directo diferente en sus descargas fisicoquímicas conocidas. Así, el turismo es incluido dentro de la actividad categorizada como urbano-industrial, pudiendo existir actividades adicionales que pueden ser catalogadas como actividades de intervención, las cuales no son objeto de esta norma. Por otro lado la Silvicultura es incluida dentro de agrícola-ganadera, bajo el mismo criterio anterior.

Actividades desarrolladas que son beneficiadas por una buena calidad del agua

Mantener una buena calidad de las aguas no solo beneficia a la biota del lugar, conservándola y permitiendo mantener buenos estándares para su correcto desarrollo, sino también es un aporte al desarrollo de la región al entregar beneficios a diversas actividades realizadas, tales como el turismo, la recreación, la agricultura entre otros. Lo anterior porque el ecosistema actúa como un conjunto entrelazado en una red, donde polinizadores, depredadores, herbívoros y otros organismos mantienen un balance que permite el desarrollo de las actividades económicas realizadas por el hombre, mejorando el entorno en toda su diversidad de componentes (bosques, aves, fauna, etc).

Tener una visión de los beneficios y beneficiarios de estas interrelaciones permite realizar un manejo de la cuenca de manera sustentable y aplicando los principios de conservación que requiere el país en miras de un desarrollo económico con estándares de país desarrollado de primer nivel.

Parámetros fisicoquímicos determinados

Las actividades desarrolladas en la cuenca generan impacto debido a las descargas que emiten mediante fuentes puntuales y difusas. En este sentido, es de las fuentes puntuales de las que se tiene mayor cantidad de datos y seguimiento debido a la normativa actual DS 90 MINSEGPRES principalmente. Es de esta fuente de donde se puede obtener la mayor información y de la base de datos de la DGA, de modo de tener la información de cuáles son los parámetros descargados y sus valores medidos en la columna de agua para establecer las clases de calidad y los valores existentes en las aguas de la cuenca. Es por ello que parámetros como pesticidas y AOX (sustancias químicas orgánicas que contienen uno o varios átomos de un elemento halógeno) propias de las actividades de la cuenca, no se incluyen como parte de la propuesta de norma por no existir información histórica disponible. Al respecto, ambos parámetros son análisis de alto costo y de difícil detección debido a su baja prevalencia en las aguas, siendo los pesticidas los más complejos de medir y evaluar, porque se debe conocer bien a lo menos el tipo de pesticida empleado y la época de aplicación, la cual llegará por contaminación difusa a las aguas. Es por esta razón que se recomienda un estudio que pueda evaluar lo anterior para un seguimiento y detección eficaz de los pesticidas. Sin embargo, se sugiere incluir los AOX en la zona de Licanten para vigilancia de la actividad económica desarrollada allí (celulosa).

Indicadores biológicos

Dado que el objetivo principal de la NSCA a la protección de la biota, resulta fundamental incorporar además algunos indicadores biológicos básicos para evaluar de forma directa la calidad ambiental de la cuenca para los sistemas vivos, de manera de detectar estados o alteraciones peligrosas para la estructura y funcionamiento de las comunidades y ecosistemas y sirvan como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. Estos indicadores deben tener un protocolo rápido, de facilidad técnica, ser ampliamente informativos y de reconocimiento mundial para este fin. Lo anterior limita los grupos de organismos a utilizar como “óptimos” para el seguimiento de la norma en forma continua y replicable, razón por la cual se sugieren solo cuatro indicadores de este parámetro (Macroinvertebrados, Fitobentos, Ribera y Macrofitas) para seguimiento continuo, dejando grupos de organismos importantes como peces, anfibios y aves para seguimientos temporales a más largo plazo. La incorporación de parámetros biológicos como parte del plan de monitoreo permitirá dar el primer paso hacia una NSCA que incluya dichos parámetros y que hasta ahora solo se fundamenta en la fisicoquímica del lugar. En este

sentido la realización de una evaluación de estado ecológico con estos indicadores ya mencionados resulta fundamental y necesaria.

