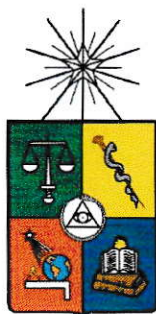


UCH-FC
Q. Ambiental
A 775
C.1



Universidad de Chile · Facultad de Ciencias · Escuela de Pregrado

“PROPUESTA DE UN ÁREA DE REFERENCIA MEDIOAMBIENTAL PARA LA CUENCA DEL RÍO MAIPO”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de Químico Ambiental.

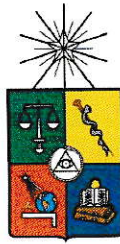
Gonzalo Alexis Arriaza Arros

Director del Seminario de Título:

Dra. Isel Cortés Nodarse

Mayo 2016

Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, que el Seminario de Título presentado por el candidato

Sr. Gonzalo Alexis Arriaza Arros

“PROPUESTA DE UN ÁREA DE REFERENCIA MEDIOAMBIENTAL
PARA LA CUENCA DEL RÍO MAIPO”,

ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental.

Dra. Isel Cortés Nodarse

Director Seminario de Título

Firma manuscrita en tinta negra de la Dra. Isel Cortés Nodarse, ubicada sobre una línea horizontal.

Comisión Revisora y Evaluadora:

Dr. Richard Toro Araya

Presidente Comisión

Firma manuscrita en tinta azul del Dr. Richard Toro Araya, ubicada sobre una línea horizontal.

Dra. Irma Vila Pinto

Evaluador

Firma manuscrita en tinta negra de la Dra. Irma Vila Pinto, ubicada sobre una línea horizontal.

Santiago de Chile, mayo de 2016

REFERENCIA

Gonzalo Alexis Arriaza Arros, hijo de Silvana y Juan Carlos, es el hermano mayor de Tamara (y de Clarita) y tiene la fortuna de pertenecer a una hermosa familia. Vive prácticamente toda su vida en La Florida. Estudia hasta sexto en un colegio cercano a su casa hasta que decide mudarse a un colegio más céntrico. Desde entonces, se transforma en hijo ilustre de la educación pública... de esa que por desgracia no es para todos pero en donde la diversidad se hace presente para formar personas con un amplio criterio. Ingresa, con orgullo, a la gloriosa Universidad de Chile específicamente a la carrera de Química Ambiental, una carrera más bien desconocida pero que lo cautiva en muy poco tiempo. Actualmente se encuentra terminando esta etapa académica, con la realización del presente seminario de título.

"Viva la U, valiente y combativa

alerta y siempre activa la queremos a la U

somos de la U porque en ella nos formamos

por eso le brindamos toda nuestra juventud"

DEDICATORIA

A Tamara, mi hermana; Silvana, mi madre; Juan Carlos, mi padre; Clara, mi abuela;

y toda mi familia.

A Chantal, mi compañera.

A mis amigos.

A todos mis ancestros.

AGRADECIMIENTOS

A la familia, especialmente padres y hermana, por el soporte que han brindado a lo largo de mi vida. Por el apoyo incondicional y el amor que me demuestran y que, pese a no ser un tema recurrente entre nosotros, sepan que los amo mucho.

A la compañera, por la inconmensurable felicidad que provocas y por ser la palabra de enfoque cuando todo se ve difuso.

A lxs amigxs, grandes responsables de estar finalizando esta etapa de la manera en que lo estoy haciendo. Gracias por toda la paciencia y aguante en todos los momentos que hemos vivido, especialmente en esas eternas noches de risas, estudio y otros menesteres.

A la familia académica, sobre todo a aquellos que siempre tuvieron un tiempo y una palabra de apoyo en los momentos complicados.

A la gente del Ministerio de Bienes Nacionales por la ayuda y amabilidad en todo momento.

A todos aquellos que, pese a las dificultades encontradas en el camino, son capaces de cumplir sus sueños y con su ejemplo han significado una gran fuente de inspiración para muchas y muchos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Referencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas y/o Cuadros	vi
Índice de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	viii
Resumen	x
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes Generales	1
1.1.1 El agua en la naturaleza	1
1.1.2 Gobernanza del Agua	2
1.1.3 Normativa Chilena asociada a la Gestión del Agua.	5
1.2. Antecedentes Específicos	11
1.2.1. Presentación del Área de Estudio	11
1.2.1.1. Antecedentes Ambientales	14
1.2.1.2. Antecedentes de Uso	17
1.2.1.3. Calidad del Agua	19
1.2.2. Presentación del Problema	20
1.3. Hipótesis y Objetivos	22
1.3.1. Hipótesis	22
1.3.2. Objetivo General	22
1.3.3. Objetivos específicos	22
II. MATERIAES Y MÉTODOS	23
2.1. Recopilación de Antecedentes	23
2.2. Análisis de la información recopilada	23
2.3. Evaluación de la Calidad del Agua	24
2.3.1. Estadística descriptiva	25
2.3.2. Análisis de las Varianzas (ANOVA)	25
2.3.3. Coeficiente de correlación de Pearson	25

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Antecedentes Ambientales.	27
3.2. Antecedentes de Uso.	29
3.3. Evaluación de la Calidad del Agua	33
IV. CONCLUSIONES	46
V. BIBLIOGRAFÍA	48
VI. ANEXO	52

ÍNDICE DE TABLAS Y/O CUADROS

Tabla 1.	Áreas de Vigilancia establecidas en la NSCA para asignación y control de la calidad del agua.	9
Tabla 2.	Niveles de Calidad Ambiental por Área de Vigilancia.	10
Tabla 3.	Categorías de protección que presenta el Río Olivares (y el ecosistema del que forma parte), en función de su relevancia ambiental.	27
Tabla 4.	Variables con posibilidad de ser modificados debido al factor ambiental correspondiente.	32
Tabla 5.	Promedio y desviación estándar de cada variable analizada además de los valores establecidos en la norma para las variables incluidas.	33
Tabla 6.	Valores promedio y desviación estándar, separados por estación del año, para cada variable analizada.	34
Tabla 7.	Resultados del ANOVA (invierno-verano) en donde N = número de muestras.	35
Tabla 8.	Coefficientes de correlación de Pearson entre las variables del río Olivares.	39
Tabla A-1.	Especies Amenazadas detectadas en el predio Fiscal río Olivares.	54
Tabla A-2.	Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Primavera.	57
Tabla A-3.	Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Verano.	58
Tabla A-4.	Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Otoño.	59
Tabla A-5.	Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Invierno.	60
Tabla A-6.	Resultados del ANOVA (otoño-invierno) en donde N = número de muestras.	61
Tabla A-7.	Resultados del ANOVA (primavera-verano) en donde N = número de muestras.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de Actores involucrados en la gestión del recurso hídrico en Chile.	3
Figura 2.	Ubicación del Río Olivares.	13
Figura 3.	Fotografías de distintos sectores del valle del río Olivares.	15
Figura 4.	Ubicación de la infraestructura asociada a la generación de electricidad.	30
Figura 5.	Comportamiento de las sales Cl ⁻ ; SO ₄ ⁻² ; N; y P, y de la CE en el período 2000-2008.	36
Figura 6.	Detalle de la anomalía en el comportamiento del fósforo y su relación con el caudal.	38
Figura 7.	Comportamiento marcadamente estacional de los metales Al, Zn, Mn, Fe y Cu.	40
Figura 8.	Comparación del comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto, evidenciando una relación inversa.	42
Figura A-1.	Plano general de Formaciones Vegetacionales en el predio Fiscal río Olivares.	52
Figura A-2.	Plano general de Pisos Vegetacionales distribuidos en el predio Fiscal río Olivares.	53
Figura A-3.	Plano general de Pastoreo y Tránsito en las veranadas en el predio Fiscal río Olivares.	55

LISTA DE ABREVIATURAS

ASCAN	Asociaciones de Canalistas
CBR	Conservador de Bienes Raíces
CGR	Contraloría General de la República
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales
CMS	Consejo de Ministros para la Sustentabilidad
CNE	Comisión Nacional de Energía
CNR	Comisión Nacional de Riego
CHILGENER	Compañía Chilena de Generación Eléctrica S.A.
COD	Comunidades de Obras de Drenaje
COMAG	Comunidades de Agua
CONADI	Corporación Nacional de Desarrollo indígena
CONAF	Corporación Nacional Forestal
DDU	División de Desarrollo Urbano
DGA	Dirección General de Aguas
DIPROREN	Dirección de Protección de los Recursos Naturales
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
GORE	Gobierno regional
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INH	Instituto Nacional de Hidráulica de Chile
ISP	Instituto de Salud Pública
JdV	Juntas de Vigilancia
MBN	Ministerio de Bienes Nacionales
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINDEF	Ministerio de Defensa
MINE	Ministerio de Energía
MINECON	Ministerio de Economía
MININT	Ministerio del Interior
MINSAL	Ministerio de Salud
MINSEGPRES	Ministerio Secretaria General de la Presidencia
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MM	Ministerio de Minería
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
NSCA	Norma Secundaria de Calidad Ambiental
ONEMI	Oficina Nacional de Emergencias
OUA	Organización de Usuarios de Agua
PJ	Poder Judicial
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero

SEA	Servicio de Evaluación Ambiental
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca
SERVIU	Servicio de Vivienda y Urbanismo
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SNIA	Sistema Nacional de Información del Agua
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
TA	Tribunales Ambientales
TDLC	Tribunal de la Defensa de la Libre Competencia

RESUMEN

La gestión integral de los recursos hídricos es un desafío pendiente en Chile. El presente seminario busca disminuir las limitaciones e insuficiencias existentes en la obtención y gestión de la información proponiendo un área de referencia medioambiental para la cuenca del río Maipo. Se propone al valle del río Olivares como área de referencia, basado en las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Maipo, en cuanto a la composición química natural de las aguas.

Se escoge el valle del río Olivares debido, a priori, a la escasa intervención que presenta; a la importancia de su ecosistema; y a la calidad de sus aguas. Se realizó una revisión de la información disponible con la finalidad de evaluar los atributos que presenta el área de estudio y así determinar la posibilidad de establecer un área de referencia en el sector del río Olivares.

A pesar de la escasez de información, fue posible realizar una evaluación del estado ecológico y de conservación del río, además de los usos a los que principalmente se destina el valle del río Olivares (generación hidroeléctrica, ganadería de veranadas, senderismo).

Los antecedentes recopilados apuntan a que el valle, además de presentar un estado ecológico y de conservación óptimo, presta servicios ecosistémicos de altísimo valor albergando especies animales y vegetales vulnerables y/o de acotada distribución geográfica. Aun cuando los usos identificados no representan un peligro en cuanto a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, resulta de suma importancia regular estos usos en cuanto a su extensión e intensidad.

La evaluación de la calidad de las aguas indica que éstas presentan excelente calidad. Ninguna de las variables analizadas sobrepasa los valores establecidos en la norma, específicamente en el punto seleccionado como comparación para estos efectos. El valor que más se acerca al límite según la norma secundaria es el nitrógeno en forma de nitrato, que alcanza concentraciones promedio de 0,46 mg/L (siendo 0,5 mg/L lo establecido en la norma). Sin embargo la concentración de sales, expresada como la conductividad específica (692,6 mhos/cm), se mantiene muy por debajo del límite establecido (1900 mhos/cm) El curso de agua es de carácter levemente básico (8,2). Los metales normados se encuentran todos bajo el límite de detección lo que, sumado al carácter levemente básico del curso de agua, indica que el río presenta una excelente calidad.

El análisis de las varianzas permitió determinar la variabilidad estacional de las poblaciones de datos. El análisis indica que la CE es la variable que presenta mayores diferencias entre las estaciones de invierno y verano. Esto, corroborado por un comportamiento similar del Cloruro y el Nitrógeno. Otro grupo de variables que, además de presentar grandes diferencias estacionales, están fuertemente relacionadas en cuanto a su comportamiento (correlación) son los metales Al, Zn, Mn, Fe y Cu. En general, las marcadas diferencias estacionales se deben, posiblemente, a la intensa actividad erosiva que provoca el derretimiento de la nieve.

Se concluye que el valle del río Olivares presenta características que le confieren la posibilidad de ser considerado como área de referencia de calidad de agua para la subcuenca alta del Maipo. Principalmente, es por sobre la bocatoma de la central Alfalfal que se presentan todas las condiciones para establecer un lugar de comparación enfocado en conocer el estado natural tanto de las aguas como del ecosistema en la intervenida cuenca del río Maipo.

ABSTRACT

Integrated management of water resources is a pending challenge in Chile. This seminar aims to reduce the limitations and inadequacies in the collection and information management, by proposing an environmental reference area for the Maipo River basin. We propose the Olivares river as a reference area to evaluate the natural chemical composition of the waters based on 'secondary environmental quality standards for the protection of surface waters of the Maipo basin'.

We have considered this place as reference because of the limited intervention which has suffered; the importance of the ecosystem present in the area; and the water quality. A review of available information was conducted in order to evaluate the attributes that the study area presents and to determine the possibility of establishing a reference area in Olivares river valley.

Despite the lack of information, it was possible to make an assessment of the ecological and conservation status of the river, as well as identifying the current use of the Olivares river valley (hydropower, summer livestock, hiking).

The background data shows that the valley serves important ecosystemic services (hosting vulnerable and with limited geographical distribution plants and animals), besides presenting an optimal ecological and conservation states. Even if the identified uses do not suppose a hazard for the protection of biodiversity and ecosystem services, it is important to regulate these uses in terms of extension and intensity.

Results show that water resources have excellent quality. None of the analyzed variables exceeds the values set in the norm, specifically in the selected area used for comparison. Nitrate levels show the closest values to the norm limit. It reaches average concentrations of 0,46 mg/L (being 0,5 mg/L the limit of the norm). Nevertheless, salt

concentrations (626,6 mhos/cm), represented as specific conductivity, are under the established limit in the norm (1900 mhos/cm). Water from the Olivares is slightly basic (pH 8,2) and normed metals are well under the detection limit, indicating the excellent quality of the river.

The analysis of variance allowed us to evaluate the seasonal variability of the data. The EC is the variable with major differences between winter and summer. This is corroborated by a similar behavior of chloride and nitrogen. Metals like Al, Zn, Mn, Fe and Cu present large seasonal differences and are strongly related in their behavior (correlation). Seasonal differences are due, possibly, to the intense erosive activity of the snowmelt.

We conclude the Olivares river valley has features that give us the possibility to consider it as a reference area for the high section of the Maipo basin. Particularly, the section above the intake of Alfalfa hydroelectric central shows all the conditions necessary to establish this place as a water quality reference area for the intervened Maipo river basin and as a consequence, the intervened ecosystem.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes Generales

1.1.1 El agua en la naturaleza

El agua natural no es químicamente pura ya que en el transcurso de su ciclo natural incorpora sustancias ya sea disueltas o en suspensión. A su paso por la corteza terrestre, ya sea la parte que discurre sobre la misma (constituyendo la llamada agua de escorrentía) o la que se infiltra en ella para circular por su interior (formando las aguas subterráneas), el agua puede disolver diversas sales constituyentes del suelo: rocas solubles (calizas, dolomitas, yeso, anhidrita, cloruro sódico, cloruro potásico) ; otras sustancias también contenidas en el suelo; o algunos elementos traza incorporados a las superficies sólidas por depositación (Cortés, 2010).

Según Gibbs, 1970 son tres los mecanismos que regulan la composición química natural de las aguas de río: precipitaciones, naturaleza geológica de las rocas y el proceso de evaporación-cristalización. La calidad de un cuerpo de agua se identifica con su estado natural y la pérdida de ésta viene dada por la modificación de este estado, que puede describirse a partir de parámetros que se relacionen con propiedades ya sea físicas, químicas o biológicas (Cortés, 2010).

La configuración del flujo depende principalmente de la escorrentía producida por precipitaciones o fusión de nieve sobre la cuenca fluvial y, en menor grado, por retención y afluencia del agua subterránea. La proporción de agua que se traduce en escorrentía dependerá del tipo de terreno y cubierta vegetal. La velocidad del flujo es afectada por la forma, la pendiente, anchura del río, profundidad y rugosidad del lecho sin dejar de considerar las precipitaciones y ritmo de deshielo (Vila & Molina, 2006).

Entender que el agua en la naturaleza es anterior a la existencia del hombre y que se mantiene en un ciclo es crucial para asumir la responsabilidad social que representa cuidarla; lo cual, por demás, es posible únicamente a partir de una evaluación rigurosa de sus propiedades y de las alteraciones que provocamos en ella (Cortés, 2010₃).

