

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS
AMBIENTALES DE LAS MEDIDAS, ACCIONES Y
SOLUCIONES (M.A.S)

Calificación ambiental de las Soluciones contenidas en las Fichas M.A.S

Informe 2, 15 de Febrero de 2019

Alejandra Figueroa y Simón Bruna, consultores para
Fundación Chile. Proyecto **Escenarios Hídricos
2030, Evaluación cualitativa de impactos
ambientales de las MAS**".

Equipo Consultor:

Alejandra Figueroa Fernández, Bióloga. Licenciada en Ciencias con Mención en Biología, Universidad de Chile, Diplomado en Gestión Ambiental, Universidad de Chile y otro en Planificación para la Conservación, del Tecnológico de Monterrey (Universidad Virtual). Amplia experiencia en planificación para conservación de la biodiversidad, en el desarrollo de políticas públicas y su implementación, en el diseño de proyectos para la conservación, seguimiento, monitoreo y uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y marinos. Socia fundadora de Capital Natural y Presidenta de la Corporación Capital Biodiversidad.

Simón Bruna, Ingeniero Civil Bioquímico. Master en Economía y regulación de servicios públicos de la Universitat de Barcelona y Diplomado en gestión de la Innovación y la tecnología. Su experiencia en gestión pública, regulación de mercados, procesos de fiscalización ambiental, con énfasis en la industria del agua y la normativa en Chile, así como en la evaluación de impacto ambiental. Consultor Senior

Consultoría

Calificación ambiental de las Medidas, Acciones y Soluciones (M.A.S) en el marco del proyecto Escenarios Hídricos 2030.

15 de Febrero, 2019

Índice

Mensajes clave	4
Resumen Ejecutivo	5
Introducción	6
1.- Criterios de evaluación de las M.A.S	8
2.- Bases conceptuales considerados para la calificación de Soluciones.	10
3.- Evaluación por Nivel	12
OFERTA	12
DEMANDA	15
GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA	17
4.- Matriz de resultados	20
5.- Estudios de caso en relación a la gestión del agua y acciones de restauración ecológica. Ejemplos para el análisis	21
6.- Recomendaciones	27
7. CONCLUSIONES	28
8.- BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO 1. Mapa. Remanentes de vegetación y clasificación de ecosistemas según estado de amenaza	33
ANEXO 2. Tablas de resultados	34

Mensajes clave

La importancia de las evaluaciones de impacto ambiental radica en la identificación temprana de factores que pueden generar efectos adversos sobre el medio ambiente y las personas.

La identificación temprana de potenciales impactos permite actuar preventivamente, mitigar o evitar el daño, buscar alternativas al diseño de proyectos, evaluar integralmente aquellos elementos del medio ambiente que de verse afectados pueden generar daños irreversibles sobre la población humana.

Las decisiones sectoriales en torno a localización de viviendas, alteración de cuerpos y cursos de agua, pérdida de la cubierta vegetal, modificación y pérdida de humedales (alto andinos y costeros, entre otros), son elementos sustantivos y deben ser considerados en la gestión del agua, para el corto y largo plazo (décadas).

Privilegiar o profundizar proyectos y actividades de conservación y recuperación de los ecosistemas integrados a la cuenca hidrográfica, para cada una de las cuencas principales por región, de manera orgánica y coherente con otros esfuerzos del Estado y organizaciones locales, permitirá adaptarnos al adverso escenario de cambio climático.

Apoyar soluciones urbanas integrales, reforestación o restauración de humedales, entre otros. Todas las anteriores, Iniciativas que deben ser concertadas con los actores locales.

El espacio natural para construir el tejido social es la cuenca y los sistemas acuáticos: El río nos conecta de Cordillera a mar, El río permite habitabilidad para las personas, El río permite actividades productivas, sentimientos de bienestar.

La información señala que la extracción de agua de acuíferos, no será posible de revertir dado que su recarga es menor que extracción (EH 2030), en especial en el norte del país¹.

¹ 110 acuíferos del país se encuentran con una demanda comprometida superior a su recarga, Ministerio del Interior, 2015.

Resumen Ejecutivo

En este informe se califican las Soluciones (Fichas MAS) catastradas por Fundación Chile, desde un punto de vista del impacto ambiental de cada Solución, basados en la evidencia y juicio de experto. Las Soluciones no son entendidas como proyectos, por lo tanto, todas las sugerencias y supuestos entregados tanto en este Informe como en el Informe 1 de esta consultoría refieren al mismo contexto, la evaluación de impacto debe ser contrastada con datos sitio específico. El Impacto puede ser positivo o negativo y en ambos casos se definió una escala de 1 a 3. Las Soluciones están clasificadas por la Iniciativa EH 2030 en los siguientes tres niveles: OFERTA, DEMANDA y GESTIÓN. El presente análisis se basa en la primera evaluación realizada a las Soluciones, que consideraban una breve descripción de la Solución, para qué se usa o cuál es el beneficio, si es de tipo industrial o doméstico, si resuelve problemas asociados a los procesos industriales o agrícolas, a la gestión del agua en redes urbanas, o Soluciones que implican desarrollo de obras civiles y en otros casos Soluciones que están orientadas a la restauración de los ecosistemas o a resolver la escasez, en espacios urbanos o rurales, que incluyen ámbitos integrales. Adicionalmente, fue revisada literatura científica-técnica y experiencia nacional o internacional de aplicación. Esto permite contrastar o complementar la descripción descritos en las Fichas o para determinar si la solución tiene limitada o amplia aplicación, si es una idea piloto o en etapa de investigación, y así establecer la calificación de impacto ambiental potencial.

Cabe señalar además que esta evaluación no corresponde a la evaluación de impacto ambiental descrita en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental regida por la ley 19.300 y el Reglamento del SEIA que fija las tipologías de proyectos que ingresan al SEIA y los antecedentes que deben constar para su evaluación. Por ello se señala que ésta, es una calificación del potencial impacto ambiental producto de la implementación de las) Soluciones, las que deberán ser evaluadas ambientalmente en el marco de un proyecto específico. Dicho lo anterior, el impacto real debe ser contrastado en función del sitio, de la persistencia y magnitud de la Solución, para ello hemos incluido elementos de juicio adicional para ser consideradas. Algunos de los elementos de juicio adicionales son, por ejemplo; criterios jerárquicos relacionados a la amenaza, los factores que imprimen cambios estructurales y funcionales en los ecosistemas ante presiones y que no deberían ser alterados si buscamos adaptarnos al cambio climático.

Por último, cabe señalar que en nuestro análisis hemos tenido a la vista, para la mayoría de los casos, la cuenca hidrográfica y los subsistemas límnicos que se expresan a lo largo de ellas, como unidad funcional del desarrollo económico y, por lo tanto, de las Soluciones.

Introducción

La naturaleza se comporta como una unidad, no hay elementos aislados, la interdependencia de todos sus componentes bióticos y los elementos abióticos (sin vida) es lo que permite que podamos respirar, alimentarnos y reproducirnos, somos parte de ésta, sin embargo, somos única especie capaz de modificar su entorno, bajo procesos sistemáticos de destrucción de nuestros hábitats, sin haber percibido efectos negativos globales, sino hasta hace unas pocas décadas. El desarrollo de las actividades humanas se ha dado bajo un modelo de crecimiento económico dependiente de la explotación de los recursos naturales, teniendo como pilar el agua, lo que resulta lógico, pero este modelo se diseñó en época de abundancia, y lo hemos mantenido, con un escenario adverso. Esto, ha conducido a resultados poco alentadores en relación a la disponibilidad de agua, la pérdida de biodiversidad y con pasivos ambientales producto del uso sistemático de sustancias contaminantes sobre suelos y aguas, y modificación de los ecosistemas. Los diagnósticos al respecto abundan y los más recientes hacen urgentes llamados de atención a los Gobiernos, como el Informe del panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (Allen M.R., 2018), que señala que:

Transiciones globales y regionales de uso de la tierra y ecosistemas y los cambios asociados en el comportamiento que se requerirían para limitar el calentamiento a 1.5 ° C pueden mejorar la adaptación futura del potencial de mitigación agrícola y forestal basado en la tierra. Sin embargo, tales transiciones podrían acarrear consecuencias para los medios de vida que dependen de la agricultura y los recursos naturales (C.3.5)

Y el Informe de expertos de la Plataforma de Servicios ecosistémicos y biodiversidad de la Convención sobre Diversidad Biológica (IPBES, 2018), los varios antecedentes sobre el estado del arte en Chile (ENB, 2017-2030; MMA, 2018) y que son de público conocimiento.