Outliers y su relación con eventos naturales

Los datos obtenidos pueden atribuirse a eventos naturales, es decir no asociados a la acción del hombre. Si bien existe una tendencia a aumentar durante el periodo de otoño invierno y relacionándose a eventos de escorrentía debido a las lluvias, esto no puede ser atribuido a “condiciones naturales”, debido a que no se puede separar los efectos de las actividades desarrolladas por el hombre en la cuenca (e.g. silvoagropecuario), pudiendo ser parte de la “contaminación difusa” a las aguas, y no por una condición propia y “natural” de los suelos de la cuenca. Para determinar este tipo de información de manera precisa, se hace necesaria una consultoría especial para establecer la contaminación difusa existente en la cuenca, lo cual escapa a este trabajo.

Clases de calidad

La NSCA desarrollada para Chile considera cinco clases de calidad. En ella, las clases 1 y 2 debieran corresponder a los valores que permitan el desarrollo correcto y la protección del mayor porcentaje de biota acuática sensible o susceptible de ser afectada por un aumento en la concentración de los parámetros fisicoquímicos en las aguas. En este sentido, la metodología utilizada recoge la data histórica de la cuenca en sus valores medios (correspondiente al percentil 50 para la clase 1 y 95 para la clase 2 del tramo con mejor calidad, que en este estudio corresponde al río Claro en los Queñes) y los valores de bioensayos y literatura conocidos para este fin, los cuales ajustan los valores de la Clase 2 cuando estos resultan sobrepasar los conocidos para la protección de las especies sensibles.

Sin embargo existen tramos que históricamente presentan valores por sobre los obtenidos para la clase 2, debido a sus procesos biogeoquímicos o a actividades que se han desarrollado por tantos años como datos existen en las bases utilizadas para tal fin; tal es el caso del río Teno, cuyos valores caen de manera histórica (desde 1980 hasta 2014) en la clase 3 para varios parámetros. Esta misma situación se da en otras estaciones, las que se muestran en la Tabla 23. Por lo anterior, se debe evaluar para cada estación el valor (en este caso la clase de calidad) que valor se normará para cada tramo-estación de monitoreo y seguimiento, y si se dejará en clase 2 o clase 3.

Establecer los valores de protección para la vida no es sencillo: generalmente se recurre a la experiencia internacional para ello, pero los valores locales a veces pueden ser totalmente distintos debido a la geología propia del lugar y a sus procesos biogeoquímicos. Lamentablemente conocer la naturalidad de un sistema en la actualidad resulta difícil debido principalmente las numerosas actividades antrópicas desarrolladas desde hace décadas; sin embargo se pueden establecer zonas de referencias basadas en

su potencial ecológico y a las mejores condiciones que puedan presentar respecto de otras zonas de la cuenca. Basadas en ellas, se debiera establecer los valores que permitirán la protección y recuperación (cuando sea necesario) de la cuenca del Mataquito.

Evaluación de la calidad actual

Para la evaluación de la calidad actual (últimos 3 años de datos) en el cumplimiento de la norma, se ha utilizado el uso del percentil 95, el cual evalúa la existencia de valores por sobre la tendencia central (es decir evalúa valores anómalos) en el periodo, de modo de visualizar la existencia de valores peligrosos para la biota. Esta metodología es menos conservadora con el “cumplimiento” que utilizar un percentil menor (por ejemplo el 66 o el 50) que solo evalúa si la tendencia del periodo se ha mantenido dentro de los valores establecidos como norma, y no si esta ha sido sobrepasada poniendo en peligro la biota del tramo. El establecer la existencia de valores peligrosos que sobrepasan la norma es valioso, debido a que pone un alerta para evaluar las razones del incumplimiento, pues si evaluando el percentil 95 del periodo la norma no es sobrepasada, se puede estar tranquilo respecto al objetivo de la NSCA que es la protección de la biota acuática de la cuenca del Mataquito.