1.1.2 Gobernanza del Agua

El sistema de gestión del agua involucra (entre intervención del Estado y los usuarios) múltiples instituciones con diversas funciones, tendiendo al desarrollo de un sistema de gestión fragmentada (Garcés, 2005). En él se entrelazan 43 organizaciones de naturaleza muy diversa, desde ministerios, gobiernos regionales, municipios, servicios públicos de diversa índole, hasta corporaciones y organizaciones autónomas. Del total de los organismos individualizados se pueden distinguir al menos 3 categorías:

- (i) organizaciones de Gobierno,
- (ii) organizaciones de Usuarios de Aguas y
- (iii) organismos autónomos,

conformando un complejo mapa de actores. A su vez, dentro de estas categorías se encuentran organismos a nivel nacional, regional y local con distintos niveles de responsabilidades.

En la Figura 1 se presenta un mapa de actores que esquematiza, de la manera más simple posible, las instituciones involucradas en la gestión de los recursos hídricos en Chile.

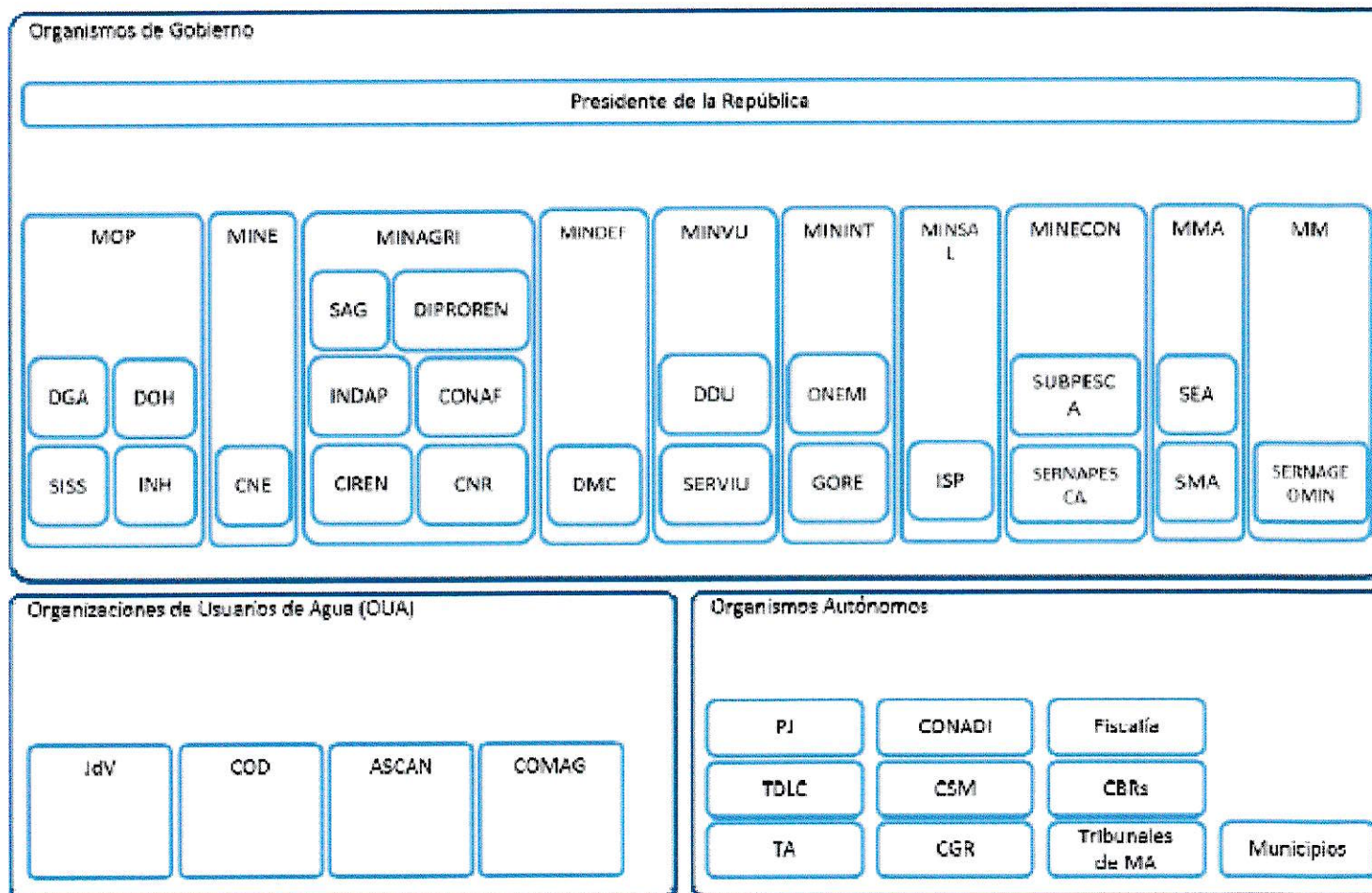


Figura 1. Mapa de Actores involucrados en la gestión del recurso hídrico en Chile. (Fuente: Banco Mundial, 2013)

Este entramado es el encargado de la ejecución de alrededor de 102 funciones necesarias para la gestión integral de los recursos hídricos (Banco Mundial, 2013). Este complejo panorama responde, en gran parte, a la naturaleza del sistema de Derechos de Aprovechamiento de Aguas de Chile (Vergara, 2012).

Las distintas maneras que tiene una nación de administrar los recursos naturales están estrechamente relacionadas con las visiones que la sociedad, y particularmente quienes toman las decisiones, tengan sobre el medio ambiente. Los recursos hídricos de una cuenca pueden ser administrados, a grandes rasgos, de dos maneras: como un bien económico; o como un recurso natural. Estas visiones pueden ser explicadas por los diferentes paradigmas conceptuales presentes en la discusión científica y tienen efectos directos en la forma en que se entienden los recursos naturales (Garcés, 2005).

De acuerdo al método reduccionista, analizar consiste en descomponer lo complejo en sus elementos simples. Este método de búsqueda del conocimiento permite el desarrollo de las ciencias básicas y es aplicable cuando las interacciones entre las partes son inexistentes. Debido a que no se puede entender el sistema a partir de la agregación de sus componentes cuando los componentes se relacionan en forma no lineal, la principal limitación del método se relaciona con la incapacidad de explicar sistemas complejos, dinámicos y abiertos: características fundamentales de los ecosistemas (Constanza et al, 1999).

El fraccionamiento del conocimiento altera la complejidad ecosistémica de los recursos naturales, permitiendo su apropiación fragmentada, transformándolos en materias primas y objetos de trabajo. De esta manera, los recursos naturales son convertidos en recursos económicos regidos por las leyes del mercado (Leff, 2000) en lugar de como un recurso natural cuyo comportamiento está estrechamente

relacionado con su entorno y las alteraciones que en él se introduzcan (Garcés, 2005₃). Se divide así la concepción teórica del recurso, aislándolo del ecosistema del cual forma parte, siendo percibido como un organismo separado de su entorno (Andrade, 2004).

Desconocer la existencia de un ecosistema impide o dificulta la percepción de las relaciones entre los componentes y las funciones o servicios ambientales que prestan dichos ecosistemas a la naturaleza y a la sociedad. Servicios que, por otra parte, han sido desconocidos debido a la no incorporación de estas externalidades en las transacciones de mercado. Por ejemplo, el comportamiento del recurso hídrico expresado en variaciones en la cantidad y calidad no es estudiado como un sistema mayor en que existen otras componentes que afectan y determinan estas variaciones, así como tampoco se explica la manera en que estas variaciones afectan al ecosistema articulado por el recurso hídrico.

1.1.3 Normativa Chilena asociada a la Gestión del Agua.

El marco legal del sector del agua en Chile está determinado por la Constitución de 1980 y el Código de Aguas de 1981. El artículo 5 del Código de Aguas, 1981 señala: “Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento”. Lo que se otorga es un derecho, distinto de la propiedad, según la ley. No obstante, la Constitución Política de la República de Chile, 1980 para asegurar este derecho otorga, a su vez, la propiedad sobre el derecho (Vergara, 2014), los que en su momento fueron entregados en forma gratuita, permanente, y sin ningún límite en la cantidad demandada una vez comprobada la disponibilidad de recursos (Banco Mundial, 2013). La propiedad (condición para el funcionamiento del mercado) se establece en función de los intereses económicos

humanos y no sobre las necesidades de mantención de flujos de materiales y energía de los sistemas naturales (Hägerstrand, 2001). El Código se apoya, entonces, en un sistema de derechos de aprovechamiento del agua muy sólido; en una regulación por parte del Estado muy limitada; y en un fuerte rol del poder judicial tanto en la resolución de conflictos como en el cumplimiento de la gestión (Banco Mundial, 2013₂).

Sin perjuicio de las normas del Código de Aguas, fueron dictadas normas de tipo social y ambiental vinculadas al agua (Ley 19.253 sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas y expansión de los beneficios de la Ley 18.450 a la agricultura campesina con apoyo de Indap). Se dictó también la Ley de Bases del Medio Ambiente 19.300/94, que tuvo un impacto fundamental en la actividad de la DGA en la protección de flujos y caudales mínimos (Ley que posteriormente fue modificada por la Ley 20.417, 2010).

La Constitución Política de la República de Chile, 1981 en su artículo 19 N° 8, indica que es un deber del estado velar por el derecho de todas las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Así mismo, en el artículo 2° letra m) se define medio ambiente libre de contaminación como “aquél en el que los contaminantes se encuentran en concentraciones y períodos inferiores a aquéllos susceptibles de constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, **a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental**”. Sin desmedro de lo que significa proteger la salud de las personas y la calidad de vida de la población, el enfoque del seminario fue puesto en lo resaltado: la preservación y/o conservación de la naturaleza y el patrimonio ambiental.

Para dar cumplimiento práctico a lo anterior existen normas de emisión y normas de calidad ambiental. Dentro de las normas de calidad encontramos normas primarias y secundarias. La primera es “aquella que establece los valores de las

concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población” mientras que la secundaria se definen como “aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un **riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza**” (Ley 20.417, 2010).

De acuerdo a la ley 20.417, quien tiene la función de dictar normas secundarias que sean “capaces de establecer la calidad del agua que la sociedad quiere que se proteja, mantenga o recupere de manera que se salvaguarde el aprovechamiento del recurso y la protección y conservación de las comunidades acuáticas, maximizando así los beneficios sociales, económicos y ambientales”, es el estado.

El proceso de elaboración del anteproyecto de la NSCA de la cuenca del río Maipo se inicia 13 de julio de 2004 (mediante Resolución Exenta N° 1083) con el objetivo “de mantener o mejorar la calidad de las aguas de la cuenca, y así conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos” (DS N° 53/14 MMA) constituyéndose en un instrumento básico para el desarrollo sustentable de la cuenca hidrográfica que posee la más alta concentración de habitantes del país y se ubica en la región geográfica en donde radica el centro político, comercial, industrial, portuario y de comunicaciones. Además, constituye la principal fuente de agua potable tanto de la región Metropolitana como de la Provincia de San Antonio.

Se dispuso en primera instancia, en el anteproyecto de la NSCA, de 31 áreas de vigilancia definidas como “el curso de agua continental, o la parte de él, que se

establece para efectos de asignar y controlar su calidad ambiental". Estas 31 áreas asociadas a 20 cauces de la cuenca, con el paso del tiempo y debido a revisiones y modificaciones fueron disminuidas a 22, las que estaban asociadas a 14 cauces. Finalmente, el día 4 de julio de 2014 (día de publicación en el diario oficial) se pone en marcha la NSCA, mediante Decreto Supremo N° 53, estableciéndose en definitiva 11 áreas de vigilancia asociadas a 5 cauces de la cuenca: río Maipo, río Mapocho, río Angostura, estero Lampa y estero Puangue. Los tramos definidos como área de vigilancia, para cada cauce, se detallan en la Tabla 1.

Con respecto a los parámetros y variables incluidas en la norma, y en una situación muy similar a la ocurrida con la cantidad de áreas de vigilancia, se considera finalmente 12 variables/parámetros de los 23 propuestos en el anteproyecto. Los niveles de calidad se definieron en base a la calidad actual de las áreas de vigilancia originando distintos niveles de calidad para cada una de éstas. Los distintos niveles, asignados en conformidad a la norma, permitidos para cada variable o parámetro se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Áreas de Vigilancia establecidas en la NSCA para asignación y control de la calidad del agua. (Fuente: DS N° 53/14 MMA).

Cauce	Área de Vigilancia	Límite de Área de Vigilancia
Río Maipo	MA – 1	Desde: nacimiento río Maipo
		Hasta: confluencia río Volcán
	MA – 2	Desde: confluencia río Volcán
		Hasta: confluencia río Colorado
	MA – 3	Desde: confluencia río Colorado
		Hasta: confluencia río Clarillo
	MA – 4	Desde: confluencia río Clarillo
		Hasta: confluencia río Mapocho
	MA – 5	Desde: confluencia río Mapocho
		Hasta: Maipo aguas arriba puente Lo Gallardo
Río Mapocho	MP – 1	Desde: confluencia río San Francisco y Molina
		Hasta: confluencia estero Arrayán
	MP – 2	Desde: confluencia estero Arrayán
		Hasta: confluencia río Maipo
Río Angostura	AN – 1	Desde: nacimiento río Angostura
		Hasta: confluencia río Maipo
Estero Lampa	LA – 1	Desde: nacimiento estero Tiltil
		Hasta: confluencia río Mapocho
Estero Puangue	PU – 1	Desde: nacimiento estero Puangue
		Hasta: Puangue en Curacaví
	PU – 2	Desde: Puangue en Curacaví
		Hasta: confluencia río Maipo

Tabla 2. Niveles de Calidad Ambiental por Área de Vigilancia. (Fuente: DS N°53/14 MMA)

N°	Variable/ Parámetro	Unidad	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	MP-1	MP-2	AN-1	LA-1	PU-1	PU-2
1	Oxígeno Disuelto	mg/L	8	8	8	8	6	8	6	6	5	8	5
2	Conductividad Eléctrica	µS/cm	1900	1900	1900	1600	1600	400	1600	1600	1900	400	1750
3	pH		6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
4	Cloruro	mg/L	300	240	240	180	180	30	240	180	240	30	240
5	Sulfato	mg/L	430	380	380	380	380	150	380	380	480	150	380
6	Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	8	8	8	8	8	5	10	10	10	5	10
7	Nitrato	mg/L N-NO ₃ ⁻	0,5	0,5	0,5	4	8	1,5	10	4	4	1,5	10
8	Ortofosfato	mg/L P-PO ₄ ⁻	0,08	0,08	0,08	0,15	1	0,08	2,5	0,15	0,06	0,06	2,5
9	Plomo Disuelto	mg/L	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
10	Níquel Disuelto	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	Zinc Disuelto	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
12	Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

El monitoreo de los niveles de calidad del agua, para el control de estas normas, deberá efectuarse de acuerdo al Programa de Vigilancia el cual es un “programa sistemático de monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de la calidad de las aguas en un período y en un área determinada, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las normas”. Debe ser elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente, con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero (DS N° 53/14 MMA). El programa indicará, a lo menos, las variables y parámetros que se monitorearán; las estaciones de monitoreo de calidad de aguas y su ubicación; las frecuencias mínimas de monitoreo; las responsabilidades de los organismos competentes; y las metodologías analíticas seleccionadas para cada variable/parámetro. También deberá incluir el uso de pruebas o ensayos ecotoxicológicos y el muestreo de bioindicadores como herramientas complementarias para determinar los efectos de la calidad del agua en las comunidades acuáticas (DS N°53/14 MMA).

1.2. Antecedentes Específicos.

1.2.1. Presentación del Área de Estudio

La zona mediterránea de Chile central, donde se encuentra emplazada la cuenca del río Maipo, forma parte de las áreas conocidas como punto caliente (hotspot) en cuanto a la conservación de la biodiversidad a nivel mundial por la singularidad y escasa protección de sus ecosistemas. A escala nacional según Simonetti, 1999 estos ecosistemas albergan más del 50% de las especies de vertebrados, el 50% de las especies endémicas y el 50% de las especies amenazadas del País aún cuando sólo cubren el 16% de la superficie de Chile continental.

El Río Olivares (33°10' S – 70°07' O) es un curso natural de agua que se ubica en la cordillera de los Andes, abarca una superficie de 110.438 ha. y está situado en la parte norte de la comuna de San José de Maipo, formando parte de la subcuenca alta del río Maipo (DGA, 2004). Se origina de una gran falla geológica N-S y constituye el drenaje natural de un conjunto de cuatro glaciares (Juncal Sur –el más largo de Chile fuera de la Patagonia-, Olivares Alfa, Olivares Beta y Olivares Gamma con un área total de hielo de 75 km²(Carrión, 2007).

En la Figura 2 se indica la ubicación de la cuenca del río Olivares junto con una visión más detallada del valle y los glaciares que dieron forma a éste y que hasta el día de hoy originan el río.

