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

Escenarios Hídricos 2030

Medidas, Acciones y Soluciones

FEBRERO, 2019

Informe preparado por Alejandra Figueroa Fernández, Consultora Senior.

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.
Presidenta de la Corporación Capital Biodiversidad.

Simón Bruna, Ingeniero Civil Bioquímico. Master en Economía y regulación de servicio 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
Análisis cualitativo de los impactos ambientales propuestos por las Medidas, Acciones y Soluciones (M.A.S)
Febrero, 2019

INDICE

Mensajes clave 6

1. Resumen Ejecutivo 7

2.- Introducción 8

3.- Objetivos de la consultoría 10

4.- Metodología de trabajo 10

5.- Análsis crítico sobre la situación actual en relación al agua y su gestión 11

5.1.- Reforma al Código de Aguas 14

5.2. Sobre el caudal ecológico y ambiental 15

5.2.1.- Caudal ambiental en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Chile 16

5.2.2.- Caudal ecológico para preservar servicios ecosistémicos 16

6.- Resultados 18

6.1.- Identificar cualitativamente los impactos ambientales, positivos y negativos, de cada MAS catastrada. 19

6.1.1.- GESTIÓN DE OFERTA 20

6.1.2.- GESTIÓN DE LA DEMANDA 32

6.1.3.- GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA 37

6.2.- Dar respaldo técnico/científico a los impactos ambientales identificados para las diferentes MAS. 48

6.3.- Proponer la continuidad del trabajo, para avanzar hacia una evaluación de impacto ambiental más cuantitativa. 48

6.3.3. Propuesta de criterios para evaluar impacto ambiental 54

7.-Otros antecedentes que deben ser considerados en la implementación de las M.A.S. 57

7.1.- Infraestructura verde e Infraestructura gris, brechas y oportunidades 57

7.2.- Políticas públicas y marcos internacionales comprometidos por Chile. 61

7.2.1.- Informe OCDE. Recomendaciones sobre la Gestión del Agua y la Biodiversidad 61

7.2.2.- Objetivos de Desarrollo Sostenible de Nacionales Unidas (ODS 2030) 61

7.2.3.- Informe sobre ciencia e innovación para los desafíos del agua en Chile 62

7.2.4.- El rol de la biodiversidad en la disponibilidad del agua 63

7.2.5.- Mapa de conflictos socioambientales de Chile a Julio 2015 68

8.- Recomendaciones 69

9.- Referencias 72

10.- Anexos 77

Anexo 1.
Observaciones a planilla M.A.S. 77
Gráficos, Figuras y Tablas complementarias 82

Anexo 2. CASO DE ESTUDIO: Monitoreo de humedales altoandinos

FIGURAS

Figura 1. Esquema que representa los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas para el desarrollo de las diversas actividades humanas. 17

Figura 2. Relación entre ecosistemas, servicio ecosistémicos y el bienestar humano. 35

Figura 3. Tipos de amenazas del nivel físico, químico o biológico que impactan sobre los ecosistemas acuáticos. Fuente: elaboración propia en base a mma, 2006. 53

Figura 4. Jerarquización de las amenazas sobre los ecosistemas. 53

Figurra 5. Tipos de metodologías para la carga de acuíferos inducida 75

Figura 6. Monitoreo con boyas en 2 lagos costeros en tiempo real. Sistema de Seguimiento 79

Figura 7. Soluciones basadas en la Naturaleza 80

GRÁFICOS

Gráfico 1. Producción, consumo y pérdida del sistema de suministro público de agua, entre 200-2013. 38

Gráfico 2. Consumo de agua, por fuente y sector, 2014 43

Gráfico 3: Pérdidas económicas por efecto de especies exóticas invasoras 63

Gráfico 4. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales, por sector y regiones. 81

Gráfico 5. Conflictos ambientales por sector, información recopilada hasta 2016. 81

TABLAS

Tabla 1.- Ejemplos de evaluación utilizando criterios para calificar soluciones bajo el concepto de impacto ambiental 37
Tabla 2. Propuesta análisis jerárquico cuantitativo respecto de las amenazas de acuerdo a tipo de ecosistema. 82

Fotografía

Río Puelo. ©Tomas Walker F.

Mensajes clave

- **Es necesario tener presente que las amenazas sobre los ecosistemas pueden ser sinérgicas o estar influenciadas por factores exógenos, como los cambios en las temperaturas y precipitaciones, extracción de caudales o cambios en la salinidad, estos son determinantes en la funcionalidad y expresión biológica de los ecosistemas.**

- **Los impactos pueden causar daños reversibles o irreversibles sobre los ecosistemas, es posible orientar medidas de manejo para mitigar o evitar daño, pero en ocasiones los impactos ambientales son mayores que los beneficios o la incertidumbre no permite tomar una decisión informada.**

- **El agua no se pierde en el mar, de Cordillera a mar se recargan acuíferos a lo largo de la cuenca hidrográfica, aportando nutrientes a las zonas de inundación para el desarrollo de cultivos, su llegada a las costas permite la entrega de nutrientes en las zonas litorales y con ello el desarrollo de recursos pequeros, en su paso se dan procesos imperceptibles para el hombre y que forman parte del ciclo de nutrientes y del ciclo hidrológico, una y otra vez.**

- **Uno de los aprendizajes que han dejado los eventos catastróficos en el país tienen un patrón común, ausencia de planificación territorial con criterios ecológicos, omisión de zonas de riesgo para definir zonas urbanizadas, pérdida de superficies húmedas y redes de acuíferos que funcionan como buffer, absorbiendo y conduciendo aguas lluvias a través de la infraestructura verde natural**

- **Los cambios en los patrones climáticos, como temperatura y precipitaciones están ejerciendo una alteración sobre los sistemas naturales y disponibilidad de agua, pero a esto debemos sumar la presión antrópica.**

- **Decisiones sectoriales aisladas no permiten integran los elementos anteriormente descritos, la evaluación ambiental estratégica debe ser vinculante para los planes de ordenamiento territorial y los Informes Ambientales Municipales, los que en muchos casos autorizan desecación de sistemas hídricos.**

1.- Resumen Ejecutivo

En el marco del proyecto “Escenarios Hídricos 2030” (Cooperación técnica no reembolsable N°ATN / OC- 15816- CH), inserto en el Programa “Promover la adaptación al cambio climático y la gestión integral de los recursos hídricos en el sector del agua y saneamiento en América Latina” del BID, se analizan Soluciones potenciales y sus potenciales impactos ambientales.

En este contexto, la iniciativa Escenarios Hídricos 2030 (EH 2030) conduce, desde el año 2016 una serie de reuniones con diversas instituciones y especialistas para construir diferentes escenarios hídricos al 2030-2050, que contribuyan a dar seguridad y sustentabilidad al recurso hídrico como aporte a la discusión nacional y a la formulación de políticas en la materia, identificando los riesgos y oportunidades para los diferentes sectores.

De esta construcción colectiva se recopilaron diversas Medidas, Acciones y Soluciones (MAS), que corresponden a una serie de propuestas que han sido evaluadas desde el punto de vista ambiental, social y económico, esto permitirá proponer alternativas al uso y gestión del agua, considerando los impactos positivos o negativos potenciales, que pueden generar la implementación de las M.A.S. La presente consultoría realizó un análisis desde el punto de vista ambiental. Para ello consideramos la siguiente planificación, que se llevará a cabo en el período acordado en los Términos de Referencia “**TÉRMINOS DE REFERENCIA ATN/OC-15816-CH, Escenarios Hídricos 2030, Evaluación cualitativa de impactos ambientales de las MAS”.**

La consultoría analizó un total de 243 Soluciones, para cada una se hizo revisión de información científica, páginas web descritas en la tabla de M.A.S., consultas directas a especialistas, guías o publicaciones técnicas de organismos nacionales o internacionales. Se describieron de manera general los impactos potenciales, indicando cuál sería el principal componente afectado potencialmente. Las Soluciones propuestas en la tabla desarrollada por la Iniciativa EH2030, se relacionan, en general, con un proveedor, materia que será analizada en este informe. Asimismo, se sugiere una evaluación distinta a la evaluación de impacto ambiental para las Soluciones referidas a Gestión. Finalmente, cabe desatacar que muchas prácticas productivas basadas en tecnologías, no presentan impactos ambientales en sí mismas, los impactos positivos o negativos, estarán dados en un contexto territorial, sitio a sitio, pudiendo influir la sinergia con otras actividades, o el mal funcionamiento de una tecnología, lo que puede generar impactos ambientales negativos. Dicho lo anterior, es imprescindible que el trabajo posterior del Comité, que forma parte la implementación de las M.A.S., pueda considerar los aspectos antes señalados. Por el contrario, hay actividades que tienen un impacto ambiental objetiva y probadamente negativo o positivo. Es posible señalar que las Soluciones más relevantes descritas en la tabla de las M.A.S se agrupan en aquellas del sector agrícola, saneamiento y gestión del agua, instrumentos para la restauración de ecosistemas, instrumentos financieros y de gestión pública y privada.

2.- Introducción

El interés e importancia que tiene el agua, no requiere mayores explicaciones, preocupación internacional y nacional ha llevado a la construcción de modelos que permiten suponer un escenario nacional adverso, sin embargo, diagnósticos nos alertan sobre la precaria situación de algunas regiones del país y a partir de estos diagnósticos surgen diversas propuestas para hacer frente a los escases de agua, pero además al "exceso". Muchas de estas iniciativas son desarrolladas por actores privados, ya sea para aportar a la discusión nacional, o porque muchas actividades productivas dependen del agua, que desde Valparaíso al Norte debe ser suplida ante el crecimiento sostenido de la población y de las actividades productivas. Sin embargo, las distintas iniciativas aparecen desarticuladas y no están considerando criterios ambientales, ni los modelos climáticos, ni los riesgos asociados a dichos desarrollos. El Estado por su parte, ha insistido en resolver la demanda de agua, mediante grandes obras de infraestructura, principalmente embalses para la agricultura, bajo el mismo modelo desde hace 100 años. Cabe preguntarse por qué la información y diagnósticos nacionales e internacionales, así como propuestas relacionadas al agua, buenas prácticas en agricultura y el manejo de recursos naturales, entregadas desde hace décadas por diversos autores y entidades como: la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]; el Banco Mundial [BM]; la Organización para el Comercio y Desarrollo Económico [OCDE]; El Programa de Naciones Unidas [PNUD] y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], no han tenido el impacto esperado para lograr la conservación del agua y los ecosistemas. Lewinsohn J. y Salgado R. (2017), nos plantean lo siguiente:

> La buena gobernanza está destinada a convertirse en el principal instrumento con que cuentan los países de América Latina y el Caribe para cambiar la orientación que se ha dado hasta hoy al manejo económico y fiscal de los recursos naturales y así avanzar en el camino de la equidad, la sostenibilidad, los derechos humanos y la protección de la naturaleza (p. 10)

Con este enfoque, la gestión del territorio debería entonces ser equilibrada y sostenible, el uso de los recursos naturales debería estar conducido por una estrategia de evaluación de disponibilidad de los recursos naturales, incluida el agua. Cuestión casi imposible de llevar a la práctica bajo el actual modelo económico del país, basado en la extracción de recursos naturales como soporte de la economía nacional y local o con el actual sistema de distribución o administración del agua que rige en Chile.

El Sistema de Naciones Unidas lleva más de un decenio generando información y acciones de sensibilización respecto al agua y la vinculación de la industria con ésta. El último programa "Agua para la vida", se llevó adelante entre 2005-2015, en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), y tenía como objetivo el identificar el peso de los recursos hídricos en los sectores productivos como la industria y energía, entre otras. Posteriormente, en 2015 se lanzó la Agenda ODS 2030, con uno de sus Objetivos dedicados especialmente al agua, los que se detallan en ítem 7.2 de este informe.

En este contexto, toma relevancia la gestión sostenible del territorio y de las cuencas hidrográficas, tal como lo señalan Dourojeanni y Jouravlev (1999) los modelos de gestión integrada de cuencas y manejo sostenible de los recursos, deben reconocer a los ecosistemas como parte integral de la solución, promoviendo la consecución de un desarrollo más sostenible.

La fragmentación de cuencas, la pérdida de cubierta vegetal y el cambio de uso de suelo, modifica la interfase suelo-planta-atmósfera (Armesto y Hoffman, 2014) con consecuencias adversas en la disponibilidad del agua. Las características ecológicas de un área, cuenca, región o territorio, son el resultado de transformaciones físicas y químicas, de procesos biogeoquímicos complejos. Las grandes transformaciones provocadas por el hombre han generado indiscutiblemente modificaciones en los sistemas naturales, la población humana se ve enfrentada a una de las mayores crisis ambientales.

Los cambios en los patrones hídricos se mantendrán en un escenario tendiente a la escasez, las actividades productivas se incrementan y la población humana también, por lo tanto, es imperativo que todos los sectores productivos realicen máximos esfuerzos para reducir el uso del agua y su huella hídrica, especialmente el sector agrícola, que incrementa el uso de agua. Se requiere diseñar cuidadosa e integralmente la planificación del territorio con un cambio de paradigma, con soluciones basadas en la naturaleza, mejorando el desempeño ambiental y el entendimiento individual de la crisis ambiental a la que nos enfrentamos, sabiendo que “el agua en el planeta no cambia” (Armesto y Hoffman, 2014).

Finalmente, las Medidas, Acciones y Soluciones (M.A.S), identificadas por la Iniciativa Escenarios Hídricos 2030 (EH 2030), a pesar de ser evaluadas bajo criterios ambientales, sociales y económicos requieren de un análisis de pertinencia territorial, institucional y local. Asimismo, es pertinente señalar que los análisis sectoriales, en espacial aquellos que se resuelven en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ameritan una visión integral para la toma de decisiones, considerando sin exclusión, la conservación de los ecosistemas, como elemento fundamental para el suministro de agua para todas las

actividades humanas. Chile ha demostrado un buen comportamiento en el suministro de agua potable a nivel nacional, sin embargo, estamos en deuda en el tratamiento terciario de las aguas residuales, así como en los procesos de normas de calidad de agua, el aumento en uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura ha tenido impactos negativos sobre cursos y cuerpos de agua (OCDE, 2016). Una mala planificación de la gestión del recurso hídrico, así como de las ciudades, omitiendo la importancia de los ecosistemas, que hacen viable su ciclo, acelerará los riesgos y la crisis climática, y consecuentemente gatillará conflictos socioambientales. Respecto de esto último, el Instituto de Derechos Humanos (INDH) ha detectado que el 43 % del total de los conflictos catastrados en el país, refieren a temas de agua (INDH, 2016).

> "La protección ambiental no puede plantearse como un dilema frente al desarrollo, sino como uno de sus elementos. Cuando hablamos de desarrollo sustentable, estamos pensando en crecimiento económico con equidad social y con preservación y cuidado de los recursos naturales"; Mensaje de la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente, 1994.

3.- Objetivos de la consultoría

Objetivo general: Análisis cualitativo de los impactos ambientales propuestos por las Medidas, Acciones y Soluciones (M.A.S) que deriva de la Iniciativa "Escenarios Hídricos 2030" (EH 2030).

Objetivos específicos:

3.1.- Identificar cualitativamente los impactos ambientales, positivos y negativos, de cada M.A.S catastrada.
3.2.- Dar respaldo técnico/ científico a los impactos ambientales identificados para las diferentes M.A.S.
3.3.- Proponer la continuidad del trabajo, para avanzar hacia una evaluación de impacto ambiental más cuantitativa.

4.- Metodología de trabajo:

La revisión de las M.A.S tuvo a la vista alrededor de 300 Soluciones y el catastro final contempló sólo 243. La clasificación de éstas corresponde a 3 niveles denominados: **Gestión de Oferta, Gestión de Demanda y Gestión Hídrica y Gobernanza,** luego estos derivan en un Nivel 2 que considera los siguientes aspectos: Almacenamiento, Reutilización, Nuevas Fuentes Limpias, Monitoreo, Mecanismos financieros, Legales-institucionales, Inducción de comportamiento, Eficiencia, Almacenamiento, entre otros.

Para abordar el trabajo se realizó un análisis en base a la información descrita en la planilla de las Soluciones y se revisaron las páginas web asociadas a éstas. Se analizó bibliografía referente a las tecnologías, literatura científica disponible, informes institucionales, revisión de experiencias nacionales e internacionales, descritas en las páginas web institucionales, como centros de Investigación, resúmenes de congresos entre otros. La información citada en este informe se puede está encontrar en las Referencias y otro tipo de documentación consultada, está en carpetas en formato digital.

Se hará énfasis en algunas externalidades potenciales a la hora de implementar las Soluciones, lo que se diferencia de la casilla Impacto Ambiental, en la cual se entrega solamente el tipo de impacto identificado, positivo o negativo, y de manera general, cuál sería el efecto de ese impacto o que componente es el afectado de manera directa.

En el presente informe se realiza un análisis detallado sobre algunas de las Soluciones, haciendo un análisis crítico en algunos casos, entregando los mejores antecedentes disponibles, considerando los instrumentos existentes en Chile, que pudieran obstaculizar avance o favorecer medidas, analizando experiencias específicas sobre algunas Soluciones y relevando agendas nacionales e internacionales con directa vinculación a la materia de esta consultoría. Se realizó además una revisión de diversas fuentes que permitieran identificar potenciales impactos de las M.A.S., especialmente para los casos clasificados como Gestión de Oferta y Gestión de Demanda.

Finalmente, en el ítem 6.3 se sugieren pasos a seguir y los criterios posibles de utilizar para una próxima evaluación de detalle para las M.A.S.

5.- Análisis crítico sobre la situación actual en relación al agua y propuestas M.A.S.

La reducción de agua disponible tiene múltiples factores, pero uno determinante, dice relación con la deficiente administración del agua durante décadas, en especial referido a la autorización de uso de los derechos de aprovechamiento de agua (DAA). Por ejemplo, entre 1995-2010, se autorizó el uso previsible de los acuíferos, es decir, autorizar un sobre otorgamiento controlado. El supuesto es que había zonas con un menor aprovechamiento que el potencial, se promovía entonces “utilizar mejor el potencial acuífero “para el desarrollo económico (Banco Mundial, 2011). Sin embargo, esto condujo a un sobre otorgamiento de aguas, con consecuencias ambientales y económicas no evaluadas, se

subestimaron los impactos o se desarrollaron modelos hidrológicos con pocos datos que no se hacen cargo de la singularidad a nivel de sitio.

El escenario actual del agua, además de adverso, es completamente diferente a aquel de principios de los años 90': cuencas con abundantes recursos hídricos, menor población humana, menor presión sobre éstas y dos sectores principales que definían el uso de agua, el de energía y el agrícola (Peña, 2018). Entre 2010 y 2015 el sector agrícola aumentó un 9% el consumo de agua, la industria redujo en un 3% y la minería redujo su uso de 9% a 3%, lo que se explica por el cambio de tipo de fuente, de agua continental a marina (CEPAL, 2017).

De persistir el actual modelo de distribución de los DAA, el avance de cualquier propuesta que implique la gestión de los recursos a nivel de cuenca o la protección de caudales se torna muy difícil. En 2011 el Banco Mundial (BM, 2011) elaboró un completo informe donde detalla las falencias de la institucionalidad del agua en Chile, los efectos negativos que esto provoca y propuestas concretas para mejorar la gestión del agua, como por ejemplo: mejorar la protección de los requerimientos hídricos para los ecosistemas y servicios asociados (servicios ecosistémicos).

Chile posee 101 cuencas hídricas, con 1.251 ríos y 12.784 cuerpos de agua (lagos y lagunas) de acuerdo al Atlas del Agua del Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Aguas (MOP-DGA, 2016). Este mismo documento realiza un análisis respecto a la disponibilidad hídrica del país, que señala un promedio per cápita 51.218 m^3/persona /año en Chile v/s 6.600 m^3/persona/año a nivel mundial. Pero este análisis toma los volúmenes del país y los divide por la población existente, lo que genera una distorsión desde el punto de vista de la planificación y conservación de ecosistemas, ya que el agua abunda en las regiones con menor número de habitantes y no están presentes las actividades productivas que requieren grandes volúmenes de agua (minería y agricultura). Es así, como entre las regiones de Arica y Parinacota y Coquimbo la disponibilidad de aguas superficiales está entre un rango de 0,01 y 11,78 m^3/s., en cambio hacia el sur del país, entre las regiones de Los Lagos y Magallanes, la disponibilidad de aguas superficiales varía entre 879 m^3/s y 3.480 m^3/s., respectivamente. Esta información, sin embargo, debe ser analizada con cautela, ya que corresponden al registro del año 1987 del Balance Hídrico Nacional (Escenarios Hídricos 2030, 2018). Al respecto, zonas críticas del país cuentan con deficiente información meteorológica, lo que implica falencias en el análisis de datos históricos a nivel de sitio, dificultades para llevar a cabo diagnósticos científicos que impliquen, por ejemplo: evaluación hidrogeológica y ecosistémica.

Es relevante contar con información científica robusta para tomar decisiones, que los Servicios Públicos y los titulares de proyectos cuenten con la misma información. Mesas de trabajo de diversos sectores han señalado de manera reiterada la falencia de datos o la dispersión de información sobre los recursos hídricos e información científica sobre biodiversidad (MMA *et al*. ,2016; CNID, 2016; Valor Minero, 2017, CAPES *et al.,* 2017).

Es preciso avanzar hacia el perfeccionamiento de la información disponible, ya que los datos no sólo permiten resolver materias asociadas a la administración del agua, son indispensables además para asegurar el suministro, conocer qué y cómo debo conservar los sistemas hidrológicos y los ecosistemas que aseguran la provisión de agua, tanto subterráneos como superficiales y avanzar hacia una planificación de cuencas hidrográficas, respetando las singularidades de las cuencas exorreicas y endorreicas para conducir una efectiva "eficiencia en el uso del agua". Para el sector privado, asegurar la eficiencia en el uso del agua implica mayores rentabilidades presentes y futuras y para el gobierno, permite mejorar las inversiones en otras áreas de interés país, abrir nuevos mercados sostenibles y reducir costos para suplir déficit hídrico con medidas ineficientes (camiones aljibes, trasvase de aguas, embalses artificiales), generando externalidades ambientales positivas y reduciendo conflictos entre usuarios de las cuencas (Lewinsonh y Salgado, 2017).

Pero lo anterior, se hace inviable sin datos actualizados, o información desactualizada o dispersa. Diversos análisis refieren a estos problemas, lo que ejemplificaremos a continuación. De acuerdo al análisis de especialistas de CAZALAC y UNESCO (EH2030, 2018), ninguna de las estaciones de monitoreo existentes entre la región del Maule y Magallanes pudo ser considerada para el estudio de aguas subterráneas y para el caso de regiones del norte, varios datos debieron ser descartados. Dicho lo anterior, se desconoce la tendencia de las aguas subterráneas en la zona sur y sur–austral de Chile. Esto debe ser del mayor interés de privados y de los gobiernos.

Un estudio del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2015) realizado en la cuenca del Salar de Atacama (ver detalles en Anexo), cuyo objetivo principal era caracterizar los humedales de esa cuenca y proponer una gestión integrada para la conservación de los humedales altoandinos, público-privado, permitió determinar el tipo de información existente, qué tipo de información maneja el sector privado y cuál el sector público, así como el esfuerzo de monitoreo y las brechas. Los hallazgos ponen en evidencia una brecha de información por parte del Estado, desconocimiento de la información que levanta el sector privado. Esto hace ineficiente la gestión de recursos económicos y humanos, así como los esfuerzos para mejorar el desempeño ambiental. El estudio entrega información de detalle y propuestas concretas, algunos elementos del proyecto se entregan en Anexo (Estudio de Caso). En este

mismo contexto, la Dirección General de Aguas realizó una actualización de la delimitación de las vegas y bofedales de la región de Antofagasta (DGA, 2006) lo que permite conocer en detalle el comportamiento de estos sistemas y realizar seguimiento a los mismos, sin embargo, es preciso avanzar hacia monitoreos y estudios continuos. El MMA en 2013 instaló instrumentos para monitorear el comportamiento hidrológico y biológico de vegas altoandinas en el Sitio Ramsar Laguna Negro Francisco y Sta. Rosa (región de Atacama), sin embargo, la falta de recursos impidió la continuidad del proyecto. No sólo la hidrología de los sistemas nos permitirá ser eficientes y sostenibles en el uso del agua, el entendimiento relacionado a la biología de los sistemas es necesario para asegurar la condición y calidad de las aguas, promover economías locales sostenibles, además de asegurar el capital natural para las actividades humanas y productivas, como la agricultura, la industria y la minería, que son las principales consumidoras de agua en las cuencas.

5.1.- Reforma al Código de Aguas

Varios estudios han analizado las debilidades y los problemas que ha generado la administración del agua y los derechos de aprovechamiento de agua (DAA). Un problema que persiste hasta ahora, a pesar de la reforma del Código de Aguas en 2005, y que queda en evidencia ante los eventos de sequía en varias regiones del país, es la necesidad de perfeccionar la institucionalidad del agua, mejorar la obtención de información, mejorar catastro público de aguas, lograr una gestión integrada de cuencas (Banco Mundial, 2013).