CONCLUSIONES

La base de datos de las estaciones monitoreadas por la DGA para la cuenca del río Mataquito obtenida desde la página web de la DGA para los últimos 35 años (periodo 1980-2015) arrojó un total de 814 registros repartida en 21 estaciones de monitoreo.

Se identificaron como relevantes 5 categorías de actividades económicas que impactan en la cuenca: agrícola-ganadera, urbano-industrial, celulosa, producción de alimentos, extracción de áridos.

A partir de estas actividades y sus descargas asociadas se seleccionaron un total de 30 parámetros fisicoquímicos para la nueva propuesta normativa, de los cuales 25 se proponen para norma y 6 para seguimiento o vigilancia por no poseer valores referenciales para la cuenca en el presente: Turbidez, Carbono Orgánico Total (COT), Carbono Orgánico Disuelto (COD), Hidrocarburos (HC), Poder Espumógeno (PE), Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX). Estos últimos (AOX) también pueden ser normados basados en los valores obtenidos en otras cuencas mediterráneas (por ejemplo el Biobío).

Los valores para cada parámetro propuesto para norma fueron categorizados en cinco clases de calidad: Clase 1 o Muy buena, Clase 2 o Buena, Clase 3 o Regular, Clase 4 o Mala, y Clase 5 o Muy mala, en base a la estadística histórica y las publicaciones científico-técnicas de ecología y de bioensayos desarrollados.

Se seleccionaron cuatro parámetros biológicos que son recomendados para evaluar la calidad ecológica y fisicoquímica de la cuenca, que sirvan de indicadores directos del estado de la biota en el sistema: a) los macroinvertebrados bentónicos, b) el fitobentos, c) las macrófitas, y d) los índices de ribera y hábitat fluvial. El registro de estos parámetros biológicos debe ser realizado de manera paralela al registro de los parámetros fisicoquímicos, de modo de incluirlos en la norma en el próximo proceso de revisión de ésta.

Se determinaron y proponen 11 áreas de vigilancia para la cuenca del Mataquito, basados en criterios Físicos, Económicos y Biológicos.

En base a la calidad ambiental de cada área de vigilancia y a las clases de calidad actuales calculadas por parámetro fisicoquímico y tramos de la cuenca, se definieron de manera estadística los valores para la norma, complementados con valores que protegen la biota obtenidos de la literatura y bioensayos, para cada parámetro en cada tramo, proponiéndose la Clase 2 como el valor límite para la norma en el Mataquito, debiendo evaluarse aquellos tramos que históricamente arrojan valores que pertenecen a la Clase 3 como D.Q.O y Sulfatos.

Se definieron dos áreas de referencia: Río Claro en los Queñes y Río Lontué después de junta Palos y Colorado. En base a ellas se debiera considerar futuros estudios para la conservación de las aguas y de la biota de la cuenca del Mataquito.

La calidad actual de la cuenca (últimos tres años, 2012-2014) muestra valores por sobre la Clase 2 en la mayoría de los tramos para los parámetros Conductividad Eléctrica (CE), Cloruros (Cl⁻), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Niquel (Ni), pH, Sulfatos (SO₄⁻²).

Existen parámetros que se han dejado de medir en los últimos años y que son sugeridos en este informe para ser incluidos en la normativa, y por tanto, en los monitoreos que vendrán: Aceites y Grasas (A y G), Coliformes Fecales (CF), Coliformes Totales (CT), DBO₅, Nitratos (N(NO₃⁻)), Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄), Fosfatos (P(PO₄⁻³)), Sólidos Suspendidos (SS). Otros parámetros como Carbono Orgánico Disuelto (COD), Carbono Orgánico Total (COT), Poder Espumógeno (PE) e Hidrocarburos (HC) no poseen datos previos y son sugeridos para incorporar a los monitoreos de vigilancia.

A la luz de los resultados obtenidos en la evaluación de la tendencia histórica y las clases de calidad es necesario definir con la contraparte un posible ajuste de algunos valores obtenidos para la Clase 2, como por ejemplo, los de DQO y SO₄⁻², además de establecer las distintas clases que serán los valores normas para cada tramo/área de vigilancia.