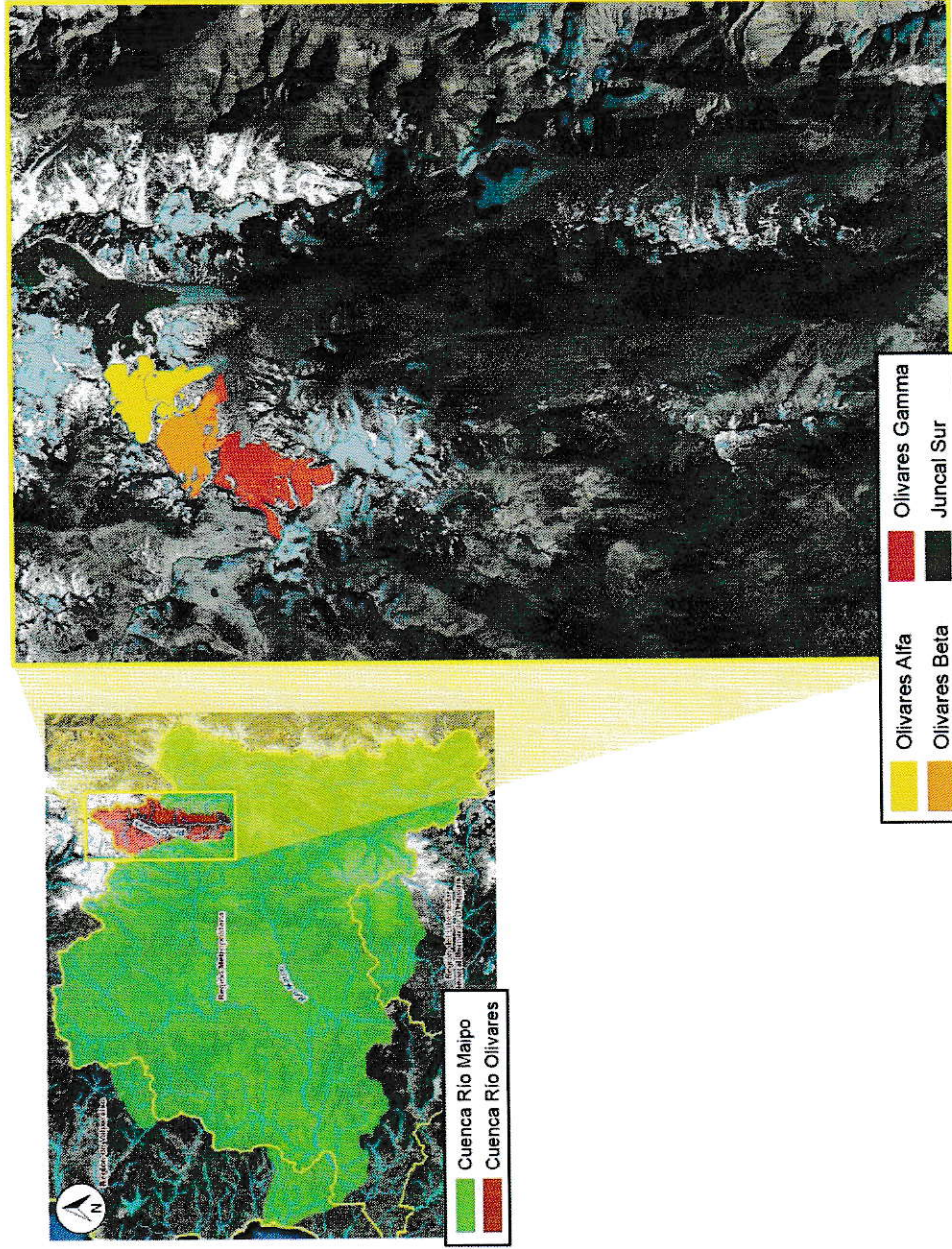


Figura 2. Ubicación del valle del río Olivares y de los glaciares que lo originan

1.2.1.1. Antecedentes Ambientales

Desde el punto de vista climático las precipitaciones ocurren predominantemente en invierno con un marcado clima de alta cordillera. Desde el punto de vista del relieve se caracteriza por ser abrupto y montañoso, con altas montañas de laderas escarpadas siendo frecuentes los litosoles concediendo un aspecto de desierto de altitud.

Presenta marcadas diferencias estacionales en los caudales promedio con 9,33 m³/s durante enero y 0,81 m³/s durante mayo correspondiendo al mayor y menor caudal promedio mensual, con un período de estiaje correspondiente a junio-julio-agosto (DGA, 2004; MBN, 2012).

El valle del río Olivares está emplazado en la Región de la Estepa Altoandina. En esta formación vegetacional encontramos plantas puvinadas o en cojín; gramíneas cespitosas; y arbustos bajos de follaje dúcido, en las partes altas, con aparición de elementos andino-esclerófilos en las partes más bajas.

Dando cabida al interés en identificar, describir y caracterizar un territorio fiscal de alto valor ambiental, y en el contexto de compromisos suscritos por el país de acuerdo al Convenio para la Conservación de la Diversidad Biológica, el Ministerio de Bienes Nacionales declaró al valle del río Olivares como Bien Nacional Protegido. Mediante la destinación a favor de sí mismo del Lote C del fundo "Río Colorado" en el sector "Río Olivares" (con una superficie total de 30.400 ha. Mediante Resolución Exenta N°1.293 del 19 de noviembre de 2010) se busca la conservación y protección de

- (i) la formación vegetacional Estepa Altoandina de Santiago y Bosque Esclerófilo Andino;
- (ii) el hábitat de flora y fauna con problemas de conservación y;

- (iii) los recursos arqueológicos presentes en el nuevo predio fiscal (Sendero de Chile, página web).

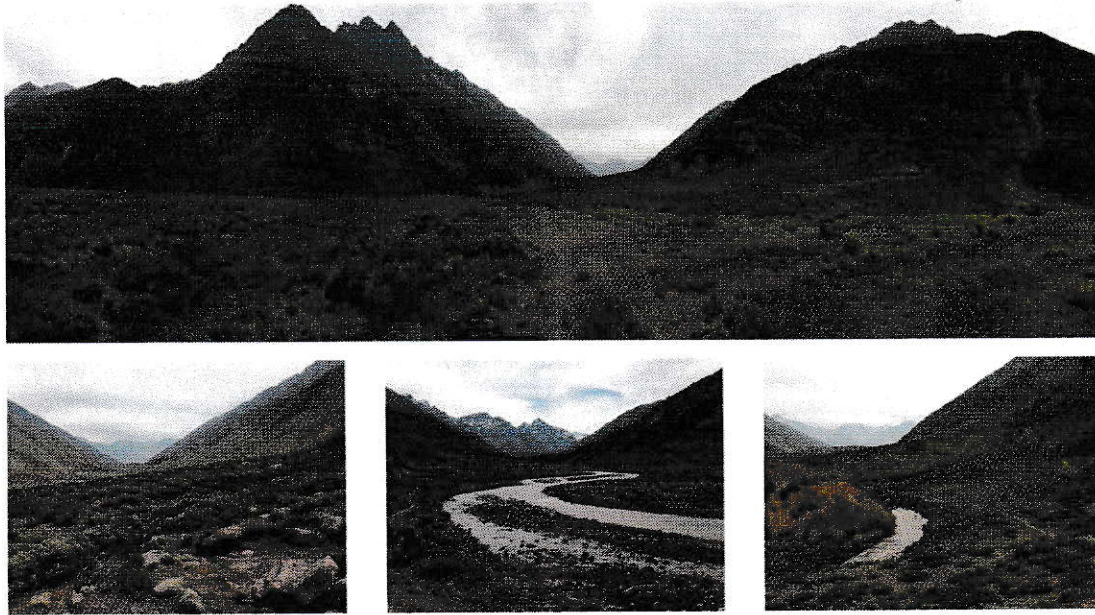


Figura 3. Fotografías de distintos sectores del valle del río Olivares.

Según un estudio de línea base encargado por el Ministerio de Bienes nacionales (MBN, 2012) se halló un total de 96 especies de plantas vasculares distribuidas en 45 familias y 80 géneros siendo *Compositae* (familia con mayor número de taxones a nivel nacional) y *Rosaceae* las dos familias más diversas. Se registraron 6 especies clasificadas en alguna categoría de amenaza de las cuales sólo dos especies han sido clasificadas legalmente: *Porlieria chilensis* y *Laretia acaulis* (la primera en categoría Vulnerable y la segunda en categoría Fuera de Peligro). Sumado a esto, muchas de las especies registradas en el área de estudio presentan restringida distribución (48,4% de taxones nativos y 26,3% de taxones endémicos) (MBN, 2012; Myers y col., 2000). La distribución de las formaciones y pisos vegetacionales

presentes en el río Olivares se pueden observar en las **Figuras A-1 y A-2** del Anexo respectivamente.

También se detectó la presencia de 82 especies de vertebrados terrestres: 1 anfibio, 8 reptiles, 9 mamíferos y 64 aves. De las 82 especies, 13 serían endémicas (más del 50% correspondiente a reptiles) y sólo 2 especies serían introducidas (1 ave y 1 mamífero). Dentro de estas 82 especies detectadas, 17 se encuentran clasificadas en alguna categoría de conservación. Las especies, y su categoría de conservación, se encuentran detalladas en la **Tabla A-1** del Anexo.

El mismo estudio identificó 4 tipos de ambiente en los cuales la fauna se puede distribuir de forma heterogénea: Matorral y bosque esclerófilo; Matorral andino; Vegas y; Ríos y esteros. La mayor riqueza se detectó en el ambiente Matorral andino (42 especies); en segundo lugar se ubicó el Matorral y bosque esclerófilo (38 especies); en tercer lugar se ubicó el ambiente de Vega (humedales de altura) (24 especies); y en cuarto lugar el ambiente Ríos y esteros (3 especies).

Es posible señalar que la fauna se distribuye en todo el sector que comprende el río Olivares, destacando los ambientes de 'matorral y bosque esclerófilo' y 'matorral andino'. Sin embargo las vegas, especialmente Vega Honda (que presenta organismos únicos a nivel del valle como escarabajos buceadores, pulgas de agua o plantas acuáticas), son un ambiente destacado en cuanto a la provisión de hábitat y recursos siendo el único ambiente que permite la reproducción de especies vulnerables como el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*) y la becacina (*Gallinago paraguaguaiiae*), además del piuquén (*Chloephaga melanoptera*). Las tres especies recién mencionadas están estrechamente ligadas a los cuerpos de agua para sus actividades de reproducción (y forrajeo). La vizcacha sólo fue detectada en un roquerío en la vega Honda (MBN, 2012₂).

En el área de estudio la diversidad de insectos acuáticos es moderada lo cual es atribuible a la altura. Sin perjuicio de lo anterior, la presencia de determinados grupos taxonómicos (e.g. Diamphipnoidae) permite concluir que el predio fiscal posee recursos hídricos de excelente calidad, tanto para su uso antrópico como ecosistémico (MBN, 2012).

1.2.1.2. Antecedentes de Uso del valle del río Olivares

El valle del río Olivares presenta, actualmente, usos de diversa índole siendo los más distintivos los relativos a

- (i) la ganadería de veranadas,
- (ii) el desarrollo de senderismo y
- (iii) la generación eléctrica (MBN, 2012₂).

La actividad industrial se encuentra representada por la existencia de instalaciones asociadas a la generación eléctrica en el área (bocatoma y subestación eléctrica) y los usos del valle aguas arriba de la bocatoma están representados por la tradicional presencia de ganadería y senderismo.

En el año 2000 se realizó una licitación destinada a emprendimientos de proyectos de turismo y del asentamiento de una unidad administradora del área de río Olivares condicionada al desarrollo de una villa de montaña en el sector de La Morrena. No hubo postulaciones a la realización de la villa por lo que la administración del predio fiscal tampoco se llevó a cabo. Entre los proyectos acogidos a tramitación que tenían relación directa con el río Olivares se encontraba “Cabañas y actividades ecoturísticas”, proyecto que postulaba a su instalación en el área del estero La Gloria.

En el año 2003 comenzó la implementación de la Ruta Patrimonial “Gran Salto Río Olivares” que consiste en un circuito de trekking cordillera arriba, por el cajón del

río Olivares, con una extensión aproximada de 27km. El sendero cuenta con acceso público restringido y gratuito a toda persona que lo quiera visitar. Para hacer ingreso al predio se pide autorización al Ministerio de Bienes Nacionales, la cual es presentada en la portería de AESGener (quienes controlan el ingreso al sector). Esta ruta patrimonial corresponde también a un tramo del Sendero de Chile en la Región Metropolitana, organización que a la fecha ha presentado importantes proyectos de turismo de intereses especiales y educación ambiental en el área, que no han podido materializarse debido a problemas legales en que se encontraba el predio.

El Ministerio de Bienes Nacionales y la Fundación Sendero de Chile firmaron un convenio de cooperación durante el año 2010 que consideró la asociación de estas entidades para elaborar una propuesta de creación de un espacio de “Naturaleza y Recreación de Montaña” en el predio, orientado a la protección y conservación de la naturaleza; el desarrollo turístico responsable; la educación ambiental; la formación profesional; el voluntariado; y particularmente la incorporación de agentes locales, regionales y nacionales como prestadores de servicios; y una propuesta de figura de administración. (MBN, 2012).

1.2.1.3. Calidad del Agua

Existen cuatro factores ambientales (tres naturales y uno antrópico) que modelan la calidad del agua en la microcuenca del río Olivares:

- Geología: rocas volcánicas del mioceno inferior-medio; complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basáltica a dacíticas;
- Litología: existencia de una franja metalogénica;
- Vegetación: laderas con escasa vegetación y sedimento suelto;
- Ganadería: veranadas.

Los tres que operan por vía "natural" son: (i) lixiviación superficial y subterránea de filones mineralizados de las franjas metalogénicas; (ii) existencia de una gran área que queda bajo la isoterma cero de la microcuenca (1.500 m.s.n.m.), lo que favorece la meteorización de las rocas y; (iii) escorrentía de arcillas (aluminio, silicatos) con pH básico que generan complejos de aluminio en solución. El factor antrópico, es el que opera en la microcuenca como (iv) contaminación difusa por ganadería durante el período de veranadas.

Los variables y/o parámetros de la calidad del agua que pueden verse afectados por los cuatro factores antes señalados son (DGA, 2004):

- conductividad eléctrica (CE);
- cromo (Cr);
- hierro (Fe);
- aluminio (Al);
- molibdeno (Mo);
- cloruro (Cl⁻);
- cobre (Cu);
- manganeso (Mn),
- plomo (Pb),
- sólidos disueltos (SD)¹;
- sólidos totales suspendidos (STS)¹;
- coliformes totales (CT)¹;
- coliformes fecales (CF)¹;
- demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO₅)¹.

¹ Posiblemente

1.2.2. Presentación del Problema

Actualmente, la institucionalidad existente para la gestión del agua en Chile presenta problemáticas importantes en la falta de consolidación e integración de la información generada por las instituciones involucradas en la gestión del agua. Existen limitaciones e insuficiencias referidas a la obtención y gestión de la información y a la generación de conocimiento que es imprescindible para superar los desafíos de la gestión de los recursos hídricos en Chile (Instituto de Ingenieros, 2011). Se hace prioritario el hecho de completar y hacer más accesible y útil la gran cantidad de datos, en conjunto con los estudios e informes disponibles. Sumado a esto, se torna relevante el mejoramiento de los datos tanto de disponibilidad como de calidad del agua (Banco Mundial 2013).

Las únicas instancias de coordinación existentes, en materias de gestión de calidad de las aguas, tienen que ver con la dictación de las normas secundarias de calidad del agua en ciertos ríos. No existen en el país planes, vinculados y consensuados, relativos a la gestión de la calidad del agua a nivel de las cuencas (Instituto de Ingenieros, 2012).

Los planes de conservación ambiental y de la biodiversidad asociados al agua reclaman una visión sistémica que involucre tanto la gestión integral de los recursos hídricos como del medio ambiente relacionado. Así, tanto para su formulación como materialización, dichos planes deben considerar a muy diversos actores relacionados con: el aprovechamiento productivo del agua y su regulación; la gestión de la calidad del agua; la gestión ambiental; y el uso del cauce y sus riberas, entre otros. De este modo, el desarrollo de políticas ambientales efectivas a nivel de las cuencas requiere

un nivel de coordinación que actualmente no se presenta en el país (Instituto de Ingenieros, 2012).

Surge así la inquietud de proponer a la cuenca del río Olivares como un área de referencia medioambiental para la cuenca del río Maipo con base en las normas secundarias de calidad ambiental (desde ahora en adelante NSCA) para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Maipo. Se plantea, mediante el concepto de “área de referencia”, la necesidad de realizar una buena gestión en un sitio prácticamente inalterado con el fin de tener valores de referencia frente a futuras investigaciones, programas de monitoreo, planes de vigilancia y otros que se desarrollen tanto en la subcuenca del río Olivares como en la cuenca del río Maipo. Lo anterior, especialmente considerando el alto nivel de intervención antropogénica de la cuenca del río Maipo como una unidad ambiental.