El proyecto de ley que reformó el Código de Aguas, Boletín 7543-12[1] fue aprobado en Enero 2018 y establecía varias modificaciones, entre las principales cabe destacar: a) Las aguas, en todos sus estados, son bienes nacionales de uso público, b) Se establece la prioridad para el consumo humano y el saneamiento, especialmente frente a un escenario de escasez, c) Garantizar a quienes utilizan adecuadamente los derechos de aprovechamiento de aguas para que los sigan utilizando, d) Impedir el no uso, acumulación o acaparamiento de derechos de aprovechamiento de aguas, e) Se obliga la inscripción de los derechos existentes en el registro de propiedad del Conservador de Bienes Raíces, f) Se modifica el régimen de los derechos nuevos que se constituyan, es decir, los nuevos derechos no serán a perpetuidad, serán otorgados a 30 años máximo y con la opción de renovación y g) La Dirección General de Aguas (DGA) podrá establecer un caudal ecológico mínimo, respecto de los derechos de agua existentes en aquellas áreas que existe un ecosistema amenazado o degradado, como en áreas declaradas bajo protección oficial de biodiversidad.

[1] Retirado por el Ejecutivo en enero 2019, con una indicación sustitutiva del Presidente S. Piñera (31 de enero, 2019).

Respecto a la “Protección de áreas de importancia ambiental y patrimonial” la reforma al Código estipula que: - Se prohíbe la constitución de derechos de aprovechamiento en: glaciares (Art. 5); o Áreas declaradas bajo protección oficial de la biodiversidad (parques nacionales, santuarios de la naturaleza, monumentos naturales, humedales de importancia internacional, reservas de área virgen, etc. (Art. 129 bis 2); - Se extiende la prohibición de extracción de aguas subterráneas que alimentan áreas de vegas, bofedales y pajonales a toda la macrozona norte (Arts. 58 y 63); - Se exime del pago de patentes a titulares de derechos no extractivos de aguas que no los utilicen a fin de mantener la función ecológica de áreas declaradas protegidas por el MMA (Art. 129 bis 9); -También los proyectos para fines recreacionales, turístico u otros, siempre que dicho proyecto implique no utilizarlas ni extraerlas de su fuente (caso Pucón); - Incentivo a la Recarga Artificial de Acuíferos: toda persona puede recargar artificialmente acuíferos, salvo afectación aguas para consumo humano y normas de calidad (informe de calidad).

5.2. Sobre el caudal ecológico y ambiental.

Los cálculos de caudal ecológico se establecen por la DGA, mediante procedimiento establecido en la Res Nº240/2009/DGA. En 2014 se realizó una modificación al D.S Nº14/2012 sobre caudal ecológico que llevó a un nuevo decreto de caudal ecológico el D.S Nº71/2014. Los cambios esgrimidos para dicha modificación se resumen en:

1) Caudal ecológico mensual superior al definido en el DS 14 de 2012 (en promedio superior al 8 a 10 %) y utilizar una estadística mayor de datos disponibles
2) DGA utiliza procedimientos de cálculo establecidos la RES DGA N°240 de 2009,
3) La mayoría de los derechos están constituidos con la fórmula de cálculo descrita en esta Resolución y Manual de Normas y Procedimientos.
4) De acuerdo a DGA, su aplicación permite asegurar la “no afectación de derechos de terceros, agilizando la resolución de las solicitudes pendientes”.

Ante este escenario, es preciso revisar el éxito y efectividad de las modificaciones realizadas, en función de los objetivos ambientales.

Otro concepto que se introdujo en las metodologías de cálculo para proyectos fue el de caudal ambiental, que plantea un objetivo más amplio en relación a los diversos usos potenciales en la cuenca hidrográfica, y los caudales que para ello son requeridos, adicionales a los caudales y calidad de agua que debe mantener un río para conservar su

funcionamiento y la biota. Las definiciones a nivel internacional y metodologías de cálculo son múltiples, existiendo más de 200 métodos de evaluación de caudales ambientales o ecológicos (Tharme, 2003).

El caudal ambiental puede considerar en su definición aspectos ecológicos y sociales, entre otros. La Declaración de Brisbane realizada en el año 2007, señala que "los caudales ambientales son los flujos de agua, el momento de su aplicación y la calidad de las aguas precisos para mantener los ecosistemas de agua dulce y de los estuarios, así como los medios de subsistencia y bienestar de las personas que dependen del ecosistema". En el contexto del SEIA, la adopción del término 'caudal ambiental' tiene por objeto diferenciarlo del 'caudal ecológico mínimo' al que se refiere el Código de Aguas.

5.2.1.- Caudal ambiental en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Chile

El Servicio de Evaluación Ambiental, desarrolló la *Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA*. La metodología tiene como objetivo "contribuir" a uniformar criterios para la determinación del régimen de caudal ambiental en proyectos de centrales hidroeléctricas que se presentan al SEIA. El caudal ambiental puede ser propuesto por el titular o exigido por la autoridad durante el proceso de evaluación, para hacerse cargo de los impactos de la alteración del régimen hidrológico, sedimentológico o geomorfológico, y otros impactos que se derivan de aquellos, es decir, como compromiso ambiental voluntario, condición o exigencia para verificar que no se generan impactos significativos o como medida de mitigación, según corresponda. En este sentido, la pertinencia de que un proyecto deba proponer o establecer un caudal ambiental debe evaluarse caso a caso.

5.2.2.- Caudal ecológico para preservar servicios ecosistémicos

El caudal ecológico se establece para preservar la naturaleza y el medio ambiente, para garantizar la continuidad de los procesos, la funcionalidad de los ecosistemas y mantener las condiciones que van en directo beneficio de las personas. Esto, sin embargo, no ha sido comprendido, hemos desacoplado a los ecosistemas del uso del agua. La mantención y características del agua son un reflejo de su entorno, su geografía, de las variables climáticas, de la interacción entre factores abióticos y bióticos. Los ecosistemas tienen la capacidad de adaptarse y soportar las perturbaciones, tienen "memoria" y pueden ser resilientes ante esas perturbaciones (Holling, 1973). Pero los estamos forzando hacia un punto de desequilibrio y en muchos casos sin retorno, han perdido su estructura y funcionamiento y no serán capaces de reestablecer a su condición anterior. En la medida

que los ecosistemas se mantengan saludables pueden proveer múltiples servicios (Figura 1), pero la pérdida de los servicios ecosistémicos tiene consecuencias negativas, económicas y sociales. Mientras se suponga y se establezca una interpretación reduccionista del caudal ecológico, mantendremos una visión sesgada y limitante que pone en riesgo el agua de calidad y cantidad suficientes. Habrá un retorno positivo para las actividades productivas en la medida que se consideren a los ecosistemas y el agua como un sistema dependiente para lograr la sostenibilidad.

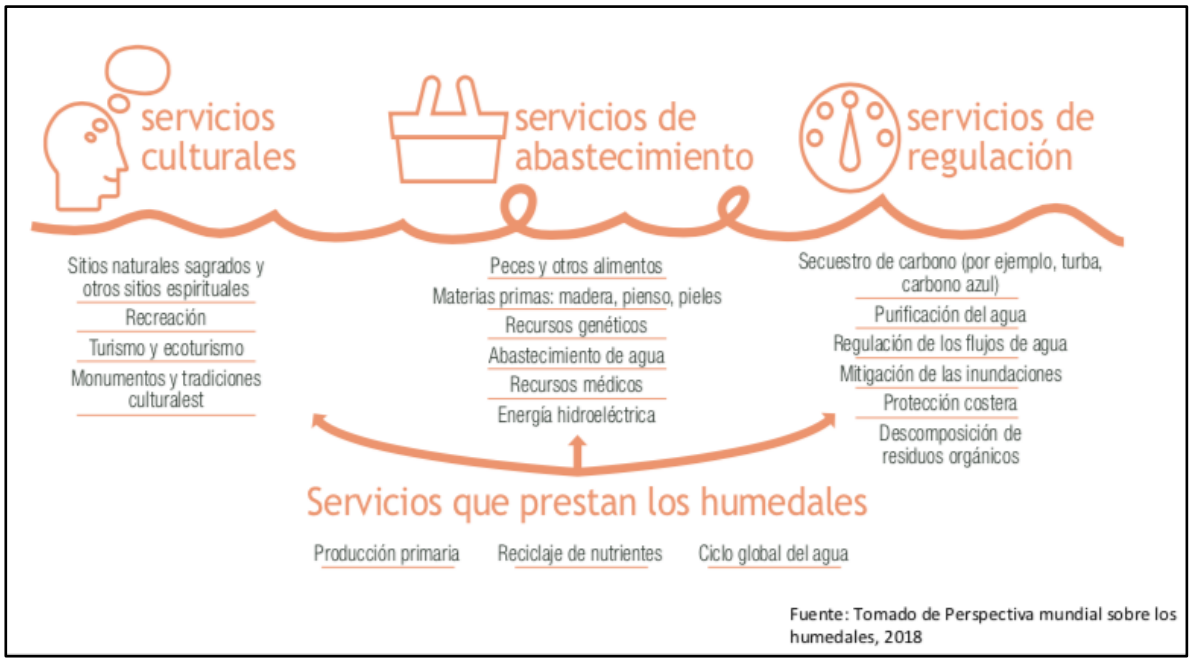


Figura 1. Esquema que representa los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas para el desarrollo de las diversas actividades humanas. Fuente. Perspectiva mundial sobre los humedales. Ramsar, 2018.

La determinación de caudales ecológicos y ambientales, no ha estado exento de dificultades y conflictos. La reforma al Código de Aguas en su Título X sobre LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS Y CAUCES, Artículo 129 bis1, permitió, entre otras, aprobar una indicación sobre caudal ecológico. Esta modificación es que se establece una regla general de aplicar obligatoriamente el caudal ecológico a los derechos que se otorguen desde el 2002 (la indicación inicial del Ejecutivo pretendía establecer la obligación de aplicar el caudal ecológico a todos los derechos de agua con anterioridad al 2002). Adicionalmente, se mantienen dos excepciones: la primera cuando exista una solicitud de traslado de un derecho de aprovechamiento y la segunda cuando el titular del derecho presente un proyecto para construir una obra mayor en el cauce. La tercera excepción, establece resguardo ambiental y señala que “la Dirección General de Aguas podrá establecer un caudal ecológico mínimo respecto de los derechos de aprovechamiento de aguas

existentes, en aquellas áreas declaradas bajo protección oficial, así como humedales de importancia internacional (Sitios Ramsar) o un sitio prioritario en razón de que la sustentabilidad ambiental de la fuente superficial pudiere sufrir grave deterioro o esté siendo afectada". Pero adicionalmente, se exceptúan de la aplicación del caudal ecológico a los pequeños productores agrícolas, en conformidad a lo dispuesto en el artículo 13 de la ley Nº 18.910.

Esta reforma ha quedado sin efecto, luego que el Ejecutivo ingresó el 31 de enero de 2019 una indicación sustitutiva al Boletín 7543-12. Por lo que habrá que esperar el inicio de la nueva indicación sustitutiva para estos efectos. Es posible acceder a la historia de la tramitación del proyecto y artículos de la reforma al Código de Aguas en http://www.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php.

6. Resultados

El objetivo del portafolio M.A.S. es poner a disposición de la comunidad en su conjunto, una serie de opciones para implementar de acuerdo a la escala del problema, el sector y la singularidad territorial y ambiental. Es urgente que el país pueda trabajar en una única dirección, responder a la insuficiente disponibilidad de agua en los casos de déficit o gestionar el exceso de manera sostenible.

Se identificaron algunos grupos de Soluciones que deben ser analizadas en detalle en su etapa de implementación: Desaladoras, embalses, recarga de acuíferos y trasvase de aguas, tecnificación de la agricultura, restauración de ecosistemas. Lo anterior, en conformidad al nivel de complejidad del proyecto, intervención territorial, potenciales impactos ambientales y sobre la biodiversidad, entendiendo que la evaluación realizada en esta etapa no implica un análisis a nivel de proyecto ni sitio específico. En especial aquellas tipologías de proyectos o actividades que no ingresan al SEIA o como en el caso de las desaladoras que, a pesar de ser evaluadas en el SEIA, éstas ingresan como DIA, lo que implica menores exigencias, menor compromisos de manejo, monitoreo y de medidas de mitigación.

La evaluación ambiental de Soluciones del tipo **Gestión de la Información**, resulta irrelevante, toda vez el objetivo último de estos instrumentos o tecnologías es determinar variables fisicoquímicas o biológicas y almacenar datos, su aplicación dependerá de los énfasis en la gestión. Dicho lo anterior no parece útil, en primera instancia, evaluar el impacto ambiental de un caudalímetro o de imágenes satelitales y por ello se propone evaluar la efectividad del monitoreo, sus resultados y el uso de los datos, si ha permitido

mejorar la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas, si el impacto de su aplicación es positiva o negativa.

Por otra parte, las Soluciones del tipo **Institucionales-legales o Plataformas de difusión** pueden ser evaluadas bajo indicadores de gestión y efectividad de implementación de metas, con indicadores cuantitativos. Se sugiere revisiones a la planilla M.A.S. que esta consultoría tuvo a la vista para ajustar detalles de clasificación o denominación (ver Anexo).

6.1.- Identificar cualitativamente los impactos ambientales, positivos y negativos, de cada MAS catastrada.

Respecto de la evaluación ambiental de las Soluciones éstas requerirán un análisis por territorio, cuenca y sitio, cuando corresponda. Especial atención respecto de esto debe ser considerada para las Soluciones del Nivel Gestión de OFERTA: Desalación, recarga de acuíferos, tratamiento y uso (en especial para RILES y residuales) y trasvase de aguas.

En Nivel Gestión existe una seria de Soluciones clasificadas como Monitoreo, cuyos objetivos están orientadas al monitoreo de calidad de aguas, otras a medición de caudales, a nivel de aguas subterráneas o a detección de fugas en cañerías. Los impactos dicen relación a externalidades y no al instrumento como tal.

Asimismo, es pertinente considerar o preferir soluciones que contemplen la restauración de ecosistemas o la utilización de estos, antes que el desarrollo de infraestructura que reemplaza las funciones que los sistemas naturales cumplen. Los beneficios son de largo plazo, involucran menores recursos, en general, permiten reestablecer condiciones naturales y mantener los servicios ecosistémicos. Lo que fue explicado en el ítem 5 sobre caudales ecológico y servicios ecosistémicos.

Varias Soluciones del Nivel Gestión de la Demanda, obedecen a medidas de eficiencia en la producción agrícola, como: recambio varietal, reconversión agrícola de cultivos, agricultura vertical, permacultura, y no necesariamente a una eficiencia hídrica. Es posible que puedan tener un impacto positivo indirecto si se manejan todas las variables ambientales de manera integrada.

Sobre los conceptos asignados a algunos Niveles, por ejemplo; Conservación y Protección, deben ser claramente definidos, así como qué se espera con la conservación y con la protección. El concepto de protección, es en general, entendido en materia medio ambiental como algo más estricto que la conservación. La conservación implica el uso sostenible, en

cambio la protección implica no alterar los componentes de la diversidad biológica. Se sugiere revisar está asignación para el contexto de este proyecto. En este mismo sentido, están ausentes Soluciones de protección de los sistemas acuíferos, glaciares, cabeceras de cuencas, entre otros. Se sugiere, en este contexto, revisar la efectividad de la protección de vegas y bofedales que establece el Código de Aguas y proponer extensión de esta protección hasta la región de Coquimbo, dado el crítico escenario de disponibilidad de agua y precipitaciones.

Una serie de iniciativas para mejorar el desempeño ambiental o recuperar espacios más amables en las ciudades, así como la conservación y recuperación de fuentes de aguas, se están llevando a cabo, sin embargo, quedan invisibles ante grandes infraestructuras que no han tenido incorporado una visión integral, a saber; biodiversidad, agua y cambio climático. Surgen así nuevos conceptos como el de infraestructura verde como instrumento para la planificación de las ciudades, con un fuerte énfasis en los sistemas socioecológicos. Se analiza más adelante, en este mismo Informe, la visión entre Infraestructura gris e infraestructura verde. Las Soluciones clasificadas como: reducción de uso y reducción de pérdidas (almacenamiento), trasvase y embalses deben ser consideradas, evaluadas y eventualmente implementadas, teniendo en cuenta las oportunidades que entregan los sistemas naturales no intervenidos o restaurados, como algunas de las Soluciones planteadas en la clasificación “Conservación y protección”, lo que permitiría suplir la pérdida de ecosistemas y agua, reduciendo los costos asociados a desastres naturales, como la pérdida de bienes materiales e inmateriales y de servicios ecosistémicos. A lo largo del presente Informe, hacemos una revisión de estos conceptos y la oportunidad de implementarlos.

A continuación, se complementa el análisis para las principales Soluciones, agrupadas por Nivel, de acuerdo a la planilla M.A.S revisada por esta consultoría.

6.1.1.- GESTIÓN DE LA OFERTA

Fuentes alternativas:

Un número importante de las Soluciones presentadas en este nivel se concentran en propuestas para el tratamiento de aguas residuales, 47 de un total de 98 Soluciones propuestas en el Nivel “Fuentes alternativas”. Asignándole a todas las Soluciones, bajo esta clasificación, la opción de ser una “Fuente alternativa de uso de agua”. Esto debe ser analizado en el siguiente contexto; aguas de uso consuntivo que no retornan a los cursos de agua, generan un déficit, en cambio aguas de uso no consuntivo, son aguas que retornan a los cursos de agua. Por lo tanto, si reutilizamos todas las aguas provenientes de aguas

grises o RILES, puede darse un impacto directo sobre los caudales superficiales y subterráneos de los sistemas. Esto debe ser estudiado cuidadosamente, dado que un porcentaje de agua se mantendrá en el circuito cerrado de uso y reúso, sin embargo, si se reduce el uso de agua potable para riego, el caudal disponible en las fuentes de agua aumentará, lo que resulta muy positivo. Esto último, tiene especial importancia, ante el escenario de disminución de precipitaciones, períodos de sequía mayores y altas temperaturas, lo que persistirá en todo el territorio (MMA, 2017; MMA, 2018a; IPCC, 2018).

El país cuenta con una amplia red de acceso de agua potable, sin embargo, no se ha hecho extensivo en el país el tratamiento terciario. Esto junto con la escorrentía agrícola han provocado aumento de los nutrientes en los sistemas acuáticos, especialmente en lagos templados, lagunas costeras, humedales y estuarios y la minería ha contribuido con metales pesados (CEPAL-OCDE, 2016), lo que conlleva a una carga orgánica sobre ecosistemas acuáticos, cuando esta carga de nutrientes supera un umbral se inicia la eutrofización. La eutrofización es el aumento de materia orgánica, lo que genera las condiciones para la proliferación de microalgas, reduce el oxígeno disuelto en las aguas, cambiando las características del sistema, pudiendo llegar en algunos casos a una hipereutrofización, con muerte de especies hidrobiológicas, con producción de olores e incremento masivo de algas. Esta transformación del sistema acuático genera impactos a la salud de las personas y al turismo. Casos como el de la laguna Batuco en 2006 y 2010 o el de Vichuquén en 2015, o el de la laguna de Aculeo, cuyos niveles de agua vienen descendiendo desde hace décadas con episodios de eutrofización todos los veranos, hasta que en 2018 la laguna se secó por completo, todos estos casos son extremos que se repetirán, de no tomar medidas integrales. Esto requiere atención prioritaria, en especial zonas del país con descargas asociadas a la industria pesquera, lechera, acuícola y agrícola. El lago Villarrica presentó un aumento de la clorofila “a” entre el 2013-2016, como resultado del monitoreo de la Norma Secundaria de Calidad de Aguas (NSCA), lo que gatilló el Plan de Descontaminación para el lago e implica un trabajo colectivo con todos los actores de la cuenca para mejorar procesos productivos, eliminar presiones o amenazas, modificar actividades que están alterando la calidad de agua del lago y eventualmente reducir o tratar las descargas que fluyen hacia el lago a través de afluentes o directamente. El incremento de la carga orgánica sobre los sistemas acuáticos y en especial sobre los sistemas lacustres tiene consecuencias sobre las especies acuáticas, impactos sanitarios y efectos sobre el turismo. De acuerdo a la información publicada por la Evaluación de Desempeño Ambiental de la OCDE en 2016 (CEPAL-OCDE, 2016), las regiones tienen en general tres grandes fuentes de contaminación de las aguas superficiales: el tratamiento de aguas servidas y las pisciculturas y procesamiento de pescado y para dos regiones, Maule y Biobío, la pasta de celulosa (ver Gráfico 4 en Anexo 1).

El impacto de Soluciones correspondientes al nivel ***Tratamiento y uso,*** corresponden a un tipo de soluciones que responden a una **Demanda**, a la necesidad de cubrir un requerimiento sanitario; agua para actividades humanas y manejo o traslado de aguas servidas. Por lo tanto, el impacto de ambas soluciones se entiende es positivo (agua disponible para la población humana) en su objetivo final, sin embargo, el impacto ambiental del desarrollo de infraestructura de tales Soluciones, así como el tipo de tratamiento, tiene diferentes implicancias que deben ser evaluadas sitio específico en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

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 (Salmonella, *Escherichia coli, Clostridium perfringens, Vibrio cholerae*, virus de la hepatitis A, rotavirus y enterovirus); contaminación sobre sistemas fluviales y lacustres y consecuente eutrofización de los sistemas receptores por altas concentraciones de compuestos tales como nitratos y ácidos orto-fosfóricos.

Respecto de las tecnologías para tratar los lodos residuales producto del tratamiento de aguas servidas, algunos autores señalan que las del tipo biológico son las más usadas, pero otras como la ozonización, permite obtener eficiencias de reducción de los parámetros indicadores de contaminación físico-químico y microbiológico (Amador-Díaz A. *et al.*, 2014). El adecuado procesamiento y manejo de los lodos residuales producto del tratamiento de aguas en plantas depuradoras debe ser una acción de la más alta preocupación, los lodos en general contienen patógenos, parásitos, metales pesados, entre otros, siendo los metales pesados uno de los más tóxicos para los seres vivos, ya que la bioacumulación y biomagnificación generan toxicidad en toda la cadena trófica de las aguas continentales y marinas. Los límites máximos permitidos están definidos en la D.S. Nº4/2009 Reglamento para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas. Establece la clasificación sanitaria de los lodos y las exigencias sanitarias mínimas para su manejo, además de las restricciones, requisitos y condiciones técnicas para la aplicación de lodos en determinados suelos, existen 4 tipos de lodos clasificados en este reglamento.

Conservación y Protección. La recuperación y restauración de ecosistemas debe ser preferida ante otras soluciones que implican modificar cauces, alterar cuencas, drenar cursos y cuerpos de agua. La modificación de cauces altera la biología de los ecosistemas,

altera los hábitats de las especies y en ocasiones, dependiendo del proyecto, hay pérdida de vegetación, procesos de erosión y arrastres de sedimentos que finalmente son arrastrados hacia los cursos de agua. En el caso de lagos, lagunas u otros humedales se aceleran los procesos de sedimentación y pérdida de los humedales.

La recuperación de riberas permite mejorar el comportamiento de estos sistemas ante catástrofes naturales, como pulsos de inundación (Russi *et al.,* 2013). El drenaje de sistema naturales implica la pérdida de un ecosistema, disminuyen las superficies con agua, aumentan los riesgos de sequía, por lo tanto, el drenaje debe ser aplicado bajo criterios ecológicos y no sólo hidráulicos. Por lo tanto, el restablecimiento de cursos de agua y humedales mejorará las condiciones ambientales y el bienestar de las personas, especial atención hay que prestar a la restauración de turberas de Chiloé, ya que varias zonas dependen del agua que se acumula en las turberas, el drenaje de éstas para extraer musgo *Sphagnum* ha creado impactos en la disponibilidad de agua. Los ecosistemas acuáticos juegan un rol en el ciclo de los nutrientes y en el secuestro del carbono, por lo tanto, la recuperación de estos ecosistemas es relevante (Figueroa *et al.,* 2018; MMA, 2018b). Asimismo, las zonas de inundación de las cuencas han sido usadas históricamente como áreas de cultivo, por sus suelos ricos en nutrientes, por lo tanto, la restauración o recuperación de las áreas de inundación entregan un beneficio directo a las economías locales.

Cambio de vegetación nativa en áreas verdes. La vegetación nativa adaptada a las condiciones climáticas de un territorio particular, es una buena medida para promover como alternativa en las áreas verdes, principalmente porque tiene requerimientos hídricos adaptados a su hábitat natural, por lo tanto, con ello se disminuye el uso de agua por riego. Adicionalmente, es preciso considerar que los ecosistemas terrestres nativos han sufrido un retroceso por causas antrópicas desde hace siglos y un 63% de los ecosistemas terrestres de Chile están en una condición de amenaza (Lubert *et al.,* 2017). Existe suficiente información y dominio por parte de científicos y especialistas de jardines botánicos en el país para apoyar esta iniciativa. Los ejercicios que se han llevado a cabo en diversas regiones del país, posterior a los incendios de enero 2016 a través del Comité Nacional de Restauración Ecológica, que coordina el Ministerio del Medio Ambiente, pueden ser muy pertinentes en relación al aprendizaje y el capital humano que puede participar en los procesos de habilitación de jardines nativos. Se conocen los requerimientos y tipos de plantas para cada zona del territorio, de acuerdo a la especialización de especies vegetales, siendo posible además actividades de educación.