Son estos antecedentes globales y nacionales, más las varias publicaciones científicas a nivel nacional, las que hemos revisado para aproximarnos a un análisis técnico, general de las Soluciones que fueron catastradas por la Iniciativa EH 2030 y se sintetizan en las Fichas MAS. No se pretende resolver ni reemplazar la evaluación de impacto ambiental en el marco de la legislación nacional, pero es una aproximación producto de la experiencia acumulada en varias décadas, lo que debería aportar a la implementación territorial de las Solución, no equivocando el alcance de éstas dependiendo de las múltiples variables que se expresan en los territorios, incluida la social y climática.

Las bases conceptuales para la conservación y manejo de las cuencas hidrográficas han sido omitidos o al menos poco considerados en la planificación del territorio y desarrollo de actividades productivas. Es importante recordar algunos conceptos que nos llevan a la esencia del ciclo del agua y de los procesos que suceden a nivel de las cuencas, el concepto de “continuo fluvial” (Marín *et al.*, 2006; Valdovinos *et al.*, 2006). Esto significa que el río es un sistema integral, lo que ocurre aguas arriba tendrá implicancias aguas abajo, (Vannote *et al.*, 1980; Valdovinos *et al.*, 2006) el río se “alimenta” de su entorno y esto da la singularidad a un río. La cuenca es un sistema integral, el ecosistema, y los humedales subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica (Vila *et al.*, 2006).

Las brechas en el conocimiento y en la sistematización de la información ecológica de las cuencas y subsistemas límnicos, ha hecho muy complejo el establecimiento de umbrales y estándares en el manejo, por ejemplo, para la elaboración de Normas Secundarias de Calidad de Aguas Superficiales (NSCA) y se han sucedido modificaciones de las cuencas para el desarrollo de actividades humanas, sin establecimientos claros sobre aquello que debemos proteger. Así, por ejemplo, no existe un guía para estandarizar el levantamiento de información y exigencias para no afectar la biología de los ecosistemas acuáticos continentales, costeros y marinos, ni las exigencias mínimas para su manejo, agregando que algunas guías del SEA² tienen Resolución, por lo tanto, deben ser “observadas”³ por el titular para considerar los criterios que se establecen en ellas, de lo contrario esto es causal de término de evaluación o rechazo. Otras guías no son vinculantes. Todo lo anterior debe ser considerado para reducir el impacto negativo sobre las cuencas hidrográficas y ecosistemas, y que el uso de las aguas superficiales y subterráneas para cubrir los requerimientos energéticos, de alimentación, potabilización de agua y riego de cultivos, sea sustentable.

El éxito en la implementación de las Soluciones será la de incorporar una visión integral, que incluye lo ecosistémico y social, siendo el componente económico, por medio del establecimiento de los incentivos adecuados, una vía para la mejor implementación que permita resolver la crisis local y nacional del agua de manera coherente y sistémica.

Palabras clave: Gestión, Oferta, Demanda, ríos, aguas superficiales, agua subterránea, continuo fluvial, restauración, conservación, protección, caudal ecológico, caudal ambiental, agricultura, saneamiento, minería.

² Servicio de Evaluación Ambiental

³ <http://www.sea.gob.cl/documentación/guias-evaucion-impacto-ambiental>

Mensajes clave para considerar una gestión integrada del agua (Banco Mundial, 2018)⁴:

- Las estimaciones muestran que, con el crecimiento actual de la población y las prácticas de gestión del agua, el mundo enfrentará un déficit del 40% entre la demanda prevista y el suministro disponible de agua para 2030.
- El agua subterránea se está agotando a un ritmo más rápido de lo que se está reponiendo. Para 2025, alrededor de 1.800 millones de personas vivirán en regiones o países con escasez absoluta de agua.
- Más de la mitad de la población del mundo vive en zonas urbanas, y esta cifra crecerá rápidamente.
- Los efectos combinados del aumento de la población, el aumento de los ingresos y la expansión de las ciudades harán que la demanda de agua suba exponencialmente, mientras que la oferta se vuelve más errática e incierta.
- Los peligros relacionados con el agua, que incluyen inundaciones, tormentas y sequías, son responsables de 9 de cada 10 desastres naturales.

1.- Criterios de evaluación de las M.A.S

Los criterios y análisis desarrollado por esta consultoría responden a los siguientes fundamentos;

- a) Selección de criterios objetivos y simplificados, que permitan hacer una evaluación de cada solución.
- b) Criterios que permitan a la Iniciativa EH 2030 consolidar, en el más breve plazo los resultados de dicha evaluación.
- c) Criterios que, al contemplar mayor información, puedan ser chequeados por cualquier actor.

Los criterios considerados para la evaluación ambiental cualitativa son:

1. Alteración de la Biodiversidad
 - 1.1. Componente Hídrico

⁴ <http://www.worldbank.org/en/topic/water/overview>

- 1.2. Vegetación-Suelo
- 1.3. Fauna hidrobiológica y terrestre
- 2. Eficiencia del uso del recurso hídrico

Se sugiere considerar en las evaluaciones caso a caso, los costos de inversión de una Solución y el diseño, construcción y operación. Esto permitiría apoyar una decisión y comparar acciones de diversos tipos, considerando los beneficios de largo plazo.

EJEMPLO DE LOS CRITERIOS UTILIZADOS PARA UNA SOLUCIÓN:

NIVEL 1/CRITERIO BIODIVERSIDAD POR COMPONENTE AMBIENTAL	SOLUCIÓN	ECOSISTEMA Hídrico	impacto	Vegetación/Suelo	Impacto	Fauna hidrobiológica y terrestre	IMPACTO	IMPACTO EN BIODIVERSIDAD
GESTIÓN DE OFERTA	Trasvase	pérdida calidad de agua	M	perdida cubierta de cubierta vegetal	M	pérdida de especies	A	A
		modificación caudales	A	apertura de caminos	A	modificación hábitat	A	
		procesos de sedimentación	A	pérdida de habitats	A	modificación estructura	A	
		fragmentación del ecosistema	A	fragmentación de corredores	A	alteración de riberas	A	
			A		A		A	

Adicionalmente y por las particularidades que revisten las Soluciones clasificadas en el Nivel de Gestión se ha incorporado una variación a los criterios, dado que los anteriores descritos no entregaban información adecuada para la calificación. Se consideran los siguientes:

- 3. Favorece a la conservación de la biodiversidad
- 4. Favorece la gestión del agua
- 5. Mejora la eficiencia del recurso hídrico.

A cada criterio se le asigna un grado de impacto, el que puede ser: Alto, Medio o Bajo (Cuadro 1), positivo o negativo (Cuadro 2). Sin embargo, para el criterio **Alteración de biodiversidad**, la respuesta a la evaluación siempre será en el rango negativo (-3, -2, -1).

Cuadro 1. Nivel del impacto

Nivel del impacto	
A	ALTO
M	MEDIO
B	BAJO
N/A	NO APLICA

Cuadro 2. Tipo y nivel de impacto

IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO
3	-3
2	-2
1	-1

Se incorpora además un criterio denominado “Eficiencia del uso del recurso hídrico”, éste puede contener datos cuantitativos en el futuro, determinando si una Solución aporta o no a la eficiencia hídrica. Una solución podría tener un impacto positivo, sin embargo, no es un aporte desde el punto de vista de eficiencia hídrica (Ejemplo, monitoreo satelital de redes). Si la medida no se acompaña de fiscalización o financiamiento para reparar o mejorar redes de agua o su distribución, la Solución no será un aporte en el objetivo final, al menos en el corto plazo.

Por otra parte, para el caso de las Soluciones referidas a aspectos de carácter legal o regulatorio su evaluación ambiental no siempre es la adecuada, por lo tanto, una opción es elaborar indicadores de seguimiento y éxito, de acuerdo al objetivo. El impacto dependerá del diseño, el que debe considerar pertinencia territorial, ambiental y social. De lo anterior, las Soluciones clasificadas en **GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA** han sido analizadas bajo criterios distintos, tal como se explicó precedentemente.

2.- Bases conceptuales considerados para la calificación de Soluciones.

A continuación, describimos los elementos que hacen de las cuencas, espacios singulares. Además de elementos que deben ser considerados para la conservación de las cuencas hidrográficas, subsistemas límnicos y de ecosistemas terrestres, en el contexto de este proyecto.