Se pretende aportar en el enorme desafío que conlleva la protección del ecosistema basada en los datos adquiridos en conformidad a la norma. De esta manera se propone una categoría que hasta el momento no existe en Chile (y de la que tampoco se encontró evidencia en el extranjero) denominada “área de referencia”. Esta propuesta nace debido a la dificultad que supone la protección del ecosistema en una cuenca sumamente intervenida como es el caso de la cuenca del río Maipo.

Dado que el área presenta ocupaciones históricas y prehispánicas, permite el desarrollo de actividades educativas y de turismo patrimonial, vinculadas a la existencia de registros arqueológicos (incluyendo evidencias de ocupación incaica) e históricos (uso tradicional de veranadas) requiriendo, este uso, la habilitación de resguardos sobre los elementos patrimoniales detectados.

1.3. Hipótesis y Objetivos

1.3.1. Hipótesis

Se plantea la hipótesis de que el sector del río Olivares puede considerarse área de referencia medioambiental para la cuenca del río Maipo debido a: la escasa intervención que presenta; la importancia de su ecosistema; y la calidad de sus aguas. Sin perjuicio de lo anterior, al señalar al lugar como “área referencia medioambiental” se pone el enfoque no solo en el ecosistema acuático sino también en los servicios ecosistémicos/ambientales que presta el río y que sustentan el ecosistema íntegro.

1.3.2. Objetivo General

El objetivo general es evaluar los atributos que presenta el área de estudio y así determinar la posibilidad de proponer un área de referencia medioambiental para la cuenca del río Maipo, emplazada en el sector del río Olivares.

1.3.3. Objetivos específicos

Para dar cumplimiento al objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- recopilar y evaluar antecedentes ambientales de la cuenca del río Olivares, estableciendo su estado ecológico y de conservación;
- recopilar y evaluar antecedentes de uso de la cuenca del río Olivares;
- identificar los parámetros fisicoquímicos relevantes para un área de referencia, a partir de la NSCA de la cuenca del río Maipo, en el río Olivares;
- establecer la posibilidad de que el sector del río Olivares sea considerado un área de referencia ambiental para la cuenca del río Maipo.

II. MATERIAES Y MÉTODOS

2.1. Recopilación de Antecedentes

El desarrollo del seminario se basó en una revisión de la información disponible tanto en internet como en los organismos involucrados (principalmente gubernamentales) en la gestión del agua. El objetivo fue recopilar la información existente del valle del río Olivares para analizar: la calidad del agua del río; los atributos ambientales que presenta el lugar de estudio; y los usos a los que se destina.

Se revisó la base de datos de los derechos de aprovechamiento de agua registrados en la DGA con fecha 03/08/2015. También se revisó, en el Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA), la información correspondiente a la calidad del agua.

2.2. Análisis de la información recopilada

En atención a los objetivos planteados se realizó un análisis del marco institucional de la gestión del agua, de manera de entender el contexto político de la gestión de los recursos hídricos: la gobernanza del agua. Se prosiguió con un análisis de la normativa relacionada a la gobernanza del agua identificando, principalmente, los aspectos ambientales de ésta.

Identificados los aspectos ambientales, y los principales inconvenientes en la gobernanza del agua, se analizó las propiedades (ambientales y de uso) del valle con el foco puesto en describir y evaluar la posibilidad, mediante los atributos que presenta el área de estudio, de establecer un área de referencia.

2.3. Evaluación de la Calidad del Agua

En el contexto de los antecedentes presentados (específicamente en la sección 1.2.1.3), los parámetros fisicoquímicos relevantes a ser analizados en el río Olivares vienen dados en primera instancia por lo establecido en la NSCA además de los que son propensos de ser modificados por las condiciones naturales: Cu, Fe, Mn, Al, Mo, Sd, STS, CF y CT. Los parámetros y variables fisicoquímicas fueron consultadas en el SNIA. En el sistema, particularmente en el caso de la estación de la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares (33°29' S - 70°08' O) ubicada a 1532 msnm y 1 Km aguas arriba de la junta con el río Colorado, encontramos mediciones a partir de 1995 por lo que el análisis de las variables comprende el período 1/1/1995 - 31/12/2014. Se utilizó el criterio de eliminar del análisis, por ser consideradas interferencias instrumentales en el comportamiento del río, las mediciones que superaran 4 veces la desviación estándar con respecto al promedio ($\bar{x} \pm 4\sigma$).

Para observar diferencias estacionales en la calidad del agua se organizó las variables en las 4 estaciones del año: primavera, correspondiente al período del año que va desde el 21 de septiembre al 20 de diciembre; verano, correspondiente al período 21/diciembre–20/marzo; otoño, correspondiente al período 21/marzo–20/junio; e invierno, correspondiente al período 21/junio–20/septiembre. En el Anexo se puede encontrar el detalle de los niveles de concentración de cada variable, separadas por estación del año, en las **Tablas A-2** (primavera), **A-3** (verano), **A-4** (otoño) y **A-5** (invierno).

El análisis incluyó una comparación entre las variables del río Olivares además de una comparación de las variables del río Olivares con la estación Maipo en Las Melosas (MA-1 en las Tablas 1 y 2) por ser considerada como el área con la menor

intervención antrópica debido a que es la estación de monitoreo activa más próxima al nacimiento del río Maipo (subcuenca alta).

Se describió los datos de manera estadística con el objetivo de tener una estimación del comportamiento de las distintas variables y/o parámetros. En este sentido, también se realizó un análisis de las varianzas (ANOVA) y, finalmente, se calculó los coeficientes de correlación de Pearson. Todo lo anterior con el objetivo de evaluar el comportamiento histórico de la calidad del agua.

2.3.1. Estadística descriptiva.

Se describió los datos con medidas de posición (promedio) y dispersión (desviación estándar). Sumado a esto, y aunque no se incluyen en la sección de resultados, se utilizó otras medidas de posición y dispersión para analizar y caracterizar las poblaciones de datos.

2.3.2. Análisis de las Varianzas (ANOVA)

El análisis de las varianzas se realizó con el objetivo de evaluar la variabilidad estacional de las poblaciones, comparando datos de las distintas estaciones del año. Se supone un ANOVA de 1 factor (época del año) con 4 niveles (estaciones del año) sobre las distintas variables respuesta (variables fisicoquímicas). De esta manera, se evalúa si las poblaciones, en las distintas estaciones del año, presentan diferencias estadísticamente comprobables con un intervalo de confianza del 95% ($p=0,05$) (Canals, 2007).

2.3.3. Coeficiente de correlación de Pearson

Se utilizó el análisis del coeficiente de correlación de Pearson con el objetivo de encontrar la relación o asociación entre las variables fisicoquímicas del río Olivares. El

coeficiente mide el grado de asociación entre dos variables X e Y, siendo máxima si $r \approx 1$ ó $r \approx -1$. La diferencia que viene dada por el signo se interpreta, de igual manera, como la asociación positiva, en la que aumentos en una variable implican aumentos en la otra, o negativa en la que se da la situación inversa. Cuando no existe asociación, es decir Y es independiente de X, $r \approx 0$ (Canals, 2007).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Antecedentes Ambientales.

La revisión de los antecedentes ambientales de la cuenca del río Olivares permite determinar que el río presenta un buen estado ecológico. A pesar de no encontrar vertebrados mayores en el río Olivares, su importancia mayor viene dada por los servicios ecosistémicos que otorga en los sectores de vega; matorral andino; y matorral y bosque esclerófilo, sitios que ostentan un altísimo valor ambiental debido a la presencia de especies (animales y vegetales) vulnerables y/o de acotada distribución geográfica.

El sistema Altoandino de Chile central es un ambiente que se destaca por su alto grado de naturalidad, por lo que las comunidades florísticas asociadas presentan un alto grado de singularidad.

Además de presentar un buen estado ecológico, el valle del río Olivares posee algunas categorías ya establecidas de conservación que hacen viable su postulación como área de referencia contribuyendo a proteger la biodiversidad del área de estudio.

Un resumen las categorías de protección que resaltan el altísimo valor ambiental del valle del río Olivares se presenta a continuación:

Tabla 3. Categorías de protección que presenta el Río Olivares (y el ecosistema del que forma parte), en función de su relevancia ambiental. (Fuente: MBN, 20122)

Declaratoria	Emisor	Año	Objetivo
Área de Preservación Ecológica.	Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Gobierno Regional Metropolitano (Plan Regulador Metropolitano de Santiago).	1994	Asegurar la permanencia de los valores naturales, restringiendo su uso a los fines: científico, cultural, educativo, recreacional, deportivo y turístico, con las instalaciones y/o edificaciones mínimas e indispensables para su habilitación.
Área Prohibida de Caza "Santiago Andino".	Ministerio de Agricultura (Decreto Exento N°693).	2003	Prohibición por un periodo de 30 de la caza y captura de animales anfibios, reptiles, aves y mamíferos silvestres en el área denominada "Santiago Andino" de las provincias Cordillera y Santiago de la Región Metropolitana.
Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad "Río Olivares, Río Colorado, Tupungato".	Comisión Nacional del Medio Ambiente (Estrategia Nacional de Biodiversidad).	2005	Protección de micro hábitat de quebradas y humedales de altura.
Bien Nacional Protegido.	Ministerio de Bienes Nacionales.	2010	Conservación y protección de las formaciones vegetacionales "Estepa Alto Andina de Santiago" y "Bosque Esclerófilo Andino". Protección del hábitat de diversas especies de flora y fauna con problemas de conservación. Resguardo de sitios arqueológicos.

Tanto la riqueza como los grados de endemismo del ecosistema han llevado a que el área sea declarada como un “hotspot” de biodiversidad a nivel mundial además de ser “una zona de conectividad entre las cuencas del río Maipo y río Clarillo, de gran importancia para la flora y fauna andina”.

3.2. Antecedentes de Uso.

En la revisión de la base de datos de la DGA, fueron encontrados 2 derechos de agua de tipo no consuntivo, ejercicio permanente y continuo otorgados a las empresas AES GENER S.A. (desde ahora en adelante AESGener) y COMPAÑÍA CHILENA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA S.A. (desde ahora en adelante CHILGENER) en los años 1984 y 1988 respectivamente. Los derechos otorgados corresponden a un caudal anual promedio de 12000 L/s y 1000 L/s respectivamente sin informar, en ninguno de los derechos, el caudal ecológico ni el caudal ecológico promedio.

Las aguas captadas en el río Olivares, en conjunto con las sustraídas al río Colorado (y su afluente el estero Parraguirre), son colectadas mediante dos aducciones independientes que posteriormente se unen en una aducción común. La bocatoma del río Olivares está ubicada aproximadamente 11 Km aguas arriba de la confluencia de éste con el río Colorado. En este lugar el agua decantada en el desarenador pasa al estanque de acumulación el cual descarga a un canal que termina en una cámara de carga que asegura el funcionamiento conjunto y en paralelo de las aducciones Colorado y Olivares (Chilgener, 1984).

Las coordenadas exactas de los puntos de captación tampoco se encuentran en la base de datos aunque si se hace referencia a ellos. Para simplificar, se hace referencia sólo a la infraestructura de captación en el río Olivares. En el ejercicio del

derecho otorgado a AESGener “las aguas se captaran del estero la jarilla, a 1,3 km aguas arriba de su confluencia con el río Olivares, a la cota 2032 m.s.n.m.”, mientras que en el otorgado a CHILGENER (mediante Res. DGA. 355, de 31 de agosto de 1989) “el agua se captará... ..en la ribera derecha del rio Olivares 11,7 kilómetros aguas arriba de la confluencia del río con el río Colorado. La distancia y desnivel entre los puntos de captación y restitución serán 17 kilómetros y 705 metros respectivamente”. En cuanto a los puntos de restitución, AESGener tiene 2 puntos de restitución (mediante Res. DGA. 192, de 27 de abril de 1987) ubicados en el río Colorado, mismo caso que en el derecho otorgado a la CHILGENER cuya restitución también es realizada al río Colorado.

En la Figura 4 se presenta toda la infraestructura involucrada en la generación eléctrica (tanto en el río Colorado como en el río Olivares). Se presenta la Captación Olivares, así como la Captación La Jarilla junto a todos los túneles y ventanas asociadas al transporte de agua:

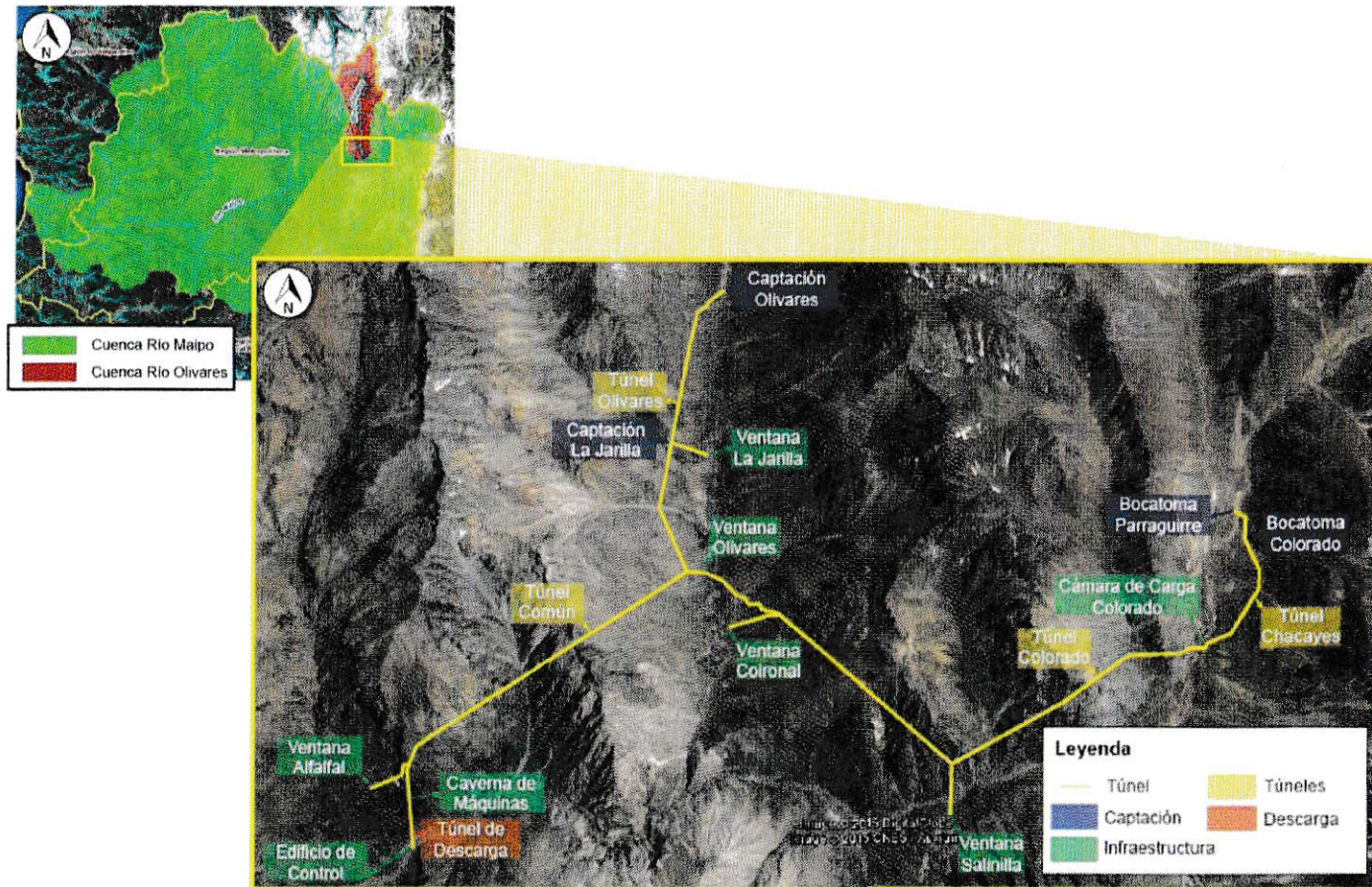


Figura 4. Ubicación de la infraestructura asociada a la generación de electricidad. Elaboración propia en base a Chilgener, 1992.

Es preciso agregar que en ningún caso (al menos no en los proyectos presentados para aprobación o construcción de las centrales) se hace referencia a los impactos que pudiesen tener las obras en las variables hidrológicas relacionadas (niveles, calidad, velocidad de flujos, etc.) mencionando vagamente la “escasa intervención que generan las centrales de pasada en comparación con las de embalse”. Lo anterior, en parte, debido a que no existía (ni existe en la actualidad) en el país una definición clara de los objetivos de conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad, y de la relación entre dichos objetivos y las variables hidrológicas relacionadas, temas estrechamente vinculados a la definición de caudales ecológicos, a los planes de monitoreo y fiscalización, y a las exigencias que debieran cumplir los proyectos en el marco del sistema de evaluación ambiental.