Rehabilitación o recuperación de riberas de ríos y humedales. Riberas de ríos y lagunas en general han sido ocupadas por agricultura o viviendas. Debe existir una campaña dirigida a estos actores para hacer factible estas medidas. Lo propio en proyectos de obras civiles, deben ser incorporadas medidas de exigencia a proyectos.

La Solución se refiere a "rehabilitación", aquí se sugiere incluir dos conceptos de gran relevancia en la ecología de los sistemas naturales: **la restauración ecológica y la recuperación**, conceptos que consideran el restablecimiento de los procesos ecosistémicos y su biología. La Sociedad de Restauración Ecológica (SER), establece que la rehabilitación es la reparación de procesos del ecosistema, productividad y servicios, y restaurar incluye además el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad. Es decir, la restauración ecológica, si bien es un proceso más complejo, nos permite asegurar integridad ecosistémica, previa a la pérdida o degradación, por lo tanto, se sugiere integrar ambos conceptos en las potenciales "Soluciones" que se definan a nivel de cuencas hidrográficas y sitio.

En general la rehabilitación y la restauración de humedales, tiene impactos positivos a nivel local y global. Dependiendo de las características territoriales y climáticas estos procesos tendrán más o menos viabilidad. La efectividad y oportunidades de la restauración, rehabilitación o recuperación de humedales dependerá de factores tales como: caudales superficiales y/ subterráneos aportantes, manejo de actividades en la cuenca aportante para reducir presiones negativas sobre los sectores que deben ser restaurados, conocimiento de la biología de los humedales aprendizaje y participación de comunidades locales, si es pertinente. Eventualmente, requerirá acuerdos con actores locales para zonificar actividades que impactan negativamente al (los) humedal (es) y permitir recuperación e involucrarlos en la restauración. También es importante evaluar la necesidad de realizar una restauración activa o pasiva. Existen experiencias de restauración de humedales a nivel nacional, algunas exitosas y otras no. Es necesario considerar al humedal como subsistema de la cuenca hidrográfica (Vila *et al.*, 2006) y no como un sistema aislado.

De manera particular, en relación a la restauración de humedales, existen ejemplos a nivel de sitio, para algunos humedales de la zona centro sur de Chile, en la región de Valparaíso, desarrollados por la Fundación Kennedy, otros en humedales altoandinos, que producto de la extracción de aguas de acuíferos han sufrido desecación y pérdida de la cubierta vegetal, con consecuencias no evaluadas al resto de los sistemas. También existen ejemplos de restauración en el sur de Chile, en Valdivia se han dado algunos ejercicios para la restauración por ejemplo del humedal Angachilla. Por último, es necesario destacar a uno

de los ecosistemas más relevantes a nivel global, los humedales de turberas, los mayores sumideros de carbono y captadores de agua (Blanco *et al,* 2004; Figueroa *et al*., 2018), juegan un rol vital ante cambio climático. En Chile no ha sido exitosa la experiencia de restauración de turberas, hay dos grupos de especialistas que han desarrollados pruebas con baja tasa de regeneración en laboratorio y en terreno (Oberpahur C., Universidad Santo Tomás; Díaz F., Andrés Bello) y el INIA en Magallanes. Por otra parte, Wildlife Conservation Society (WCS) en Tierra del Fuego ha realizado estudios con grupos de especialistas para monitorear la importancia de las Turberas de Karukinka en la captura de carbono y el Ministerio del Medio Ambiente en 2008, creó un grupo de trabajo que incluyó a especialistas y servicios públicos, para desarrollar una Guía técnica para la conservación de turberas de la Patagonia de Chile (2017, no publicada).

Sobre la restauración o reparación de ríos, no existen ejemplos en Chile, sí a nivel internacional. En el Estado de Massachusett se ha desarrollado la rehabilitación de sistemas fluviales eliminando represas y restituyendo canales fluviales, los resultados son positivos restituyendo hábitat de peces, mejorando calidad del agua y dando seguridad a la población. Cabe destacar que uno de los proyectos más destacados se realiza en el río Mill, afluente del río Taunton. Este proyecto se inició después de un evento en 2005, fecha en la que la represa de Whittenton colapso después de una gran inundación. La comunidad, junto a organizaciones y el Gobierno de Masachusetts evaluaron la eliminación de viejas represas que ponían en riesgo a la población en 2012 y hacia 2017 se había avanzado en la eliminación de varias presas antiguas, que estaban en mal estado. El proyecto es conducido por la División de Restauración Ecológica de Massachusetts, que cuenta con un staff de especialistas dedicados a la restauración ecológica de sistemas fluviales en todo el Estado de Masachussetts.

Para el caso chileno, los datos no han tenido una respuesta asertiva en el diseño y planificación de las ciudades, tomaremos el caso de la región de Coquimbo. Esta región ha presentado en los últimos 95 años, 12 grandes desastres hidrológicos y más del doble de pequeñas crisis, la OMS recomienda 9 m^2/hab. y para países de la OCDE es de 16 m^2/habitante (CEA, 2018). La ciudad de la Serena tiene hoy 6,8 m^2 de áreas verdes por habitante y este número disminuye año a año puesto que la población crece y las áreas verdes permanecen igual o desaparecen. Dicho lo anterior, la necesidad de mantener ecosistemas de humedales, agua y biodiversidad permitirá mayor resiliencia y disminución de costos de inversión de infraestructura gris a las ciudades. Recordemos lo acontecido en

Concepción post terremoto y tsunami del 2010, donde los habitantes pudieron disponer de agua desde los humedales urbanos, Laguna San Pedro, Las Tres Pascualas, entre otras[2].

Soluciones de conservación y restauración de áreas que rodean las ciudades, acopladas al desarrollo de infraestructura civiles con criterios ecosistémicos, incidirán positivamente en la recuperación de áreas que circundan y amortiguan naturalmente los fenómenos naturales, mediante la recuperación de corredores ecológicos, materia que va de la mano con la infraestructura verde y que será comentada en el Capítulo 7.2.4 de este informe.

Desalinización de agua de mar. En Chile existen 36 plantas desalinizadoras entre proyectadas y construidas, de éstas, 21 se encuentran en la región de Antofagasta, 16 están en operación, en fase de construcción o aprobadas por la autoridad. Actualmente, de acuerdo a la International Desalination Association (IDA) a nivel global existen 19.744 plantas desalinizadoras de diferentes envergaduras y tecnologías. Estas plantas tratan 99,7 millones de metros cúbicos de agua por día y entregan servicios a más de 300 millones de personas en 150 países que se benefician con esta agua[3.]

Las tecnologías más usadas a nivel internacional en la desalación es la ósmosis inversa (59%), luego la evaporación (27%) y la destilación (9%)[4]. Es interesante conocer el destino de las aguas desalinizadas, a nivel internacional la distribución es como sigue: 68% para municipios y 22% para entidades industriales, y hoy también está siendo usada por la agricultura (2%) y el sector energético (5%), en la industria turística y militar[5].

La infraestructura hidráulica de las desaladoras tiene impactos conocidos sobre el paisaje y ecosistemas, se debe evitar la pérdida o afectación de ecosistemas frágiles o amenazados, tanto del medio marino como costeros y continentales. La intervención en el borde costero puede generar impactos no previstos, pérdida de la capacidad de los sistemas de amortiguar impactos naturales, contaminación por descargas no reguladas, aumento de sedimentos. Un aumento de la temperatura sobre determinados sistemas naturales puede cambiar la composición funcional de los ecosistemas, con pérdidas ambientales y económicas.

[2]Universidad de Concepción, 2016, http://www.udec.cl/panoramaweb2016/content/revisan-protocolo-sobre-abastecimiento-de-emergencia-de-agua-potable-0

[3] Desalination by the Numbers. International Desalination Association (IDA). Disponible en: https://idadesal.org/

[4] Ibíd

[5] Gabbrielli E. (2010). El desarrollo y el estado actual de los procesos El desarrollo y el estado actual de los procesos de desalinización y el rol de la International Desalination Association (IDA).

La tecnología más usada en Chile y a nivel internacional es la osmosis inversa. Los volúmenes de salmuera (concentración hipersalina) de las aguas vertidas al mar después del proceso de desalación varía dependiendo de la tecnología. La osmosis inversa presenta 2,5 a 3 veces el volumen de agua desalada, en cambio en la desalación por destilación la salmuera representa 8 a 10 veces el volumen de agua desalada. Esto tiene implicancias directas sobre los ecosistemas marinos, los impactos en el aumento de temperatura y sales inciden en la abundancia de grupos más sensibles, como; equinodermos, plantas acuáticas, poliquetos, crustáceos, existiendo abundante literatura que respalda dichos impactos (Lattermann *et al.,* 2005) y otras que minimizan o descartan impactos, como la Australian Government National Water Commission.

De acuerdo a estudios comparativos de tecnologías de desalinización (Dévora-Isiorda et al., 2013) la tecnología de osmosis inversa es la de mejor rendimiento energético, su funcionamiento se da con menores temperaturas, la infraestructura desarrolladas para su operación es menor a otras y su efectividad en el funcionamiento es de mejor calidad. Otras publicaciones se refieren a elementos químicos que son utilizados en los procesos de desalinización, como cobre y cloro, que son tóxicos para los ambientes marino-costeros, reduciendo el oxígeno en las aguas receptoras de efluentes y con impactos en la fauna bentónica (Jones *et al.,* 2019).

Los impactos sobre los ecosistemas marinos, han sido mitigados con mejor tecnología de filtros, sin embargo, la salmuera y contaminantes químicos producto de la descarga de las plantas desalinizadoras, persisten y son los principales factores de impacto negativo (Roberts *et. al*., 2010; Jones *et al*., 2019), por lo tanto, es un tema al que hay que darle la mayor atención, aumentando la investigación en condiciones locales, dadas las diferencias climáticas y ecológicas que caracterizan a nuestro país, especialmente bajo condiciones de incertidumbre climática, con aumentos de temperatura a nivel global y en especial del océano. La evaluación de dichas plantas debe considerar todos los elementos descritos para evitar impactos negativos sobre ecosistemas marinos y recursos pesqueros, en especial en su etapa de construcción y luego en operación. La regulación debe establecer medidas específicas para el control de sales que descargan y sustancias tóxicas para el medio marino, la disminución de temperaturas en los procesos, uso de filtros, pre-disolución de las aguas de rechazo y modificación de algunos químicos nocivos para las especies (OECD, 2016).

Desde el punto de vista regulatorio, revisiones de los marcos jurídicos de España, Australia, Israel, tienen en común la obligación de evaluación de impacto ambiental, con requisitos establecidos en marcos legales. Para el caso de Chile, no existe causal de ingreso al SEIA

para las actividades de desalinización de agua de mar, la única mención es la causal de la letra o) del artículo 10, que obliga a ingresar a las plantas de tratamiento de aguas. Todas las plantas desalinizadoras habilitadas en Chile han ingresado al SEIA por diversas causales, lo que demuestra un vacío legal y técnico. Las arbitrariedades de las opiniones técnicas sectoriales crean incertidumbre y consecuentemente efectos ambientales no cuantificados, ya que no todos los proyectos de desalación ingresan al SEIA, contrario a lo que ocurre en el resto del mundo. Cabe señalar que la Dirección de Territorio Marítimo y Mercante (DIRECTEMAR) en 2015 desarrolló la Guía "Directrices para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación en jurisdicción de la Autoridad Marítima", de carácter no vinculante (Skewes, 2017).

Esta arbitrariedad genera desaciertos en el contexto ambiental, tensiona las visiones ambientales y económica, despierta dudas y conflictos socioambientales. Por lo tanto, se sugiere a la brevedad incidir en los cambios institucionales necesarios para corregir dichas falencias, establecer criterios estandarizados de evaluación, específicos y con base científica, actualizada y pertinente.

Trasvase de aguas. Trasvase de aguas, proyecto carretera hídrica. El transporte de aguas a través de una carretera hídrica, supone suplir la "escasez" de algunas cuencas del norte de Chile suponiendo la "abundancia" de otras cuencas. Para llevar a cabo este proyecto habrá que resolver problemas hidráulicos, de obras civiles y ambientales, son estos últimos los que bajo el actual escenario de cambio global tendrán alta incertidumbre. Proyectos que implican sumar efectos negativos a las actuales condiciones de fragilidad en la que se encuentran las cuencas hidrográficas y ecosistemas, agudizarán los impactos sobre la naturaleza y consecuentemente sobre las comunidades. Los cambios en los caudales, producto de este tipo de intervenciones y otras, a nivel de la cuenca, un detrimento o alteración sobre los caudales o sobre ecosistemas terrestres, implica ineludiblemente un impacto sobre los humedales, que corresponden a subsistemas límnicos integrados a la cuenca hidrográfica (Vila *et al.,* 2006) y de los que dependen las personas.

Los sistemas costeros del tipo estuarino mantienen una conexión permanente con el mar, el intercambio de agua salada y dulce genera las condiciones para el desarrollo de fauna íctica (peces) con hábitos continentales y marinos, son sitios de reproducción y crecimiento de estas especies, algunas de las cuales constituyen alimento para las personas. Se establecen en estos ambientes costeros condiciones especiales para el crecimiento de especies vegetales habituadas a fluctuaciones de marea y salinidad, el aporte de los ríos no sólo es en términos de caudal, también aportan nutrientes. Es posible afirmar que lo que ocurre a lo largo de la cuenca tiene impacto positivo o negativo sobre los humedales, estos

son el reflejo de la salud de la cuenca (CONAMA-CEA, 2006). Los servicios ecosistémicos, es un concepto que surge con fuerza en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), pero anteriormente hay literatura que lo desarrolla desde los años ’70. El aporte de las cuencas y los humedales a las personas son múltiples (EM, 2005; CONAMA, 2006; TEBB, 2010; IPBES, 2018), por lo tanto, manejar o eliminar las amenazas antrópicas en un contexto de cambio climático es imprescindible para el bienestar de las personas.

Por lo tanto, el Trasvase de agua, a pesar que se realiza desde hace varios años, no es una medida sustentable, ante los nuevos escenarios climáticos. Si bien es cierto, ha sido una medida utilizada en países europeos para cubrir el déficit hídrico de cuencas, esta solución implica la modificación de caudales, de estructura y funciones de las cuencas, es una medida altamente invasiva, con altas incertidumbres en plano ambiental y ecológico, a saber;

- Aumento de temperaturas en todas las regiones del país y en el mundo.
- Reducción de glaciares en todo Chile.
- Pérdida de biodiversidad por alteración de hábitat y caudales.
- Impacto asociados a la construcción de obras de infraestructura para trasferencia de agua y su impacto en las cuencas.
- Propuestas de desarrollo agrícola en zonas áridas, con potenciales de expansión.

Es una solución que podría satisfacer la demanda en el largo plazo, sin embargo, existen altas incertidumbres para el futuro. Sin omitir las variadas visiones que hay respecto de esta medida, la definición debe ser caso a caso, teniendo toda la información necesaria. La literatura científica reciente ha recopilado experiencias y preocupaciones que deben ser consideradas antes de tomas cualquier decisión (Shumilova *et al.,* 2018; Wen Zhuang, 2016). Las construcciones de estos megaproyectos incluyen agua para desarrollos energéticos, para zonas deprimidas o proyectos que recrean sistemas subterráneos para trasvasar agua, algunos de estos con altos costos de inversión (USD $30 billones para el caso de Libia con 30 años de proyecto). Pero también se describen los impactos negativos de los trasvases de cuencas en ríos de Rusia, en California o España, donde las variaciones de los flujos, la pérdida de ecosistemas, pérdida de especies producto de migraciones en canales de trasvase, modificaciones en la calidad de agua de las cuencas receptoras y la salinización de las aguas, son causas documentadas (Wen Zhuang, 2016).

La evaluación de impacto ambiental de Soluciones de estas características, de gran desarrollo, con incidencia en varios componentes ambientales, con diseño en varias regiones del país, debe llevarse a cabo con información de detalle, a saber; lugares de toma de agua, derechos de agua otorgados en las cuencas a intervenir, balance hídrico por

cuenca, determinación de nivel de acuíferos, modelos de disponibilidad hídrica de las cuencas a intervenir, antecedentes detallados sobre la biodiversidad terrestre y de aguas continentales en cada cuenca a intervenir, entro otros. Por lo tanto, la evaluación entregada en la tabla de Soluciones es una estimación global en base a conocimiento especialista, documentos técnicos y científicos consultados, proyectos actuales y sus impactos, condición de los ecosistemas terrestres y acuáticos y datos sobre caudales históricos. No responde a una evaluación de impacto ambiental tal cual regulada en el SEIA.

La incertidumbre climática, los efectos ambientales y sociales colaterales, sugieren en la literatura entendida, que deben preferirse aquellos proyectos que generen menor impacto ambiental, que las decisiones respecto de este tipo de proyectos debe ir acompañada de investigación trasndisciplinaria, robusta e inclusión local, mirando hacia proyectos no tradicionales, con soluciones basadas en la naturaleza. Materia a la que nos referiremos más adelante en este Informe.

Sobre recarga de acuíferos.

Probablemente es necesario estudiar todas las alternativas disponibles como fuentes de recarga de acuíferos, a saber: agua de lluvias, aguas que se desvían desde ríos y canales o aguas residuales tratadas, para definir la más apropiada, considerando las condiciones geológicas, ecosistémicas y de demanda social. Pero aparentemente, en relación a la disponibilidad de agua embalsada, es una mejor solución que el desarrollo de embalses en las cuencas, con menores impactos ambientales. La demanda de alimentos en el mundo requerirá de soluciones innovadores, con menor impacto ambiental y para enfrentar el cambio climático se debería privilegiar la recarga de acuíferos antes que los embalses, ya que en los primeros no se evapora, señalan Michael Rycroft (editor Springer Nature) refiriéndose a un artículo publicado en Survey in Geophisycs (Marsily G. y Abarca del Río R., 2016), argumentando, entre otras causas, los altos niveles de evaporación que se producen en los embalses en el norte del país.

De acuerdo al ingeniero Roberto Abarca del Río (en entrevista en El Mercurio, Vida, Ciencia y Tecnología, 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 Km^3, con los consecuentes impactos ambientales que implica la infraestructura de embalses. De acuerdo al estudio realizado por la Comisión Nacional de Riego en 2013, sólo 8 cuencas entre Arica y Parinacota al Maule, de las 18 estudiadas, tienen potencial de recarga de acuíferos. El documento resume el potencial de recarga por cuenca y plantean que la recarga natural de acuíferos desde los ríos resulta más eficiente que la recarga artificial que infiltra aguas (Cabrera, 2014). El estudio plantea una limitante en relación a los derechos de aprovechamiento de aguas

otorgados por la DGA o las restricciones, todas las cuencas seleccionadas por el estudio han sido declaradas áreas de restricción. Quizá esto es un mecanismo favorable a la recarga natural y no una limitante, cuestión que debe ser analizada en términos legales. La modificación al Código de enero 2018, plantea la posibilidad de autorizar a cualquier persona a realizar recarga de acuíferos, quizá ésta no sea la mejor solución al problema, si lo que buscamos en eficiencia en el uso del agua, sostenibilidad territorial, racionalidad en las soluciones y conservación de los ecosistemas. Es posible que esto requiera algunos criterios para asegurar inconsistencias en la gestión del agua.

Otro tipo de métodos para el uso y depósito de agua, descritas en las M.A.S. corresponde a las Amunas, que son prácticas ancestrales y se describen varios tipos: a) las rústicas con enrocado (rocas en la superficie del suelo), b) canal en tierra, un surco por el que escurre el agua en contacto con el suelo, c) el canal empedrado, que es un surco más profundo que el anterior, angosto y d) el canal mejorado con concreto, que desvía las aguas según pendiente y se parece más a los canales de regadío modernos. Pero también los indígenas realizaban obras como los rápidos en roca y las Canoas, muy comunes en la zona altonadina del Perú, así como las qochas, que son estanques naturales o artificiales donde almacenan agua, utilizando las depresiones naturales de la cordillera. Todas las técnicas ancestrales descritas en la literatura evidencian la relación que ha mantenido el ser humano con el agua y la permanente modificación del paisaje. 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, más bien se sugiere que las intervenciones sean respetando las prácticas y se evite la intervención con nuevas tecnologías, lo que podría llevar a impactos no deseados y aumentar la alteración de cuencas y paisajes innecesariamente.

Otras soluciones:

Alternativas como “cosecha” de aguas lluvias son medidas positivas, de fácil aplicación, requiere baja inversión. Es necesario evaluar su efectividad de acuerdo a las diferencias climáticas del país, para realizar una inversión coherente y útil. Las soluciones hacia el norte del país deben tener una especificación distinta a las del sur.

Inducción de lluvias. Es una técnica que ha sido desarrollada a partir de investigaciones del año 1946. Su uso, principalmente, está destinado a inducir lluvias desde las nubes frías de agua líquida, usando yoduro de plata. Lo que ha sido utilizado en agricultura en épocas de sequía. Las limitantes climáticas obligan a conocer el tipo de nubes que generan el efecto deseado, lluvias. Las pruebas en Sudáfrica (1991-1996), Tailandia (1995-1998) y México (1996-1998), han sido desalentadores en el tiempo y no han logrado los resultados

esperados y no existe consenso científico sobre la eficacia de la siembra de nubes de acuerdo a diversos autores (Medina- García, 2014).

El Watershed Management Group, por ejemplo, ofrece servicios específicos para recrear jardines eficientes, tanto domiciliarios como públicos, aprovechando las condiciones locales y reutilizando el agua, de uso domiciliario tratadas, de las lluvias o diseñando huertos urbanos familiares. Son medidas que mejoran los entornos y favorecen la economía circular del agua.

Sobre reforestación y forestación, es posible señalar que la cobertura vegetal nativa reduce la escorrentía de las aguas en las laderas de cerros, aumenta la infiltración del agua; su desarrollo en las zonas riparianas (bordes de ríos) aporta en la filtración de sustancias contaminantes, amortigua las inundaciones, entre otros. En general, una adecuada planificación ecológica, que reconozca áreas naturales de importancia en la prevención de desastres y recomendaciones a los usos del territorio para facilitar el uso eficiente del agua, su recuperación, favorecer los ciclos naturales y proteger la biodiversidad, contribuye al cuidado de la población humana y bienestar social.

6.1.2.- GESTIÓN DE LA DEMANDA

Optimización de uso de agua. En general las soluciones que promueven nuevos productos para limpieza, sin uso de agua, son beneficiosos al fin último, reducir uso de agua. Es preciso evaluar la cadena de producción de dichos productos, así como su huella hídrica para producción. El uso de estos debe ser evaluado comparativamente en relación al gasto promedio por hogar con productos tradicionales versus nueva tecnología.

Nuevas tecnologías para ser usadas a nivel domiciliario como llaves que reducen uso, ahorro de agua en baños, cocina y lavadoras, son altamente recomendables. Así como aplicaciones tecnológicas para su manejo.

Soluciones tecnificadas, cuyo objetivo es reducir pérdida de agua son positivas. El impacto ambiental de estas tecnologías como Soluciones debe ser evaluada en el marco de su aplicación y efectividad en la eficiencia en uso de agua.

Todas las medidas contempladas en este Nivel requieren de un proceso de difusión y comunicación asertiva. La efectividad o impacto dependerá además de cuan accesible es para las personas.

Optimización de conducción:

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. Los elementos que son alterados y deben ser evaluados en el marco del SEIA son: la hidrología, el ecosistema acuático, incluyendo la zona de riberas como llanuras de inundación y especies. La temporalidad y cantidad de carga de sedimentos que fluyen desde los embalses hacia los ríos altera la composición y estructura del sistema, elementos de relevancia ya que estos ecosistemas se ven determinados por las características fisicoquímicas del agua. La Dirección General de Aguas (DGA, 2014), entrega recomendaciones de los parámetros fisicoquímicos que deben ser considerados para la evaluación ambiental de proyectos. La modificación de zonas ribereñas y llanuras de inundación pueden afectar tanto a especies acuáticas como terrestres, alterar actividades humanas, como la agricultura, deportes náuticos, navegación, pesca o turismo. Pero además se modifican la interacción entre los ecosistemas acuáticos y terrestres, a nivel de intercambio de nutrientes y energía. En el capítulo 6, se entregan recomendaciones sobre la evaluación de proyectos asociados a esta materia.

Actualmente existen varias propuestas, estudios y proyectos que incorporan medidas de mitigación para mantener características ecológicas a nivel de poblaciones de peces, caudales ambientales y ecológicos durante la operación de centrales hidroeléctricas, esto difiere de los embalses de riego, donde la regla general, es que no presentan medidas de manejo ni mitigación.

Otro ámbito a considerar es cuando los embalses, en particular de la zona norte y centro del país, pierden caudales al verse sometidos a estrés hídrico, como es el caso de largos períodos de sequías, en ese caso previo al fenómeno de sequía ocurren alteraciones en la calidad fisicoquímica de los sistemas hídricos, hay concentración de sustancias tóxicas, proliferación de algas o materia orgánica que conducen a la eutrofización de los sistemas, entre otros específicos al sitio.