Se deber considerar los beneficios no solo para la biota del lugar al incorporar las normas de calidad de agua, sino también aquellas actividades económicas beneficiadas tales como el turismo y la agricultura, que potencian el desarrollo de la normativa para el cuidado y gestión de la cuenca del Mataquito.

Experiencias internacionales demuestran la necesidad de fortalecer los procesos de normativa secundaria, de manera de no solo proteger la vida de la biota acuática, sino también disminuir los costos del tratamiento del agua para la calidad primaria, mejorar los procesos y actividades económicas que están asociada a la cuenca, lo cual va en directo beneficio de la población humana.

En virtud de lo anterior, es necesario incorporar estudios que permitan realizar una Evaluación de Estado Ecológico, la cual cuantifica y define el grado actual de naturalidad y/o intervención de un sistema para el correcto desarrollo de la vida acuática, de modo que el resultado es la determinación de una clase de calidad actual del sistema (e.g. en buena, regular, mala) para la preservación de la biota asociada, reconociendo sitios de referencia y sitios de seguimiento, realizando estudios que incorporen análisis en dos ejes: espacial y temporal; a lo largo de la cuenca y en estaciones del año distintas (como mínimo durante periodo de lluvias y sequía). Lo anterior permitiría reconocer la dinámica de la cuenca de manera de determinar los valores de calidad ambiental para los distintos sectores y áreas de vigilancias propuestos.

Por lo anterior se recomienza realizar un primer estudio anual, y posteriormente un estudio al menos cada cinco años de todos los grupos que componen la biota de la cuenca del Mataquito: Peces, Anfibios, Aves, Macroinvertebrados, Fitobentos, Macrófitas

y Plantas de ribera, debido principalmente a que la norma apunta a la protección de dichas comunidades, siendo fundamental el conocimiento del estado de conservación de las mismas en el tiempo.

Otro tipo de estudios relevantes para conocer la sensibilidad de los organismos que viven en la cuenca es la realización de Bioensayos que puedan determinar curvas de protección de especies, de manera de obtener la máxima protección del ecosistema con los valores que se le asignará a la norma secundaria del Mataquito.

REFERENCIAS

- ALLAN, J.D. & CASTILLO, M.M. 2007. Stream ecology. Structure and function of running waters. Published by Springer, Dordrecht. 444 pp.
- ANPHOS 2014. Generación de información base para la evaluación de normas de calidad ambiental y emisión: revisión y actualización sobre tecnologías de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos. 391pp.
- BASE DE DATOS HISTÓRICA DE LA DGA PARA EL MATAQUITO PERIODO 1980 – 2015. [XLS software]
- BIOMA (Estudio). 2008. Consultoría para la recopilación de información sobre la biodiversidad en apoyo a la elaboración del anteproyecto de la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Mataquito.
- CADE-IDEPE (Estudio).2004. Diagnóstico y clasificación de los cuerpos de agua según objetivos de calidad: cuenca del Mataquito.
- 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.
- CENMA (Estudio) 2013. Revisión y estandarización de información cartográfica de especies nativas de Chile.
- CORTES I & MONTAVO S. 2010. Aguas: calidad y contaminación. Un enfoque químico ambiental. Ed. CENMA. 328pp.[Libro]
- CREA (Estudio). 2007. Caracterización química de las aguas superficiales del río Mataquito Región del Maule periodo 2006 – 2007.
- ECOHYD (Estudio) 2013. Protección de la calidad del agua en la cuenca del Mataquito con la implementación de un biofiltro en zonas agrícolas, conservación y recuperación de la vegetación ripariana para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos. 178 pp.
- ENCINA F. 2011. Aproximación Ecotoxicológica y Evaluación de Riesgo Ecológico Teórico en apoyo al seguimiento de la NSCA para la protección de las aguas de la cuenca del Río Mataquito. 115 pp.
- ENCINA F. 2014. Evaluación de riesgo ecológico crónico mediante una aproximación probabilística en cursos de agua de la cuenca del río Biobío. 85 pp.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION ADMINISTRATION (EPA). Environmental water quality information. Disponible en, <http://wq.epa.gov.tw/WQEPACode/Business/Standard.aspx?Languages=en>
- EROS T, D SCHMERA, RS SCHICK. 2011. Network thinking in riverscape conservation – A graph-based approach. Biological Conservation 144: 184-192.
- ESTADES CF & VUKASOVIC MA, 2013. Waterbird population dynamics at estuarine