Características físicas de las cuencas hidrográficas en Chile:

- Los ríos en Chile son cortos y caudalosos, poseen características propias y dependen del clima. Geología, geomorfología y características de salinidad del suelo. Se identifican zonas bien marcadas: zona arreica (ríos esporádicos) y zona exorreica con cuatro tipos de régimen; ríos de torrente con régimen mixto en la zona semiárida, ríos de torrente con régimen mixto de la zona subhúmeda, ríos tranquilos de regulación lacustre y ríos caudalosos trasandinos de la Patagonia (Niemeyer y Cereceda, 1984).
- Las características de los ríos chilenos han generado aislamiento reproductivo de vertebrados acuáticos con baja capacidad de dispersión, como peces y anfibios.
- La gran diversidad climática de Chile se ve reflejado en la diversidad y singularidad de las cuencas hidrográficas.
- Los humedales son especialmente vulnerables a cambio climático (Marin *et al.*, 2006).
- El medio terrestre ejerce una profunda influencia en el funcionamiento ecológico de las aguas corrientes, lo que tiene incidencia en las redes hidrográficas (Valdovinos *et al.*, 2006)

- El concepto de concepto de continuo fluvial (introducido en 1980 por se desprende que los torrentes y los ríos constituyen sistemas longitudinales solidarios, en los que, debido a la circulación de las aguas, la dinámica de los sistemas situados aguas abajo depende de los procesos físico-químicos y biológicos que se desarrollan aguas arriba.

Amenazas y modificaciones sobre los ecosistemas:

Soluciones que requieren intervención de cuencas, modificación de su morfología, alteración de caudales, o en las características fisicoquímicas del agua, son evaluadas cualitativamente considerando la evidencia científica disponible. La alteración de estos componentes incide en la diversidad biológica (ecosistemas, especies y genes y la interrelación entre estos) a nivel de ecosistemas acuáticos y terrestres. Los factores que se ven alterados o modificados a nivel de ecosistemas acuáticos son:

- Caudales superficiales y subterráneos.
- Acuíferos que alimentan humedales como vegas, bofedales, algunas andinas, mallines, turberas, entre otros.
- Escurrimiento natural de los cauces y régimen hidrológico
- Fragmentación de cauces, alteración ripariana
- Alteración de carga de sedimentos.
- Eutrofización de las aguas.
- Contaminación fisicoquímica del agua

A nivel terrestre hemos analizado los mapas de vegetación terrestres elaborados por Lubert y Pliscoff, (2006, 2017) y su grado de amenaza, (MMA 2018), así como el trabajo de Marquet para el Ministerio del Medio Ambiente (Marquet *et al.*, 2013) sobre impactos del cambio climático sobre ecosistemas andinos. La vegetación remanente es un indicador del grado de amenaza que tienen los ecosistemas terrestres en Chile y las áreas donde existe la menor superficie remanente es en la zona centro-sur del país (Lubert *et al.*, 2017). Lo anterior, es un elemento significativo a la hora de evaluar Soluciones que impliquen desarrollo agrícola y consecuentemente cambio de uso de suelo (ver Mapa 1 en Anexo). Los factores que se ven alterados o modificados a nivel de ecosistemas acuáticos son:

- Cobertura vegetal nativa
- Ecosistemas terrestres azonales
- Fragmentación de ecosistemas y paisajes
- Pérdida de hábitat de especies
- Aumento de especies exóticas invasoras
- Contaminación del suelo

3.- Evaluaciones por Nivel

A continuación, se desarrollan las ideas fundamentales que se consideraron a la hora de calificar las Soluciones por nivel. Analizaremos aquellas que requieren de una mayor atención en la etapa de implementación. Asimismo, la evaluación ambiental debe ir de la mano de la evaluación de impacto de programas y políticas públicas, especial importancia tiene esto en el contexto del manejo del agua en Chile y las implicancias de una buena gobernanza a nivel de los territorios.

GESTIÓN DE OFERTA

Las publicaciones nacionales e internacionales revisadas evidencian cambios significativos en la disponibilidad de caudales y biodiversidad, así como en la calidad de aguas, producto de la intervención de cuencas (Peña, 2018; OCDE, 2016; Valdovinos y Parra, 2006; EM, 2005).

1.- Recarga de acuíferos. Para evaluar la recarga artificial de acuíferos se consideraron los estudios realizados por DGA, CNR y publicaciones científicas que la proponen como alternativa a la sequía y a otras alternativas menos eficientes, como embalses, pero alertan sobre la necesidad de mayores estudios. La calificación para esta solución, supone recarga de aguas de la misma cuenca, no trasvase para infiltración. Esto es importante a la hora de evaluar impactos, porque tiene implicancias negativas adicionales y sinérgicas.

Ante el déficit de agua, se plantea la recarga de acuíferos como alternativa. Es una medida positiva, pero es necesario clarificar que, si bien existen estudios a nivel nacional (CNR, 2013; DGA, 2013; Urtubia *et al.*, 2015) que proponen las cuencas más idóneas para realizar infiltración artificial de acuíferos, no es menos cierto que existe desconocimiento aún sobre la efectividad de esta medida, como, por ejemplo: cambios en calidad del agua infiltrada y en los ecosistemas.

Algunas publicaciones refieren que la recarga artificial de acuíferos tiene mayores beneficios que los embalses en relación a la acumulación de agua, según refieren algunos especialistas (Marsily y Abarca, 2016; Urtubia *et al.*, 2015; Cabrera, 2014) argumentando, entre otras causas, los altos niveles de evaporación que se producen en los embalses en el norte del país. Sin embargo, esto debe ser cuidadosamente estudiado previo a su implementación. Estudios nacionales, han propuesto la recarga en varias cuencas del país, un caso es el de la cuenca del río Maipo, que posee 1 acuífero, de grandes dimensiones (10.000 millones de metros cúbicos), equivalente a 40 embalses el yeso, según reportan documentos consultados (Araneda *et al.*, 2010; Urtubia *et al.*, 2015). De acuerdo a Abarca (2017) el agua posible de almacenar en acuíferos es 600 mil veces más, que la disponible

en embalses, que hoy llega a los 8.500 Km³ reduciendo además los impactos ambientales que implica la construcción de embalses.

2.- Tratamiento de aguas residuales y manejo de aguas grises. Soluciones orientadas al tratamiento de aguas residuales mejoran la calidad de las aguas y la condición de salud de los ecosistemas. El tratamiento de aguas en el país tiene enormes avances (OCDE, 2016), sin embargo, la descarga de Riles y rezago en el tratamiento terciario de aguas, ha influido negativamente en la calidad de cuerpos de agua (subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica) (MMA, 2011; M. Contreras *et al.*, 2015).

Otro aspecto a considerar es el ingreso de aguas lluvia a colectores de aguas servidas. La legislación actual establece un rol activo del Estado en la gestión de aguas lluvias (Ley 19.525⁵), sin embargo, en ciudades del sur del país hay aumentos importantes en los caudales afluentes a los sistemas de tratamiento de aguas servidas por la incorporación de aguas lluvia. Esta situación podría llevar a que las infraestructuras se tengan que ampliar considerando el tratamiento de aguas mixtas (aguas servidas en conjunto con aguas lluvia), con el correspondiente recargo tarifario.

El manejo de aguas grises, en términos generales, es una medida beneficiosa para reducir presión sobre sistemas acuáticos, es necesario evaluar efectos de la recirculación de aguas que no reingresa a los sistemas naturales. El beneficio de reducir uso de fuentes de agua potable para el riego es positivo.

Los efectos adversos o impactos negativos de las aguas residuales no tratadas son bien conocidos, entre los que cabe destacar están: los olores derivados de los gases, procedentes de la descomposición en ausencia de oxígeno; toxicidad de algunos compuestos minerales y orgánicos en usuarios y sobre la flora y fauna del cauce receptor; infecciones provocadas por la presencia de bacterias, virus u otros microorganismos contenidos en las aguas residuales

En general la evaluación de estas Soluciones es positiva y las variaciones en el ranking responden a la tecnología o eventuales contaminantes que pueden ser descartados.

3.- Restauración de ríos y humedales. Las Soluciones que involucran restauración de los ecosistemas son acciones efectivas en la recuperación de los sistemas hidrológicos, entendiendo que el agua es un elemento integral al funcionamiento de la cuenca hidrográfica y los subsistemas lumínicos (humedales).