Canales de regadío e Impermeabilización. 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; los resultados finales del aprovechamiento no necesariamente resultan en un "beneficio común", ya que la canalización y obras en ocasiones deja tramos de ríos secos, la impermeabilización limita la infiltración de acuíferos. 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 (Muñoz *et al.,* 2015). Hace décadas que se detallan antecedentes científicos sobre los impactos negativos que ha sufrido la biodiversidad acuática a consecuencia de las modificaciones de cauces (Habit y Parra, 2001) y se entregan así también sugerencias para compatibilizar las actividades agrícolas con el cuidado de la biodiversidad (FAO, 2018). En 2001, J. Stern señalaba que se han construido miles de hectáreas de riego tecnificado y se han revestido cientos de kilómetros de canales, por lo tanto, “dicha situación es difícil de cambiar” (Stern, 2001), esto producto del desconocimiento, ausencia de institucionalidad ambiental hasta el año 1994 (Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, ley 19.300), o dispersión de regulaciones provocó cambios irreversibles en caudales y suelos en varias cuencas del país, en especial de la zona central (Peña, 2018).

La importancia de mantener y regular los caudales ecológicos, como se mencionó en párrafos precedentes, dice relación con evitar o mitigar impactos sobre especies hidrobiológicas, nativas y endémicas, evitar procesos de sedimentación y eutrofización y mantener los servicios ecosistémicos.

Técnicas agrícolas para conservación de suelos. Las soluciones asociadas a la agricultura deben considerar los servicios ecosistémicos que presta el agua y los ecosistemas aledaños. Es necesario profundizar y divulgar de manera sistemática con los diversos sectores involucrados sobre los impactos negativos por reemplazo de vegetación nativa, los impactos que resultan de la alteración en la composición de los suelos y aguas por contaminación de fertilizantes y pesticidas, son impactos negativos no evaluados, ya que los sistemas agrícolas no ingresan al sistema de evaluación de impacto ambiental, tampoco se han desarrollado planes de manejo para el cuidado de caudales, suelos o paisaje. En la Figura 2 se ejemplifica la relación directa entre ecosistemas, producción agrícola y servicios ecosistémicos, unos dependientes de los otros, por ello es urgente buscar las mejores alternativas de manejo para la sostenibilidad del agua, suelo y restauración de los ecosistemas, terrestres y acuáticos.

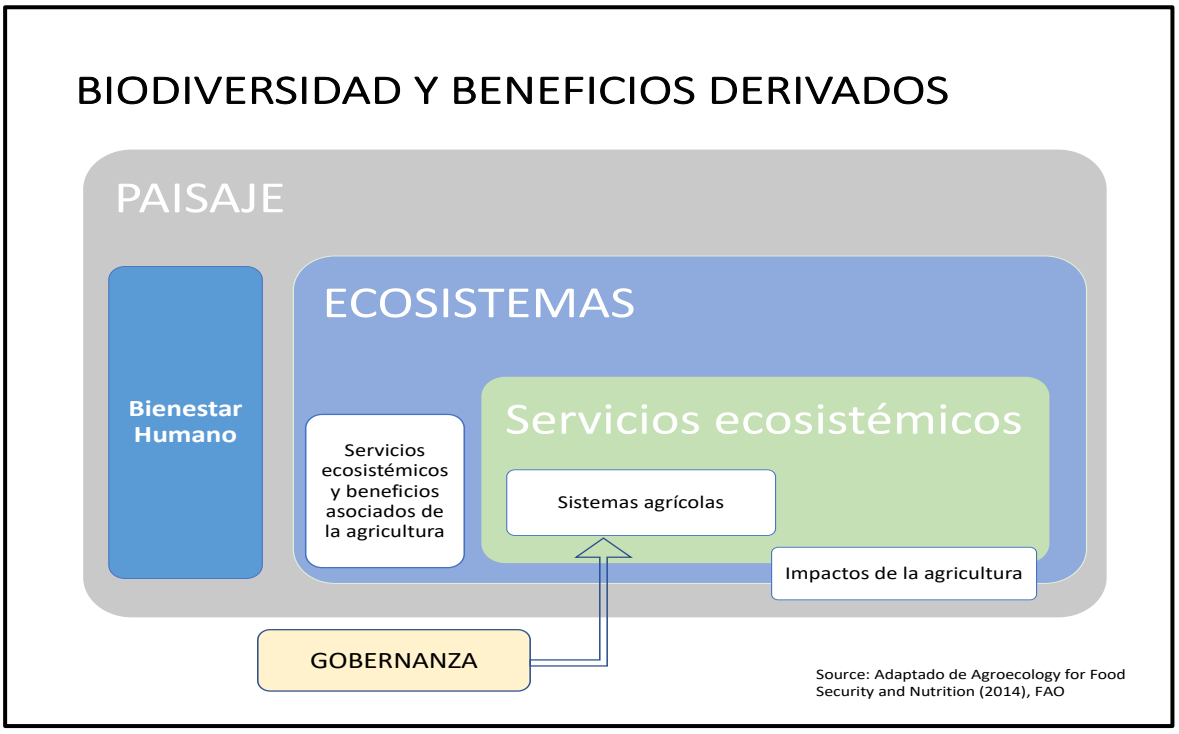


Figura 2: Relación entre los ecosistemas, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano. Fuente: Elaboración propia a partir de Agroecology for Food Security and Nutrition (FAO, 2014)

De lo anterior se sugiere considerar las guías desarrolladas por FAO (Teillard, 2016), que evalúan impactos de la agricultura y ganadería sobre suelos y agua, la acidificación y eutrofización son los impactos negativos de mayor incidencia sobre la matriz agua y suelo y consecuentemente vectores de alteración de los ecosistemas. Para manejar estas amenazas sobre la biodiversidad FAO ha desarrollado guías con análisis basados en la ciencia, con propuestas de indicadores y métodos para el manejo de los factores que inciden en la salud de los ecosistemas, esto es altamente recomendable para el sector agrícola y ganadero y puede marcar un punto de inflexión respecto del uso del agua y su cuidado. Los énfasis de FAO respecto de la buena nutrición inciden directamente sobre el manejo sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad a nivel de paisajes y ecosistemas, cuidando la cadena de producción de los sectores agrícola, forestal y ganadero.

Camellones. camellón acumula todo el suelo orgánico, la materia orgánica tiene tanta o más retención de agua que la arcilla, por lo tanto, ese puede ser el razonamiento para que se use más eficiente el agua, ya que se evapora menos y se usa más en la transpiración, que a su vez mejora la fotosíntesis. Puede mejorar la producción, pero los camellones aumentan la erosión si están a favor de la pendiente, especialmente si no hay plan de cierre que la mitigue.

Siembras en contorno. Si bien es una técnica utilizada por la agricultura para mantener las condiciones del suelo, ésta por sí sola no resuelve los efectos asociados a la pérdida de suelo.

Las prácticas agrícolas de pueblos originarios, respondían a diferentes técnicas para el manejo de los cultivos y del riego, dependiendo de las características climáticas y geográficas, es así como desarrollaron canales que suplían ausencia de lluvias, terrazas o andenes. En otros casos construían acequias para conducir el agua y sistemas de abono utilizando leña. Todas estas técnicas y los tipos de cultivos se adecuaban a las condiciones del territorio, se desarrollaban en climas favorables y abundante agua. Por otra parte, los cultivos diversificados dentro de una huerta, es el típico método de cultivo ancestral, con acceso a fuentes de agua y vegetación nativa. La introducción de nuevas tecnologías y cambios en espacios de desarrollo agrícola y ganadero ha llevado a un desgaste del suelo, de los recursos hídricos, por competencia con otras actividades, cambios en el uso de suelo y agricultura intensiva. Los elementos de abono eran de origen natural, como conchas molidas y guano. El manejo de malezas para despejar los cultivos, servía también como alimento. Hoy las prácticas recurrentes para eliminar las malezas son los agroquímicos, esto no sólo genera un impacto ambiental sistemático, si no también modifica la dieta de las comunidades (Saavedra, 2017).

Existen también prácticas de conservación del agua por parte de algunas comunidades andinas. Se trata de creación de un reservorio de agua, en una zona adecuada, en general ocupaban depresiones naturales o las construyen, para proveer de agua en periodos de sequía, ya que se aprovecha el agua de lluvias y períodos de mayores caudales para acumulación. Si se le da un buen uso, adecuada gestión, racional y en equilibrio respecto de su entorno natural, puede ser una medida amigable.

Reconversión agrícola o la rotación de cultivos. No corresponden a soluciones para mejorar la eficiencia hídrica. Es uno de los métodos más antiguos de la agricultura. Estas medidas están referidas como una práctica para conservar la productividad del suelo y controlar plagas. La solución propuesta no tiene como objetivo mejorar condiciones ambientales ni ecosistémicas, sólo rentabilidad del negocio agrícola y eventualmente, reducción del uso de agua.

Tecnologías para mejorar el riego de cultivos, reducir pérdidas y uso. Impacto ambiental 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. La solución debe estar acompañada de una mejor regulación en la administración del agua.

Al respecto, mucha información simple y didáctica ha sido desarrollada por FAO para sugerir mejores prácticas, no invasivas y sostenibles, tanto en el ámbito agrícola como ganadero, con énfasis en la agricultura familiar. Estos documentos son fácilmente descargables en la página de FAO (FAO, 2007; FAO, 2018).

Recuperación de suelos contaminados por minería. la Solución que se ha seleccionado propone el uso de Tecnosoles, también denominados como humedales reactivos. Se relata una experiencia en España, con el uso de tecnosoles y humedales reactivos, utilizados para revertir una zona contaminada con minerales que generaron drenajes ácidos. Son procesos de varios años, el objetivo es recuperar los suelos, las aguas y los ecosistemas contaminados o degradados. Para este caso en particular se relatan resultados favorables, en calidad de aguas, concentraciones de metales y toxicidad. Los resultados serán exitosos en función de las condiciones locales, pH de las aguas y toxicidad de los elementos minerales.

6.1.3.- GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA

Considerar aquellas soluciones que permitan tener incentivos no perversos, es decir, que el beneficio se exprese en toda la cadena de uso del agua y en todos los componentes. En relación a la gestión integrada de cuencas un elemento de importancia sería considerar la evaluación sistemática de la salud de ecosistemas acuáticos a nivel de cuenca hidrográfica y complementariamente la evaluación nacional de los Servicios Ecosistémicos de las cuencas principales. Dar continuidad al monitoreo que lleva el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), implementar el Sistema integrado de monitoreo de la biodiversidad, en el contexto de cambio climático (MMA, 2016), fortalecer las estaciones de monitoreo de la Dirección General de Agua (DGA). Un modelo de coordinación respecto al monitoreo en ecosistemas acuáticos es el que se establece en las Normas de Calidad Secundarias de Aguas (NSCA), el que debe ser fortalecido y perfeccionado como plataforma de aprendizaje. Es necesario, además, ante los múltiples desafíos, hacer eficiente el monitoreo y establecer sistemas de alertas tempranas en relación a disponibilidad hídrica y condición ambiental de la cuenca (MMA, 2011).

Monitoreo

Todas las soluciones relacionadas con mapeos, desarrollo tecnificado de seguimiento de redes, eficiencia en la identificación de fugas, todas son Soluciones referidas a una medida de gestión, que disminuye riesgos. Los impactos de estas soluciones son positivos, pero desde el punto de vista del impacto en el objetivo, mejorar desempeño de la gestión en el

consumo de agua y seguimiento de redes, así como en la calidad del agua y la salud de los ecosistemas. Dicho lo anterior, se sugiere integrar este concepto en los análisis posteriores.

Respecto de monitoreo de fugas de redes urbanas de distribución de aguas o en procesos industriales, parece una solución adecuada, toda vez lo datos reportados para OCDE, 2016 son alarmantes (Gráfico 1), entre el 2000 y el 2013 las fugas se incrementan en un 35%, aproximadamente 400 millones de metros cúbicos por año y aproximadamente 15 m^3/mes.

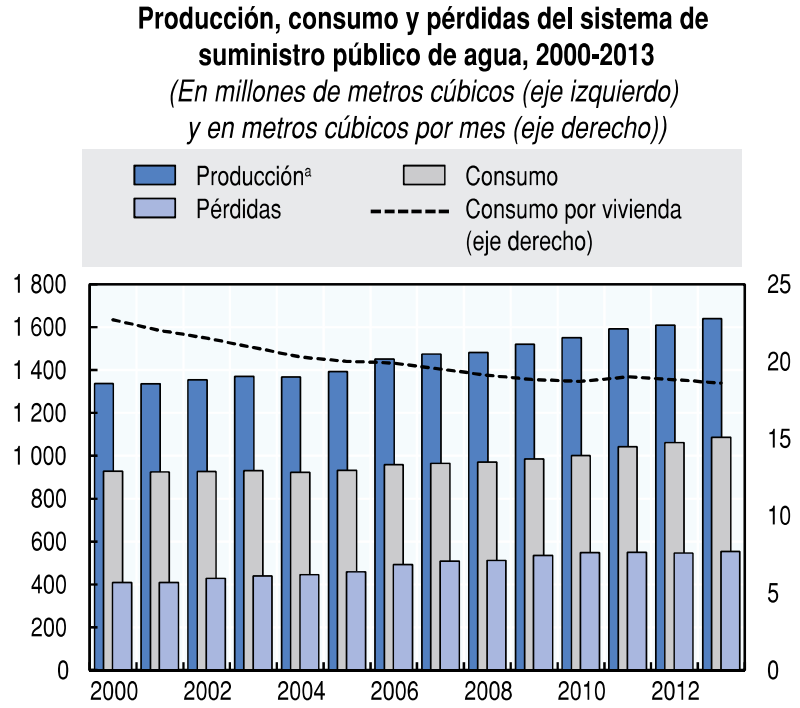


Gráfico 1. Producción, consumo y pérdida del sistema de suministro público de agua, entre 200-2013. Fuente: Evaluación de Desempeño Ambiental de Chile, OCDE/CEPAL, 2016, información original del Segundo Reporte del Estado de Medio Ambiente, 2015.

Sistemas de monitoreo de calidad y de variables fisicoquímicas. En general en el mercado existen instrumentos de probada calidad, utilizados en el monitoreo y seguimiento ambiental de sistemas acuáticos, sin que se hayan reportado impactos ambientales negativos. En general, estos sistemas son inocuos a las especies. Los especialistas con experiencia manejan esta información. Cabe señalar, que sí requieren de mantención y control de información, para así evitar que piezas perdidas puedan crear daño no evaluado (rotura de cables, pérdida de sensores, corrosión).

Todas las Soluciones planteadas en este Nivel están orientadas a conocer la calidad del agua, de caudales y reconocimiento de fugas. Por lo tanto, se sugiere considerar su Impacto

en relación a la eficiencia en la gestión del recurso hídrico y a la conservación de los ecosistemas acuáticos, continentales y marinos. Esto porque, lo que se busca con el uso de instrumentos es un Impacto positivo, los impactos negativos pueden estar dados por errores humanos, tales como: mala calibración de los equipos, deterioro por mal mantenimiento de equipos, daños de fábrica, entre otros. Por lo tanto, lo que cabe es seguir los Protocolos de monitoreo.

En relación a este punto, un impacto positivo resultará del perfeccionamiento en las redes de monitoreo a nivel de cuencas, pero adicionalmente mejorar las plataformas de información ecológica y sobre calidad de aguas, en especial en las cuencas con NSCA es necesario invertir en el manejo de datos. Contar con un sistema integrado de datos sistemático y sistémico, tal cual lo propone OCDE en las Recomendaciones sobre gestión del agua (OCDE, 2016. pp.26).

Desde el 2011 a la fecha se ha llevado a cabo el monitoreo de humedales costeros y altoandinos (MMA, 2011), como una forma de complementar el monitoreo que realiza la DGA a lo largo de Chile, de aquellas variables que dan cuenta del estado trófico de estos sistemas naturales, con ello es posible analizar la tendencia y avanzar hacia las alertas tempranas, mejorar bases de datos sobre estado de salud de ecosistemas, mejorar el conocimiento para las normas secundarias de calidad de aguas, alimentar bases de datos integrales, permanentes y de carácter público. En 2015 el Ministerio del Medio Ambiente, complementando el trabajo de DGA y dando continuidad a las recomendaciones del estudio en 3 humedales costeros (MMA, 2010) instaló 2 boyas telemétricas para monitorear dos lagos costeros (Budi y Vichuquén) en tiempo real (Figura 6), lamentablemente las dos boyas fueron destruidas por terceros y no fue posible dar continuidad a esta iniciativa.

Es necesario mejorar y expandir el uso de tecnologías satelitales para el seguimiento y monitoreo de los recursos hídricos. Desde el punto de vista económico son una opción cierta, reduciendo los costos asociados a terreno, permite contrastar diversas variables que facilitan el análisis integral de condición ambiental de los ecosistemas acuáticos y los recursos hídricos, reduce los tiempos de análisis y es una excelente herramienta para la toma de decisiones a nivel gubernamental. El Ministerio del Medio Ambiente en el proyecto Inventario Nacional de Humedales, 2010 consideró el uso de tecnologías satelitales para el levantamiento de información espacial, asimismo, el equipo consultor recomendó el uso de imágenes hiperespectrales para complementar el análisis.

Caudalímetros. Son instrumentos y piezas que proporcionan información sobre caudales en uso de agua, fluidos, o gases. El impacto de estos medidores, desde el punto de vista

ambiental, dice relación con su instalación, mantenimiento y funcionamiento. Por lo tanto, la evaluación ambiental de estos instrumentos no debe ser considerada de forma aislada en relación a la tecnología, sino a su aplicación. Los impactos ambientales negativos eventuales pueden ser indirectos, en relación al mal funcionamiento y pérdidas de flujos. Los potenciales impactos no están considerados en ninguna tipología de impactos ambientales. Existen en el mercado protocolos y especificaciones de uso, las que deben ser consideradas a la hora de la utilización.

Una serie de alternativas instrumentales se presentan como Soluciones del tipo "caudalímetros". No queda clara la intención de estas propuestas, ya que los variados tipos que se exponen en las Fichas tienen objetivos similares y dice relación con el control de flujos en la industria, no sólo de agua, si no de variados compuestos y flujos. Sin embargo, cabe señalar que, si lo que se persigue es medir consumos de agua limpia o agua dura, los caudalímetros de turbina o "contadores de agua", son los adecuados, que indican los litros o m^3 de agua en circulación y adicionalmente, pueden registrar el consumo en algún contador. Para seleccionar el tipo de caudalímetro la industria especializada orienta respecto al tipo de fluidos que se quiere medir, si se medirá caudal o totalización, tipo de industria, características del flujo o fluidos, entre otros aspectos pertinentes. Los impactos en relación a estas tecnologías son positivos, en tanto su objetivo es mejorar la eficiencia en el uso de agua y manejar fluidos que pueden generar toxicidad en el medio. Sin embargo, como en todos los procesos, es necesario conocer la vida útil de las piezas, calidad de los instrumentos, de tal forma que no emitan tóxicos en el agua y de esa forma mitigar o eliminar cualquier impacto negativo sobre el medio.

Medición de caudales de escorrentía en los canales, esteros, arroyos y los ríos. Los métodos son: método volumétrico, del flotador, de trayectoria y aforador Parshal, son manuales y poco invasivos. Por lo que su impacto en el medio es bajo a neutro, si no hay otra modificación en los cursos de agua con el objetivo de lograr la medición. También existen los métodos de aforo químicos para estimar caudales o recarga de acuíferos, éste utiliza trazadores como sales, elementos radioactivos y tintas, todos presentan ventajas y desventajas. La principal ventaja que se describe por especialistas es la exactitud de la medición. Entre potenciales efectos adversos, los trazadores pueden tener efectos sobre la flora y fauna por bioacumulación, por ello es pertinente hacer una selección adecuada de los trazadores para que los efectos adversos sean despreciables, por ejemplo, ser estable químicamente, ser de fácil solubilidad en el agua y estar en cantidades pequeñas en la naturaleza.

Entre las sales de dichas metodologías, destaca el Cloruro de Sodio, entre las tintas colorantes el más usado es el Dicromato de Sodio, la que es tóxica y los niveles de cromo en el agua naturalmente, tiene límites exigidos. Respecto de las tintas fluorescentes, los más conocidos son: Fluoresceina, Pontancyl Rosado B, Rodamina B y Rodamina WT, de los cuáles sólo los dos últimos han sido reconocidos por la U.S. Food and Drug Administration como, no tóxicos. Finalmente dentro de los trazadores radioactivos existen un grupo de metales y sales que pueden emitir radiación, este tipo de metodología sin duda tiene un potencial efecto nocivo sobre e medio acuático, ya sea en las aguas o en las especies, ya que el fenómeno de radiactividad implica liberación de electrones y choque de partículas, que si bien son fenómenos que se dan en la naturaleza y en todas las matrices ambientales (agua, aire, suelo), es posible que la inducción de estos procesos químicos generen impactos no evaluados en detalle.

Respecto del monitoreos de caudales con aforos para medir caudales y velocidades, existentes diversos tipos, desde pequeños instrumentos de manejo manual hasta las estructuras que intervienen los cauces con infraestructura permanente, son, en general de pequeñas dimensiones y sólo afectan el área intervenida.

Todos estos métodos pueden ser aliados de la gestión a nivel de cuenca si la información es administrada de manera sistémica, es decir, si el objetivo de las mediciones de caudales es exclusivamente para manejar canales de riego o saber qué superficie de riego puedo comprometer por temporada, el impacto de dicho monitoreo en lo ambiental es nulo a negativo. Por el contrario, si estos métodos permiten conducir acciones estratégicas para restaurar secciones de ríos, mejorar canales de riego, considerar alertas tempranas del comportamiento inusual de afluentes a un río, tendrá un impacto ambiental positivo. También se recomienda que sean consultados las comunidades en relación al comportamiento de los cauces.

INSTRUMENTOS LEGALES

Sin duda la Gestión integrada de cuencas es un modelo que permitiría avanzar hacia un enfoque ecosistémico para reducir brechas e inequidades respecto al uso del agua. Chile no cuenta con regulaciones que la favorezcan. 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.

Esto requiere un manejo integral del que Chile carece. 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).

En algunas áreas, a pesar del escenario negativo, se incrementan, por ejemplo; las actividades turísticas, aumenta la disponibilidad hotelera, la expansión inmobiliaria en el borde costero con presión sobre las cuencas costeras y con ello el uso de agua y energía. Se requiere aprender a hacer más con menos, frase que debe ser un titular repetido como un mantra, lo propio en el desarrollo de las actividades productivas, más con menos y eficiencia. Respecto de esto, se sugiere evaluar el desempeño de algunas empresas del sector minero en relación a sus procesos de recuperación de aguas para la reutilización y cómo esto ha permitido liberar el uso de aguas subterráneas. Si bien es cierto, que el mayor consumidor de agua es el sector agrícola, la minería desarrolla sus actividades en la zona árida de Chile, donde la disponibilidad/oferta de agua es la más baja del país, es así como en la región de Antofagasta la minería consume el 80% del agua en la región (Jaramillo y Acevedo, 2018).

OCDE, 2016 recomienda en relación a la gestión del agua lo siguiente: “Adoptar un enfoque basado en los riesgos para la gestión de los recursos hídricos…”, “Concebir e implementar nuevas reformas al régimen de asignación de aguas, con el fin de asegurar la imposición de límites efectivos y exigibles a las extracciones de agua, que reflejen las exigencias (requerimientos) ambientales y ecológicos y la necesidad de un uso sostenible…”, “Desarrollar una estrategia para evitar la asignación excesiva en cuencas. Si tomamos en cuenta la información sobre consumo por sector al 2014 (ver Gráfico 2), es fácil entender la magnitud del problema y el grado de conflictos que se establecen en las cuencas para lograr acuerdos que permitan modificar la manera de administrar el agua. Un 50 % de las aguas subterráneas y un 70% de las aguas superficiales, son utilizadas por la agricultura.

Consumo de agua, por fuente y principales sectores, 2014
(En porcentajes)

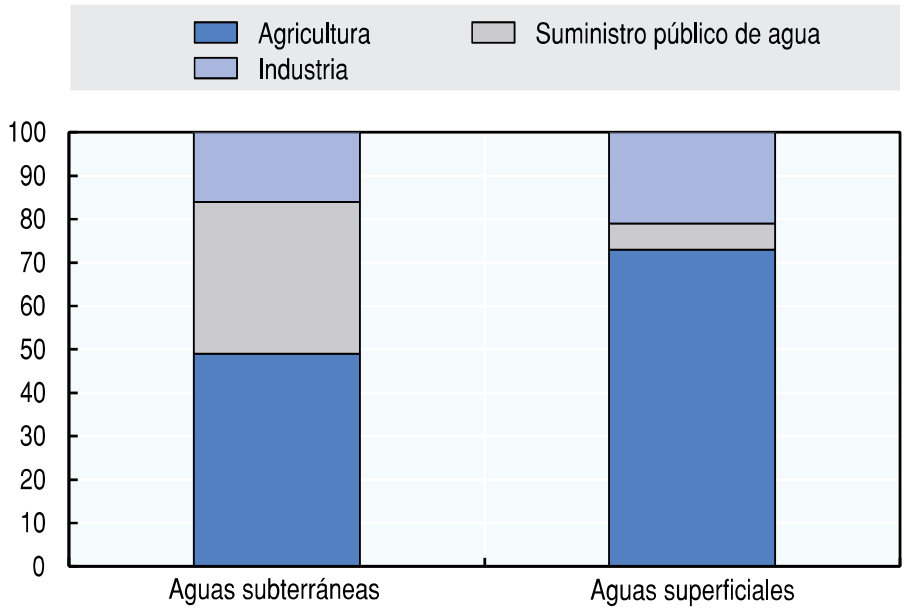


Gráfico 2. Consumo de agua, por fuente y sector, 2014 Fuente: Evaluación de Desempeño Ambiental de Chile, OCDE/CEPAL, 2016, información original del Segundo Reporte del Estado de Medio Ambiente, 2015.