Las actividades que se desarrollan en el valle del río Olivares son compatibles entre sí y no representan riesgos en cuanto a la protección del ecosistema, pero deben ser regulados en cuanto a intensidad y extensión. Por ejemplo, para la ganadería de veranadas en cuanto a su capacidad de carga mientras que en el caso del senderismo mediante el mejoramiento de las vías de tránsito y los sitios de descanso. Un plano general del pastoreo y el tránsito de las veranadas se puede observar en la **Figura A-3** del Anexo. En cuanto a la generación hidroeléctrica, uso que se desarrolla desde tiempos en que los ríos se consideraban recursos que se podían explotar sin ninguna limitación de tipo ambiental, resulta imperioso:

- (i) hacer más eficiente la aplicación de las disposiciones ambientales actuales bajo el sistema de reasignación existente (mejorar los mecanismos de evaluación del impacto de los usos productivos del agua en los ecosistemas hídricos, desarrollar los sistemas de monitoreo tanto de la calidad de las aguas como de los ecosistemas, etc.)
- (ii) considerar el uso efectivo como una responsabilidad social y ambiental;

- (iii) e incorporar consideraciones de cambio climático en la gestión de los recursos hídricos (con especial atención en retracción de glaciares por aumento de temperatura).

En virtud de los antecedentes evaluados y los resultados expuestos en los párrafos anteriores, queda en evidencia la importancia de la parte alta del valle del río Olivares, importancia que viene dada tanto por la escasez de alteraciones antrópicas como también por la importancia ecosistémica que se ha otorgado a este sitio. La evaluación de la calidad de las aguas de esta parte del valle del río Olivares supone un antecedente necesario para la evaluación ambiental de la cuenca del río Maipo como un todo.

3.3. Evaluación de la Calidad del Agua

De acuerdo a los antecedentes recopilados, en la Tabla 4 se clasifica las variables y parámetros, susceptibles a alteración, de acuerdo a los factores que pudiesen originar dicha alteración en la calidad natural de las aguas.

Tabla 4. Parámetros con posibilidad de ser modificados debido al factor ambiental correspondiente.

Geología	CE, Cr, Fe, Al, Mo, Cl ⁻ , Cu, Mn, Pb, SD, STS
Litología	CE, Cr, Fe, Al, Mo, Cl ⁻ , Cu, Mn, Pb
Vegetación	CE, SD, STS
Ganadería	CE, CT, CF, DBO ₅

Una primera revisión de los datos incluyó una descripción estadística de las variables a analizar. En la Tabla 5 se presentan los valores promedio junto con la desviación estándar de la muestra para cada variable en el período de tiempo 1995-

2014, además de los valores establecidos en la norma (correspondientes a MA-1, lugar señalado anteriormente como punto de comparación).

Tabla 5. Promedio y desviación estándar de cada variable analizada además de los valores establecidos en la norma (para las variables incluidas en ésta).

Variable	Promedio (\bar{x})	Desviación Estándar (σ)	Norma en MA-1
Aluminio total ¹	4,10	7,31	
Cloruro ²	126,69	71,43	300
Cobre total ¹	0,03	0,03	
Conductividad Específica ²	692,57	300,79	1900
Cromo total ²	0,01	0,00	0,05
Fierro total ¹	2,92	5,79	
Fósforo de Ortofosfato ²	0,03	0,08	0,08
Manganeso total ¹	0,21	0,39	
Molibdeno total ¹	0,03	0,02	
Nitrógeno de Nitrato ²	0,46	0,23	0,5
Níquel total ²	0,02	0,01	0,02
Oxígeno Disuelto ²	9,31	1,39	8
pH ²	8,20	0,44	6,5 – 8,7
Plomo total ¹	0,03	0,02	
Sulfato ²	67,06	19,03	430
Temperatura ¹	10,71	3,27	
Zinc Total ²	0,02	0,03	0,03

1 Variable fuera de la norma pero susceptible a ser alterada por las condiciones naturales

2 Variable normada (Tabla 2)

Destaca el hecho de que no se superan los valores que la norma establece en MA-1. La gran variabilidad que presenta el río en cuanto a la cantidad de sales disueltas, reflejada en una elevada desviación estándar en la CE, se corrobora con la siguiente tabla en la que se detallan los promedios y desviación estándar de cada variable separadas por estación del año.

Tabla 6. Valores promedio y desviación estándar, separados por estación del año, para cada variable analizada.

	Otoño		Invierno		Primavera		Verano	
	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
Al total	0,52	0,58	0,65	0,88	1,98	2,10	12,11	10,12
Cloruro	164,32	68,72	179,70	61,73	109,89	37,89	58,51	43,17
Cu total	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,06	0,05
CE	896,78	225,61	934,71	253,52	581,58	200,16	411,00	164,44
Cr total	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Fe total	0,25	0,39	0,30	0,45	1,30	1,88	9,38	8,32
P de Ortofosfato	0,04	0,13	0,03	0,04	0,04	0,07	0,02	0,06
Mn total	0,02	0,02	0,03	0,03	0,16	0,34	0,58	0,52
Mo total	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
N de Nitrato	0,49	0,15	0,48	0,18	0,64	0,23	0,22	0,13
Ni total	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
OD	9,77	1,44	9,31	1,13	9,12	1,32	9,04	1,64
pH	8,28	0,38	8,33	0,53	8,16	0,33	8,06	0,48
Pb total	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
Sulfato	80,11	19,22	71,31	21,07	59,50	16,24	59,54	13,03
T	9,62	2,13	7,61	2,44	12,70	2,10	12,23	3,57
Zn total	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,05	0,04

La comparación de las poblaciones de datos se realizó aplicando un ANOVA entre las distintas estaciones. En la Tabla 7 se presentan los valores F y F crítico obtenidos de la comparación de las estaciones invierno y verano. De manera adicional, en el Anexo se presentan otras comparaciones (otoño-invierno en la Tabla A-6 y primavera-verano en la Tabla A-7).

Tabla 7. Resultados del ANOVA (invierno-verano) en donde N = número de muestras.

Variable	Invierno – Verano		
	N	F	F crítico
Al total	12	25,810	4,301
Cloruro	13	31,508	4,260
Cu total	13	15,479	4,260
CE	14	43,615	4,225
Cr total	9	3,280	4,494
Fe total	13	15,956	4,260
P de Ortofosfato	10	2,215	4,414
Mn total	12	16,226	4,301
Mo total	13	0,237	4,260
N de Nitrato	8	22,495	4,600
Ni total	13	0,138	4,260
OD	11	0,571	4,351
pH	14	2,250	4,225
Pb total	13	0,781	4,260
Sulfato	11	2,351	4,351
T	14	15,767	4,225
Zn total	13	18,249	4,260

Se observa que la conductividad es la variable que presenta mayores diferencias entre las estaciones de invierno y verano. Además, se observa gran variabilidad estacional en Cloruro y Nitrógeno de Nitrato lo que es consistente con la alta variabilidad en la cantidad de sales disueltas. En la Figura 5 se presentan las sales

Cloruro, Nitrógeno de Nitrato, Sulfato y Fósforo de Ortofosfato en conjunto con la CE. De esta manera, se pretende comparar el aporte de cada una de las sales mencionadas en el aumento o disminución de la CE. El período de tiempo elegido (2000-2008) es el que presenta mayor cantidad y continuidad en los datos para cada una de las variables incluidas en la figura.

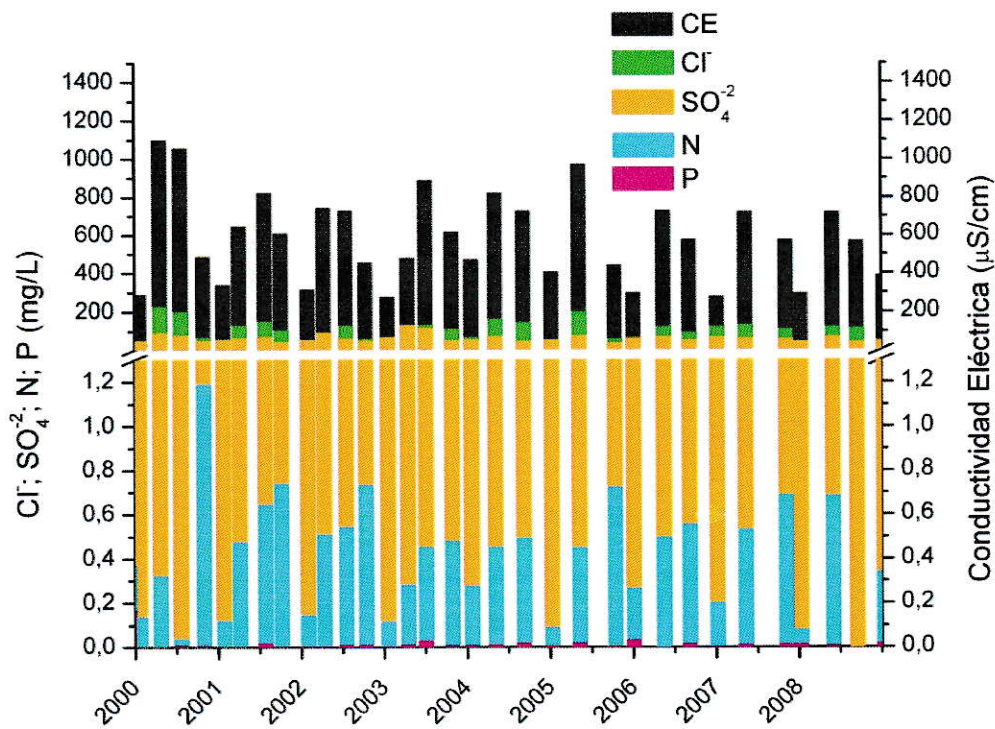


Figura 5. Comportamiento de las sales Cl⁻; SO₄⁻²; N; y P, y de la CE en el período 2000-2008.

Las concentraciones del ion cloruro presentan una notoria predominancia en la estación invernal con una concentración promedio (179,70 mg/L) que triplica el registro de verano (58,51 mg/L).

La estación que registra una mayor cantidad de sulfato es el otoño (80,11 mg/L), época del año en que se mantiene la erosión del suelo por parte del derretimiento del hielo mientras que, a su vez, comienza la considerable disminución del caudal.

El nitrato se presenta con mayor abundancia relativa en la estación de primavera con un promedio de 0,64 mg/L superando, hipotéticamente, lo establecido en la norma. Es posible que la presencia del soluto en esta época del año derive del aporte de las nieves superficiales que han arrastrado nitrógeno desde la atmósfera (mediante depositación).

El fósforo presenta un comportamiento anómalo en el período 1998-2000 en el que se observa un alza notable en su concentración. Al no existir antecedentes que expliquen el comportamiento, se presume que el aumento se produce debido a que durante el año 1999 el caudal se reduce a valores bajísimos, llegando incluso a los mínimos caudales medidos durante el período de estudio. En la Figura 6 se observa la anomalía en el comportamiento de fósforo y los bajos caudales registrados durante el episodio.

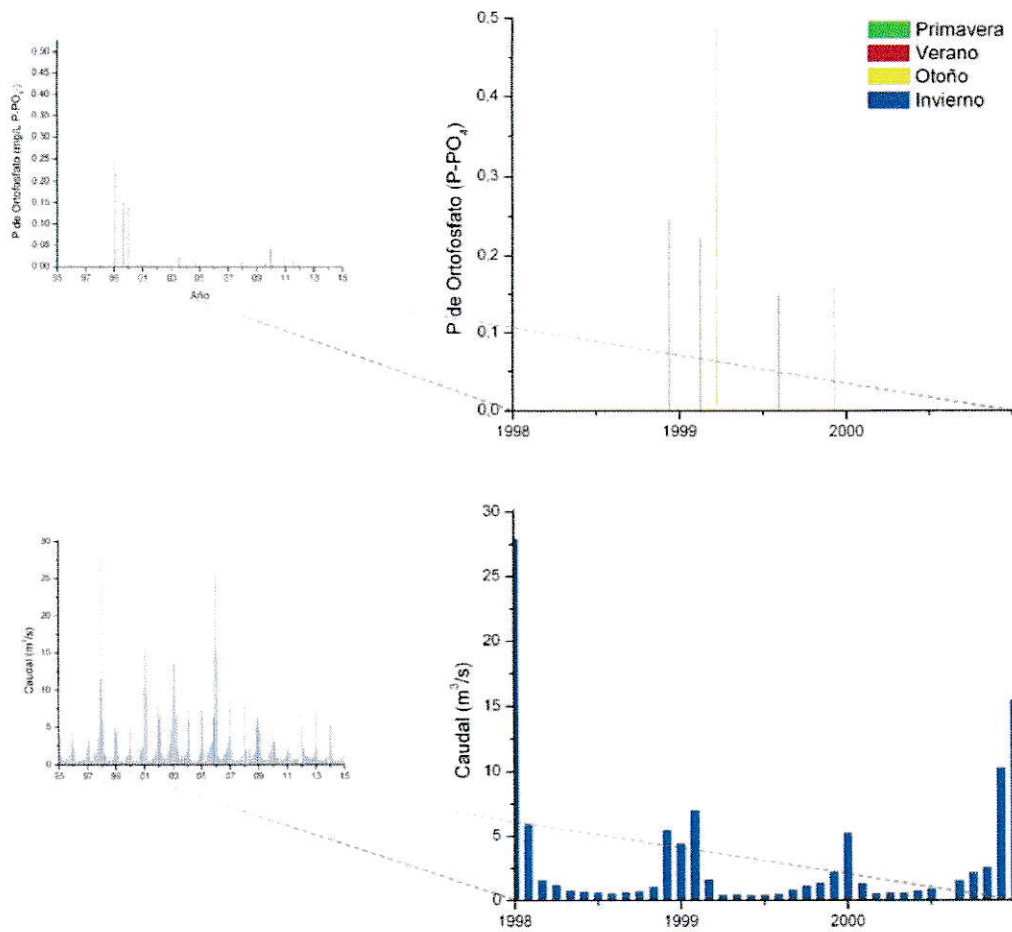


Figura 6. Detalle de la anomalía en el comportamiento del fósforo y su relación con el caudal.

En cuanto a la correlación de las variables, en el caso particular de las sales, se encontró que la CE está fuertemente relacionada con la concentración de Cloruro. En la Tabla 8 se presenta el análisis de correlación de Pearson entre las variables analizadas.

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables del río Olivares.

	Al	Cl ⁻	Cu	CE	Cr	Fe	P	Mn	Mo	N	Ni	OD	pH	Pb	SO ₄ ⁻²	T	Zn
Al	1																
Cl ⁻	-0,566	1															
Cu	0,892	-0,425	1														
CE	-0,535	0,895	-0,464	1													
Cr	0,224	-0,065	0,176	-0,411	1												
Fe	0,960	-0,515	0,937	-0,531	0,198	1											
P	-0,152	0,280	-0,163	0,243	-0,089	-0,145	1										
Mn	0,873	-0,460	0,931	-0,482	0,136	0,937	-0,141	1									
Mo	-0,066	0,196	0,019	0,153	-0,113	-0,087	-0,228	-0,097	1								
N	-0,592	0,257	-0,484	0,248	-0,150	-0,569	0,164	-0,418	-0,008	1							
Ni	0,056	0,351	0,069	0,256	0,135	0,082	-0,190	0,048	0,681	-0,200	1						
OD	-0,157	0,085	-0,170	0,086	0,043	-0,144	-0,236	-0,152	-0,144	0,124	-0,144	1					
pH	-0,127	0,329	-0,057	0,327	0,102	-0,146	0,022	-0,114	0,268	-0,009	0,179	0,031	1				
Pb	-0,086	0,375	0,040	0,200	0,088	-0,033	-0,194	-0,047	0,911	0,048	0,757	-0,146	0,289	1			
SO ₄ ⁻²	-0,274	0,525	-0,214	0,583	0,056	-0,240	0,135	-0,243	0,073	-0,123	0,285	0,038	0,373	0,139	1		
T	0,117	-0,250	0,094	-0,262	0,039	0,154	0,252	0,180	0,035	0,007	0,098	-0,476	-0,071	0,021	-0,124	1	
Zn	0,907	-0,486	0,899	-0,470	0,234	0,939	-0,163	0,888	-0,130	-0,552	-0,002	-0,141	-0,105	-0,061	-0,272	0,168	1

Otro grupo de variables que, además de presentar grandes diferencias entre la temporada invernal y la estival, están fuertemente relacionadas en cuanto a su comportamiento son los metales Al, Zn, Mn, Fe y Cu. En la Figura 7 que incluye el valor promedio y la desviación estándar, se esquematiza la gran variabilidad estacional y la fuerte relación lineal positiva del grupo en cuestión.