⁵ Artículo 1º.- El Estado velará por que en las ciudades y en los centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias que permitan su fácil escurrimiento y disposición e impidan el daño que ellas puedan causar a las personas, a las viviendas y, en general, a la infraestructura urbana.

4.- Desalinización. Para el caso de la desalinización, esta tecnología presenta un impacto positivo en el momento que reemplaza el uso de agua continentales de zonas áridas y acuíferos en condición crítica, ha resultado ser un alivio para las zonas con recursos hídricos limitados, como resultado de un crecimiento progresivo de la población humana y con actividades productivas, como la minería, altamente dependiente del agua.

Sin embargo, la industria deberá incrementar esfuerzos por considerar las mejores tecnologías disponibles e identificar apropiadamente la significancia de los impactos ambientales, en cuyo caso las evaluaciones de impacto ambiental debieran ser llevadas a cabo a través de un Estudio de Impacto Ambiental en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Actualmente la mayoría de los proyectos de desaladoras son evaluados a través de una Declaración de Impacto Ambiental, lo que daría cuenta que en el proceso de evaluación se descarta la existencia de impactos ambientales significativos⁶.

Existe información publicada sobre el funcionamiento de las distintas tecnologías de desalación, con impactos sobre el área de descarga (en algunos casos 10 Km de radio), entrega un rechazo de agua concentrada, con efectos negativos sobre ecosistemas marinos y litorales producto de las salmueras y temperaturas de retorno, reportados para plantas desalinizadores en el mundo (Jones et al., 2019).

En los sistemas naturales los efectos resultan ser sinérgicos. La suma de efectos sobre el medio marino, puede ser amplificado por efectos de cambio climático y por el número creciente de desaladoras que están en etapa de diseño e implementación. Las descargas pueden aumentar la temperatura del ecosistema litoral y salmuera, con concentraciones mayores de sal que el agua de mar, los impactos asociados a la debe ser evaluado en su mérito, a nivel de sitio. Esto obliga a realizar mejores evaluaciones, aumentar el monitoreo, perfeccionar los procesos productivos.

5.- Trasvase de agua vía terrestre. En relación al trasvase de aguas, por vía terrestre tendría impactos negativos altos a nivel de cuencas, hábitat, paisajes, suelos, con alta incertidumbre y altos costos ambientales asociados. Llevar aguas desde el sur hasta el norte implica un cambio en el ciclo hidrológico local de ambas zonas. Se requiere un desarrollo de infraestructura gris para conducir el agua con impactos no evaluados.

⁶ Algunos casos de evaluación ambiental de desaladoras aprobadas mediante una DIA:

Planta	Desaladora	Tocopilla	(2015).	Expediente	disponible	en
http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2130243154 .						
Planta	Desaladora	Sur	Antofagasta	(2013).	Expediente	disponible
http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=6055342						

La intervención a gran escala puede dejar impactos no deseados y aún no evaluados. La alteración de ecosistemas, reconvirtiéndolos en sistemas productivos, bajo el actual escenario, puede resultar inviable y dejar pasivos ambientales en las cuencas.

6.- En relación a las Prácticas agrícolas ancestrales. La mantención de prácticas agrícolas ancestrales, destinadas a utilizar las características naturales de los sistemas, deben ser valoradas y divulgadas. Entendiendo que son pertinentes en conformidad a las características del territorio.

Para hacer uso de estas prácticas ancestrales es necesario considerar la realidad local, la evaluación de impacto ambiental para evaluar estas prácticas puede no ser pertinente al contexto local, si las intervenciones son a escala de manejo por comunidades no deberían generarse impactos negativos. Es necesario evitar la alteración de cuencas y paisajes innecesariamente.

GESTIÓN DE LA DEMANDA

A este grupo de Soluciones corresponden aquellas que introducen nuevas tecnologías para el ahorro de agua y otras que generan modificación del medio natural con impactos negativos sobre las cuencas y ecosistemas.

Los impactos negativos sobre los ecosistemas, producto de la infraestructura para la agricultura ha tenido un gran desarrollo, lo que ha permitido hacer uso intensivo de caudales superficiales y subterráneos y uso extensivo de los suelos. El manejo y extracción de caudales modifica características físicas, químicas y biológicas en los sistemas naturales.

Existen usuarios del agua en la cuenca reconocidos en el Código de Aguas, como las organizaciones de usuarios de agua (OUA) y corresponden a aquellas entidades reglamentadas en el Código de Aguas y que tienen por objeto, administrar las fuentes de aguas y las obras a través de las cuales éstas son extraídas, captadas y/o conducidas". (Artículo 186, Código de Aguas). Lo anterior es pertinente a la hora de establecer propuesta de gestión de recursos a nivel de cuencas hidrográficas.

Lo anterior marca una diferencia respecto de otros usuarios, incluidos los ecosistemas naturales, así muchas áreas protegidas no tienen asegurados los caudales.

1.- Embalses. Hay que considerar distinciones entre los líquidos almacenados, por ejemplo, el agua de las precipitaciones que es conservada para uso posterior, es una medida paliativa para uso doméstico. Aunque no deberían presentar impactos negativos, es necesario evaluar su acopio o almacenamiento y su efectividad por zona geográfica.

Sin embargo, soluciones como grandes embalses tienen impactos negativos en ecosistemas tanto en su etapa de construcción como en la de operación. Los efectos aguas abajo, a nivel de ecosistemas terrestres y acuáticos son por pérdida de cubierta vegetal, modificación de hábitat, modificación de la escorrentía y carga de nutrientes que aportan los flujos permanentes.

2.- Canales de regadío. las soluciones de este grupo en general han sido evaluadas negativamente. Al tomar las aguas de cauces naturales afectan los caudales ecológicos y ambientales de los cursos y cuerpos de agua; las construcciones de obras de captación no consideran evaluación de impacto ambiental. Estudios desarrollados en cuencas de la zona Central, muestran que los canales de riego están influyendo sobre la dispersión entre cuencas, afectando la biodiversidad de las cuencas en la zona Central (habita y Parra, 2001; Muñoz et al., 2015).

Lo anterior se traducen en cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas terrestres y acuáticos, modificación de la escorrentía, sedimentación, alteración en la diversidad acuática, pérdida de humedales y especies, esto tiene efectos económicos locales y nacionales, que se evidencian actualmente y han sido advertidos por diversos informes nacionales e internacionales (Banco Mundial, 2011, OCDE, 2016; EM, 2005, IPBES, 2018, FAO, 2018, IPCC, 2018).

3.- Tecnologías de riego. El perfeccionamiento de las tecnologías de riego, como riego automatizado o diseños para programar riego, aportan a la disminución de pérdida de agua y mejoran el manejo del recurso. Por lo tanto, la evaluación es positiva respecto del uso de agua. Sin embargo, si la tecnificación en el uso implica aumentar el uso de agua en base a ejercer derechos no usados o extender cultivos hacia sistemas naturales con cambio de cubierta vegetal nativa por monocultivos o plantaciones agrícolas, la “eficiencia tecnológica” deja de ser un impacto positivo. El impacto ambiental es positivo si el uso de agua en predios se reduce respecto del uso actual. Por el contrario, si se extiende la superficie cultivable, la demanda de agua podría ser mayor.

4.- En relación a prácticas agrícolas y ganaderas, FAO promueve la producción de mejores alimentos con menos impactos sobre los recursos, afirmando que la producción no sustentable contribuye a la pérdida de oportunidades daño ambiental, pobreza y problemas de salud. (FAO, 2018).

La contaminación difusa ha sido un problema de larga data y de difícil solución. Sin el apoyo de todos los sectores involucrados el uso de fertilizantes y pesticidas seguirá contaminando las aguas, degradando los ecosistemas, infiltrándose en acuíferos y

aumentando los riesgos ambientales y de salud. Una publicación reciente de la OCDE expone sobre la importancia del ciclo del nitrógeno, pero al mismo tiempo los riesgos en el medio ambiente por aportes asociados a fertilizantes, a las descargas de plantas de tratamiento de aguas no tratadas y a la industria, entre otros. Cerca de las tres cuartas parte del nitrógeno antropogénico es suministrado para cubrir demandas agrícolas. Los impactos adversos al medio ambiente se ven reflejados en la acidificación de los ecosistemas terrestres (NO_3^- y NH_4) y eutrofización de los ecosistemas acuáticos y marinos (NO_3^- y nitrógeno orgánico) (OCDE, 2018). Estos datos nos deben llevar a reflexionar sobre la forma en la que se da continuidad a las prácticas productivas, entendiendo que estamos sobrepasando la capacidad de resiliencia de los sistemas. Los desafíos incrementan al saber que se espera que las temperaturas aumenten en 2°C en tan solo una década (IPCC, 2018).