Plataformas de Difusión/Educación: Los mecanismos para capacitar y educar deben ser pensados bajo un diseño de pertinencia local, habrá que identificar a todos los actores involucrados y potenciales interesados, definir una estrategia de participación amplia, escoger las mejores metodologías, que cumplan con requerimientos para todos los actores, lenguaje, nivel de empatía con problemas locales e intereses, construir una propuesta de gestión con alcance de largo plazo, incorporando los riesgos, presentar alternativas, escenarios completos, en especial para aquellos que no tienen acceso a toda la información.

Es necesario unificar lenguajes y entendimiento del o los problemas, para lograr objetivos y metas deseadas, todos los actores deben ser educados e involucrados, en un espacio de aprendizaje mutuo, así se democratizan las decisiones, con la mejor información disponible, se acercan posiciones o establecen las diferencias, de manera transparente para llegar a las metas propuestas.

Para manejar las externalidades negativas potenciales y lograr éxito en estas soluciones, es preciso asegurar que las entidades responsables logren establecer vínculos transparentes, que fijen expectativas alcanzables, pero ambiciosas, que se oriente la discusión y el trabajo de manera efectiva y fijar desde el principio objetivos claros. Por otra parte, la entrega de

información debe ser pertinente, en fondo y forma, para entregar "el mensaje" a distintos niveles de actores: político, técnicos, comunidad, estudiantes, organizaciones de base, ONG locales, autoridades locales y regionales.

Mecanismos de Gestión y Financieros para integrar los servicios ecosistémicos en las decisiones.

Existen experiencias en el mundo donde los diversos sectores productivos han integrado en las áreas de gestión prácticas participativas para la considerar los servicios ecosistémicos (TEEB, 2010). Es el caso de la creación de incentivos, donde gobiernos locales crean pagos por servicios ecosistémicos para fomentar la protección de bosques o humedales, creando así un "negocio verde" con efectos positivos. También existen mecanismos para realizar inversiones de restauración de ecosistemas que brindan beneficios a comunidades locales, así se pueden integrar actividades productivas y protección de ecosistemas con beneficios económicos directos hacia la población local. También se han creado tarifas sobre el agua para la protección de cuencas hidrográficas, como en México. En este sentido The Nature Conservancy (TNC), trabaja desde hace unos años en la cuenca del río Maipo para crear un Fondo del Agua. En este sentido, existen oportunidades de gestión a nivel de cuenca, para que las empresas cuyo negocio depende del buen funcionamiento del agua y ecosistemas o cuyos pasivos han generado impactos sobre la cuenca, puedan financiar fondos de manera voluntaria para gestionar actividades de conservación y recuperación de los ecosistemas integrados a la cuenca hidrográfica, apoyando medidas de recuperación de suelos, reforestación o restauración de humedales, entre otros. Todas las anteriores, Iniciativas que deben ser concertadas con los actores locales, de manera orgánica y coherente con otros esfuerzos del Estado y organizaciones locales.

Respecto a los Instrumentos económicos como incentivos al uso sostenible de recursos hídricos y recuperación de ecosistemas, debe ser vista como una oportunidad, lo que permitiría conservar muchas áreas que proveen agua de calidad y en cantidades que hacen posible el resto de actividades a lo largo de la cuenca. Muchas cuencas están intervenidas por actores locales, dueños de predios cuya actividad limita con los ríos o lagos. Si los o el propietario asegura la mantención de las características ecológicas de su predio, está al mismo tiempo asegurando el estado de salud del río o lago. Esto se puede dar en las cabeceras de cuencas con mayor efectividad, sin embargo, es necesario realizar diagnósticos a nivel de cuenca para determinar cuáles serían esas áreas candidatas para un modelo de retribución por servicios ecosistémicos o de pago por servicios ecosistémicos, en caso que puedan ser implementados a nivel de cuencas.

Pago por Servicios Ecosistémicos. En Chile no existe institucionalidad ambiental que promueva el instrumento de **Pago por Servicios Ecosistémicos** (PSE). Se recomienda comunicar adecuadamente sobre este concepto para evitar confusiones vinculadas con la valorización económica de los mismos. Por otra parte, el desarrollo de este instrumento es usado en el mundo y se ha documentado tanto por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD, 2008) como por (Russi *et al.*, 2013), las bondades y oportunidades de realizar evaluaciones de los servicios ecosistémicos y su valorización, para relevar la importancia económica de los ecosistemas. En todo caso, es necesario que existan reglas claras para conducir este instrumento.

Instrumentos económicos en Chile

En Chile, se reconocen muy pocas experiencias en relación al Pago de Servicios Ecosistémicos y Certificación de Servicios Ecosistémicos (SS.EE). Para el primero es interesante conocer la experiencia en la zona de Chaihuín, localidad en la Región de los Ríos, que demandaba agua potable y en 2013, se logró una inversión por parte del Ministerio de Obras Públicas para llevar a cabo las obras de distribución de agua. Al mismo tiempo se acordó un pago por servicio ambiental por el consumo de agua, por un monto de $200 pesos por vivienda. Este es administrado por el Comité de Agua Potable Rural de Cahuín y se utiliza en actividades de conservación de la cuenca (OCEANA, 2018). Para el caso de certificación de SSEE, actualmente corresponde a un instrumento de certificación forestal para conservar los servicios ecosistémicos de los predios forestales, denominado ForCES y que es desarrollado por entidades y un privado.

Incentivos sectoriales para riego se utilizan de manera inadecuada y generan impacto ambiental negativo sobre suelo, cursos y cuerpos de agua, incluidos humedales. En U.S.A y algunos países europeos se han utilizado ampliamente para proteger los humedales de los impactos negativos. Los Bancos de Compensación, son mecanismos donde intervienen individuos o entidades, que establecen los bancos de mitigación y son responsables de su mantenimiento a largo plazo. Existen interesados en el manejo de un área, ya sea para restauración o desarrollar actividades de protección. Los alcances de las actividades de restauración de humedales y la transacción de créditos disponibles a ser utilizados o transados por el Banco debe estar regulado. Para que los bancos funcionen, debe existir un compromiso del propietario del predio a no intervenir negativamente los ecosistemas. Por ejemplo, para el caso de la restauración de humedales en predios agrícolas, los propietarios se comprometen a no drenar, dragar o rellenar los humedales para cultivar productos básicos. Para que esto funcione, Chile debe desarrollar los protocolos, los criterios, establecer las equivalencias de mitigación y tener especialistas capacitados para autorizar los bancos y fiscalizar el cumplimiento.

Un avance al respecto es que se establece en el proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Areas Protegidas[6] que propone, además de la retribución por servicios ecositémicos, otros mecanismos o instrumentos económicos como los incentivos a las **Prácticas sustentables** y el **Sistema de Certificación de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos,** lo que abre un abanico de oportunidades para todos los sectores, de la mano de la naturaleza bajo estándares de sostenibilidad.

Estos instrumentos han sido diseñados para que las actividades productivas locales, principalmente vinculadas al sector agropecuario y ganadero, modifiquen prácticas no sostenibles o las mejoren, para recuperar los ecosistemas y sus componentes, reduciendo usos de sustancias nocivas y mejorando la situación global de las cuencas donde estas actividades se desarrollan, esto con apoyo técnico-científico del Servicio de Biodiversidad y de las demás entidades vinculadas al rubro. Estos modelos de desarrollo son posibles, están ocurriendo en Chile, a escala muy pequeña, corresponde al Paisaje de Conservación del Río San Pedro y Mafil, región de Los Lagos. Algunos de los mecanismos posibles de diseñar para la efectividad de este modelo de conservación y retribución hacia el sector que realiza las prácticas sostenibles son: pagos por uso eficiente del agua, certificación de predios o productos por usos sostenible del agua y la biodiversidad, sellos por productos con etiquetas verdes, pagos de retribución por servicios ecosistémicos.

La OCDE reconoce que en Chile "existe espacio para extender el uso de instrumentos económicos", pudiendo considerar el pago por servicios ecosistémicos, la compensación de biodiversidad y los biobancos (repositorios de ganancias certificadas y cuantificadas de diversidad biológica, obtenidas a partir de iniciativas de conservación destinadas a compensar el impacto residual[7] de proyectos empresariales y de desarrollo).

Sería de gran utilidad pensar en el diseño de incentivos para la reducción de uso de fertilizantes y pesticidas, para la restauración de riberas en cursos de agua como amortiguación de sustancias contaminantes y mejoramiento de la calidad de aguas. Medidas todas que quizá deban ser demostradas caso a caso para obtener un compromiso de largo plazo con propietarios agrícolas y ganaderos. Se sugiere iniciar con pilotos, pudiendo replicar el modelo del Programa de investigación Vino, Cambio Climático y Biodiversidad (www.vccb.cl) es el mejor ejemplo práctico y efectivo de compromiso de la

[6] Proyecto de Ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Areas protegidas y el Sistema Nacional de Areas Protegidas de Chile, Boletín Nº 9404-12.
[7] SEA, 2014. Guía para la compensación de biodiversidad en el SEIA.

industria vitivinícola con la conservación de la biodiversidad.

Adicionalmente, la OCDE recomendó que Chile "considere la posibilidad de establecer cargos por el vertido de efluentes en el agua e impuestos por el uso de fertilizantes y pesticidas y exigir que se pague por los programas de provisión de servicios ecosistémicos, ampliar el empleo de compensaciones por pérdida de la biodiversidad biológica" (CEPAL-OCDE, 2016, pag.52). En este sentido, el Ministerio del Medio Ambiente de Chile, en 2016 realizó un análisis sobre las opciones para implementar instrumentos económicos para el control de la contaminación en la cuenca del Lago Villarrica. La propuesta considera la selección de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, identificando potenciales "oferentes de los servicios" y "compradores de esos servicios", que en este caso corresponden a Servicios Ecosistémicos. Asimismo, se considera una estimación preliminar de los costos globales de otros instrumentos posibles de aplicar en la cuenca (MMA, 2016).

La implementación de instrumentos económicos debe tener información precisa y transparente sobre cuestiones como: estado de los recursos hídricos, estado de salud ambiental y ecosistémica, calidad del agua, presiones sobre los recursos (demanda por sector, uso, entre otros).

Soluciones relacionadas a la "economía circular del agua" van de la mano con los conceptos de huella hídrica y mercado verde. Sin duda todas estas nuevas tendencias son positivas y sus impactos también. Los conceptos de economía circular han sido promovidos en todo el mundo y la tendencia es a reutilizar, bajo un concepto de responsabilidad, donde los actos individuales tienen tanta importancia como el esfuerzo que haga la industria. Hace unos años, en 2011, se acuña primero el concepto de Crecimiento Verde, que significa "fomentar el crecimiento económico y el desarrollo, garantizando que los ecosistemas continúen proporcionando en el tiempo los servicios de los que el bienestar social depende (OCDE 2011).

La Estrategia Nacional de Crecimiento Verde (Gobierno de Chile, MMA-MIN.HACIENDA, 2013), propone dos Objetivos específicos y uno establece el "Fomento del mercado de bienes y servicios ambientales", considerando: **Eco-innovación y emprendimiento**, **Empleos verdes y capacitación**, **Indicadores de crecimiento verde.**

6.2.- Dar respaldo técnico/científico a los impactos ambientales identificados para las diferentes MAS.

Toda la información entregada en el ítem 6.1. tiene por objetivo desarrollar las principales Soluciones involucradas en la planilla Excel entregada por la Iniciativa EH2030 y se citan algunos de los documentos revisados. Los siguientes fueron los mecanismos de búsqueda y consulta:

Se accedió a las siguientes fuentes de información:

a) página web señalada en la tabla excel enviada por el mandante, la que correspondía a un proveedor, y no a la tecnología,
b) paper para identificar la tecnología y establecer caracaterísiticas,
c) otras fuentes para determinar aplicación de la propuesta.

Otro elemento de análisis para discriminar y corroborar la Descripción de la Solución fue la información entregada en la columna de "Proveedor". Lamentablemente esta columna hace mención a un proveedor específico de la solución, especialmente en aquellas agrupadas en la categoría de Monitoreo y Tratamiento y uso. En otros casos la descripción del "Proveedor" se limitaba a informar, por ejemplo; DGA, MOP, Biblioteca del Congreso, Empresas transnacionales, CNR, ejemplo Aconcagua-Mataquito, Stockholm Environment Institute, entre otros. En muchos casos, se procedió a analizar la Solución mediante juicio de experto y revisión de experiencias nacionales e internacionales de diversas publicaciones. Mientras transcurría esta consultoría el catastro de las M.A.S estuvo en permanente revisión, lo que exigió una armonización de criterios exhaustiva.

La información consultada se detalla en este informe y adicionalmente en carpetas digitales, en ellas es posible encontrar documentos y los links de algunas instituciones, organizaciones o publicaciones científicas en versión digital.

Se revisó documentación publicada por organismos internacionales de reconocido prestigio en materias asociadas a la gestión del agua, manejo integrado de cuencas, instrumentos económicos, agricultura, agrobiodiversidad, agricultura familiar, conservación de la biodiversidad, infraestructura verde, restauración de humedales.

6.3.- Proponer la continuidad del trabajo, para avanzar hacia una evaluación de impacto ambiental más cuantitativa.

La continuidad del trabajo que guía la Iniciativa EH2030, debe considerar algunos elementos de carácter institucional y otros conceptuales:

- La evaluación de impacto ambiental que ha requerido la Inicaitiva EH 2030, para analizar las Soluciones debe considerar en la próxima etapa elementos prácticos relacionados con:
- Aplicación territorial de las soluciones
- Dimensiones de aplicación, en especial aquellas referidas a Demanda.

Las Soluciones que corresponden a la clasificación **GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA** deben ser evaluadas bajo un criterio distinto, en especial aquellas referidas a modificación legal, reglamentos y fondos. Una de las alternativas es definir indicadores de éxito de la medida o de la política pública o de su plan de acción, simples y verificables, acotados, con indicadores posibles de completar por todos los niveles de la organización; Gobiernos locales, regionales y nacional, que expresen efectividad y no sólo seguimiento a la implementación (se hizo o no se hizo).

Prácticamente todas las Soluciones del Nivel **GESTIÓN DE LA DEMANDA** y parte de las del Nivel **GESTIÓN DE OFERTA** pueden tener impacto negativo si las condiciones en las que se implementan no consideran criterios ambientales y ecológicos en el futuro. Al respecto algunas consideraciones:

1.- Se sugiere complementar los monitoreos de calidad de agua, con aquellos que informan sobre la condición o estado de salud de los ecosistemas, ya que una batería de indicadores permitirá complementar los análisis y tender a decisiones integrales y no sectoriales. La importancia en la selección de indicadores a nivel de ecosistemas es que permite tener información concreta y entregar análisis integrados. Por lo tanto, se sugiere considerar las variables (indicadores) propuestas en el documento **Diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad y cambio climático** (MMA, 2016). En este documento es posible identificar set de indicadores por componente (acuáticos continentales, terrestres y marinos) y protocolos, entre otros elementos de importancia como la metodología e instrumentos para toma de muestras o datos y almacenamiento.

2.- La industria minera junto a la autoridad ambiental y DGA deben analizar las solicitudes de aprovechamiento de aguas subterráneas, en especial en zonas que alimentas vegas y bofedales, así como lagunas al interior de salares. Las extracciones de agua de pozos son causantes de impactos irreversibles sobre los humedales altoandinos y otras actividades locales, como agricultura ancestral. **Salar de Coposa**: vertiente con mayor aporte y con extracción minera; **Jachucoposa**: extracción desde 1998. La DGA estableció en el año 2002 Areas de restricción para nuevas explotaciones de aguas subterráneas. Estudios de la misma institución, han establecido zonas de protección de acuíferos, limitando la extracción superficial y subterránea para asegurar, mediante una zona de protección, la conservación de los sistemas de vegas y bofedales, es el caso del sistema en el **Humedal de Lirima**: con

34,27 Km^2 de protección (SAG, 2011).

3.- Los criterios ambientales mínimos que se deberían considerar para evaluar Soluciones a nivel sitio específico, son los siguientes: normas asociadas a la matriz aire y agua, tanto relativas a saneamiento como de calidad (emisión y calidad superficial) y de aguas subterráneas.

4.- Los criterios ecológicos generales, que deberían considerarse para evaluar las Soluciones a nivel sitio específico, deben considerar el nivel ecosistémico, de especies y paisaje, por ejemplo: Especies en categoría de amenaza, tipo de ecosistema en el cual se emplazaría la solución, su clasificación (grado de amenaza)[8], la identificación de humedales y su clasificación (MMA, 2007), determinación de singularidades a nivel de ecosistemas (marino, continentales y terrestre), como por ejemplo; áreas de manejo de recursos bentónicos, dunas, suelos frágiles, formaciones vegetacionales únicas o restringidas, áreas de inundación a nivel de cuenca hidrográfica, acuíferos. Otras como áreas protegidas, sitios prioritarios, vegas y bofedales, Sitios Ramsar, son contemplados explícitamente en el artículo 10, letra p) y artículo 11 letra o) en la ley 19.300 relativo al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

5.- Para efectos de proyectos que sean susceptibles de causar impacto ambiental se sugiere revisar las metodologías para el levantamiento de información, escalas y representación de la misma, que establecen las Guías técnicas para Suelo, Flora, Fauna, Ecosistema y Paisajes y la de Caudal ecológico, todas ellas desarrolladas por el Servicio de Evaluación Ambiental en colaboración con los servicios públicos sectoriales, (SEA, 2013; SEA, 2015; SEA, 2016). Como elemento adicional es pertinente considerar la Guía técnica sobre humedales altoandinos, elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente en colaboración con la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero (MMA, 2011) y la Guía sobre criterios para la evaluación ambiental de humedales (SAG-CEA, 2007).

6.- Una mirada de largo plazo requiere evaluar impactos ambientales y sociales, lo que obliga a reconducir desde una mirada cortoplacista a una de largo plazo para enfrentar los riesgos asociados a los escasez hídrica y vulnerabilidad ante cambio climático, elementos que van íntegramente ligados a la conservación de la biodiversidad y restauración de ecosistemas degradados. Especial atención hay que prestar a la zona mediterránea del país, donde la presión de uso de agua aumentará. El rol que cumple la biodiversidad en el ciclo del agua es determinante, así como en su calidad. La pérdida de bosques nativo, el reemplazo de acuíferos naturales por sistemas artificiales, la conducción de aguas lluvias

[8] F. Lubert y Pliscoff (2017). Sinopsis Bioclimática y vegetacional de Chile

sin considerar los acuíferos como receptores naturales, tiene como consecuencias mayor inversión de infraestructura gris, aumentando la huella de carbono y reduciendo la capacidad de resiliencia de las ciudades. La extensión de la ciudad exige aumentar pavimentación y con ello disminuye la superficie de agua que infiltra en la pre cordillera de la región Metropolitana, pero existen alternativas. Las aguas lluvias son conducidas a sistemas de alcantarillado, lo que genera problemas a las plantas de tratamiento y a los sistemas naturales. La vegetación ha sido modificada y en lugar de jardines con plantas adaptadas a las condiciones climáticas son reemplazadas por tipos vegetacionales de alta demanda hídrica.

7.- Las soluciones deben considerar diseño de gestión para ciudades diferente al diseño de gestión para zonas rurales. La condición actual y futura exige mejoras en la evaluación de impacto ambiental, es necesario considerar la incertidumbre y los modelos climáticos, lo que exige una mejoría en el manejo de datos e información científica por parte del Estado. Es necesario hacer más eficiente el trabajo de mesas regionales, en muchos casos los Servicios Públicos están saturados de información que no logran evaluar a cabalidad o implementar.

8.- Sobre restauración ecológica y rehabilitación. La experiencia de restauración de humedales a nivel de cuenca hidrográfica en Chile es escasa a nula. La información disponible refiere experiencias a nivel de sitio, a través de restauración pasiva y activa, como es el caso de los humedales de la comuna de Algarrobo (región de Valparaíso), humedal Angachilla (región de Los Ríos), Humedales altoandinos (región de Tarapacá). Todas estas experiencias han sido beneficiosas al eliminar focos de contaminación, recuperado población de aves permanentes y migratorias, se han creado espacios de educación para niños y jóvenes. Desde el punto de vista global los servicios que prestan los ecosistemas naturales saludables han sido mencionados anteriormente y se detallarán en el Informe 2 de esta consultoría.

9.- Las Soluciones pueden tener altos costos de inicio, pero altos beneficios ambientales, sociales y económicos en el mediano y largo plazo, es el caso de soluciones asociadas a la restauración de ecosistemas. En este sentido se sugiere considerar la asesoría técnica del grupo de trabajo que coordina el Ministerio del Medio Ambiente, cuyo surgimiento fue a raíz de los incendios del verano del 2017, pero posteriormente se consolida un Comité Nacional de Restauración Ecológica, cuya primera tarea fue el desarrollo de un marco conceptual y luego la realización de proyectos de restauración activa, en especial de zonas afectadas por incendios. Si bien es cierto las acciones están orientadas a la restauración ecológica de bosques, el marco conceptual de restauración ecológica es aplicable a nivel de la cuenca (MMA, 2018).

10.- Para comprender a cabalidad los eventuales impactos que se dan sobre el medio ambiente es necesario considerar lo siguiente: Las amenazas y presiones tienen impactos sobre los ecosistemas a nivel: FÍSICO, QUIMICO Y BIOLOGICO (CEA, 2007). Esto significa que aquellos que son de origen físico tendrán un impacto permanente sobre los sistemas naturales, haciendo difícil la resiliencia de los sistemas naturales, por el contrario, si la amenaza o presión es de origen químico, existen opciones para que estos sistemas naturales se recuperen de manera natural o mediante la restauración pasiva (eliminando la amenaza). Por último, aquellas acciones de carácter biológico, en general son menos nocivas en el largo plazo, ya que pueden tener un evento puntual que genera impacto sobre las especies (mortandad de peces por descarga de químicos volátiles), una vez que la amenaza desaparece, los sistemas pueden retornar a su estado natural.

Para efectos de esta consultoría se propone la aproximación relativa a los tipos de amenazas que afectan a los ecosistemas acuáticos (CONAMA, 2006). Es necesario tener presente que las amenazas pueden ser sinérgicas o estar influenciadas por factores exógenos, como los cambios en las temperaturas y precipitaciones, extracción de caudales o cambios en la salinidad, estos son determinantes en la funcionalidad y expresión biológica de los ecosistemas. La Tabla 2 en Anexo, corresponde a una propuesta para considerar en la implementación de las Soluciones, atendiendo a las amenazas y cómo éstas influyen sobre los ecosistemas.

De acuerdo al tipo de impacto, es posible estimar medidas para evitar o mitigar los efectos. Las amenazas pueden ser clasificadas en estos tres niveles; físicos, químicos o biológicos, dependiendo de esta jerarquía los impactos serán reversibles o irreversibles, y dependiendo de esto es posible orientar las medidas de manejo o restauración, o decidir si una actividad puede o debe llevarse a cabo, concluyendo, por ejemplo, que los impactos ambientales son mayores que los beneficios, o que la incertidumbre no permite tomar una decisión informada. A continuación, algunos ejemplos de amenazas según tipo:

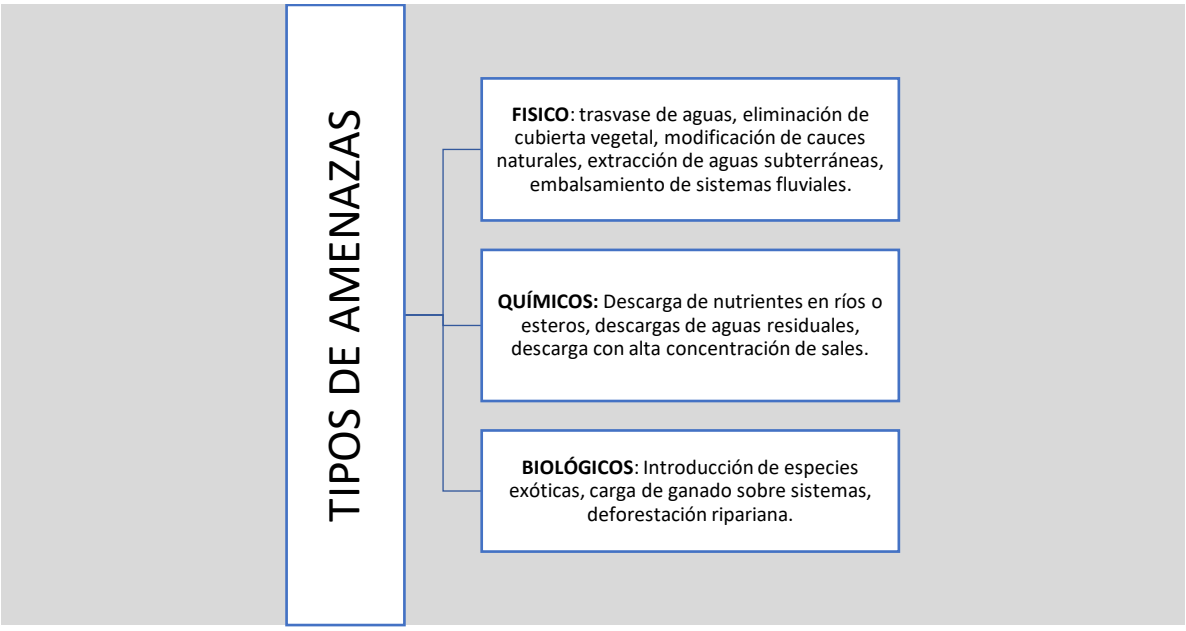


Figura 3: Tipos de amenazas del nivel físico, químico o biológico que impactan sobre los ecosistemas acuáticos. Fuente: Elaboración propia en base a CONAMA, 2006.

