

UCH-FC
B. Ambiental
I 121
C. 1



UNIVERSIDAD DE CHILE-FACULTAD DE CIENCIAS-ESCUELA DE PREGRADO

Aplicación del modelo DPSIR para analizar el estado medioambiental del ecosistema del Humedal del Río Cruces

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en Medio Ambiente

CARLOS IBÁÑEZ VALDERRAMA

Director de Seminario de Título: Dra. Luisa E. Delgado

Co-Director de Seminario de Título: Dr. Víctor H. Marín

Laboratorio de Modelación Ecológica, Departamento de Ciencias ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

Enero de 2014

Santiago, Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

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

CARLOS IBÁÑEZ VALDERRAMA

“Aplicación del modelo DPSIR para analizar el estado medioambiental del ecosistema del Humedal del Río Cruces”

Ha sido aprobado por la comisión de evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en Medio Ambiente.

Dra. Luisa E. Delgado
Directora Seminario de Título

Dr. Víctor H. Marín
Co-Director

Prof. Irma Vila
Presidente Comisión

Dr. Rodrigo Fuster
Evaluador

Santiago de Chile, Mayo de 2014

BIOGRAFÍA



Carlos Ibáñez, nació en Santiago un 7 de Marzo de 1987. Es el mayor de tres hermanos, aficionado a la música y los deportes. Desde pequeño se interesó en la ciencia, pero no fue hasta

cursar su enseñanza media en el Instituto La Salle, que decide seguir el área de Biología.

Posteriormente ingresa a estudiar Biología Ambiental a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, carrera en la que adquiere valiosos conocimientos y conoce grandes amigos.

En el año 2012 ingresa al Laboratorio de Modelación Ecológica para realizar su seminario de título, lugar en el cual participa en varios proyectos a cargo de sus profesores, de los cuales adquiere nuevas herramientas con las cuales enfrentar nuevos desafíos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda mi familia, especialmente a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, consejos y regaños.

A mi novia, por su paciencia, apoyo y comprensión. Por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, en pocas palabras... por hacerme tan feliz.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Modelación Ecológica, con los cuales he aprendido a lo largo de este proceso.

A mis profesores Luisa y Víctor, por la ayuda, conocimientos y comprensión que me han brindado desde mi llegada al LME.

A Julito y a Junior porque a pesar de no decir palabras, alegrarme el día.

Agradezco en especial a mi tata y amigo Agustín Valderrama, con el cual compartí hermosos momentos, que estoy seguro jamás olvidaré. Por esas largas conversaciones de las cuales aprendí muchas cosas importantes. Por enseñarme el valor de la familia, y por siempre creer en mí. Este trabajo sin duda, también es obra tuya.

Este seminario de título fue financiado por el Proyecto FONDECYT N° 1120005, titulado "Desarrollo de un modelo conceptual del sistema complejo sociedad-naturaleza aplicable a zonas rurales: la Cuenca del río Cruces" .

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 <i>Desarrollo sustentable.....</i>	8
1.2 <i>Aspectos a considerar del concepto y objeto de la sustentabilidad</i>	10
1.3 <i>El modelo DPSIR.....</i>	12
1.4 <i>Planteamiento del problema.....</i>	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 <i>Objetivo general.....</i>	18
2.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	18
2.3 <i>Hipótesis de trabajo.....</i>	18
3. METODOLOGÍA.....	19
3.1 <i>Descripción del área de estudio.....</i>	19
3.1.2 <i>Flora y Fauna.....</i>	20
3.2 <i>Modelo DPSIR.....</i>	21
4. RESULTADOS.....	24
4.1 <i>Fuerzas motrices.....</i>	26
4.1.1 <i>Fuerzas motrices directas.....</i>	26
4.1.1.1 <i>Desarrollo económico.....</i>	26
4.1.1.2 <i>Crecimiento y expansión poblacional.....</i>	27
4.1.1.3 <i>Gestión del agua: Los derechos de agua.....</i>	29
4.1.1.4 <i>Cambios del uso del suelo</i>	30
4.1.2 <i>Fuerzas motrices indirectas.....</i>	30
4.1.2.1 <i>Sectorización gubernamental.....</i>	31
4.1.2.2 <i>Falta de ordenamiento territorial</i>	33
4.1.2.3 <i>Falta de fiscalización</i>	35
4.1.2.4 <i>Protección legal del recurso hídrico</i>	37
4.2 <i>Presiones.....</i>	39
4.2.1 <i>Actividad Agrícola</i>	39
4.2.2 <i>Actividad Forestal.....</i>	44
4.2.3 <i>Actividad ganadera.....</i>	46
4.2.4 <i>Extracción de agua.....</i>	48
4.3 <i>Estado</i>	49
4.4 <i>Impactos</i>	51
4.5 <i>Respuestas.....</i>	52
4.6 <i>Comparación entre el Modelo DPSIR correspondiente al 2008 (Marín y Delgado, 2013) y el Modelo DPSIR, 2013.....</i>	54
5. DISCUSIÓN.....	57
5.1 <i>Falencias institucionales y la gestión del agua en Chile.....</i>	57
5.2 <i>Respuestas institucionales espacio-temporales que no se concretan.....</i>	64
5.3 <i>El modelo DPSIR como herramienta para la gestión sustentable.....</i>	67
6. CONCLUSIONES.....	71