5.- Los cambios de cultivos, rotación y otras similares dicen relación con medidas de eficiencia agrícola. No tienen efectos significativos ambientales positivos en relación al agua y los impactos negativos son los descritos anteriormente, sin embargo, no podemos suponer a priori, que estas soluciones sean negativas, a menos que sea posible evaluar las variables adicionales de importancia para la conservación.

6.- Las nuevas tendencias de agricultura vertical, hidropónica, permacultura, van en una dirección correcta hacia la búsqueda de reducir efectos contaminantes de la agricultura, perfeccionar modelos hacia otros sustentables y sostenibles.

GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA

Este nivel tiene dos grandes áreas: Monitoreo e Instrumentos de gestión y económicos que inciden en el agua y ecosistemas.

La evaluación para la calificación de las Soluciones de Monitoreo considera que:

1.- El registro, almacenamiento y análisis de datos tienen impacto ambiental positivo porque con ello será posible mejorar la gestión del agua y de los ecosistemas, así como comunicar y tomar buenas decisiones respecto del uso del agua, o hacerlo más eficiente. En especial aquellas tecnologías que permiten detectar la condición de las redes de agua para evitar pérdidas, o aquellas que de manera indirecta pueden inducir buenas prácticas, como, por ejemplo: monitoreo de oxígeno disuelto, temperatura, características fisicoquímicas del agua. Sin embargo, de no conducir medidas integradas y oportunas, el impacto es neutro.

2.- Sin información no es posible administrar el agua, gestionar procesos, mejorar políticas públicas, diseñar e implementar acciones pertinentes a las cuencas hidrográficas y territorios.

Entre las dificultades que se consideraron en este sentido, es el número de instituciones sectoriales que realizan monitoreo en cursos y cuerpos de agua, correspondiendo a la DGA el mayor registro histórico a nivel nacional, pero muchas no están operativas (EH2030).

3.- Monitoreo. Respecto del monitoreo, se entenderá que los tomadores de decisiones y otros actores relevantes requieren información sobre la disponibilidad de agua y el comportamiento de los ecosistemas y las cuencas. El uso de instrumentos debe ser el adecuado al objetivo, al sistema a monitorear y a las capacidades humanas.

Varios de los instrumentos de monitoreo propuestos en las soluciones son muy simples de manejar y pueden ser utilizados por personal no especialista, pero que requerirá ser capacitado.

El monitoreo del agua, como elemento, aislado de otras variables como las biológicas y ecosistémicos, permitirá mejorar la gestión del agua.

La evaluación prioriza, con mayor ranking, aquellas soluciones que, si bien son de mayores costos iniciales, los beneficios en el corto plazo son relevantes para el seguimiento en tiempo real o como medidas complementarias al monitoreo in situ, reduciendo costos de manejo y análisis de laboratorio. utilizase por r una medida complementaria.

Con algunas excepciones, señaladas en las fichas de evaluación, los instrumentos de monitoreo, no deberían generar impactos negativos.

4.- Instrumentos para la gestión de cuencas. Todas las Soluciones con propuestas para mejorar la gestión a nivel de cuencas, como la gestión integrada de recursos hídricos, Acuerdo Voluntario de Gestión son positivas teniendo en cuenta algunos aspectos:

- La planificación del territorio debe considerar las características geomorfológicas, de paisaje, los tiempos de retorno (considerando las predicciones de clima por el Cambio Global) de las cuencas, sus zonas de inundación, predicciones de la posible carga de sedimentos, la protección de las zonas de amortiguación de aluviones e inundaciones, el rol de la biodiversidad en la amortiguación de los desastres y los riesgos asociados al cambio de uso de suelo.
- Algunas propuestas de Solución relacionadas a instrumentos económicos, no tienen aún un marco legal de funcionamiento, pero han sido bien evaluadas

entendiendo que el objetivo del instrumento es conducir hacia una mejor gestión del agua y conservación de los ecosistemas. La implementación de instrumentos de gestión debe ser a nivel local, con pertinencia, con el objetivo de reducir impactos y recuperar la integridad ecosistémica, cuando las evaluaciones de las comunidades locales y la ciencia así lo avalen.

5.- Instrumentos financieros. Estos instrumentos son positivos, tanto para la conservación de la fuente de agua como para la biodiversidad, sin embargo, en Chile aún no se desarrollan los mecanismos institucionales para su desarrollo e implementación. Por otra parte, existen ejercicios aislados en Chile donde el pago por servicios ecosistémicos funcional, lo que supone un buen mecanismo para los objetivos finales, cuida el agua y los ecosistemas.

6.- Métodos punitivos para evitar la contaminación. Este es un tema de actual discusión legislativa. Un documento del Congreso Nacional (BCN, 2018) analiza la legislación nacional relacionado a delitos medio ambientales, disponible en: https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/25939/1/Comparado_Proyectos_Delitos_Medioambientales_1_1.pdf

En enero de 2019 el Ejecutivo envió al Congreso un proyecto de ley sobre Delitos ambientales y Daño Ambiental. La iniciativa se plantea como un instrumento preventivo y disuasivo de conductas graves contra el medio ambiente. El proyecto de ley tiene **tres objetivos principales: sancionar penalmente a quienes ocasionen un daño ambiental**, entendido como pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido a componentes relevantes del medio ambiente; que la **Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) asuma un rol protagónico en la persecución de los delitos contemplados en la ley; se incorporan los delitos ambientales en la Ley 20.393 que establece la responsabilidad penal de las personas jurídicas.**

Estos instrumentos acompañados de regulaciones, fiscalización, acciones de prevención, educación e institucionalidad adecuada, son positivos. De lo contrario la sanción no tendrá efectos positivos para revertir los daños ambientales.

4.- Matriz de resultados

En Anexo 2 se adjuntan todas las tablas resultado del proceso de calificación ambiental.

Tabla 1. Criterios de evaluación ambiental

Tabla 2. Criterios de evaluación de la biodiversidad

Tabla 3.- Evaluación ambiental Nivel Gestión de Oferta

Tabla 4. Evaluación ambiental Nivel Gestión de la Demanda

Tabla 5. Evaluación ambiental Nivel Gestión Hídrica y Gobernanza. Monitoreo

Tabla 6. Evaluación ambiental Nivel Gestión Hídrica y Gobernanza. Mecanismos legales y financieros

5.- Estudios de caso en relación a la gestión del agua y acciones de restauración ecológica

Los casos de estudio que se presentan a continuación tienen por objetivo entregar información sobre diversas experiencias en relación al manejo de cuencas hidrográficas, en distintos estados de avance y con diferentes resultados, ya sea para el manejo del hídrico para el riego, a nivel de restauración, o de las múltiples actividades que se desprenden de los servicios que entregan los sistemas naturales.

Cualquier sea la decisión, estos casos muestran la dependencia absoluta del manejo de los recursos naturales con la disponibilidad del recurso hídrico, su calidad y cantidad. Lo que permite entender que el uso racional del agua, planificado y coherente con las condiciones locales es un camino hacia la adaptación al cambio global. Es un imperativo establecer otra relación a nivel de los recursos y ecosistemas, las evidencias abundan y la incertidumbre es un elemento más. Las acciones aisladas conducen a malas decisiones, altos costos, pérdida de recursos y conflictos socio ambientales.

1.- Caso de estudio. GIRH en la cuenca del río Choapa.

En la cuenca del Choapa se estableció en xxx una Gobernanza del agua, mediante la idea de la GIRH. Existe un Directorio regional, creado en 2012 por el GORE, pero éste no ha sesionado regularmente. También existe la Mesa provincial de recursos hídricos del Choapa, que se forma en 2014, es de carácter público-privado. Por otro lado, en 2009 se creó el Consejo Comunal del Agua de Salamanca, que tampoco ha sesionado regularmente. También se creó la mesa hídrica Cuncumén, que hace seguimiento a las actividades que se definen para las aguas del río Cuncumén, cuenta con la confianza del regantes y minera. También se identifica el programa “Somos Choapa”, alianza público-privada entre los municipios de la provincia y Minera Los Pelambres⁷.

A la luz de la experiencia desarrollada, es necesario evaluar la institucionalidad de las mesas del agua e identificar cuáles son los problemas que limitan su continuidad en el tiempo. Es posible evaluar si estas mesas son la vía más adecuada, si el planteamiento del problema ha sido el adecuado, o si la aproximación técnica y social ha sido la adecuada.