En términos generales las modificaciones físicas son globales y afectan al sistema completo, pero existen condiciones donde la amenaza de origen biológico es suficiente para modificar definitivamente un sistema natural (castores en Tierra del Fuego) o el reemplazo de la cubierta vegetal nativa por exótica. Es preciso considerar la persistencia de la amenaza y el tipo de ecosistema.

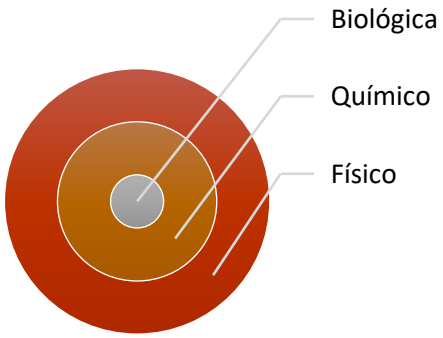


Figura 4. Jerarquización de las amenazas sobre los sistemas. Fuente: Elaboración propia basado en "Propuesta de monitoreo variables físicas del "sistema de Humedales altoandinos". Plan de conservación de humedales altoandinos. Centro de Ecología Aplicada, 2006.

- Perturbación a la estructura y funcionamiento del sistema.
- Perturbación a nivel de composición, alteración a la capacidad de carga del sistema.
- Perturbación a nivel específico, componentes del sistema.

Es necesario determinar además el tipo de sistema del que se trata, por ejemplo, no tendrá igual impacto la extracción de agua desde un lago que desde acuíferos de cuencas endorreicas, como tampoco tendrá el mismo efecto la contaminación agrícola por pesticidas y fertilizantes en una lago o laguna costera cerrada que en un sistema de escorrentía.

11.- Es necesario se considere una evaluación integral de aquellas soluciones propuestas, que implica desarrollo de infraestructura de alto impacto, por ejemplo: trasvase de agua, Embalses, canalización de esteros, impermeabilización de canales de regadío, extracción de acuíferos para riego, eliminación de cubierta vegetal nativa para reemplazar por cultivos.

12.- Adicionalmente hemos planteado algunas preguntas que deberían guiar ejercicios posteriores de evaluación, tales como:

- ¿La solución resuelve el problema asociado al sector sin causar impactos ambientales, a nivel de sitio y en cuenca?
- ¿La solución provoca un impacto negativo por sobre los umbrales que puede soportar el sistema natural, genera otros impactos con consecuencias socio ambientales?
- ¿El proyecto presenta evaluación de impactos ambientales conocidos?, ¿se está incorporando la incertidumbre climática en la evaluación?
- ¿La solución es una amenaza de carácter físico, químico o biológico?
- ¿La solución tiene consulta a la población local, además del sector productivo involucrado, con información de detalle y pertinente?
- ¿La solución ha sido usada anteriormente ?, ¿qué resultados o impactos ha presentado?
- ¿La solución presenta restricciones legales para ser implementada o ambientales?

6.3.3.- Propuesta y criterios para evaluar impacto ambiental de las Soluciones

La Iniciativa EH2030 levantó el catastro de Soluciones que tuvo a la vista esta consultoría, a partir del cual se hizo un análisis preliminar del potencial impacto ambiental producto de su implementación. Cabe señalar que muchas de las Soluciones propuestas requieren una evaluación distinta a la evaluación de impacto ambiental, no siendo el objetivo de esta consultoría. Por lo tanto, 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 EH2030 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
    1.2. Vegetación-Suelo
    1.3. Fauna hidrobiológica y terrestre
2. Eficiencia del recurso hídrico

Cabe agregar, que para el criterio "Alteración de la Biodiversidad" se consideró una desagregación más fina en relación a elementos que deben ser considerados, por su complejidad, estos no son exhaustivos, los que pueden ser ampliados en virtud de la información existente o tipo de proyecto, corresponden a los siguientes:

NIVEL 1/CRITERIO BIODIVERISAD POR COMPONENTE AMBIENTAL	SOLUCIÓN	ECOSISTEMA Hidrico	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
		modificacion caudales	A	apertura de caminos	A	modificación hábitat	A	
		procesos de sedimentaciòn	A	pérdida de habitats	A	modificación estructura	A	
		fragentación del ecosistema	A	fragmentación de corredores	A	alteración de riberas	A	
			A		A		A	

Luego, por las particularidades que revisten las Soluciones clasificadas en el Nivel de Gestión Hídrica y Gobernanza, se han considerado otros criterios simplificados que responden de mejor manera a este grupo de Soluciones y son 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

Adicionalmente, 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.

Asimismo el diseño, construcción y operación de una obra (Solución) puede crear impactos no deseados o subestimar los impactos, en este sentido, es posible considerar la jerarquía de mitigación para proyectos complejos y considerar la pérdida neta cero en biodiversidad. En el caso del agua, la mirada debería ser a nivel de las fuentes, de la cuenca y de los ecosistemas acuáticos.

Muchas soluciones describen tecnología y, por lo tanto, la evaluación ambiental de esa tecnología dependerá de variables como; área, mantención de los equipos, objetivo, características del sitio, etc. No se puede evaluar la solución sin conocer su aplicación y sitio. El impacto ambiental, en estos casos, dependerá del tipo de material de los instrumentos, la vida útil y el uso que se haga del mismo.

Se incorpora además un criterio denominado “Eficiencia 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 no tener un impacto negativo, 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 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, en otros casos su 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.

En la Tabla 1 se muestran los criterios utilizados para calificar soluciones bajo el concepto de impacto ambiental, recordando que la evaluación de detalle debe ser en conformidad a los antecedentes complementarios del sitio y proyecto.

Tabla 1.- Ejemplos de evaluación utilizando criterios para calificar soluciones bajo el concepto de impacto ambiental.

	CRITERIOS			
NIVEL 1/ SOLUCIÓN	**ALTERACIÓN DE BIODIVERSIDAD**	**FAVORE LA GESTIÓN DEL AGUA**	**MEJORA EFICIENCIA HÍDRICA**	**IMPACTO AMBIENTAL**
GESTION DE OFERTA				
TRASVASE	A	N/A	B	-3
DESALACIÓN	A/M	N/A	A	-3
INFILTRACION DE ACUIFEROS	B	N/A	M/A	2
REHABILITACIÓN DE HUMEDALES	M	N/A	M	3
GESTION DEMANDA				
EMBALSES PARA ACUMULACION DE AGUA	A	N/A	M	-3
CONTROL AUTOMATICO ROTURAS DE	N/A	N/A	A	3
COSECHA DE NUBES	N/A	N/A	B	-1
GESTIÓN HIDRICA Y GOBERNANZA/Mecanismos Legales y Financieros	**FAVORE CONSERVACIÓN BIODIVERSIDAD**	**FAVORECE LA GESTIÓN DEL AGUA**	**MEJORA EFICIENCIA HÍDRICA**	**IMPACTO DE LA MEDIDA/IMPACTO AMBIENTAL**
PAGO POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	A	M	A	3
CONSEJOS DE CUENCAS	A	M/A	M	2
FONDOS DE AGUA	M	M/A	B/M	2
GESTIÓN HÍDRICA Y				
SISTEMA ULTRASONIDO CONTROL	N/A	M	N/A	2
MONITORE REMOTO DE GLACIARES	N/A	A	N/A	2

Así mismo, y como antecedentes complementarios en la Tabla 2 del Anexo, se propone presenta una valoración por tipo de amenaza y tipo de ecosistema. El objetivo es, considerar en el análisis de impactos ambientales futuros y específicos, por proyecto y sitio, aquellas amenazas que tienen impacto irreversible o permanente y de qué manera interactúan éstas con la estructura y función de los ecosistemas acuáticos, pudiendo establecer medidas de manejo para evitar o mitigar impactos negativos.

7.- Otros antecedentes que deben ser considerados en la implementación y priorización de las M.A.S.

7.1.- Infraestructura verde e Infraestructura gris, brechas y oportunidades

El concepto de infraestructura verde se usa ya ampliamente, es un enfoque que tiene como eje estratégico la planificación territorial y sustentabilidad ambiental, es decir, corresponde a un sistema interconectado de espacios verdes diversos que sostienen una variedad de funciones y beneficios para las personas. Es posible implementarlo para el logro de diversos objetivos, a saber; hacer más amable las ciudades incluyendo o recuperando areas verdes en las comunas, entendidas en general como plazas, también incorporando tipos vegetacionales en proyectos de desarrollo urbano propios de la zona geográfica, incorporando medidas en la eficiencia energética e hídrica en una ciudad, como pavimentos

permeables, canalización de aguas lluvias en las veredas, canaletas de techumbres para captación e infiltración de aguas lluvias, techos o muros verdes, así como otras iniciativas innovadoras como proyectos de cultivos verticales en ciudades, con alta sofisticación y tecnificación, compensando la escasez de suelos para cultivos. Pero también se entiende que la infraestructura verde es aquella que se mantiene y permite la entrega de servicios ecosistémicos, sin intervención de las personas, ni de obras civiles.

La primera visión descrita, es una representación explícita sobre la necesidad de revertir la intervención que ha realizado la humanidad sobre sus espacios naturales, deprimiendo las características de los ecosistemas a tal punto que se están perdiendo los servicios ecosistémicos que estos proveen y de los que dependen todas las actividades humanas, por lo tanto, debemos invertir en proyectos de reconstrucción del espacio "verde". Esta es una buena noticia, sin embargo, permite reflexionar sobre proyectos futuros, en especial respecto de seguridad hídrica o infraestructura hídrica, donde la mayoría de las iniciativas y los diagnósticos sectoriales (MOP, Cámara Chilena de la Construcción, 2018) plantean la necesidad de aumentar la inversión en desarrollo de infraestructura gris (embalses, colectores de aguas lluvia, reinyección artificial de acuíferos, entre otros). Dos visiones que, en ocasiones, se convierten en antagónicas.

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, ha diseñado el proyecto "Stgo + Sistemas de Infraestructura Verde" (www.paisajefau.cl), en el que participa el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Existen otras iniciativas como la del Ministerio del Medio Ambiente que en 2016 inició un proyecto que contempla la infraestructura verde (espacios naturales no intervenidos o restauración de estos) en la planificación para la conservación de ecosistemas, del mismo modo el proyecto del Ministerio del Medio Ambiente denominado "Corredores de Montaña", busca conservar y conocer en detalle los servicios ecosistémicos relativos al componente agua y vegetación, que entrega el piedemonte de la Región Metropolitana a la población (MMA-PNUD, en ejecución). Así como lo plantea en su página web, el proyecto "Sistema de Infraestructura Verde", éstas y otras iniciativas están desarticuladas, a pesar de contemplar objetivos comunes. La recuperación de espacios verdes o infraestructura verde dice relación con las soluciones basadas en la naturaleza. Por lo tanto, los principios fundamentales que deberían regir el desarrollo de las ciudades y de la infraestructura gris es la integración de los componentes naturales para reducir los riesgos y los costos asociados a estos. Un componente fundamental que debe guiar entonces esta dispersión y búsqueda de soluciones, es el agua.

Las múltiples iniciativas y desarrollos civiles e inmobiliarios que se desarrollan en las ciudades, omiten en general, a los sistemas socioecológicos y anulan la capacidad de

resiliencia de los ecosistemas, aumentando el factor de riesgos por desastres de origen natural.

Al respecto, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) expone en su Informe del 2017 una serie de situaciones climáticas inusuales, es así como se advierten temperaturas en el sur del territorio por sobre los 35ºC o precipitaciones en el norte del país que alcanzan un superávit del 67%, acompañado de deslizamientos de tierras y crecidas de ríos (DMC, 2017). En general, lo que se observa es una tendencia a eventos extremos[9] en relación a las precipitaciones y temperaturas históricas registradas, lo que obliga a tomar precauciones en relación al uso del agua, la autorización de uso de derechos de agua, el desarrollo de infraestructura u obras civiles, desarrollo inmobiliario, establecimiento o extensión de superficie agrícola, en especial en las cajas de ríos o quebradas, así como en las pendientes de cerros.

Esto implica comprender las funciones que entregan los ecosistemas naturales como un sistema integrado, antes de resolver la intervención de los espacios naturales o la incorporación de soluciones basadas en la infraestructura tradicional (o gris) o el desarrollo de áreas verdes sin pertinencia territorial y cultural o la definición de embalses, o canalización de ríos y esteros. Cada intervención no planificada y sin participación, es un retroceso para la resiliencia y capacidad de adaptación ante cambio climático. Los Informes internacionales de agencias especialistas como IPCC, IPBES y CBD (2018), así lo demuestran.

Algunos ejemplos en Chile que permitirían integrar estos elementos y entregar recomendaciones concretas para la protección de las cuencas y ecosistemas ante nuevos eventos son: la red de investigación sobre Resiliencia Urbana a Eventos Extremos (UREx), que ha generado un Grupo de trabajo multidisciplinario (Sustainability Resilience Network) y el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN). La Red UREx propone como una de sus líneas de investigación la integración de infraestructura social-ecológica y tecnológica para entender y transmitir la urgente necesidad de transformación de la infraestructura gris y los sistemas urbanos como sistemas socio-ecológicos y así, lograr una comprensión y soluciones integradas ante anomalías climáticas. Un taller fue realizado en Chile en mayo de 2017 en Valdivia (UREXSNR-UACH, 2017) y su Reporte está disponible en www.UrexSRN.net como un aporte para el desarrollo sostenible, integrado y resiliente de las personas en el contexto de “ciudades”. Por su parte, CIGIDEN enfoca su investigación en las amenazas por desastres de origen natural, mejoramiento de

[9] Estos se definen como la ocurrencia de un valor de una variable climática por encima (o por debajo) de un valor umbral de los extremos superior (o inferior) del rango de valores observados de la variable (DMC, 2017)

tecnologías, el comportamiento social ante estos y la mitigación del riesgo de infraestructura crítica.

Las iniciativas en este sentido no pueden ser aisladas, ya que pierden fortaleza en su construcción social e impacto positivo en lo ambiental. Así lo han reconocido diversos autores al integrar conceptos de la ecología y planificación territorial en el diseño de ciudades, como Servicios Ecosistémicos y Planificación ecológica (Hansen *et al.,* 2014) en Vásquez, Alexis, 2016). Pero no es sólo una mirada posible para las zonas urbanas, lo es también para zonas rurales cuyas actividades se van viendo modificadas por cambios en el uso del suelo y aumento de la población con segunda vivienda, cuyos requerimientos hídricos exceden por mucho el agua disponible. Podemos ejemplificar esta situación con el explosivo crecimiento inmobiliario que está experimentando la comuna de Pichilemu. Las viviendas en 2002 eran de 6.228 y en 2015 de 12.056, en los últimos 15 años las viviendas se incrementaron un 93% (Garretón V. en CEA, 2018) y la población en 2017 de la misma comuna, creció un 32,2% respecto del CENSO anterior y hasta el año 2015, el 45% de la región estaba ocupada por plantaciones forestales. Todo este escenario demandará más agua y queda demostrado que no hay ningún ejercicio de planificación de cuencas hidrográficas en función de la disponibilidad hídrica de largo plazo a nivel nacional, regional ni comunal, tampoco una evaluación de impactos previo al cambio de uso del suelo ni información a quienes se instalan en un territorio respecto a la disponibilidad hídrica. No existe conciencia respecto de todos los ámbitos o dominios de este tema.

Es relevante comprender entonces, que no sólo la extracción de agua por la industria, la minera o la actividad agrícola son elementos distorsionadores de disponibilidad hídrica, también lo son la modificación del uso de suelo y de las cuencas, que tienen consecuencias en la disponibilidad de los recursos hídricos, tanto en cantidad como en calidad. Por lo tanto, la actividad productiva, industria inmobiliaria y la planificación urbana no pueden omitir la importancia de los sistemas naturales en los sistemas socio-ecológicos, con interdependencia, cuyas consecuencias han estado a la vista en los diferentes eventos climáticos, tanto en Chile como en el mundo, sin embargo, para poder decidir cuál es la mejor Solución o el conjunto de Soluciones que pueden proveer de mejores opciones para la adaptación y mitigación y enfrentar adecuadamente los problemas de disponibilidad y uso del agua en Chile, debemos hacer una profunda revisión a los costos de reemplazo y modificación de la “arquitectura natural”, entre otros de carácter regulatorio sin duda.

7.2.- Políticas públicas y marcos internacionales comprometidos por Chile.

7.2.1.- Informe OCDE. Recomendaciones sobre la Gestión del Agua y la Biodiversidad

En 2016 Chile se sometió a la segunda Evaluación de Desempeño Ambiental (EDA, 2016) y entre las Recomendaciones podemos citar:

a) Sobre la Gestión del Agua:

- Adoptar un enfoque basado en los riesgos para la gestión de los recursos hídricos […]
- Concebir nuevas reformas al régimen de asignación de aguas, con el fin de asegurar los límites efectivos y exigibles a las extracciones, que reflejen las exigencias ambientales y ecológicas y la necesidad de un uso sostenible y usos esenciales […]
- Desarrollar una estrategia para evitar la asignación excesiva en cuencas y acuíferos en los que los derechos de uso del agua excedan la capacidad sostenible del cuerpo de agua.
- Seguir expandiendo las normas de calidad de agua y acelerar la implementación de la plataforma sobre calidad de agua e información ecológica (MMA, DGA) […], perfeccionar el monitoreo de la contaminación del suelo y de la extracción del agua, para proteger los ecosistemas y en especial los humedales.

b) Sobre la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad:

- Intensificar los esfuerzos por elevar la eficiencia del uso del agua en todos los sectores económicos, especialmente en la agricultura y la minería, monitorear sistemáticamente la extracción de agua dulce y el uso de agua de mar desalinizada, para evitar los efectos negativos sobre los sistemas hídricos.

7.2.2.- Objetivos de Desarrollo Sostenible de Nacionales Unidas (ODS 2030).

Naciones Unidas impulsó una agenda social y ambiental integrada, que ha sido abrazada por los gobiernos, organizaciones civiles y empresas, impulsando un cambio acelerado en sus políticas y acciones. Los ODS incluyen todas las áreas que se deben mejorar para lograr la sostenibilidad. Una visión social, económica y ambiental para el manejo sostenible de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad y la reducción de su uso indiscriminado, una tarea que no puede esperar, según todos los informes internacionales sobre cambio climático (IPCC), biodiversidad (CDB, IPBES), alimentos (FAO) y pobreza (ONU). Las Metas relacionadas con el agua son:

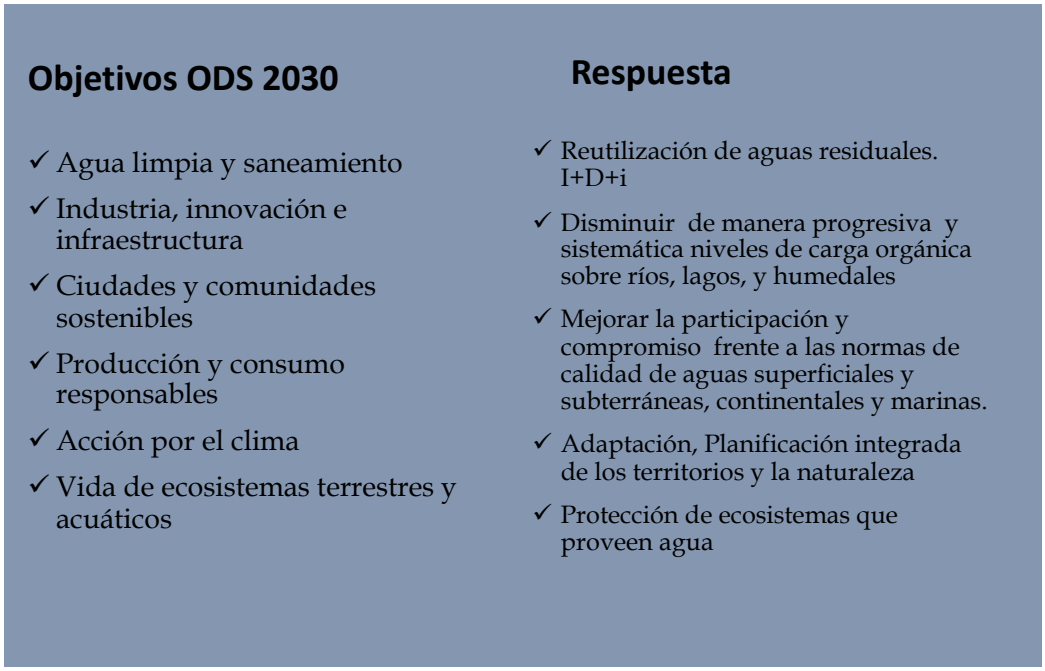
1. Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo

a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

2. Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren por falta de agua.

3. Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.

4. Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.



7.2.3.- Informe sobre ciencia e innovación para los desafíos del agua en Chile: ***Estrategia Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación para la Sostenibilidad de los Recursos Hídricos, 2016***

CNID constituyó la COMISIÓN DE I+D+i PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, la que elaboró el Informe entregado a la presidenta Bachelet en diciembre 2016, y que guiaría el trabajo científico relativo a la gestión del agua y conservación de ecosistemas acuáticos.

A partir del trabajo de la Comisión de Recursos Hídricos que coordinó CNID se crea la Red de Investigación en Recursos Hídricos (es necesario confirmar si esto está operativo) que agrupa a más de 25 grupos de investigación que pertenecen a Centros y Facultades, que desarrollan actividades de I+D+*i* en áreas relevantes a lo largo del país.

Respecto de la necesidad de generar un espacio de coordinación en el sector público, se avanzó en la constitución de un comité coordinador interinstitucional, que es integrado por la Dirección General de Aguas, CONICYT, CORFO, Iniciativa Milenio, la Fundación de Innovación Agraria (FIA) y el CNID y que se ha denominado Comité de Orientaciones Estratégicas de Investigación en Agua (COEIA) (Confirmar si esto está operativo y su orientación).

La Comisión organizó las propuestas de las subcomisiones en torno a cuatro grandes Líneas Estratégicas prioritarias de investigación, desarrollo e innovación para apoyar desde el conocimiento la sostenibilidad de los recursos hídricos de nuestro país, y que son las siguientes:

1. I+D+*i* para la comprensión de los procesos hidrológicos

2. I+D+*i* para la gestión integral de los recursos hídricos

3. I+D+*i* para la comprensión de los ecosistemas acuáticos

4.- Desarrollo tecnológico para la sostenibilidad de los recursos hídricos

Actualmente existen especialistas que están definiendo prioridades en torno a esta Estrategia para priorizar implementación de iniciativas pilotos. Quedó formulada al mismo tiempo la Red de especialistas en gestión y conservación del agua, la que actualmente funciona independiente a la gestión del CNID.

7.2.4.- El rol de la biodiversidad en la disponibilidad del agua.