7. REFERENCIAS.....	72
8. ANEXOS	84
<i>I Matriz completa de impactos por actividad, componente y procesos en la subcuenca del humedal del río Cruces.....</i>	<i>84</i>
<i>II Parámetros monitoreados en la estación Río Cruces en Rucaco y normas de referencia nacional e internacional para cada parámetro.(Fuente: Elaboración propia).....</i>	<i>87</i>
<i>III Diferentes contaminantes y sus principales fuentes de emisión en el sistema. Se detallan también sus efectos primarios (Impactos).....</i>	<i>90</i>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de Habitantes por comuna según censo y su variación. (INE, 2012), para las comunas de la provincia de Valdivia. Todas ellas se encuentran en la subcuenca del humedal del río Cruces.....	28
Tabla 2. Cambio en el uso de suelo 1998-2006. Región de los Ríos. (CONAF 1999 y 2007)	31
Tabla 3. Instituciones que poseen programas, estrategias, normativas o unidades con implicancia ambiental.....	32
Tabla 4. Superficie y número de explotaciones agropecuarias de la Región de Los Ríos (VII Censo agropecuario y forestal. INE, 2007).....	40
Tabla 5. Superficie sembrada por grupo de cultivo, período 1997 – 2007. INE, 2007.....	43
Otras especies que se destacan por su cantidad son los cerdos y equinos; el primero de ellos es una especie que generalmente se encuentran en los predios pequeños y medianos, en pequeñas cantidades, y que se destina principalmente al autoconsumo.....	46
Tabla 6. Cantidad de cabezas de ganado por comuna y superficie ocupada. INE, 2007	47
Tabla 7. Resumen de Matriz de Impactos identificados para cada componente y proceso.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Humedal Río Cruces y su subcuenca, XIV Región de Chile.	19
Figura 2. Esquema general del modelo DPSIR y sus componentes (OECD, 1993).....	22
Figura 3. Modelo DPSIR 2013 para el ecosistema del Humedal del Río Cruces.....	25
Figura 4. Valores de INACER para la Región de los Ríos, período 2009-2012.....	27
Figura 5. Proyección población comunal 1990-2020. (INE, 2009).....	28
Figura 6. Distribución porcentual de la superficie utilizada por grupo de cultivos, para las comunas de la Región de Los Ríos, año 2007.....	42
Figura 7. Fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos en el río Cruces. Los datos corresponden a una estación de monitoreo (Estación Rucaco-Estación de Monitoreo Arauco-SEA) ubicada al norte del humedal.	50
Figura 8. Modelo DPSIR elaborado para el Humedal del Río Cruces, 2008 (Marín & Delgado 2013).....	56
Figura 9. Modelo DPSIR elaborado para el Humedal del Río Cruces, 2013.....	56

RESUMEN

Uno de los modelos actuales más completos para organizar la información sobre el desarrollo sustentable es el denominado DPSIR: Causa (Fuerza Motriz) – Presión – Estado – Impacto – Respuesta. En este seminario de título se desarrolla un modelo DPSIR para determinar el estado ecológico del Ecosistema del Humedal del Río Cruces en Valdivia durante el año 2013 y compararlo con el modelo desarrollado luego del evento ocurrido en el año 2004, en el que la puesta en marcha de una industria de celulosa en las cercanías del humedal se asoció con la muerte y migración de las poblaciones de cisnes de cuello negro que lo habitaban. Se identificaron las relaciones que existen entre los distintos factores dentro de cada componente del modelo, los cuales generan impactos en el ecosistema. Posteriormente se identificaron las respuestas sociales e institucionales que se generaron, dando cuenta de que muchas de ellas no tienen directa relación a los impactos y/o los factores que los generan. Muchas de las cuales solo fueron propuestas y no llegaron a implementarse. El planteamiento que se propone en este modelo se fundamenta en las presiones que ejercen las actividades humanas sobre el medio a la hora de cambiar la calidad y la cantidad de recursos naturales. La sociedad responde a esos cambios a través de políticas ambientales, sectoriales y económicas, creándose de esta forma un bucle hacia las actividades humanas de presión. Así también el uso de este modelo permitió evaluar no solo el progreso de la zona hacia un desarrollo sustentable, sino también identificar falencias de las respuestas institucionales, facilitando el mejoramiento de la toma de decisiones en relación con el estado de los sistemas de agua dulce, así como de la calidad del recurso hídrico.