Los estudios elaborados para la cuenca se denomina hoy Planes Maestros de Recursos Hídricos.

A partir de este proyecto se estableció una metodología de trabajo con cuatro líneas:

⁷ <https://somoschoapa.cl>

1. Formación de una gobernanza: todos participan en torno a objetivo común.
2. Levantamiento de un Plan: elaboración de un Plan con todas las acciones requeridas, a través de una formulación común.
3. Medio de comunicación: espacios virtuales.
4. Modelo de simulación (WEAP): Con este modelo se reunió información “relevante” de la cuenca, se modelaron procesos superficiales y subterráneos con diversos escenarios climáticos.

El Plan de la iniciativa es posible revisarla en disponible en: <http://girhchoapa.cl/plan-de-girh-para-el-choapa/el-plan> (GIRH- Choapa. Dirección General de Aguas, división de estudios y Planificación). El Plan Incluye varios ámbitos de interés para los usuarios, incluidos sistemas de alerta de desastres, sin embargo, con excepción de la propuesta de aprobar una norma secundaria de calidad de aguas del río Choapa, no hay acciones para integrar la biodiversidad o las características del río desde el punto de vista ambiental o ecológico, áreas que deban ser restauradas o determinación de zonas críticas o del funcionamiento de la cuenca. Lo que indica una brecha en relación al entendimiento de los procesos en una cuenca y de la GIRH. Sin perjuicio de ello, los actores de la cuenca definen su objetivo.

2.- Caso de estudio. Beneficios económicos de los proyectos de restauración ecológica en Massachusetts.

Estados Unidos tiene una larga historia en construcción de embalses y presas. En Massachusetts se inicia la construcción de éstas en 1700. Muchas de éstas ya han cumplido un ciclo y en otros casos están generando daños ecológicos. Desde hace algunas décadas se inicia un trabajo para evaluar la situación de las represas y se decide eliminar. Así mismo se describen experiencias de restauración ecológica también ha promovido la restauración de ríos. Describimos aquí el caso de la División de Restauración Ecológica del Estado de Massachusetts y los resultados, de sus intervenciones de restauración en ríos, volcados en un documento denominado Economic Benefits from Aquatic Ecological Restoration Projects in Massachusetts *Summary of Three Phases of Investigation*.

Los proyectos de restauración, como la remoción de presas, la mejora del flujo de agua y la revitalización de los ríos urbanos, brindan muchos beneficios a las comunidades locales. Estos beneficios se derivan de los costos de infraestructura evitados, la reducción de los riesgos para la salud y la seguridad, la disminución de las inundaciones y los daños por tormentas, la mejora de la actividad económica y muchos otros beneficios generados por la restauración de los servicios ecosistémicos degradados o perdidos. (DER, 2015)

Como se resume en este documento, los resultados demuestran que la inversión en restauración ecológica crea empleos, estimula la actividad económica y genera valor económico a largo plazo al mejorar los servicios de los ecosistemas.

El trabajo de DER se basa en que los fondos públicos gastados en restauración deben maximizar el retorno de la inversión en términos de beneficios sociales, económicos y ecológicos. Para evaluar los beneficios económicos de la restauración el DER encargó tres estudios desde 2011 para evaluar y cuantifican los beneficios económicos producidos por los proyectos de la División.

El proyecto se inició en 2012 y concluyó en 2014. Cada año tiene una fase de cumplimiento; 1.- Resultados económicos: Por cada \$ 1 millón gastado, la producción económica promedio de los proyectos DER genera un 75% de retorno de la inversión y crea o mantiene 12.5 empleos equivalentes a tiempo completo. Estos resultados son iguales o superiores a los de otros proyectos de capital, como la construcción de carreteras y puentes, y el reemplazo de la infraestructura de agua (de acuerdo a lo informado en el documento)

2.- Servicios ecosistémicos: fueron evaluados los servicios ecosistémicos producto de la restauración económica. La restauración de los hábitats acuáticos y los servicios que brindan, incluida la protección contra inundaciones, la calidad del agua y el aumento del atractivo del paisaje, pueden generar un valor económico significativo.

3.- Se analizó la comparación de costos de un sistema restaurado versus intervenido y contaminado. Los datos son los siguientes:

Remover 3 presas fue 60% más económico que reparar y mantenerlas por los siguientes 30 años. Pero adicionalmente hay otros beneficios asociados a la calidad de las aguas y la remoción de sedimentos contaminados.

Es posible acceder a los proyectos en: <https://www.mass.gov/restoration-and-the-economy>

Todas las experiencias internacionales dicen relación con la capacidad de gestión, la institucionalidad existente en cada país, con las características ecológicas y morfológicas de las cuencas. Por lo tanto, invitamos a conocer estas experiencias como una forma de aproximarse a los beneficios y costos asociados a estos ejercicios prácticos, y los ejercicios en el mismo sentido para Chile deben estar evaluados de manera local.

Un elemento de interés en estos ejercicios de restauración radica en los mecanismos de gestión local, y de la institucionalidad. Es posible que los interesados puedan aplicar a un

proyecto para la restauración del río, las bases están dadas por la entidad técnica, la División de Restauración Ecológica del Estado de Massachusetts y definen los proyectos elegibles.

3.- Caso de estudio. Cuenca del Biobío

La cuenca del río Biobío ha sido ampliamente estudiada, así lo demuestran los datos desde 1990 al 2018, disponibles en la página web del Centro de Documentación del Centro EULA-Universidad de Concepción.

La cuenca. La cuenca del río Biobío tiene una longitud de 380 Km y un caudal de 750 m³/s (promedio), una superficie de 24.260 Km², es la tercera más grande del país. La cuenca fue tempranamente intervenida con 6 centrales hidroeléctricas que fueron evaluadas por EIA. Existe abundante información entre 1990 y 1993 sobre las características físicas, químicas y biológicas de la cuenca, sin duda es la que tiene más información levantada por científicos.

Amenazas. La cuenca del Biobío tiene tres marcadas condiciones en su tramo: en la primera aún hay bosque nativo, desarrollo de actividades de turismo, numerosas comunidades indígenas y centrales hidroeléctricas. En el tramo medio de la cuenca persisten las plantaciones exóticas, la agricultura, la ganadería Y finalmente Hacia la zona media de la cuenca, hay plantaciones exóticas, zona urbana, pesca, turismo

Toda la zona alta de la cuenca está habitada por comunidades indígenas, hay zonas con alta demanda de agua por aumentos de la población, zonas con baja conectividad y baja capacidad de infiltración, alta demanda de agua para actividades agropecuarias, presión inmobiliaria en aumento, modificación y desecación de canales en zonas urbanas para saneamiento y construcción.

La gestión a escala de cuenca.

- La cuenca tiene 17 centrales en operación, 13 centrales de pasada, 4 en construcción y 4 aprobadas. La influencia de éstas se da a nivel de régimen de caudales, calidad de agua, pérdida de biodiversidad a nivel de comunidades planctónicas, bentos y peces.
- La NSCA señala que los cuerpos de agua de alta calidad se ubican en el tramo alto, y hacia la zona media y terminal se califican de pobres, malos y moderados respectivamente.
- Las decisiones de intervención han omitido esta información, influyendo con proyectos de embalses en los tramos de alto valor para la biodiversidad. las

consecuencias de estos embalses han sido documentadas por investigadores de la Universidad de Concepción, reportando eutrofización de los sistemas.

- Tratamiento de Riles: El año 1990 había 31 descargas de aguas servidas, sin tratamiento. Hoy el escenario es el 100 % son tratados antes de descargan al río, producción anual de papel al 2012 era de 136.227 Ton/año, la Refinería de ENAP producía 5.520.322 m³/año,
- La superficie de bosque nativo era en 2012 la quinta parte de la superficie ocupada por las plantaciones forestales (317.500 ha. del total de la cuenca) y los sistemas de riego, a través de canales de regadío transportan 158 m³/seg. cubriendo 211.800 hectáreas.

Biodiversidad. La diversidad del río Biobío está ampliamente descrita en varias publicaciones científicas que se sintetizan por Valdovinos y Parra (2015). En una publicación extensa sobre el río Biobío. Adicionalmente, los autores explican la relación entre la morfología e hidrología del sistema y la diversidad biológica existente.

En 2014 fue aprobada la Norma Secundaria de Calidad de Aguas del río Biobío, a 5 años de su vigencia sería pertinente el impacto positivo que ha tenido dicha norma para la protección del ecosistema acuático.