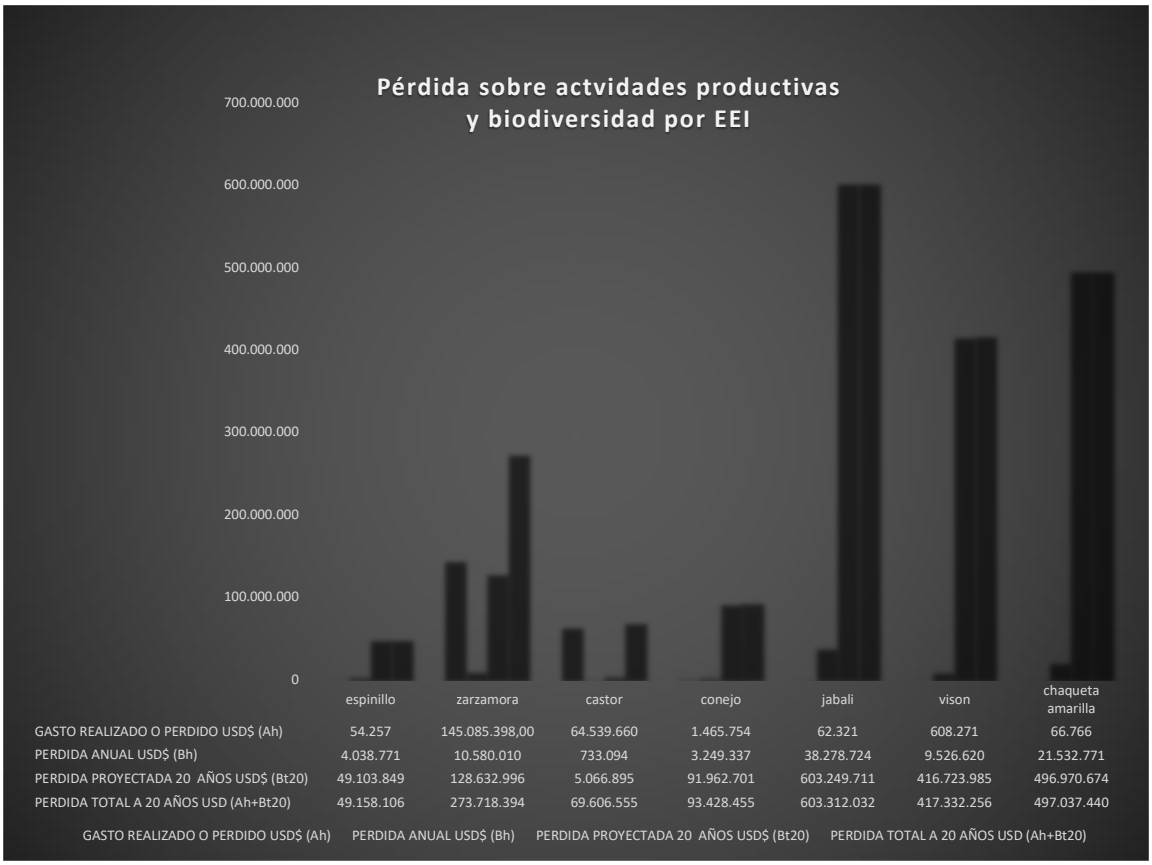
En un contexto de cambio climático, aumento de la población y de las actividades productivas, la relación con la naturaleza debe ser una vía ineludible. Destacados científicos y especialistas de todo el mundo, han elaborado recientes informes globales (IPBES, 2018; CBD, 2018; Ramsar, 2018) que señalan que entre 1970 y 2012, el índice del tamaño de la población de especies de vertebrados terrestres, decreció un 38% y las especies de agua dulce un 81% a nivel global. La pérdida de hábitat, la transformación y reducción de la idoneidad de los remanentes de hábitats por la degradación son las principales causas de la pérdida de biodiversidad a nivel mundial (IPBES, 2018). El concepto de resiliencia, acuñado en ecología por Crawford Holling (Holling, 1973), está más vital que nunca. Holling desarrolla el concepto refiriéndose a la capacidad que tienen los sistemas naturales de

soportar perturbaciones y adaptarse, y con ello auto-sustentarse, lo que permite que se mantengan en el tiempo y continúen proveyendo los servicios ecosistémicos.

El Informe ***Perspectiva Mundial sobre los Humedales, estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas***. Documento que entrega información cualitativa y cuantitativa, sobre el estado de la situación de los humedales en el mundo. Resultados poco alentadores ratifican que el 35 % de los humedales se ha perdido desde la década del 70 a la fecha, a una tasa tres veces mayor que la tasa de pérdida de bosques, 81% ha disminuido la población de especies de humedales continentales y en un 36% las costeras y marinas. Los humedales cubren 12,1 millones de Km^2, 54% de esta superficie está inundada permanentemente y un 46% estacionalmente (Ramsar, 2018). Otro dato de interés que entrega este Informe dice relación con la carga de nitrógeno y fósforo que reciben las aguas continentales y marinas, se prevé que para 2050 un tercio de la población mundial estará expuesta a estos elementos. Casi la mitad de los países OCDE, mantienen pesticidas en aguas provenientes de zonas agrícolas por encima de los límites recomendados. La importancia de los sistemas acuáticos no está en su tamaño, sino en su función y por ello mantener todos los sistemas naturales, por pequeños que sean, es relevante (Biggs *et al.,* 2017).

El trabajo realizado por Federico Lubert y Patricio Pliscoff, (2017) entrega información sobre la condición de amenaza de los ecosistemas terrestres, basados en los criterios desarrollados por la UICN para la determinación de la Lista Roja de los Ecosistemas. Particular atención hay que prestar a la evidencia que presentan los autores, donde los ecosistemas de la Ecorregión Mediterránea presentan una condición crítica, con riesgo de colapso. Adicionalmente, los autores proponen un ejercicio práctico que permite evaluar la estimación de la distribución espacial de la vegetación, bajo escenarios de cambio climático. Esto tiene especial importancia toda vez la vegetación es la expresión de las condiciones climáticas y el relieve.

Pero no sólo la biodiversidad se ve afectada con el cambio de uso de suelo, también las actividades agrícolas pueden ser severamente impactadas en lo económico si se continúa con la tendencia actual de pérdida de ecosistemas. Un estudio desarrollado por Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile para el proyecto GEF de Especies Exóticas Invasoras (MMA-PNUD, 2016), realizó una valoración económica de las pérdidas por impacto de especies exóticas invasoras sobre el sector productivo y la biodiversidad, las que ascienden a USD$ 87 millones anualmente y su proyección a 20 años es de USD$1,791 millones, lo que se expresa en el Gráfico 3.



	espinillo	zarzamora	castor	conejo	jabali	vison	chaqueta amarilla
GASTO REALIZADO O PERDIDO USD$ (Ah)	54.257	145.085.398,00	64.539.660	1.465.754	62.321	608.271	66.766
PERDIDA ANUAL USD$ (Bh)	4.038.771	10.580.010	733.094	3.249.337	38.278.724	9.526.620	21.532.771
PERDIDA PROYECTADA 20 AÑOS USD$ (Bt20)	49.103.849	128.632.996	5.066.895	91.962.701	603.249.711	416.723.985	496.970.674
PERDIDA TOTAL A 20 AÑOS USD (Ah+Bt20)	49.158.106	273.718.394	69.606.555	93.428.455	603.312.032	417.332.256	497.037.440

Gráfico 3: Pérdidas económicas por efecto de especies exóticas invasoras. Se muestran en las barras coloreadas el gasto y la pérdida por cada una de las especies, en el eje vertical se expresan los montos en USD$ millones. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los ecosistemas acuáticos costeros, desde el año 2011 a la fecha, el Ministerio del Medio Ambiente realiza un monitoreo discreto en humedales costeros para evaluar el nivel trófico. Los datos muestran una condición de eutrófica persistente. Asimismo, la pérdida de humedales altoandinos ha sido una constante desde hace décadas, sin que exista un registro público oficial. A nivel de ecosistemas marinos, si bien es cierto el Índice Global sobre Estado de Salud de los Ecosistemas Marinos entregó para Chile un ranking cercano al 70 (bueno), es preocupante el aumento de descargas no tratadas en bahías a lo largo de Chile, pérdida de biodiversidad costera y eventos contaminantes anualmente. En este sentido las normas de emisión serían de gran utilidad para contribuir al mejoramiento continuo de todas las actividades que se desarrollan en la cuenca y al aprendizaje de los actores que participan en ella. En el país existen 858 fuentes emisoras. La norma de emisión es aquella que *establece la cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, pueda*

constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población o a la conservación del patrimonio ambiental (D.S. 38/2012). En este sentido el norma D.S Nº90 requiere urgente actualización en Chile para conservar los ríos, lagos, sistemas costeros y los servicios ecosistémicos que prestan, como: la pesca artesanal, (45% de las caletas artesanales en Chile están dentro de los estuarios), recolectores de pelillo, armadores, mariscadores.

Asimismo, el llamado de atención urgente que hace el Panel de Expertos de Cambio Climático a no aumentar la temperatura global por sobre los 1,5ºC (IPCC, 2018), imprime mayor esfuerzo de los países para reducir emisiones y uso de combustibles fósiles. Sin duda Chile ha sido un líder en la materia, cambiando su matriz energética a energías renovables, sin embargo, no es posible desacoplar los efectos de cambio climático global del manejo y conservación del agua y la biodiversidad a nivel local, lo que hay que evaluar con mucha seriedad para no caer en la complacencia, ya que muchos eventos locales se explican por una mala gestión local del agua y no por cambio climático, exclusivamente. Por esta razón es imprescindible que asociemos los elementos que construyan una agenda de trabajo en ambos sentidos, agua y conservación de ecosistemas (estructura, procesos y función).

De acuerdo al artículo 4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Chile se encontraría en riesgo de ser afectado por una alteración del patrón climático que prevalece hoy en el planeta. El país cumple con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad señalados por la CMNUCC. Las proyecciones climáticas para el país muestran, como principales efectos del cambio climático el alza en la temperatura, pérdida de biodiversidad (al 2050 se habrán perdido tres pisos vegetacionales[10]), se reducen caudales entre Coquimbo y Los Lagos y se proyecta un aumento en la frecuencia de eventos extremos tales como sequías e inundaciones, fluviales y costeras. Todos estos cambios tienen repercusión directa sobre la mayor parte de las actividades productivas del país y por supuesto, en las personas, en el medio ambiente y la biodiversidad. (Ministerio del Medio Ambiente, 2017).

Los cambios en los patrones climáticos, como temperatura y precipitaciones están ejerciendo una alteración sobre los sistemas naturales y disponibilidad de agua, pero a esto debemos sumar la presión antrópica sobre estos. Por lo tanto, los desastres naturales con consecuencias catastróficas sobre la población humana, pueden ser mitigados si incorporamos en la planificación territorial y en la gobernanza del agua el uso sostenible de los recursos y el territorio, como ha sido mencionado en capítulos anteriores en este

[10] Lubert y Pliscoff, 2016. Sinopsis Bioclimática de Chile.

Informe. Pero adicionalmente, se requiere revertir el actual modelo de administración de agua, las cuencas de la zona mediterránea en Chile, han aumentado su demanda y disminuido sus precipitaciones, esto se traduce en una reducción de los caudales superficiales y aumento de la extracción desde acuíferos y estos no están teniendo la misma recarga natural.

El agua no se pierde en el mar, de Cordillera a mar se recargan acuíferos a lo largo de la cuenca hidrográfica, aportando nutrientes a las zonas de inundación para el desarrollo de cultivos, su llegada a las costas permite la entrega de nutrientes en las zonas litorales y con ello el desarrollo de recursos pequeros, en su paso se dan procesos imperceptibles para el hombre y que forman parte del ciclo de nutrientes y del ciclo hidrológico, una y otra vez.

Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático. En este contexto, la UICN recomienda que los Estados miembros inviertan en la protección, el uso sostenible y la restauración de los ecosistemas, como una estrategia clave de reducción de riegos. El uso de infraestructura gris, como se le conocen al desarrollo de las obras civiles tradicionales, debe ser modificada, ya que existen variadas formas de apoyarse en los ecosistemas para hacer frente a las inundaciones, crecidas o riadas, preservación de caudales. Los ecosistemas sin modificaciones significativas en su estructura y funciones pueden ser soluciones más costo-efectivas a nivel de cuencas hidrográficas, son la *infraestructura verde natural.* En este contexto, los ecosistemas cumplen un rol, lo que IUCN denomina **"Soluciones basadas en la naturaleza (o en los ecosistemas) para la reducción de Riesgos de Desastres" (Figura 7, Ver Anexo).** Estas soluciones se refieren al papel que juegan los ecosistemas en la mitigación de impactos ambientales sobre la población humana, para prepararse y recuperarse de situaciones de desastre. Al respecto, se puede sostener que:

- ✓ Los ecosistemas saludables mejoran la resistencia a los desastres
- ✓ Soluciones basadas en la naturaleza son rentables en largo plazo, son pertinentes y atienden a la realidad ecológia y ambiental.
- ✓ Las soluciones basadas en la naturaleza proporcionan múltiples beneficios, independientemente de la ocurrencia de desastres

El Ministerio del Medio Ambiente en alianza con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2016) llevó a cabo una serie de talleres para analizar el enfoque basado en ecosistemas para la adaptación al cambio climático y reducción de riesgos de desastres. En este sentido existe conocimiento en Chile y experiencias positivas que requieren mayor divulgación para su réplica, es así como las experiencias en la cuenca del

Río Maipo (Centro de Cambio Global), en los humedales altoandinos (Ministerio del Medio Ambiente - Centro de Ecología Aplicada, ver Anexo 2), el seguimiento de lagunas costeras (MMA, 2015, ver Figura 6, Anexo 1), la gestión bajo estándares abiertos de las áreas protegidas privadas (MMA-WCS, 2016), pueden ser laboratorios de aprendizaje para el sector público, gestores, comunidades y privados.

Es recomendable, considerar e implementar este enfoque en los programas sectoriales como: de vivienda y urbanismo, así como en la Política de Borde Costero, en los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial, regional y comunal, así como el desarrollo de infraestructura vial, que puede contemplar los sistemas naturales como espacios de defensas naturales, o "recrear" condiciones naturales para mitigar lluvias o sistemas de recargas de acuíferos de bajos costos, o como amortiguadores de eventos naturales catastróficos en riberas de cuencas.

Los sistemas naturales se adaptan y sus cambios por eventos naturales marcan las características geomorfológicas, paisajísticas y finalmente permiten que se exprese la biología. Por lo tanto, mecanismos de restauración en estos casos deben ser cuidadosamente analizados. Sólo con estos elementos a la vista podemos minimizar los impactos con consecuencias fatales sobre la población humana. Finalmente, uno de los aprendizajes que han dejado los eventos catastróficos en el país tienen un patrón común, ausencia de planificación territorial con criterios ecológicos, omisión de zonas de riesgo para definir zonas urbanizadas, omisión de sistemas de aguas subterráneas como sistemas de absorción y conducción natural de aguas lluvias, decisiones sectoriales aisladas, y que no integran los elementos anteriormente descritos, evaluación ambiental estratégica no vinculante para planes de ordenamiento territorial ni para Informes Ambientales Municipales, los que en muchos casos autorizan desecación de sistemas hídricos.

7.2.5.- Mapa de conflictos socioambientales de Chile a Julio 2015.

Cómo hemos señalado en los capítulos precedentes, la crisis ambiental producto de la escasez de agua, la deficiente planificación, las falencias en la administración del agua en Chile, la dispersión y discontinuidad de la información disponible y la concentración de los derechos de agua por quienes desarrollan proyectos de inversión, crea inequidades territoriales. El Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH) ha realizado en dos ocasiones reportes de la situación nacional en relación a conflictos socioambientales (INDH, 2016). Estos conflictos, como los define el INDH, corresponde a "disputas entre diversos actores –personas naturales, organizaciones, empresas públicas y privadas, y el Estado–,

manifestadas públicamente y que expresan divergencias de opiniones, posiciones, intereses y planteamientos de demandas por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada del acceso y uso de los recursos naturales, así como por los impactos ambientales de las actividades económicas" (INDH, 2012, pp. 246).

En el Informe publicado en mayo de 2016, se detallan 102 conflictos a julio 2015 y cada uno de estos tiene información relacionada con; el tipo de conflicto, si ha ingresado o no al SEIA, el perfil de la comunidad, causa del conflicto, sector productivo involucrado, si hay o no involucramiento de tierras indígenas, el estado de situación de dicho conflicto, actores involucrados. Esta información se encuentra en forma digital en el portal del INDH, es posible acceder a un mapa interactivo con la información, es amigable y cada caso presenta una breve reseña de los datos anteriormente descritos. Se sugiere que la Iniciativa EH2030 considere los datos como un marco de referencia en lo relación con medidas a nivel territorial.

De los 102 conflictos identificados, el 78% corresponde a derecho a un ambiente libre de contaminación, que corresponden a 91 conflictos y el 43% a casos donde el agua es el tema de conflicto, que corresponde a 49 conflictos. La página presenta al 08 de enero de 2019 116 conflictos; 38% sector energía, 28% minero, 9% saneamiento, 25% otros sectores (Ver Gráfico 5 en Anexos).

8.- Recomendaciones

En relación a la implementación de las Soluciones catastradas por la Iniciativa EH2030 se sugiere priorizarlas bajo tres niveles

Marco institucional, regulatorio y normativo:

- Restricción de actividades intensivas y extensivas en cuencas agotadas, trabajar con recuperación de sistemas hídricos superficiales y subterráneos, contemplando como primera alternativa soluciones basadas en la naturaleza y de menor impacto socioambiental. Los análsis económicos deben ser evaluados en el largo plazo.
- El sector que debe realizar mayores esfuerzos para mejorar uso del agua, es el agrícola, seguido del industrial. La minería en las cuencas endorreicas y zona central, que es donde se concentra su actividad.
- Planificar en las Estrategias de Desarrollo Regional exigencias ambientales para la recuperación de cuencas y sistemas acuáticos, desarrollar proyectos público-privados y comunidades para desarrollar o mantener corredores ecológicos naturales como buffer en

las ciudades. Concetividad de ríos, esteros, quebradas temporales y permanentes y en general todos los humedales, como medida de adaptación al cambio climático.

- Las actuales medidas de compensación y mitigación establecidas por el Sistema de Evalaución de Impacto Ambiental, en relación a riego de vegas, recarga de acuíferos y otros, relacionadas a recuperación de ecosistemas altoandinos que han sido degradados, deben ser reevaluadas en relación a nueva información disponible y situación de acuíferos, considerando la información entragada en el Informe Radiografía del Agua, Escenarios Hídricos al 2030 (2018, p. 88).
- Tratamiento de aguas residuales y aguas grises, con caudales disponibles para los sitemas naturales. Mejorar el diseño de las normas de emisión (D.S. Nº90 vigente) y acelerar su implementación.
- Promover una línea de trabajo entre MMA, DGA y Municipios para exigir que la construcción de proyectos inmobiliarios incluyan jardines con bajo consumo de agua y especies nativas con requerimiento hídricos acorde a la zona geográfica. Por ejemplo: especies nativas que responden de mejor forma a los requerimientos hídricos de escasez en la zona mediterránea.
- Entregar antecedentes al Ejecutivo para mantener o perfeccionar las regulaciones sobre protección de ecosistemas en el marco del Código de Aguas.

Monitoreo y Manejo:

- Avanzar en la implementación y evaluación de las Soluciones, en función de indicadores y metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Coordinar las plataformas digitales y humanas relacionadas al monitoreo del agua y los ecosistemas.
- Los acuíferos agotados deben ser identificados, monitoreados y recuperados. Su uso debe quedar prohibido hasta lograr recuperación, lo que, de persistir las tendencias proyectadas en los modelos climáticos es extremadamente complejo. La recarga de acuíferos debe considerar origen de las fuentes e impactos ambientales negativos sobre aquellas fuentes.

Conservación integrada y planificación del territorio:

- Planificación con enfoque ecosistémico, planificación que visualiza las amenzas y sus causas, para preparar los perídos de Exceso, evitando o mitigando eventos como: inundaciones, riadas, desbordes de ríos, erosión, sedimentación.
- Diseñar planificación basada en estándares abiertos para nivelar conocimiento, conducir estrategias locales y a nivel de cuencas, identificando y generando acuerdos para mitigar amenzas y evaluar posibles áreas de protección, uso sostenible y restauración para la conservación del agua.
- Considerar la restauración de humedales urgentemente y la restauración pasiva por sobre la activa cuando sea posible. Esta última, como una medida en condiciones críticas y de alto

deterioro ecosistémico, es decir, que los sistemas hayan pérdido la capacidad para retornar de manera natural a su estado, que hayan pérdido sus funciones y estructura. Deben ser evaluadas todas las alternativas como opciones.

- Facilitar o promover, considerando las evaluaciones actuales, la recarga natural de acuíferos, especialmente zona norte y centro del país.

Transversales:

- Medidas como; apps inteligentes, artefactos en hogares para reducir fugas, pérdidas de agua o mejorar eficiencia del recursos es de vital importancia. Sin embargo, dos alcances a estas iniciativas:

a) Si no cuentan con incentivos, la población impactada puede ser insignificante.
b) Considerando que el consumo de agua residencial es menor al uso de actividades agrícolas, por ejemplo, los esfuerzos mayores deben estar dirigidos a modificar conductas agrícolas, revisar tipos de cultivos que requieren agua de manera intensiva.

- Privilegiar el uso de guías o protocolos elaborados por el sector público, Agencias, ONGs o Convenciones Intergubernamentales de reconocida trayectoria, con base científica y que sean pertinentes.
- Finalmnete, es necesario coordinar con los máximos esfuerzos, con los Centros de Investigación regional y nacional que desarrollan iniciativas en gestión de cuencas y del agua, así como al sector privado, congregar esfuerzos para unificar redes de trabajo y monitoreo, atendiendo a las iniciativas presentadas en este Informe y otras pertinentes.

9.- Referencias

Amador - Díaz, Anisley, Veliz - Lorenzo, Eliet, Bataller - Venta, Mayra. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *Revista CENIC. Ciencias Químicas.* Vol. 46 [en linea] [Fecha de consulta: 5 de enero de 2019] Disponible en: **http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003**

Armesto J. y Hoffmann A. (2010). Ecología del Agua. Santiago.

Banco Mundial. (2011). Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos.

Bass S. and Steele P. (2015). Natural capital accounting: providing information for poverty reduction. Policy Briefing. Eds. International Institute for Environment and Development, London, World Bank group and Wealth Accounting & the Valuation of ecosystem Services (WAVES). Disponible en: https://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/kc/WAVES-nca-poverty-5.pdf

Bardowicks K. y Pérez-Schultheiss J. (2018). Ecosistemas de Aguas Subterráneas. En: Ministerio del Medio Ambiente. 2018. *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos.* Tercera Edición. Tomo II 264 páginas (pp 92-98). Santiago de Chile

Boettiger C. P., (2013). Caudal. Ecológico o Mínimo: Regulación, críticas y desafíos. En: XIV Jornada de derecho de Agua. Actas de Derecho de Aguas Nº3, Páginas 1-12. Universidad Católica de Chile.

Bolaños Guerrón, D. R., Verde, J. R., Macías-Garcías, F. y Macías, F., (2014). Diseño y Empleo de Tecnosoles para la recuperación de la calidad del agua. En: XII Congresa da Agua y XVI Encontro de Engenharia Snitária e Ambiental. (5-7 marzo de 2014). Lisboa, s.n.

Cabrera G., (2014). Recarga artificial de acuíferos. Análisis desde Arica hasta el Maule. *Revista AIDIS.* Disponible en: http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14850.pdf

CEA (2018). Conservación integrada de humedales costeros del hotspot de biodiversidad del centro sur de chile, a través del manejo adaptativo de los ecosistemas costeros. Ministerio del Medio Ambiente (2017)

CONAMA (2006). Protección y manejo de Humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Santiago de Chile.

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.

CNID (2016). Estrategia Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación para la Sostenibilidad de los Recursos Hídricos (128 pp). Santiago de Chile.

Curi, Adilson, Granda, Wilmer J. V, Lima, Hernani M, y Sousa, Wilson T. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. *Información tecnológica*, *17*(6), 111-118. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000600017

De Groot R., Blignaut J., Van Der Ploeg S., Aronson J., Elmqvist T. y Farley J. (2013). Benefits of investing in ecosystem restoration. Conservation Biology. Vol.0. Nº0.1-8.
de Marsily G., Abarca-del-Rio R. (2016). Surv Gephys 37:503. https://doi.org/10.1007/s10712-015-9335-1

Dévora-Isiordia G., González Enríquez R., Ponce Fernández N. (2012). Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. Nota científica En: Contaminación y Medio Ambiente. Vol.8, Nº2. [Fecha de consulta: 5 de enero de 2019] Disponible en: **http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333006**

DGA (2016). Guía Metodológica para presentación de proyectos de recarga artificial. Ministerio de Obras Públicas. Santiago.

Dirección Meteorológica de Chile- DMC (2017). Informe Eventos Extremos. Santiago.
https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/boletinEventosExtremos/2017

Dourojeanni A. y Jouravlev A. (1999). El Código de Aguas de Chile: entre la ideología y la realidad. Serie 3: División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL. Naciones Unidas.

Esperança Gacía y Enric Ballesteros. (2001). "El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas." Centre d'Estudis Avançats de Blanes - CSIC. Blanes. http://www2.uah.es/tiscar/Complem_EIA/impacto-desaladoras.pdf;

Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. Informe de Síntesis World Resources Institute, Washington, DC.

Iniciativa EH2030. (2018). Radiografía del Agua. Brecha y riesgo hídrico en Chile. Santiago de Chile

FAO. (2018). *World Livestock: transforming the livestock sector trough the Sustanable Development Goals*. Rome. 222 pp. Licence. CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Federico Lubert, Patricio Pliscoff. (2017). Sinopsis Bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda edición. Santiago de Chile. Ed. Universitaria, 2017.

Figueroa et al. (2018). Chilean Peatlands. Wetlands of Chile. Chapter 64, pages 823-838. (pp.830-832). C.M. Finlayson et al. (eds). *The Wetlands Book.* https://doi.org/10.1007/978-94-007-4001-3_247

Gastón A. y Pouilly M. (2012). Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación en la región andina. Acta zoológica Lilioana 56(1-2): 15_30.

Garretón V. (2018). Conservación de humedales y condiciones de mercado. Centro de Ecología Aplicada, 2018. En: "Conservación integrada de humedales costeros del hotspot de biodiversidad del centro sur de chile, a través del manejo adaptativo de los ecosistemas costeros", Ministerio del Medio Ambiente (2017)

Global Ecology and Biogeography, (Global Ecol. Bigeogr.)2010/ Revista Chilena de Hia. Natural 76:15-22, 2003. C. Dorador, R. Pardo, I. Vila/Gayana Oceanol.4(2): 129-137, 1996

Habit E. y O. Parra (2001). Ambiente y Desarrollo. VOL XVII- Nº3. Pp. 52-60. Santiago de Chile.