- wetlands of central Chile. *Ornitología neotropical* 24: 67–83.
- 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.
- FUSTER R. 2011. Cartografía de tipología de ríos.
- GUTI G. 1995. Conservation status of fishes in Hungary. *Opuscula Zoológica*. Budapest 27-28: 153-158.
- HABIT E, C BELTRÁN, S ARÉVALO & P VICTORIANO (1998) Benthonic fauna of the Itata river and irrigation canals (Chile). *IrrigationScience* 18: 91-99.
- HABIT E, P PIEDRA, D RUZZANTE, S WALDE, M BELK, V CUSSAC, J GONZALEZ & N COLIN. 2010. Changes in distribution of native fishes in response to introduced species and other anthropogenic effects. *Global Ecology and Biogeography* 19:697-710.
- HABIT E, P VICTORIANO & A RODRIGUEZ-RUIZ (2003) Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76:3-14.
- HABIT E, P VICTORIANO & H CAMPOS (2005) Ecología trófica y aspectos reproductivos de *Trichomycterus areolatus* (Pisces, Trichomycteridae) en ambientes lóticos artificiales. *Revista de Biología Tropical* 53(1-2): 195-210.
- MUÑOZ-RAMÍREZ C, (Tesis) 2010. Filogeografía de la Familia Diplomystidae (Pisces, Siluriformes): Nuevos Registros, Patrones Macro y Microevolutivos y Conservación. Dpto. Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción
- MUÑOZ-RAMÍREZ C, JARA A, BELTRÁN-CONCHA M, ZÚÑIGA-REINOSO A, VICTORIANO P & HABIT E, 2010. Distribución de la familia diplomystidae (pisces: siluriformes) en Chile: nuevos registros. *Boletín de Biodiversidad de Chile* 4: 6-17.
- 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., 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. [Libro]
- SEO S. 2006. A Review and Comparison of Methods for Detecting Outliers in Univariate Data Sets. M.Sc. thesis, Graduate School of Public Health, University of Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- SUSTENTABLE S.A. 2014. Informe campaña complementaria de caracterización flora, vegetación y fauna terrestre. Anexo 6: Proyecto minicentral hidroeléctrica Cumpeo. 15 pp.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO (Estudio). 2010. Estudio complementario

elaboración norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Maule.

- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO (Estudio). 2012. Estudio de calidad del agua de la cuenca hidrográfica del Mataquito mediante bioensayos.
- VANDERVIERE, E., HUBER, M. An adjusted boxplot for skewed distributions. *Compstat 2004 graphics*.
- VANNOTE R., G. MINSHALL, K. CUMMINS, J. SEDELL & C. CUSHING. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130-137.
- VASQUEZ D, CORREA C, PASTENES L, PALMA RE & MENDEZ MA, 2013. Low phylogeographic structure of *Rhinella arunco* (Anura: Bufonidae), an endemic amphibian from the Chilean Mediterranean hotspot. *Zoological Studies*, 52:35.
- VILLAVICENCIO G, URRESTARAZU P, ARBILDUA J & RODRIGUEZ PH, 2011. Application of an acute biotic ligand model to predict chronic copper toxicity to *Daphnia magna* in natural waters of Chile and reconstituted synthetic waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30: 2319–2325.
- WELCH EB & JM JACOBY. 2004. Pollutant effects in freshwater. *Applied limnology*. Cambridge University Press. 504 pp.