Servicios ecosistémicos de la cuenca. De acuerdo a la clasificación de EM (2005) los servicios ecosistémicos (SSEE) se clasifican en tres grandes grupos; de provisión, de regulación y culturales. La cuenca del Biobío presenta los siguientes SSEE (Tabla 1)

SERVICIOS DE PROVISIÓN	SERVICIOS DE REGULACIÓN	SERVICIOS CULTURALES
Abastecimiento de agua potable, agua para la industria, agua para el riego, áridos, generación hidroeléctrica, acuicultura	Receptor de efluentes industriales y urbanos	Navegación, ancestrales, turismo, recreación.

Tabla 1. Servicios ecosistémicos de la cuenca del Biobío

Todos estos SSEE son posibles a las diversas interacciones que se dan a lo largo de la cuenca entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, los ciclos de nutrientes y el clima. Las intervenciones en la cuenca van modificando los SSEE, alteran dinámicas de flujos, sedimentos, carga orgánica alóctona que entregan los bosques nativos, procesos naturales de carga de sedimentos, entre otros y que han sido descritos previamente en el presente Informe.

LOS ECOSISTEMAS PRESENTES EN LA CUENCA Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS		
Montaña, lagos y humedales	Praderas	Ciudad y costa
En la zona superior del río hay recursos hídricos para generación eléctrica y para el desarrollo de comunidades, así como para el turismo. Los lagos y humedales son sistemas de regulación natural de la cuenca y son un aporte a la mitigación de cambio climático, son depuradores naturales.	Desarrollo de ganadería y agricultura, la existencia de tipos de humedales son un aporte a estas actividades (si no son drenados).	La existencia de ciudades se da en entornos capaces de sostener los requerimientos humanos, la alteración de los recursos, disminuye la oferta y aumenta los riesgos de la población, reduciendo la resiliencia ante desastres naturales. Los sistemas costeros entregan variados recursos, y también son regulados por las aguas continentales, la salud del río influye sobre los sistemas litorales*.

Tabla 2. Los servicios ecosistémicos que derivan de los diversos ecosistemas que hay en una cuenca, nos permite tener diversificación de recursos. Fuente: elaboración propia, tomado de TEEB, 2010. *En el caso del Biobío es relevante

4.- Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES).

Esta es una iniciativa que promueve el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y pretende entregar herramientas a los Municipios diseñar ciudades sostenibles, a través de soluciones integrales, con tres pilares de evaluación: cambio climático y medio ambiente, urbano y gestión fiscal. Se lleva a cabo en la Región de Latinoamérica y el Caribe. El BID ha identificado alrededor de 140 ciudades que denomina emergentes. Para el caso de Chile, se han identificado 22 ciudades.

Esta iniciativa del BID, define tres pilares para aproximarse a las ciudades: Sostenibilidad y Cambio Climático, Sostenibilidad urbana y Sostenibilidad fiscal y Gobernabilidad. Para cada uno de estos se describen temas que han sido seleccionados como de interés para los habitantes (se desconoce la herramienta de encuesta aplicada) y el alcance de cada uno de estos temas, algunos de estos se describen a continuación:

Sostenibilidad y Cambio Climático: agua, saneamiento, calidad ambiental, vulnerabilidad a los desastres ambientales. Los temas para este pilar son: Manejo del medio ambiente y consumo de recursos, reducción de vulnerabilidades y adaptación al cambio climático, mitigación de GEI, polución y promoción de fuentes alternativas de energía

Sostenibilidad urbana: conectividad, uso del suelo, inequidad. Los temas para este pilar son: Control del crecimiento y hábitat humano adecuado •Promoción de un transporte

urbano sostenible •Promoción de la competitividad y un desarrollo económico local sostenible •Provisión de servicios sociales y seguridad ciudadana

Sostenibilidad fiscal y Gobernabilidad: gestión pública, gasto fiscal, transparencia.

EL BID se refiere a las ciudades emergentes y sostenibles, como “Aquella que ofrece alta calidad de vida a sus habitantes, minimiza sus impactos al medio natural, y cuenta con un gobierno local con capacidad fiscal y administrativa para mantener su crecimiento económico, y para llevar a cabo sus funciones urbanas con la participación ciudadana”

Al finalizar la primera etapa de trabajo el BID propone la construcción de un plan participativo, con implicación de todos los actores locales, lo que permite integrar el monitoreo participativo de los indicadores. Así como una cartera de proyectos para implementar estudios y proyectos de inversión priorizados.

Habrá que evaluar si los temas seleccionados por cada uno de los pilares de la Iniciativa son los adecuados para las ciudades en Chile. Una iniciativa como ésta es del mayor interés a los objetivos planteados por la Iniciativa EH2030, entendiendo que la gestión del recurso hídrico define la planificación de las ciudades, materia que, tal como lo plantea la ICES ha sido desorganizada. Sin embargo, se abre una oportunidad al contemplar integralidad de soluciones y considerando para la implementación de éstas, criterios de sustentabilidad y análisis de potenciales impactos en virtud de las características ecológicas de cada una de las áreas a intervenir. Sugerimos hacer seguimiento en aquellas regiones donde exista algún nivel de avance y donde convergen otros proyectos que permitirían complementar la visión propuesta, como por ejemplo el caso de la ciudad de la Serena y el tramo de la cuenca del río Elqui que cruza la ciudad.

6.- Recomendaciones

Proponemos que se retome la elaboración de guías para estandarizar el levantamiento de información y exigencias para no afectar la biología de los ecosistemas acuáticos continentales, costeros y marinos, así como las exigencias para su manejo, basados en el conocimiento científico y en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente y SERNAPESCA.

Se recomienda considerar además estaciones climáticas a nivel de sitios, en una red que permita determinar evolución, alertas tempranas y diseñar medidas de manejo con especialistas y científicos transdisciplinariamente. (MMA, 2014; MMA 2015).

Se sugiere revisar el proyecto de Red de Monitoreo de la Biodiversidad (MMA, 2016) cuya propuesta, es un aporte a la discusión sobre datos y manejo de los mismos.

La evaluación de impacto ambiental propuesta en este proyecto es una primera aproximación, en especial para todas aquellas Soluciones que tienen causal de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), les corresponderá entregar detalles del proyecto y su localización, ya sea a través de la Declaración de Impacto Ambiental o de la Evaluación de Impacto Ambiental, sólo esto permitirá tener un respuesta definitiva sobre el impacto ambiental de una determinada Solución en el territorio.

Para aquellas actividades, que para efectos de esta consultoría entenderemos como “las Soluciones”, que no ingresan al SEIA, se hace imprescindible la implementación de regulación intersectorial (artículo 42 de la ley 19.300) que permita apoyar el cambio de prácticas productivas, entregue orientaciones integrales al manejo de los recursos naturales, de los caudales ecológicos, para la conservación de los ecosistemas y establezca criterios a la intervención de humedales y al uso de fertilizantes, así como el resguardo de acuíferos que alimentan sistemas naturales vitales para la disponibilidad de agua.

Los sectores agrícolas y ganaderos deben hacer un esfuerzo mayor para reducir los impactos negativos sobre los ecosistemas, que se traducen en cambio estructural y funcional de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Hay experiencias en Chile y el mundo que están haciendo un aporte en el cuidado de suelos y biodiversidad.

Ante las incertidumbres, con ocasión del cambio climático y la opinión de especialistas sobre temas como: recarga de acuíferos o desalación, como alternativas a la disponibilidad de agua, es importante validar las alternativas que aporten un mayor beneficio social y ambiental.

Conocer e interpretar integralmente aspectos ecológicos e hidrológicos son determinantes para un manejo adaptativo ante el cambio climático.

7.- CONCLUSIONES

Si el proyecto EH2030 busca *“Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector del agua y saneamiento en América Latina”*, un paso ineludible es hacer frente a las varias regulaciones que se superponen en la gestión del agua (Banco Mundial, 2011) y lograr la integración de las diversas demandas de manera armónica, privilegiando la protección y recuperación de áreas vitales para disponer de agua.

Las actividades humanas imprimen alteraciones en los ecosistemas y ejercen presión sobre el recurso hídrico. Indicadores de pobreza y escasez hídrica tienen origen común, deficiente gestión de los recursos naturales y ausencia de una visión de cuenca hidrográfica para salvaguardar el agua y los ecosistemas.