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

Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH, 2016). *Mapa de conflictos socioambientales en Chile, 2015.* Versión digital, Santiago, mayo de 2016. María Francisca Casas- Cordero

Izquierdo J., Rodriguez M. y Durán. (2007). Manual de Buenas Prácticas agrícolas para la Agricultura Familiar.

Jaramillo C. y Acevedo R. (2017). Contabilidad de huella hídrica en la estimación de la huella hídrica de cinco sectores económicos a nivel nacional. Informe elaborado para Escenarios Hídricos 2030. Santiago de Chile. Disponible en: www.escenarioshidricos.cl/multimedia.

Juan Manuel Ruiz Fernández. (2005). "Impacto ambiental de las desaladoras sobre las comunidades bentónicas marinas." Ingeniería y Territorio 72: 40–47. http://www.ciccp.es/revistaIT/portada/index.asp?id=265

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

Lewinsohn J., Salgado R. (2017). La eficiencia en el uso del agua y la energía en los procesos mineros; casos de buenas prácticas en Chile y Perú (110 pp.) Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile

MMA (2010). Aplicación piloto del estudio protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. 99 pp. Santiago de Chile
MMA, SAG, DGA (2011). Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. Santiago de Chile.

MMA (2011). Inventario Nacional de Humedales y seguimiento ambiental. Etapa 1. Santiago de Chile.

MMA-WCS (2016). Análisis, adaptación y sistematización de estándares para la planificación del manejo en Iniciativas de conservación privada y Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos. Santiago de Chile.

MMA (2017). Valoración económica del impacto de un grupo de Especies Exóticas Invasoras sobre la Biodiversidad en Chile. Proyecto GEF Especies Exóticas Invasoras. Santiago de Chile.

MMA (2017). Documento marco para la restauración ecológica. Comité Nacional de Restauración ecológica. Santiago de Chile. Disponible en: https://restauracionecologica.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Documento_Marco_Restauracion_Ecologica.pdf

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

Medina-Garcia, G., Echavarría-Chairez, F., Diaz-Padilla, G., Ruiz-Corral, J., Soria- Ruiz, J., and Sánchez-Cohen, I. (2014). Inducción de lluvia mediante sembrado de nubes con yoduro de plata en la región norte-centro de México en la temporada de lluvia 2012. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* (10), 1951-1962. Disponible en:**<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263137782010>** ISSN 2007-0934

Métodos de aforo de caudal (Parte I). Informativo Nº 50, abril 2010. INIA-URURI. http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_50.pdf

Muñoz-Ramírez, C.P., Victoriano, P.F. y Habit E. (2015). Inter-basin dispersal through irrigation Canals explains low genetic structure in Diplomystes cf. chilensis, an endangered freshwater catfish from Central Chile. Limonologica 53:10-16. ELSEVIER. www.elsevier.com/locate/limno

MOP-DGA (2008) Determinación de Caudales Ecológicos en Cuencas con fauna íctica nativa y en estado de conservación. Centro de Ecología Aplicada. S.T.I Nº 187. Santiago de Chile. http://documentos.dga.cl/ECO5182.pdf

MOP-DGA. Atlas del Agua (2016). Santiago de Chile. ver Disponible en: http://www.dga.cl/DGADocumentos/Atlas2016parte1-17marzo2016b.pdf

OECD (2008). *People and biodiversity policies. Impacts, issues and strategies for policy action*.

OCEANA (2018). Instrumentos económicos en el marco del proyecto de ley que crea el Servicio de Biodiversidad y Areas Protegidas (pp.48). Santiago de Chile.

Peña H. (2018). Agua, producción de alimentos y energía: La experiencia del nexo en Chile. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., Förster J., Kumar R. and Davidson N. (2013). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) for Water and Wetlands.*

Lattemann Sabine y Höpner Thomas. (2005). Case studies on environmental impact of seawater desalination. Desalination 185:1–8. doi: 10.1016/j.desal.2005.02.072

SAG. (2011). Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Economía Ambiental. Valoración económica de 4 humedales altoandinos de la I región (Huasco, Coposa, Caya y Lirima. Santiago de Chile.

Secretaría de la Convención de Ramsar, (2010a). El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los

humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 11. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

Secretaría de la Convención de Ramsar, (2010b). Manejo de cuencas hidrográficas: Integración de la conservación y del uso racional de los humedales en el manejo de las cuencas hidrográficas. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 9. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

Shumilova O., Tockner K., Thieme M., Koska A. and Zarfl C**.** (2018). Global Water Transfer Megaprojects: A Potential Solution for the Water-Food-Energy Nexus?. Fron. Environmental Science 6:150. doi: 10.3389/fenvs.2018.00150

Stern J. (2001). Sistemas de regadío y fauna de peces: dificultades y prioridades de manejo. *Ambiente y Desarrollo. Recursos Naturales y Biodiversidad*. pp. 57-58. Santiago de Chile.

Skewes U. F. Autorización ambiental para actividades de desalinización de agua de mar. (2017). En: *Revista de Derecho Ambiental.* Año V N° 7 pp. 35-59 35.

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

Vásquez, Alexis E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, (63), 63-86. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100005

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

Villagrán S. M. (2017). Factibilidad de desalinización de agua de mar para pequeñas comunidades del norte de chile. Memoria para optar al título de ingeniero civil mecánico. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

Wen Zhuang (2016). Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. En *Environmental Science and Pollution Research.*

Gajardo, A. Carrasco R., y Mendoza J.L. (2003). Yacimientos de permita, zeolite, bentonite y granate para aplicación medio ambiental de las regions VII y VIII, Chile Central-Sur. X Congreso geológico chileno, 2003. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra. Disponible en: http://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/GajardoA_et_al.pdf

URExSNR, UACH-CONICYT (2017). Escenarios de resiliencia urbana al cambio climático. Reporte Taller, 11 de mayo de 2017. Valdivia, Chile

10.- ANEXOS

Anexo 1.

6. Resultados. A continuación, se sugieren algunas revisiones en las planillas M.A.S:

1.- Se sugiere revisar algunas clasificaciones y su asignación para que guarden coherencia con los niveles asignados, en el siguiente cuadro algunos ejemplos:

NIVEL 1	NIVEL 2	Nivel 3	Solución
Gestión de la Demanda	Reducción de uso	Cambio de proceso	Cambio a vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes
Gestión de la Demanda	Reducción de uso	Cambio de proceso	Recambio varietal de cultivo
Gestión de la Demanda	Reducción de pérdidas	Optimización de la conducción	Embalse
Gestión de la Demanda	Reducción de pérdidas	Optimización de la conducción	Cámaras StormTech para el control del agua pluvial.
Gestión de la Oferta	Fuentes alternativas	Trasvase	Trasvase de agua, carretera hídrica
Gestión de la Oferta	Fuentes alternativas	Trasvase	Trasvase por mar o "proyecto Atacama"
Gestión de la Oferta	Fuentes alternativas	Recarga de acuíferos	Desalación (varias celdas con distintas metodologías)

2.- El "*cambio de vegetación en las áreas verdes"*, favoreciendo especies nativas, parece más bien una Solución del **Nivel "Conservación"** en lugar del Nivel **"Cambio de proceso",** ya que la interpretación es que el "*recambio varietal de cultivo"* y "*el uso de vegetación nativa en áreas verdes",* está bajo el mismo dominio y cumple las mismas funciones. Se sugiere revisar esta clasificación.

3.- La Solución denominada *Cámaras StormTech*, corresponde al monitoreo del agua pluvial, y pareciera ser que es una solución del **Nivel 3 Monitoreo,** pero ha sido asignada **al Nivel 3 Optimización de la conducción**.

4.- Sobre el **Nivel Monitoreo y sensoramiento**, se sugiere simplificar la definición, es poco claro y no se encontró el concepto "sensoramiento", aunque el supuesto es que se refiere a un monitoreo basado en sensores, resulta aparentemente, innecesario darle ase denominación.

5.- Soluciones de "Desalinización" quedaron asignadas al **Nivel 3 Recarga de acuíferos**.

6.- Sobre las Soluciones *"Trasvase de aguas"*, dos temas: Las Soluciones están referidas a proyectos, cuestión que en general, difiere del resto de las Soluciones, donde se evalúan metodologías, instrumentos o acciones documentadas o utilizadas. Ambas Soluciones, *"trasvase por tierra, carretera hídrica"*, y *"trasvase por mar, proyecto Atacama"*, son iniciativas que tienen un nivel de diseño que no ha sido evaluado por el SEIA en Chile, por lo tanto, es pertinente considerar un análisis específico y exhaustivo, y se sugiere que se considere tempranamente un análisis independiente de estos proyectos con especialistas transdisciplinarios. Por lo tanto, la evaluación de "impacto ambiental" que esta consultoría entregó ha sido en función sólo de la información pública, la que debe ser contrastada con toda información de detalle de los proyectos, en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental en el SEIA.

FIGURAS

Figura 5.- Tipos de metodologías para la recarga de acuíferos, inducida. Fuente: El Mercurio. Vida, Ciencia y tecnología, página 12. Santiago 12 de junio de 2018. versión online: http://impresa.elmercurio.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2018-06-12&dtB=12-06-2018%200:00:00&PaginaId=12&bodyid=1

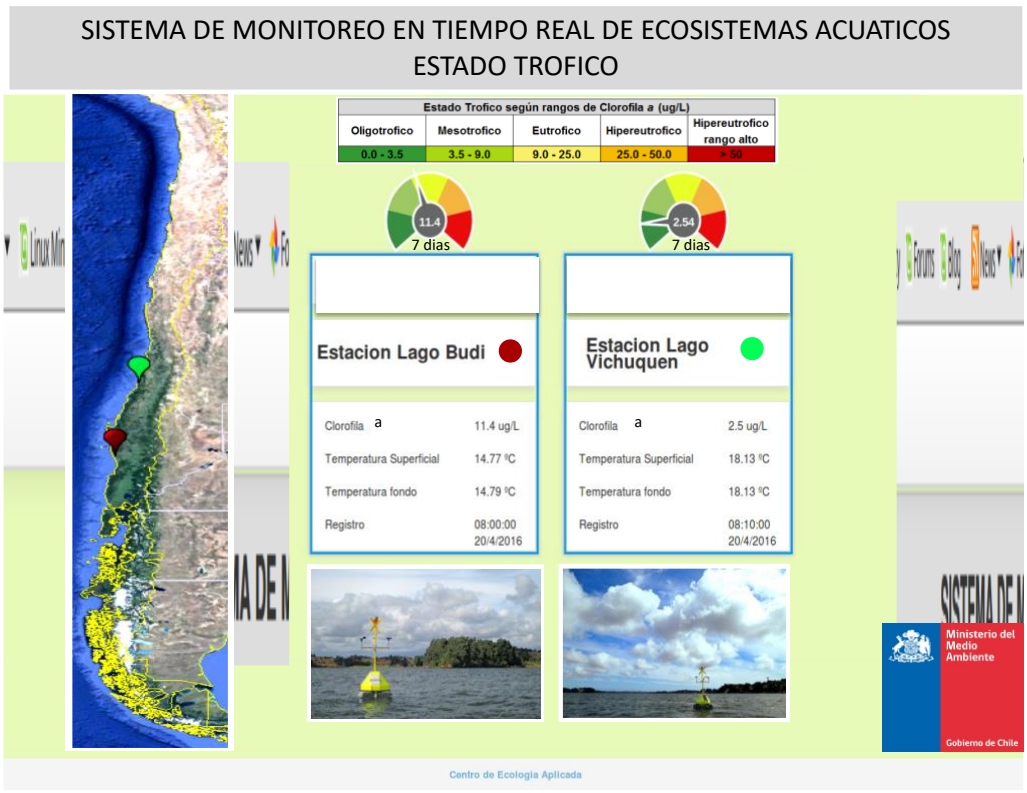


Figura 6. Monitoreo con boyas en 2 lagos costeros en tiempo real. Sistema de Seguimiento Ministerio de Medio Ambiente. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2015. (Nota: actualmente las boyas no están en funcionamiento)

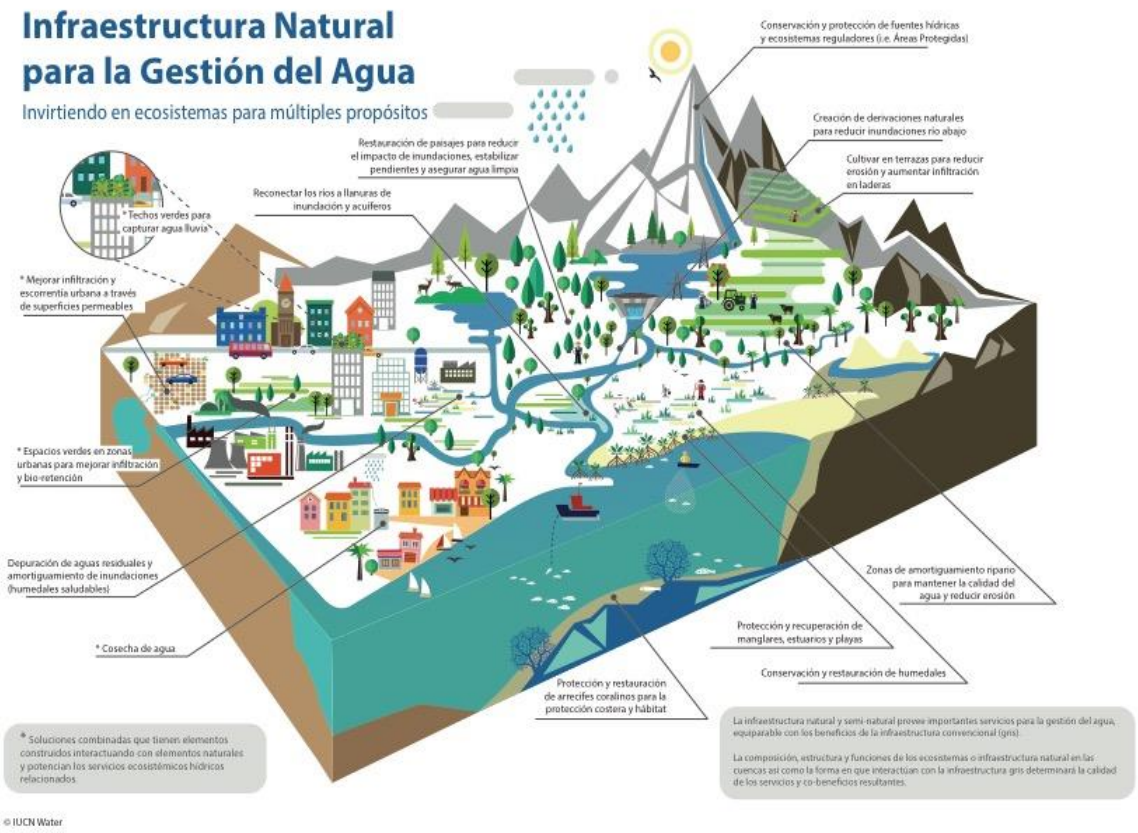


Figura 7. *Soluciones basadas en la Naturaleza*. Esta infografía resume el nivel de diseño al que deberíamos aspirar para las ciudades, donde es posible considerar restauración, rediseño urbano para reutilización de aguas, infiltración de acuíferos, conservación o rehabilitación de humedales, corredores ecológicos y continuidad fluvial. Fuente: UICN, 2017. Cada área implica investigación para el diseño, mejoras y combinación de tecnologías, consideraciones de impactos no deseados, eficiencia energética, uso del agua y conservación de ecosistemas para la mitigación y adaptación.

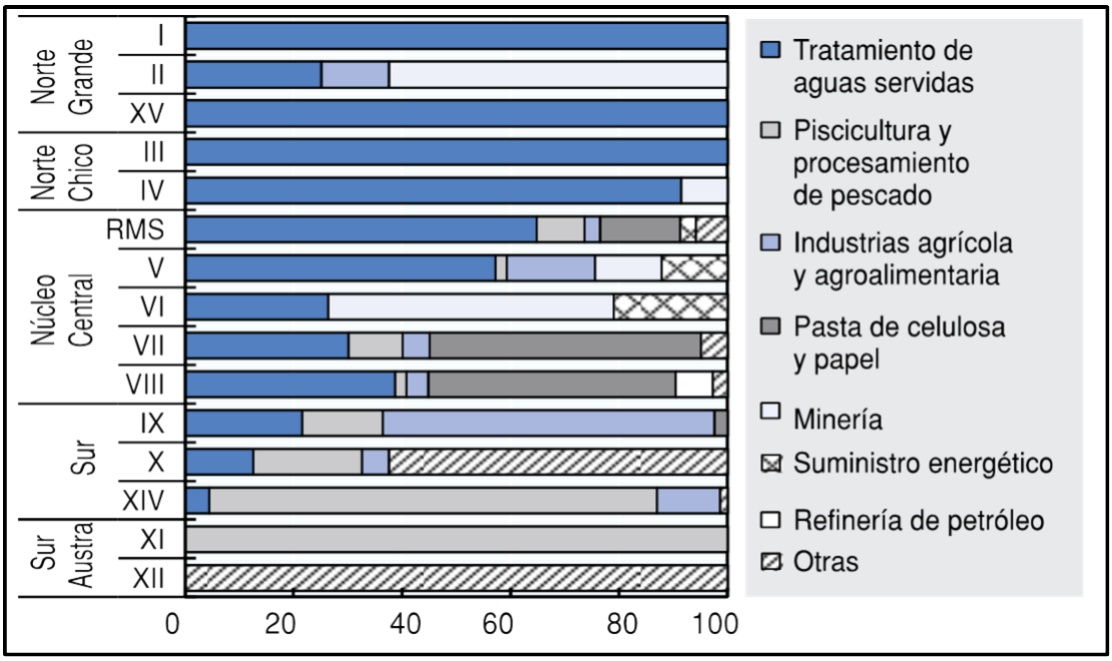


Gráfico 4. Fuentes de contaminación de las aguas superficiales, por sector y regiones. Fuente: CEPAL/OCDE, Evaluación de desempeño ambiental, 2016. Santiago de Chile.

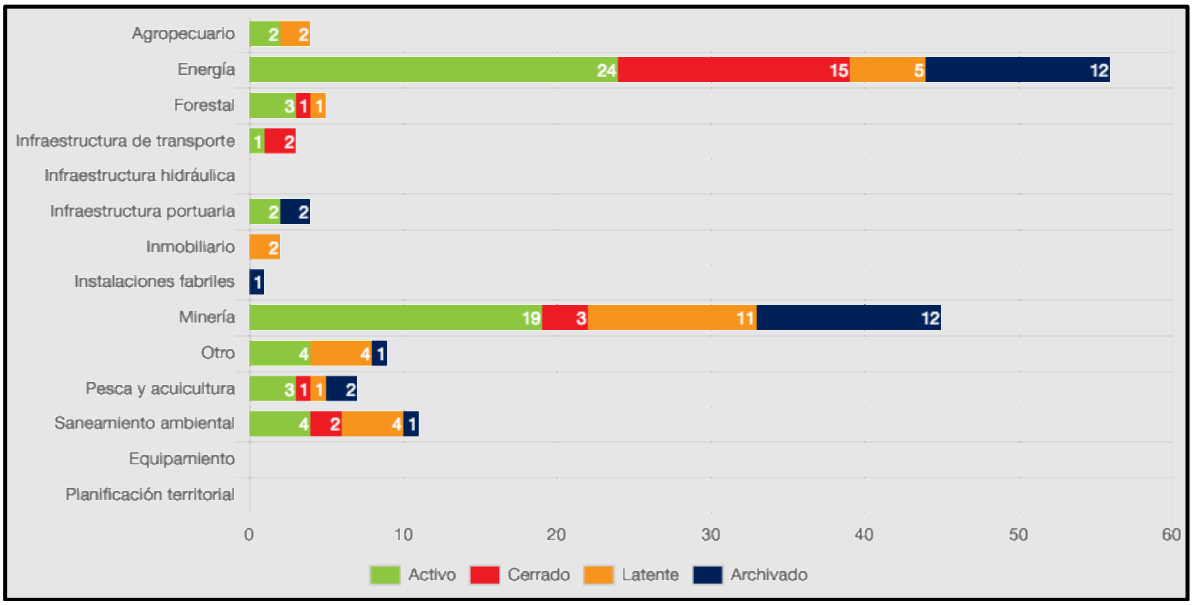


Gráfico 5.- Conflictos ambientales por sector, información recopilada hasta 2016. Fuente: Mapa de Conflictos Ambientales en Chile, Instituto de Derechos Humanos, 2016.

TABLA

Tabla 2. Propuesta análisis jerárquico cuantitativo respecto de las amenazas de acuerdo a tipo de ecosistema. Tomado de MMA, 2006. *Clasificación utilizada para ecosistemas de humedales*

AMENAZA	(INTRUSIÓN SALINA*) COSTEROS (incluidas lagunas costeras)	(EVAPORACIÓN*) CONTINENTALES CUENCAS ENDORREICAS (lagunas andinas y altoandinas, sistemas azonales hídricos,	CONTINENTALES DE ESCORRENTÍA* (ríos, esteros, arroyos, otros tipos similares)
FISICO			
Alteración barra terminal (ej.obras civiles en general)		-	-
Extracción caudal superficial			
Extracción caudal subterráneo			
Drenaje			
Modificación tiempo residencia	-	-	-
Sedimentación		-	
QUIMICO			
Descarga Riles nutrientes			
Descarga Riles sales		-	
Aporte difuso actividades agrícolas		-	
BIOLOGICO			
Extracción biomasa			
Deforestación			

Anexo 2. CASO DE ESTUDIO

Monitoreo de humedales altoandinos: Propuesta para la gestión integrada de monitoreo y manejo de datos. Gobierno Regional de Antofagasta y Ministerio del Medio Ambiente, 2015:

El proyecto denominado **Diagnóstico y gestión ambiental integrada de humedales altoandinos, (BIP 30126293-0)** fue financiado por el Gobierno Regional, a través de los Fondos Nacionales de Desarrollo Regional en 2012, a solicitud del Ministerio de Medio Ambiente y fue coordinado por la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de la

región de Antofagasta. Tuvo una duración de dos años y el monto asignado fue de 150 millones de pesos.

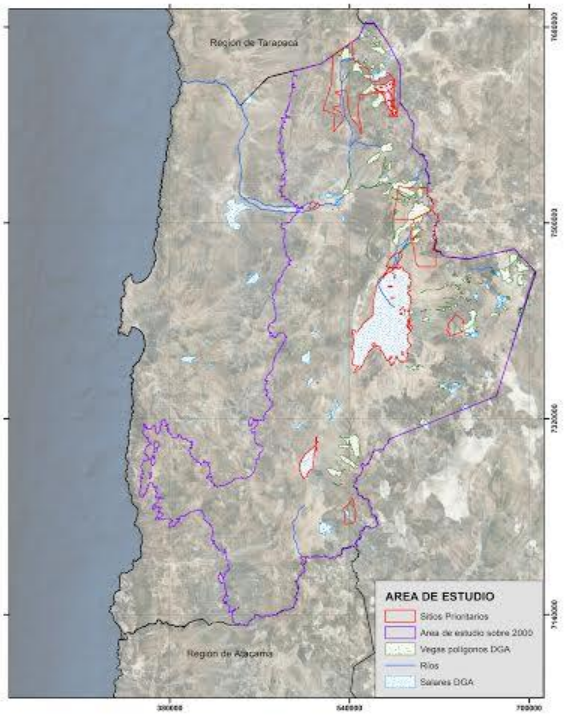
Los objetivos del proyecto fueron:

1. Diagnóstico de la condición actual de los humedales altoandinos
2. Elaboración de un programa de monitoreo ambiental integrado
3. Definición de una estrategia para abordar la gestión ambiental público-privada de los humedales altoandinos

El área de estudio fue el Sector precordillerano y cordillerano de la Región de Antofagasta, humedales altoandinos, ubicados sobre los 2.000 m.s.n.m. En el estudio se consideraron todos los Humedales Altoandinos: vegas, bofedales, salares, lagunas, riberas. A continuación el mapa (tomado del estudio BIP 30126293-0) muestra el área de estudio:

Sistemas contemplados en el estudio

- Río Alto
- Salar de Ascotán
- Geyser del Tatio
- Oasis de Calama
- Volcàn Licancabur
- Ayllus de San pedro de Atacama
- Salar de Atacama
- Salar de Tara
- Salar de Aguas Calientes
- Lagunas Miscanti y Miñiques
- Salar de Punta Negra
- Salar de Pujsa
- Laguna Lejìa
- Sistema hidrológico Soncor
- Salar de Aguas Calientes IV



Uno de los hallazgos identificados por este proyecto fue la dispersión de información, el nivel de conocimiento y datos levantados por el sector privado versus el que mantiene el Estado. Lo que queda reflejado en la siguiente tabla (INFORMACIÓN EXTRAIDA DEL INFORME FINAL DEL PROYECTO).

TIPO DE MONITOREO	**INSTITUCIÓN**		**TOTAL**
	PRIVADA	**PÚBLICA**	
Calidad de agua	253	22	275
Calidad de sedimentos	31	---	31
Calidad de suelo	93	---	93
Fauna	158	----	158
Fluviometría		61	61
Biota acuática	31	7	38
Flora y vegetación	294	8	302
Hidrología e hidrogeología	337	----	337
Metereología	26	36	62
TOTAL DE PUNTOS	**1223**	**134**	1357