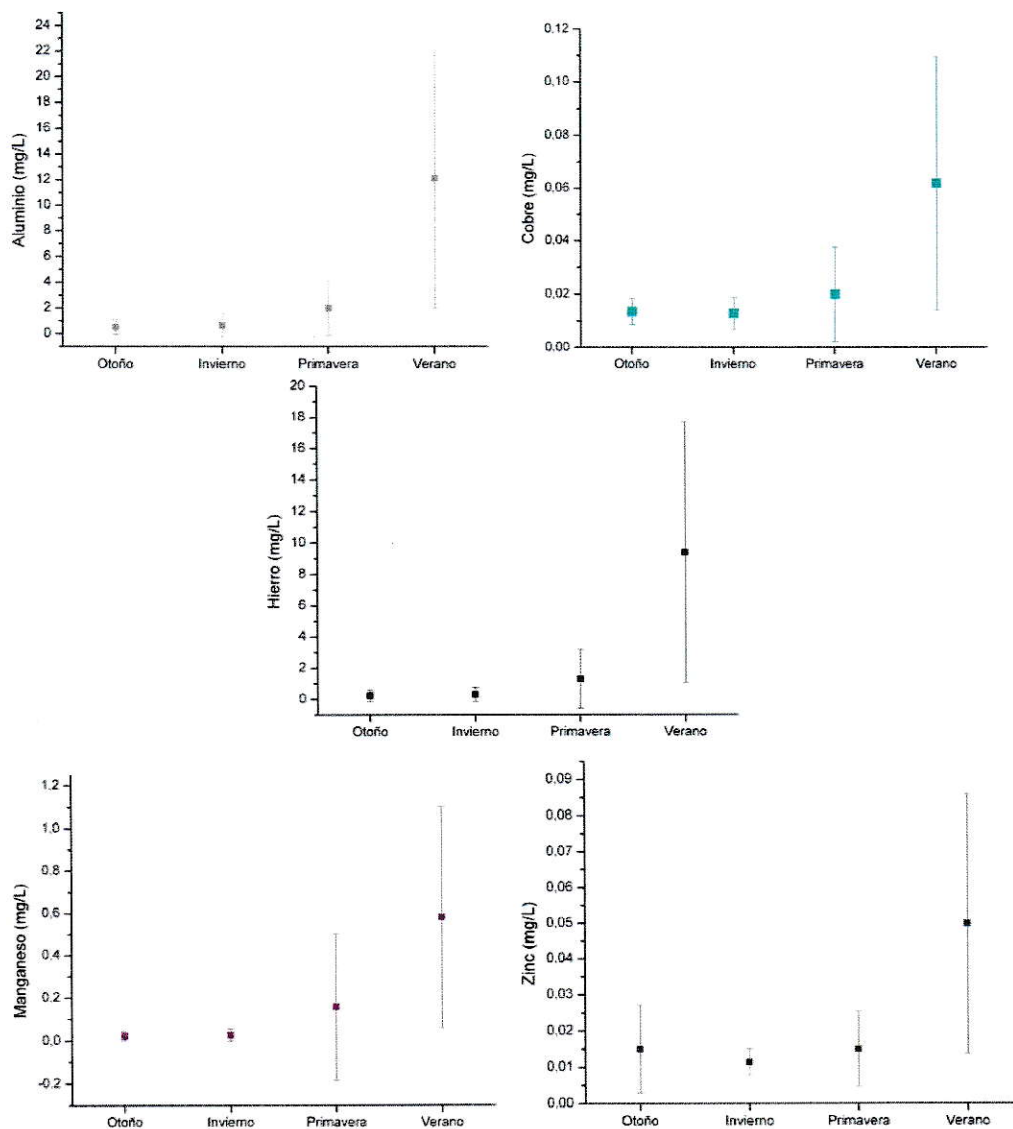


Figura 7. Comportamiento marcadamente estacional de los metales Al, Zn, Mn, Fe y Cu.

Las marcadas diferencias estacionales se deben, posiblemente, a la intensa actividad erosiva que provoca el derretimiento de la nieve.

Debido a la ausencia en la norma de algunas variables analizadas, se utilizó el documento "Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Río Maipo" (DGA, 2004) como una estimación de la calidad del agua.

Cobre. Los valores se encuentran dentro de la calificación de "calidad excepcional".

Hierro. Alcanza, durante el verano, un promedio de 9,38 mg/L. El hierro se incorpora de manera natural, debido a la presencia de formaciones rocosas que por procesos de lixiviación de los minerales, principalmente pirita, adicionan hierro a las corrientes de agua.

Manganeso. A pesar de ser uno de los metales más abundantes en la litósfera, el manganeso en aguas naturales sólo se encuentra en pequeñas cantidades. En el río, encontramos un promedio de 0,21 mg/L. En DGA, 2004 se identifica un máximo de 10,5 mg/L (definiendo como calidad excepcional los valores inferiores a 0,8 mg/L) mientras que según Labuda y *col.*, 1989 el máximo permitido, definido por el uso que se le dé al agua, varía entre 0,05 mg/L hasta 2 mg/L.

Aluminio. Alcanza un promedio de 12,1 mg/L en el agua durante la época de verano (~23 veces más que en otoño, con 0,52 mg/L). Según DGA, 2004 se define como calidad excepcional valores inferiores a 0,07 mg/L.

Los metales Pb, Ni, Cr (3 de los 4 incluidos en la norma) y Mo se mantienen por debajo del límite de detección durante el período de estudio.

Los valores de pH encontrados varían entre 7,15 y 9,33. A pesar de que la diferencia entre los valores mínimo y máximo es relativamente alta, el comportamiento

en general no varía de manera estadísticamente significativa entre las distintas estaciones. Durante el período de invierno se tiene pH promedio 8,35 mientras que en el caso del verano el valor promedio fue 8,06.

En el caso del oxígeno disuelto no se observan grandes variaciones estacionales, lo que se corrobora con el análisis de las varianzas. Sin embargo, se puede notar una relación inversa de este parámetro con la temperatura. En la Figura 8 se observa que a mayor temperatura, en general, encontramos una menor cantidad de oxígeno disuelto (y viceversa).

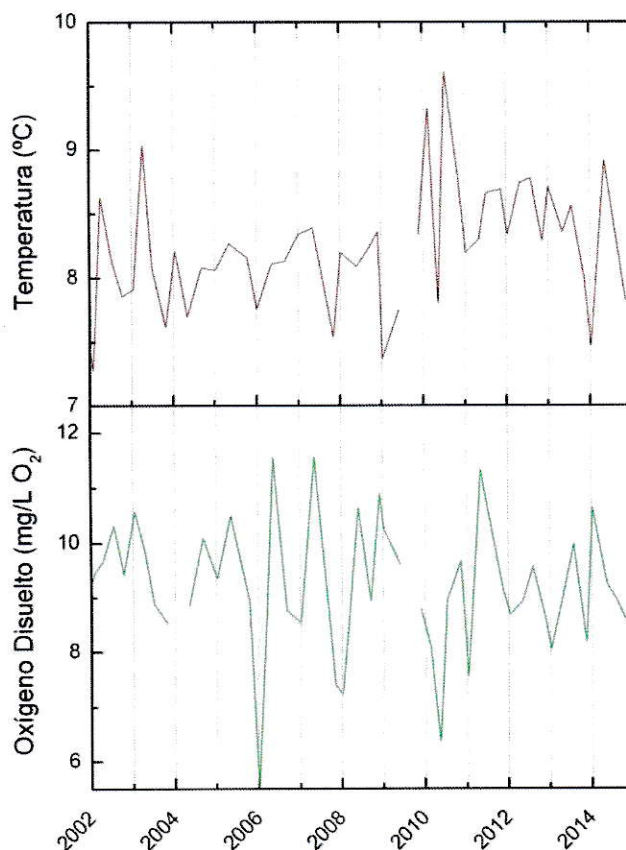


Figura 8. Comparación del comportamiento de la temperatura y el oxígeno disuelto, evidenciando una relación inversa.

La demanda biológica de oxígeno (DBO_5) no se encuentra dentro de los parámetros medidos en la estación de calidad química del río Olivares. Si bien la DBO_5 supone un parámetro ampliamente utilizado en los análisis de calidad de agua, no representa un problema la ausencia de éste por cuanto su utilización se da con mayor frecuencia en aguas residuales de mala o dudosa calidad.

Por otra parte, no es posible realizar un análisis de las partículas (en forma de Sd o STS) puesto que no son medidas en la estación. Este análisis se torna relevante por cuanto la elevada turbidez de las aguas es una característica fácilmente distinguible en el río Olivares. La no evaluación de las diferencias entre las partículas disueltas y suspendidas dificulta el análisis pues resulta ser un factor de gran importancia en el análisis de disponibilidad de las distintas variables. Esta dificultad principalmente relacionada con los distintos metales incluidos en el análisis ya que éstos se informan como la fracción total haciendo imposible hacer, al menos, una estimación de la diferencia entre las fracciones disueltas o en suspensión.

En el caso de los coliformes ya sea fecales (CF) o totales (CT), aunque teóricamente su medición permitiría evaluar calidad bacteriológica de las aguas, las condiciones de acceso a la cuenca no permiten su medición en condiciones de calidad apropiadas, ya que el análisis tiene que ser hecho en menos de 48 horas de tomada la muestra. Esta condición limita efectivamente su inclusión en el monitoreo de un área de referencia.

Debido a la ausencia de las variables relacionadas con los sólidos (Sd y STS), adquiere importancia su incorporación en el análisis de la calidad del agua mediante la elaboración de los programas de vigilancia.

El tipo de información que proporciona la estación es ciertamente valiosa pero tiene la limitante de referirse únicamente al período de funcionamiento de la misma, sin

indicar nada acerca del estado anterior de las aguas ni de su capacidad de autodepuración. En este sentido, la información es cuestionable desde el punto de vista de la periodicidad de los datos. Este aspecto es de suma importancia en los análisis de los datos puesto que muchas veces se pierde información, hecho que complica los tratamientos a los que se sometan los datos colectados.

Al encontrarse la estación justo en la parte final del río, imposibilita un análisis adecuado del comportamiento del río Olivares en los lugares en que presenta menor presión por parte de agentes antrópicos.

Una modificación de la red de monitoreo ayudaría en los análisis que se proponen. En primera instancia se plantea la reubicación de la estación de monitoreo aguas arriba de la bocatoma. En segundo lugar, una ampliación de la red de monitoreo ayudará a evaluar la distribución de los parámetros analizados. Esto es, verificar los aportes de los distintos afluentes (que se presumen de diversos orígenes) que tributan al río Olivares y modelan la calidad de sus aguas. Lo último con base en el hecho de que el mayor interés ecológico del río Olivares radica en sectores de vega como los sitios de mayor valor ambiental, los cuales no presentan al día de hoy un análisis periódico de la calidad de sus aguas.

La vigilancia efectiva de la calidad de las aguas requiere de un amplio plan de mejoramiento de la red de medición de la calidad del agua orientado a satisfacer los requerimientos específicos de las normas de calidad secundaria de los cuerpos de agua. Esta propuesta permitirá avanzar en el conocimiento nacional de la situación ambiental de los cuerpos de agua especialmente en las relaciones entre los ecosistemas y los recursos hídricos, lo cual contribuye a conservar sectores de alta relevancia en cuanto a la protección de la biodiversidad.

IV. CONCLUSIONES

La revisión de los antecedentes ambientales de la cuenca del río Olivares permite determinar que las aguas de este río presentan excelente calidad y un buen estado ecológico.

El río Olivares otorga servicios ecosistémicos en los sectores de vega; matorral andino; y matorral y bosque esclerófilo, sitios que ostentan un altísimo valor ambiental debido a la presencia de especies (animales y vegetales) vulnerables y/o de acotada distribución geográfica. Además de lo anterior, el valle posee algunas categorías ya establecidas de conservación por lo que es viable su postulación como área de referencia contribuyendo a proteger la biodiversidad del área de estudio.

Los usos del valle del río Olivares son la generación hidroeléctrica, la ganadería de veranadas y el senderismo. Ninguno de éstos, aunque deben ser regulados, significa una amenaza inminente para el ecosistema.

La evaluación de la calidad del agua del río Olivares reafirma que sus recursos hídricos son excelentes. La evaluación de la información evidencia que todos los parámetros se encuentran dentro de lo establecido en las normas secundarias de calidad ambiental. Pese a existir una gran variabilidad estacional en las variables, estas variaciones son de origen natural y no generan grandes afectaciones en la biota que ahí ha evolucionado.

El valle presenta características únicas que le confieren la posibilidad de ser considerado como referencia. Principalmente en su parte alta (es decir por sobre la bocatoma de la central Alfalfal) se presentan todas las condiciones para establecer un lugar de referencia con la finalidad de conocer el estado natural del **ecosistema** en la intervenida cuenca del río Maipo.

Aunque esta propuesta tiene como inconveniente la variabilidad natural de los sitios en una cuenca tan grande como la del río Maipo, su implementación es un aporte a la gestión por cuanto permite establecer comparaciones y relaciones entre la cuenca del río Maipo y el valle del río Olivares. Sumado a esto, el valle del río Olivares es un sector con relativa facilidad de acceso e infraestructura, vinculada a empresas de generación hidroeléctrica que existen en el sector, facilitando su implementación.

La vigilancia efectiva de la calidad de las aguas requiere de un amplio plan de mejoramiento de la red de medición de la calidad del agua orientado a satisfacer los requerimientos específicos de las normas de calidad secundaria de los cuerpos de agua. Esta propuesta permitirá avanzar en el conocimiento nacional de la situación ambiental de los cuerpos de agua especialmente en las relaciones entre los ecosistemas y los recursos hídricos, lo cual contribuye a conservar sectores de alta relevancia en cuanto a la protección de la biodiversidad.

V. BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, A. 2004. "Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA – Oficina regional para América Latina y el Caribe. 110p. En: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/andrade01.pdf>

BANCO MUNDIAL. 2013. "Chile. Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua". Unidad de ambiente y aguas, Departamento de Desarrollo Sostenible. 220p. En: <http://www.dga.cl/Documents/Chile%20DGA%20Estudio%20para%20el%20Mejoramiento%20del%20Marco%20Institucional%20para%20la%20Gestion%20del%20Agua.pdf>

CANALS, M. 2007. "Curso de Estadística Universitaria". Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

CARRIÓN, D. 2007. "Riesgos naturales asociados a glaciares en Chile". Informe final de práctica profesional. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Santiago. 81 p. En: <http://documentos.dga.cl/GLA4889.pdf>

CHILE. 1980. "Constitución Política de la República de Chile". 35p. En: <http://bcn.cl/1lzdy>

CHILE. MINISTERIO DE JUSTICIA. 1981. "Código de Aguas". DFL N° 1.122. 249p. En: <http://bcn.cl/1m08b>

CHILE 1985. Ley 28.450: "Aprueba Normas para el Fomento de la Inversión Privada en obras de Riego y Drenaje". 9p. En: <http://bcn.cl/1mm5x>

CHILE 1993. Ley 19.253: "Establece Normas sobre Protección, Fomento y Desarrollo de los Indígenas, y crea la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena". 30p. En: <http://bcn.cl/1lzcg>

CHILE 1994. Ley 19.300: "Ley de Bases del Medio Ambiente". 44p. En: <http://bcn.cl/1lzic>

CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA 1998. Decreto Supremo N° 05: "Aprueba Reglamento de la Ley de Caza". 47p. En: <http://bcn.cl/1ma7l>

CHILE. MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA 2007. Decreto Supremo N° 151: "Oficializa primera Clasificación de Especies Silvestres según su Estado de Conservación". 3p. En: <http://bcn.cl/1tenj>

CHILE 2010. Ley 20.417: "Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente". 55p. En: <http://bcn.cl/1m0h6>

CHILE. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2014. Decreto Supremo N° 53: "Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca Del Río Maipo". Diario Oficial N° 40.899. Chile. Cuerpos 17-110.