Hemos sido capaces, en poco tiempo, de provocar cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Los procesos naturales tienden al cambio, pero hemos acelerado esos cambios. A nivel de sistemas acuáticos las alteraciones más significativas se refieren a: modificación de la escorrentía, sedimentación, alteración en la diversidad acuática, pérdida de humedales y especies, esto tiene efectos económicos locales y nacionales, que se evidencian actualmente y han sido advertidos por diversos informes nacionales e internacionales (Banco Mundial, 2011, OCDE, 2016; EM, 2005, IPBES, 2018, FAO, 2018, IPCC, 2018).

Concretar la integración de datos sobre biodiversidad y agua, en el contexto de cambio climático. Esto ayudará a reducir las brechas de información y conocimiento. Existen varios grupos académicos entregando propuestas y diseñando estrategias y acciones locales en torno a la gestión del agua, es preciso articular los esfuerzos y fondos.

Las demandas sociales para modificar la administración del agua, ameritan acercar posiciones en lugar de confrontaciones, un desafío es, la creación de plataformas de aprendizaje, invertir en la comunicación y en la conservación y restauración de los ecosistemas.

Generar la mejor información posible para evaluar proyectos de inversión, considerando los escenarios futuros y la situación territorial actual y futura..

8.- BIBLIOGRAFÍA

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, (2018): Framing and Context. En: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C.

Álvarez, Silvia G. (2016). Campos de camellones y jagüeyes en Ecuador: una visión integral desde la arqueología al presente socioambiental. *Intersecciones en antropología*, 17(1), 19-34. Recuperado en 14 de diciembre de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-373X2016000100002&lng=es&tlng=es.

Contreras M. (2015). Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad de Aguas Continentales. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Evaluación de Desempeño Ambiental: Chile (2016), Santiago de Chile.

EH 2030 (2018). Radiografía del agua. Brecha y riesgo hídrico en Chile. Santiago.

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2005). Los Ecosistemas y El Bienestar Humano: Humedales y agua. Informe de síntesis. World Resources Institute, Washington, DC.

IPBES. (2018). Resumen para los responsables de la formulación de políticas del informe de evaluación regional sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas de las Américas de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas.

Jones E., Qadir M., van Vliet T.H., Smakhtin V., Kang Seong-mu. (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook. *Science of The Total Environment*. Vol. 657, pp 1343-1356doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076

Kemper K., Foster S., Garduno H., Nanni M., Tuinhof A. (2010). Gestión sustentable del agua subterránea: Conceptos y herramientas N° 7. En: GW Mate Briefing Note Series . Banco Mundial. Disponible en:

<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/537261468175152061/Gestion-sustentable-del-agua-subterranea-conceptos-y-herramientas>

Lubert F. y Pliscoff P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Ed. Universitaria. Segunda Ed. Santiago de Chile. Marín V., Delgado L., Vila I. (2006). Capítulo I. Sistemas acuáticos, ecosistemas y cuencas hidrográficas. En: *Macrófitas y vertebrados límnicos de Chile*. Ed Universitaria. Santiago

MMA, CTCN, CATIE, ICRAF.2016. Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático. Ministerio de Ambiente de Chile, Climate Technology Centre and Network, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación, World Agroforestry Centre. Santiago-Chile

MMA. (2015). Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales, Informe N°2. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 43 p.

MMA (2018). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente (272pp.). Santiago de Chile.

MMA (2018). Estrategia Nacional de Biodiversidad, 2017-2030

Ministerio de Energía. 2016. Estudio de cuencas. Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Aysén, Baker y Pascua. Gobierno de Chile. Santiago. 104 pp

Marquet, P., Labra, F., Abades, S., y Cavieres, L. (2011). Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Gobierno de Chile, Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Massachusetts Department of Fish and Game and Division of Ecological Restoration. (2015). Economic Benefits from Aquatic Ecological Restoration Projects in Massachusetts Summary of Three Phases of Investigation. Massachusetts.

Niemeyer H. y Cereceda P. (1984). Geografía de Chile. Tomo VIII. Hidrografía. Instituto Geográfico Militar. Santiago.

OCDE (2018). Human acceleration of the nitrogen cycle: Managing risk and uncertainty. OECD Publishing. Paris. <http://doi.org/10.1787/9789264307438-en>

TEEB (2010). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para las autoridades regionales y locales*.

Urtubia¹ B., Parraguez C. y Daniele L. (2015). Gestión de la Recarga en la Cuenca de Santiago: sectores y métodos para su implementación. XIV CONGRESO GEOLÓGICO CHILENO. La Serena.

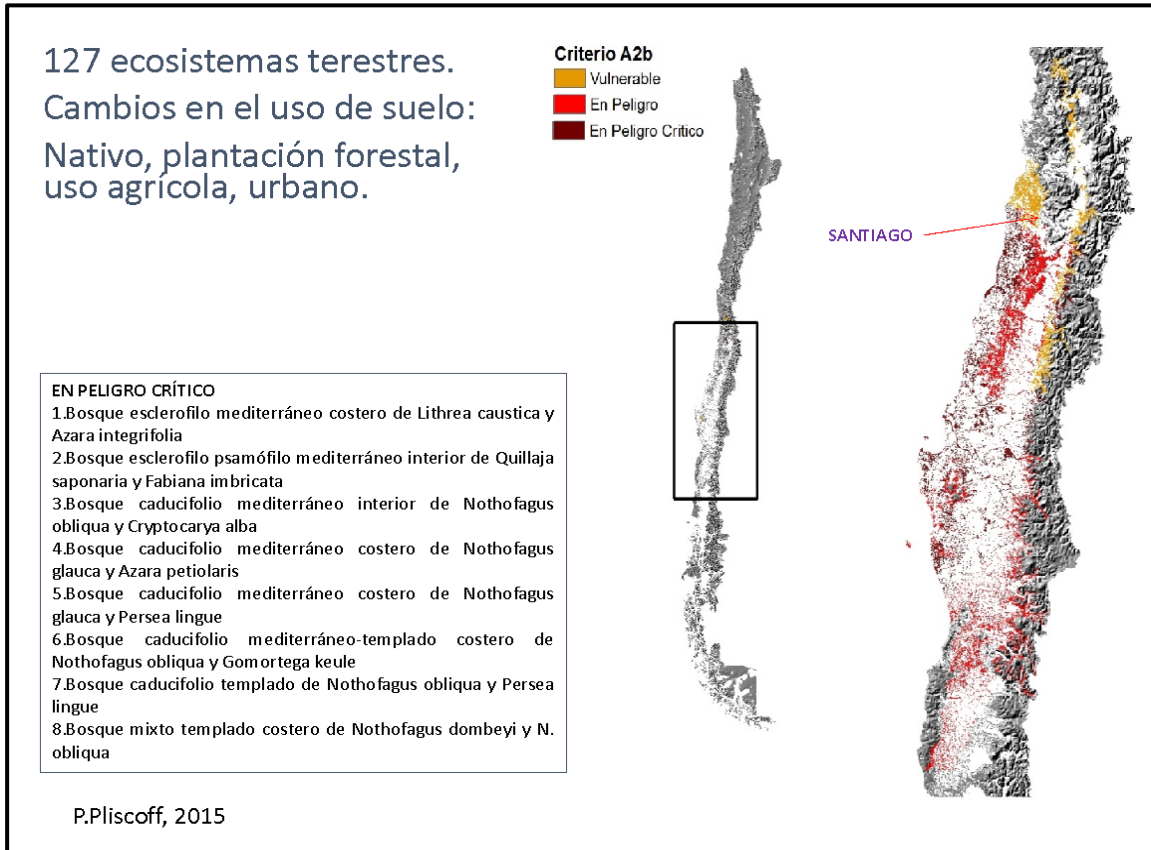
Vila I., Veloso A., Schlatter R., Ramirez C. (2006). Macrofitas y vertebrados límnicos de Chile. Ed Universitaria. Santiago.

Valdivinos C. y Parra O. (2006) La cuenca del Río Biobío: Historia natural de un ecosistema de uso múltiple. Publicaciones Centro EULA.

Vannote RL., Minshall GM., Cummins KW., Sidel JR. y Cushing CE. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences* 37: 130-7.

ANEXO 1

MAPA 1. Remanentes de vegetación y clasificación de ecosistemas terrestres según estado de clasificación



MAPA1. En el mapa se muestran los pisos vegetacionales en Chile y en colores aquellos ecosistemas terrestres con algún grado de amenaza. (Lubert y Plissock, 2017).

ANEXO 2. TABLAS DE RESULTADOS