CHILGENER S.A. 1984. "Central Hidroeléctrica Alfalfal. Memoria Explicativa". 7p. En: <http://documentos.dga.cl/PROY1788v1.pdf>

CHILGENER S.A. 1992. "Construcción Central Hidroeléctrica Alfalfal". 153p. En: <http://documentos.dga.cl/PROY1788v3.pdf>

CONAMA. 2004. "Estrategia Para La Conservación De La Biodiversidad En La Región Metropolitana De Santiago", 100p. En: http://www.sinia.cl/1292/articles-37027_pdf_RM.pdf

CORTÉS, I. 2010. "Aguas: Calidad y Contaminación, un enfoque Químico Ambiental". CENMA. Chile. Santiago. 328p. En: Biblioteca Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

COSTANZA, R. y col. 1999. "Una introducción a la economía ecológica". Compañía editorial continental, S.A. de CV. México. 303p. En: GARCÉS, J. 2005. "Gestión De Recursos Hídricos En Chile: Proposición De Un Modelo De Gestión Integrada Para La Cuenca Maipo Mapocho". Tesis para optar al grado de Magister. Universidad de Chile. 118p. En: http://revistavirtual.redesma.org/vol11/pdf/investigacion/tesis_gestion_chile.pdf

DGA. 2004. "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Maipo". Cade-Idepe. 195p. En: http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Maipo.pdf

GARCÉS, J. 2005. "Gestión De Recursos Hídricos En Chile: Proposición De Un Modelo De Gestión Integrada Para La Cuenca Maipo Mapocho". Tesis para optar al grado de Magister. Universidad de Chile. Santiago 118p. En: http://revistavirtual.redesma.org/vol11/pdf/investigacion/tesis_gestion_chile.pdf

GIBBS, R. 1970. "Mechanisms controlling world water". Science, Wash., Rev. 170:1088-90

HÄGERSTRAND, T. 2001. "A look at the political geography of environmental Management" En: Buttimer, A. (ed.) Sustainable landscapes and lifeways. Scale and appropriateness, Ireland. Cork University Pres. pp. 35-58

INSTITUTO DE INGENIEROS. 2011. "Temas prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos". Informe. Santiago 71p. En: http://www.newtenberg.com/cuencas/591/articles-67588_doc_pdf.pdf

INSTITUTO DE INGENIEROS. 2012. "Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una propuesta". Informe. Santiago 40p. En: http://www.newtenberg.com/cuencas/591/articles-67590_doc_pdf.pdf

LABUDA y col. 1989. "Determination of Dissolved Manganese in Natural Waters by Differential Pulse Cathodic Stripping Voltammetry". En: http://partners.metrohm.com/GetDocument?action=get_dms_document&docid=692938

LEFF, E. 2000. "Pensar la complejidad ambiental" En: La complejidad ambiental. México, Siglo XXI y Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 314p. En: GARCÉS, J. 2005. "Gestión De Recursos Hídricos En Chile: Proposición De Un Modelo De Gestión Integrada Para La Cuenca Maipo Mapocho". Tesis para optar al grado de Magister. Universidad de Chile. Santiago 118p. En: http://revistavirtual.redesma.org/vol11/pdf/investigacion/tesis_gestion_chile.pdf

MBN. 2012. "Confección y Ejecución de un Estudio de Línea Base y Zonificación Ambiental en el Predio Fiscal Río Olivares De La Región Metropolitana". Geodiversa. 161p.

MYERS y col. 2000. "Biodiversity hotspots for conservation priorities". Nature N° 403: 853-858.

SIMONETTI, J. A. 1999. "Diversity and conservation of terrestrial vertebrates in mediterranean Chile". Revista Chilena de Historia Natural N° 72: 493-500.

VERGARA, A. 2013. "Sistema y autonomía del derecho de aguas". 22p. En: <http://www.vergarablanca.cl/wordpress/uploads/2013/07/Sistema-y-autonomia-del-Derecho-de-Aguas-ADAG.pdf>

VERGARA, A. 2014. "Autogobierno en la gestión de las aguas en Chile". 15p. En: <http://www.vergarablanca.cl/wordpress/uploads/2014/09/AVB-AG-2014-Autogobierno-en-la-gesti%C3%B3n-de-las-aguas-en-Chile.pdf>

VILA, I. & MOLINA, X. 2006. "Manual de evaluación de la calidad del agua". CENMA, Universidad de Chile. 66p. En: Biblioteca Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

VI. ANEXO

A continuación se incluyen figuras y tablas que dan cuenta de

- (i) las formaciones vegetacionales y
- (ii) los pisos vegetacionales

que pueden ser encontrados en el predio Fiscal río Olivares. También se agrega información sobre el

- (iii) estado de conservación de la fauna terrestre

y finalmente se presenta un diagrama del

- (iv) pastoreo y tránsito de las veranadas.

Toda la información corresponde a la “Confección y Ejecución de un Estudio de Línea Base y Zonificación Ambiental en el Predio Fiscal Río Olivares De La Región Metropolitana”:

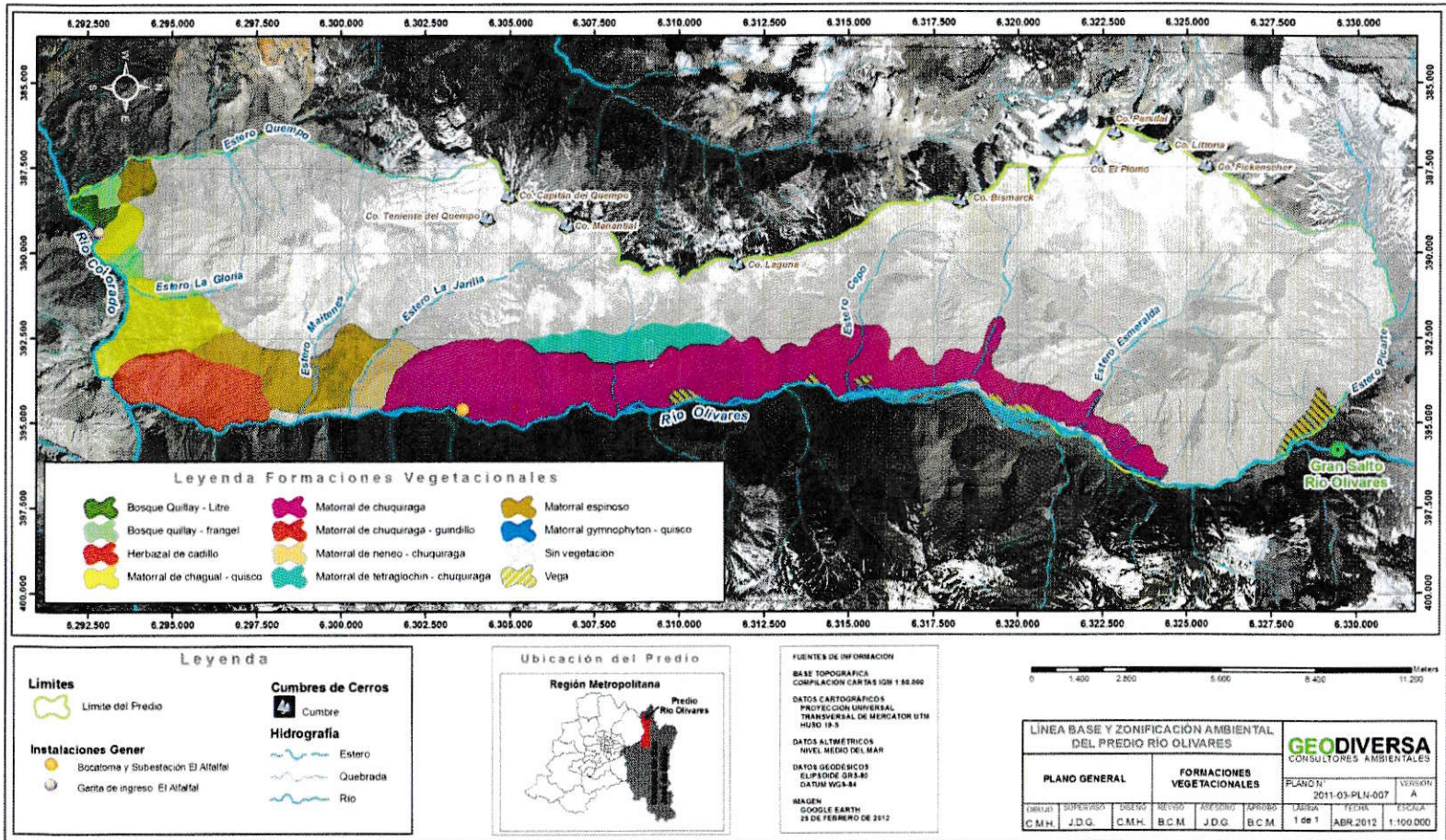


Figura A-1. Plano general de Formaciones Vegetacionales en el predio Fiscal río Olivares. (Fuente: MBN, 2012)

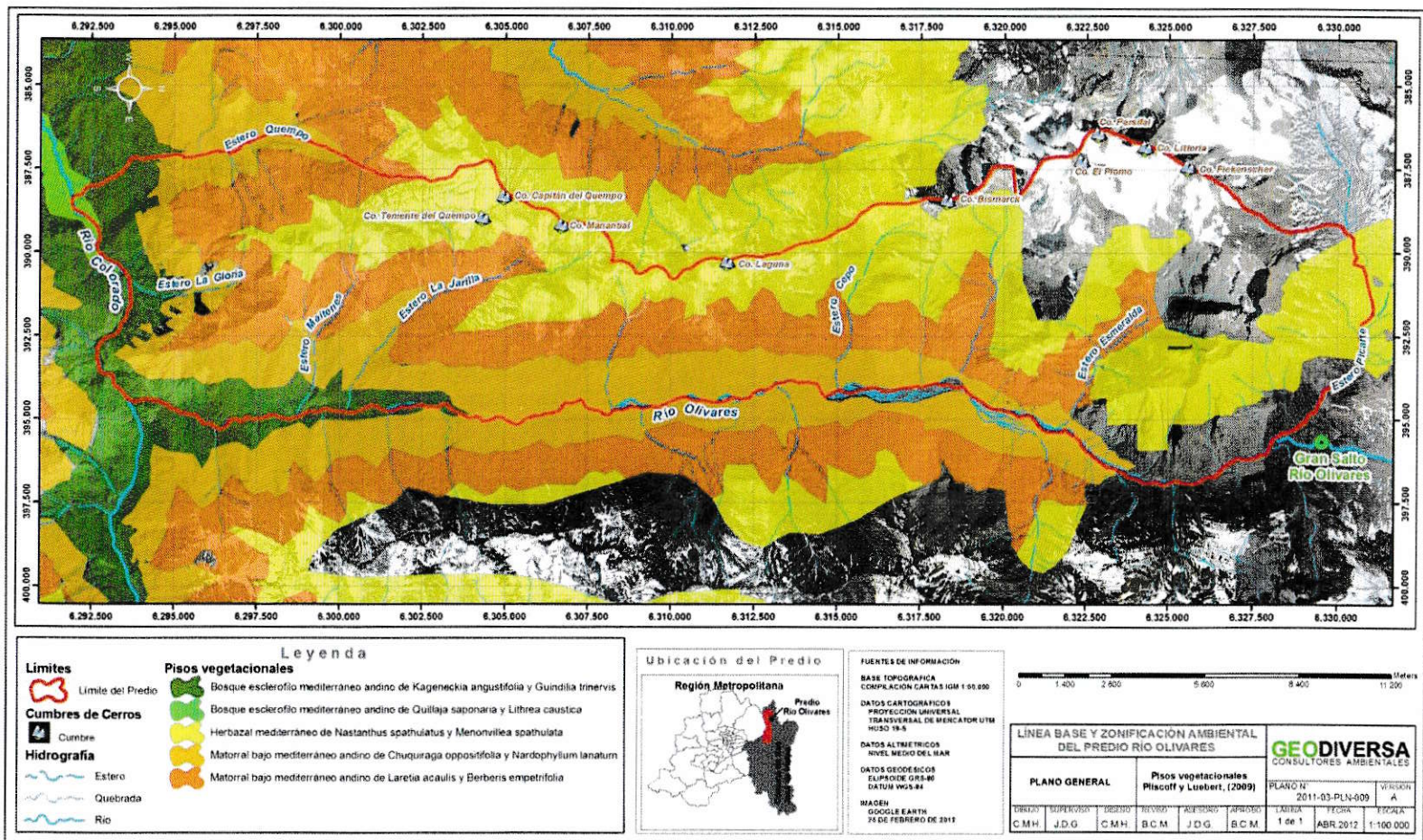


Figura A-2. Plano general de Pisos Vegetacionales distribuidos en el predio Fiscal río Olivares. (Fuente: MBN, 2012)

Tabla A-1. Especies Amenazadas detectadas en el predio Fiscal río Olivares.

(Fuente: MBN, 2012)

Especie	Nombre común	Categoría	Fuente
<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo espinoso	Vulnerable	1
<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	Vulnerable	1
<i>Liolaemus belli</i>	Lagartija de Bell	Rara	1
<i>Liolaemus lemniscatus</i>	Lagartija lemniscata	Vulnerable	1
<i>Liolaemus monticola</i>	Lagartija de los montes	Vulnerable	1
<i>Liolaemus nigroviridis</i>	Lagartija negroverdosa	Vulnerable	1
<i>Liolaemus tenuis</i>	Lagartija tenue o esbelta	Vulnerable	1
<i>Liolaemus valdesianus</i>	Lagarto de Lo Valdés	Rara	1
<i>Callopistes maculatus</i>	Iguana	Vulnerable	1
<i>Chloephaga melanoptera</i>	Piuquén	Rara	1
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	Vulnerable	1
<i>Gallinago paraguaguaiae</i>	Becacina	Vulnerable	1
<i>Attagis gayi</i>	Perdicita cordillerana	Rara	1
<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro culpeo	Inadecuadamente Conocida	1
<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro chilla	Inadecuadamente Conocida	1
<i>Puma concolor</i>	Puma	Inadecuadamente Conocida	2
<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	En Peligro	1

1: DS N°5/98 del MINAGRI

2: DS N°151/07 MINSEGPRES

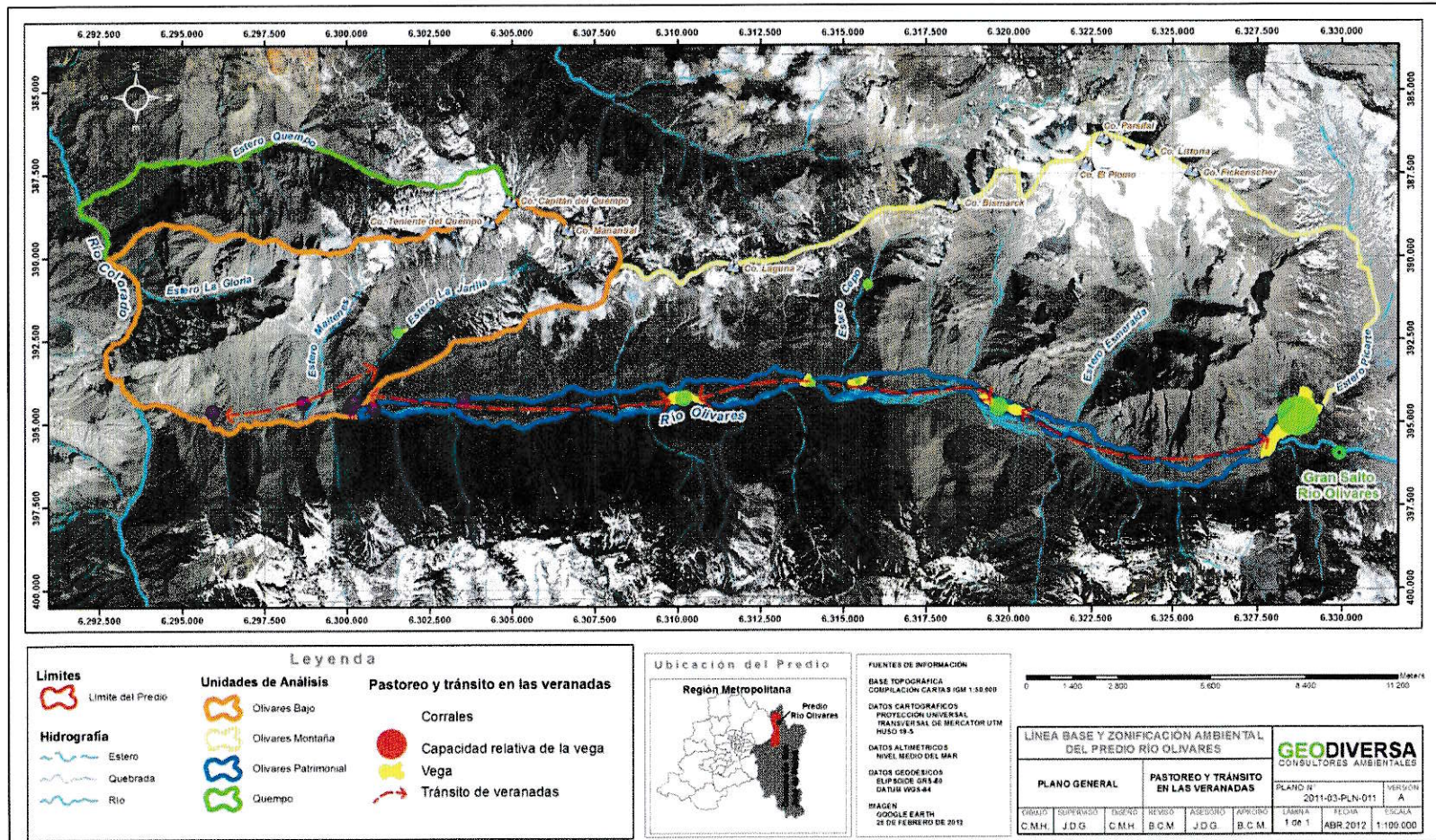


Figura A-3. Plano general de Pastoreo y Tránsito en las veranadas en el predio Fiscal río Olivares. (Fuente: MBN, 2012)

A continuación, se presentan todos los datos correspondientes a las campañas de monitoreo de la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares ($33^{\circ}29'$ S - $70^{\circ}08'$ O). Estos son los datos utilizados en los análisis de la sección "3.3. Parámetros Físicoquímicos" y se presentan separados por estación:

Tabla A-2. Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Primavera.

Fecha	Hora	OD	Cond. Espec.	pH	Cloruro	Sulfato	N de Nitrato	P de Ortofosf.	Pb Total	Ni Total	Zn Total	Cr Total	Fe Total	Al Total	Mo Total	Cu Total	Mn Total	Tº
		mg/L O ₂	mhos/cm	pH	mg/L Cl ⁻	mg/L SO ₄ ⁻²	mg/L NO ₃ ⁻	mg/L PO ₄ ⁻³	mg/L Pb	mg/L Ni	mg/L Zn	mg/L Cr	mg/L Fe	Mg/L Al	mg/L Mo	mg/L Cu	mg/L Mn	° C
09-11-1995	11:30	11,50	615,0	8,03					0,01	0,01	0,01		0,24	2,3	0,01	0,01	0,06	11,20
10-10-1997	8:35		651,0	8,09	107,80	54,80	0,92	0,010	0,01	0,01	0,01		0,24	0,5	0,01	0,01	0,01	
18-11-1997	12:55		460,0	8,04	80,10	48,00	0,38	0,005	0,01	0,01	0,01		0,02			0,01	0,01	14,30
10-12-1998	13:54	7,11	903,0	8,57	187,20	85,00	0,43	0,248	0,01	0,01	0,01		0,55	0,9	0,01	0,01	0,02	18,40
22-10-1999	13:10	8,73	713,0	8,36	112,70	57,20	0,77	0,003	0,01	0,01	0,05		6,60	7,2	0,01	0,07	1,44	14,30
06-12-1999	12:00	8,73	445,1	8,16			0,37	0,165										12,10
26-10-2000	11:45	12,16	488,0	8,30	67,68	50,00	1,19	0,006	0,02	0,01	0,02		0,31	1,05	0,01	0,01	0,01	10,80
04-10-2001	15:45	8,61	610,0	7,98	105,43	45,00	0,74	0,003	0,01	0,01	0,01		1,04	2,1	0,01	0,01	0,06	12,03
11-10-2002	12:00	9,43	455,0	7,86	58,54	48,00	0,73	0,010	0,01	0,01	0,02		3,65	5,6	0,01	0,02	0,27	9,48
27-10-2003	12:45	8,52	616,0	7,62	109,89	49,00	0,48	0,007	0,01	0,01	0,01		0,36	0,9	0,01	0,01	0,03	12,69
12-10-2005	12:45	8,96	442,0	8,16	57,62	35,91	0,72	0,004	0,01	0,01	0,02		4,68	3	0,02	0,06	0,35	11,94
05-11-2007	13:40	7,40	575,0	7,54	110,87	57,00	0,69	0,012	0,05	0,02	0,01		0,19	0,2	0,05	0,01	0,02	15,33
03-12-2008	15:30	10,90		8,36														12,00
24-11-2009	12:30	8,79	475,0	8,34	70,93	46,07	0,52	0,047	0,05	0,02	0,02		1,87	2,513	0,05	0,01	0,17	11,28
11-11-2010	11:30	9,67	797,0	8,76	139,75	76,16	0,46	0,027	0,05	0,02	0,01	0,01	0,52	0,3	0,05	0,02	0,05	12,46
16-11-2011	9:00	9,13	10,4	8,69	151,10		0,53	0,007	0,05	0,02	0,01		0,13	0,3		0,02	0,02	9,93
13-11-2012	12:00	8,66	637,0	8,29	102,81	81,76				0,05	0,01		0,68		0,11	0,02	0,07	13,56
12-11-2013	12:00	8,17	752,0	8,00	133,30	75,00							0,30			0,02	0,03	14,16
11-11-2014	11:42	8,51	824,0	7,82	162,59	83,60			0,07	0,05	0,01	0,05	0,69	0,902	0,05	0,02		12,60

Tabla A-3. Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Verano.

Fecha	Hora	OD	Cond. Espec.	pH	Cloruro	Sulfato	N de Nitrato	P de Ortofosf.	Pb Total	Ni Total	Zn Total	Cr Total	Fe Total	Al Total	Mo Total	Cu Total	Mn Total	T°
		mg/L O ₂	mhos/cm	pH	mg/L Cl ⁻	mg/L SO ₄ ⁻²	mg/L NO ₃ ⁻	mg/L PO ₄ ⁻³	mg/L Pb	mg/L Ni	mg/L Zn	mg/L Cr	mg/L Fe	Mg/L Al	mg/L Mo	mg/L Cu	mg/L Mn	° C
08-03-1995	9:30	12,20	573,0	7,95					0,01	0,01	0,01		0,34	0,5	0,01	0,01	0,01	7,80
27-01-1998	11:30	9,54	285,0	7,76	47,50	62,40		0,005	0,01	0,01	0,01		0,01				0,02	9,90
16-02-1999	10:30	9,95	576,0	7,92	87,60	60,00	0,45	0,225	0,01	0,01	0,01		0,77	1,3	0,01	0,01	0,11	9,90
20-01-2000	11:30		289,0	8,29	29,10	48,00	0,14	0,003	0,01	0,01	0,09		18,70	21,6	0,01	0,14	1,24	10,60
24-01-2001	13:20		341,0	7,92	44,86	55,00	0,12	0,003	0,02	0,01	0,09		11,46	14,96	0,01	0,06	0,62	17,80
29-01-2002	10:40	9,46	316,0	7,28	26,03	53,00	0,14	0,003	0,01	0,02	0,07		16,60	23,2	0,01	0,07	1,01	8,10
17-01-2003	10:20	10,58	276,0	7,91	16,62	65,00	0,12	0,003	0,01	0,01	0,09		19,50	24,7	0,01	0,09	1,04	7,75
20-01-2004	10:45		471,0	8,21	65,39	54,06	0,28	0,007	0,01	0,01	0,02		2,02	3,6	0,04	0,02	0,12	11,17
06-01-2005	13:10	9,36	406,0	8,06	47,60	50,83	0,09	0,006	0,01	0,04	0,05		11,40	18,3	0,02	0,05	0,56	15,39
04-01-2006	15:10	5,53	298,0	7,76	18,16	60,63	0,27	0,030	0,01	0,01	0,04		5,16	7,5	0,01	0,03	0,28	13,70
05-01-2007	13:00	8,53	279,0	8,34	121,72	67,00	0,20	0,003	0,05	0,02	0,09		18,80	15,1	0,05	0,12	1,39	11,46
09-01-2008	10:30	7,23	296,0	8,20	20,80	45,00	0,08	0,012	0,05	0,02	0,11		21,40	20	0,05	0,14	1,26	9,03
08-01-2009	14:30	10,26	388,0	7,37	42,01	48,50	0,34	0,016	0,05	0,02	0,02		0,62	1,4	0,05	0,01	0,04	14,11
17-02-2010	13:30	8,08	511,0	9,33	77,65	44,95	0,41	0,005	0,05	0,02	0,02		0,93	0,653	0,05	0,01	0,08	14,02
10-01-2011	15:00	7,57	820,0	8,20	168,84	92,68		0,005	0,05	0,02	0,01	0,01	0,40	0,3	0,05	0,02	0,03	19,46
13-01-2012	10:30	8,68	495,0	8,34					0,05	0,02	0,19	0,03		29,86	0,05	0,12	2,10	10,24
07-01-2013	13:06	8,05	624,0	8,71	100,42	81,62			0,07	0,05	0,06	0,05	16,29	10,79	0,05	0,06	1,01	17,52
08-01-2014	13:00	10,64	154,0	7,47	21,80	63,90							15,14			0,09	1,05	12,17

Tabla A-4. Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Otoño.

		OD	Cond. Espec.	pH	Cloruro	Sulfato	N de Nitrato	P de Ortofosf.	Pb Total	Ni Total	Zn Total	Cr Total	Fe Total	Al Total	Mo Total	Cu Total	Mn Total	T°
Fecha	Hora	mg/L O ₂	mhos/cm	pH	mg/L Cl ⁻	mg/L SO ₄ ⁻²	mg/L NO ₃ ⁻	mg/L PO ₄ ⁻³	mg/L Pb	mg/L Ni	mg/L Zn	mg/L Cr	mg/L Fe	Mg/L Al	mg/L Mo	mg/L Cu	mg/L Mn	° C
23-05-1995	16:46	11,10	1020,0	8,01					0,01	0,01	0,05		0,09	0,5	0,01	0,01	0,01	9,90
27-03-1997	12:40		800,0				0,35	0,005										11,00
23-03-1999	14:48	7,57	1027,0	8,16	205,60	72,00	0,83	0,489	0,01	0,01	0,01		0,13	0,5	0,01	0,01	0,02	15,40
20-04-2000	11:45	10,42	1099,0	8,40	227,80	90,00	0,32	0,003	0,01	0,01	0,01		0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	10,00
04-04-2001	12:25	17,12	648,0	8,18	126,86	62,50	0,48	0,003	0,01	0,01	0,01		0,12	0,53	0,01	0,01	0,01	11,26
09-04-2002	11:25	9,65	745,0	8,63	72,32	90,00	0,51	0,003	0,01	0,01	0,01		0,05	0,2	0,01	0,01	0,01	10,20
15-04-2003	11:15	9,85	478,0	9,03	38,10	129,32	0,28	0,010	0,01	0,01	0,01		1,49	2,5	0,01	0,02	0,07	6,54
05-05-2004	13:00	8,85	823,0	7,70	161,44	70,73	0,45	0,009	0,01	0,01	0,01		0,06	0,2	0,01	0,01	0,06	9,93
09-05-2005	13:00	10,50	972,0	8,27	197,93	74,68	0,45	0,018	0,01	0,01	0,04		0,20	0,6	0,01	0,02	0,01	8,79
15-05-2006	13:40	11,56	729,0	8,11	121,13	69,66	0,50	7,035	0,05	0,02	0,01		0,07	0,3	0,05	0,01	0,01	8,79
10-05-2007	13:15	11,56	724,0	8,39	133,68	60,00	0,53	0,010	0,05	0,02	0,02		0,03	0,3	0,05	0,01	0,01	8,79
29-05-2008	16:45	10,64	722,0	8,09	119,85	70,00	0,68	0,007	0,05	0,02	0,01		0,78	0,7	0,05	0,01	0,05	5,50
02-06-2009	15:00	9,60	849,0	7,75	155,00	67,10	0,56	0,007	0,05	0,02	0,01		0,05	0,3	0,05	0,01	0,01	9,35
12-05-2010	12:00	6,37	790,0	7,80	133,73	67,22	0,48	0,010	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,3	0,05	0,01	0,01	9,61
05-05-2011	12:35	11,33	919,0	8,30	223,64			0,003	0,05	0,02	0,01		0,09	0,3	0,05	0,02	0,02	6,91
02-05-2012	12:00	8,92	1264,0	8,74							0,01		0,73		0,05	0,02	0,05	11,02
09-05-2013	12:00	9,19	1250,0	8,36	281,76	96,57			0,07	0,05	0,01	0,05	0,11	0,5	0,05	0,02	0,02	10,22
13-05-2014	13:10	9,25	1283,0	8,92	265,92	101,81							0,12			0,02		9,91

Tabla A-5. Variables analizadas en el seminario, medidas por la estación fluviométrica y de calidad química del río Olivares correspondiente a la temporada de Invierno.

		OD	Cond. Espec.	pH	Cloruro	Sulfato	N de Nitrato	P de Ortofosf.	Pb Total	Ni Total	Zn Total	Cr Total	Fe Total	Al Total	Mo Total	Cu Total	Mn Total	T°
Fecha	Hora	mg/L O ₂	mhos/cm	pH	mg/L Cl ⁻	mg/L SO ₄ ⁻²	mg/L NO ₃ ⁻	mg/L PO ₄ ⁻³	mg/L Pb	mg/L Ni	mg/L Zn	mg/L Cr	mg/L Fe	Mg/L Al	mg/L Mo	mg/L Cu	mg/L Mn	° C
07-08-1998	13:54				210,90	80,00												
06-08-1999	15:10	9,88	1064,0	8,28	215,50	73,80	0,45	0,152	0,01	0,01	0,01		0,39	0,5	0,01	0,01	0,05	6,90
20-09-1999	16:28	6,20	828,0	8,13	156,70	61,00												11,50
19-07-2000	11:00	10,55	1056,0	8,36	199,95	77,50	0,04	0,007	0,01	0,01	0,01		0,43	0,08	0,01	0,01	0,02	4,80
26-07-2001	12:15	8,65	825,0	7,15	149,27	70,00	0,64	0,016	0,01	0,01	0,01		0,11	0,1	0,01	0,01	0,01	3,47
16-07-2002	11:00	10,32	728,0	8,12	127,44	61,00	0,54	0,010	0,01	0,01	0,01		0,76	1,5	0,04	0,01	0,05	6,28
03-07-2003	13:00	8,88	889,0	8,07	130,57	115,00	0,45	0,028	0,01	0,01	0,01		0,14	0,6	0,01	0,01	0,01	10,54
06-09-2004	12:35	10,10	727,0	8,08	142,01	46,63	0,49	0,016	0,01	0,01	0,02		1,69	3,3	0,02	0,02	0,11	7,78
05-09-2006	13:00	8,76	577,0	8,13	90,80	49,10	0,56	0,014	0,05	0,02	0,02		0,30	0,4	0,05	0,01	0,02	9,73
05-09-2007	13:55	8,47	790,0	8,65	137,06	62,50	0,65	0,012	0,05	0,02	0,06		0,05	0,5	0,05	0,01	0,01	11,74
12-09-2008	14:34	8,94	569,0	8,23	115,87	43,23	3,84	6,140	0,04	0,00	0,01		0,10	0,04	0,02	0,00	0,00	11,53
13-08-2009	14:00			-	155,30		0,60	0,010	0,05	0,02	0,01		0,03	0,3	0,05	0,01	0,01	
12-07-2010	12:20	8,96	870,0	9,61	167,10	81,94	0,51	0,003	0,05	0,02	0,01	0,01	0,10	0,3	0,05	0,01	0,01	5,40
11-07-2011	12:30	10,60	1391,0	8,66	254,06			0,015	0,05	0,02	0,01	0,03	0,04	0,3	0,05	0,02	0,02	7,06
03-08-2012	13:55	9,57	1097,0	8,78							0,01		0,02		0,05	0,02	0,02	7,62
25-07-2013	11:30	9,97	1146,0	8,56	285,20	96,50			0,07	0,05	0,01		0,10	0,5	0,05	0,02	0,02	7,58
29-07-2014	15:00	8,98	1319,0	8,45	294,87				0,07	0,05	0,01	0,05	0,02	0,5	0,05	0,02		6,38

Tabla A-6. Resultados del ANOVA (otoño-invierno) en donde N = número de muestras.

Variable	Otoño – Invierno		
	N	F	F crítico
Al total	11	0,14	4,35
Cloruro	12	0,46	4,30
Cu total	13	0,00	4,26
CE	14	1,03	4,23
Cr total	7	1,00	4,75
Fe total	13	0,00	4,26
P de Ortofosfato	10	1,93	4,41
Mn total	13	0,00	4,26
Mo total	13	0,22	4,26
N de Nitrato	9	0,12	4,49
Ni total	11	0,26	4,35
OD	12	0,26	4,30
pH	13	0,23	4,26
Pb total	11	0,24	4,35
Sulfato	9	1,85	4,49
T	14	4,65	4,23
Zn total	13	0,35	4,26

Tabla A-7. Resultados del ANOVA (primavera-verano) en donde N = número de muestras.

Variable	Primavera - Verano		
	N	F	F crítico
Al total	12	12,81	4,30
Cloruro	14	7,20	4,23
Cu total	15	10,61	4,20
CE	17	6,06	4,15
Cr total	12	2,20	4,30
Fe total	15	13,23	4,20
P de Ortofosfato	13	0,46	4,26
Mn total	15	6,28	4,20
Mo total	12	0,01	4,30
N de Nitrato	11	27,74	4,35
Ni total	15	0,41	4,20
OD	13	0,54	4,26
pH	18	0,74	4,13
Pb total	14	0,16	4,23
Sulfato	14	0,30	4,23
T	17	0,11	4,15
Zn total	14	11,12	4,23