ABSTRACT

This graduation work aimed to the use of the DPSIR model to determine the environmental status of the *Rio Cruces* Wetland Ecosystem, after the 2004 event. Connections among the several factors specific to each model were studied, in order to identify their impacts on the environment. Subsequently, the social and institutional responses generated were identified, showing that many of them are not directly linked to the impacts, nor to the factors that generate them, and those were not even came close to be implemented. The use of this model, associated with a series of indicators, can be used to evaluate the progress of the zone towards a sustainable development, due to the fact that this model permits establishing where to focus the responses, facilitating the decision-making process.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Desarrollo sustentable

A partir del informe Brundtland (WCED, 1987) se difunde el concepto de *desarrollo sustentable* como: “aquél desarrollo que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”. En dicho informe se examinan los problemas más críticos en torno al desarrollo y el medio ambiente y se sugieren propuestas de solución. Esta conceptualización de modelo de desarrollo responde a una creciente conciencia - local, nacional y global- de que los recursos naturales no son ilimitados y que los estilos de desarrollo prevalecientes, entiéndase patrones de producción y de consumo, son insostenibles (Delgado, 2010).

Lograr un desarrollo sustentable requiere comprender dos puntos indispensables. El primero es entender que el desarrollo económico solo no basta para resolver los problemas del planeta y que los aspectos económicos, sociales y ambientales de cualquier actividad humana siempre están vinculados entre sí (Delgado y col., 2007). El segundo, es trascender fronteras, ya sean institucionales o geográficas, con el fin de tomar decisiones acordes a las problemáticas contemporáneas y coordinar estrategias. En el núcleo del desarrollo sustentable está la necesidad de considerar “tres pilares” en forma conjunta: la sociedad, la economía y el medio ambiente (OECD, 2008).

Por más que existe un esfuerzo real para incorporar el tema de la sustentabilidad en los gobiernos a nivel mundial, hay muchos casos que muestran aún un pobre manejo en lo que respecta al medio ambiente (The World Bank, 2004). Así mismo sucede con la forma en que se realiza el manejo de recursos, forma que no resulta en sustentabilidad, de hecho, algunos de los desastres ocurridos en los últimos años son de mayor magnitud que aquellos observados históricamente. Algunos autores (Garcés, 2010; Parra, 2002) atribuyen esto a la visión reduccionista y cortoplacista de los seres humanos en cuanto al uso de los recursos naturales, orientada casi exclusivamente al desarrollo económico. De hecho, el principal cuestionamiento es si los recursos podrán ser alguna vez manejados sustentablemente. Otros argumentan que la ciencia del manejo de los recursos presenta fallas fundamentales como sistema de pensamiento y práctica, pues sus premisas se basan en la ideología del *laissez-faire* que aún persiste en la economía neoclásica (Berkes & Folke, 2000). El modelo de desarrollo sustentable no implica un no al desarrollo, sino más bien un crecimiento económico sostenido lo que es posible a nivel regional o sectorial (Delgado y col., 2007).

El modelo de desarrollo económico chileno se encuentra ligado a una estrategia que incluye una apertura al exterior, en el marco de una economía de mercado ligada a los recursos naturales. Manteniéndose hasta la fecha un modelo de sustentabilidad débil (Bachmann, 2006). Esta correlación entre el crecimiento económico y su elevada dependencia de los recursos naturales ha generado un costo al medio ambiente, en especial en la calidad del aire y, en algunas zonas, en la disponibilidad del agua. (OCDE, 2013). Los mecanismos para internalizar las externalidades ambientales y promover la

innovación verde y la adopción de tecnologías limpias han mejorado, pero siguen siendo insuficientes. Por tanto, se hace evidente la necesidad de vincular la conservación de los ecosistemas y el ordenamiento territorial ya que en conjunto brindan información importante para el desarrollo de planes y/o programas de desarrollo económico con objetivos sustentables (SUBDERE, 2011). En este seminario de título se plantea la necesidad de aplicar modelos integradores a fin de poder tomar decisiones que contengan el ámbito ambiental, económico y social, para poder avanzar en la gestión y uso sustentable de los recursos naturales y en especial identificar los factores que afectan los cursos de agua, como es en este caso, el humedal del río Cruces.

1.2 Aspectos a considerar del concepto y objeto de la sustentabilidad

El concepto de desarrollo sustentable está asociado al de justicia intergeneracional o sustentabilidad generacional la que corresponde, según la teoría económica, a la definición de una función de bien social (Howarth, 1996). Esta describe valores sociales concernientes a las transacciones entre el bienestar de distintos individuos o grupos. Más allá del hecho de que el bien social es algo difícil de definir (dependiendo del tiempo y el espacio), está el problema de que al referirse a generaciones futuras se agregan aspectos tales como incertidumbre en las condiciones deseables respecto al medio ambiente y desarrollo.

Si consideramos el término de sustentabilidad intergeneracional, se dispone de dos conceptos: sustentabilidad débil y sustentabilidad fuerte (Howarth, 1996). La

sustentabilidad débil establece que una economía es sustentable si asegura que el bienestar de una persona no declinará de generación en generación. Este criterio de sustentabilidad permite la sobre-explotación de los recursos naturales y el deterioro ambiental, en tanto exista una compensación en capitales similares. La sustentabilidad fuerte, por otra parte, se basa en la premisa de la incerteza científica, la que limita la sustitución entre activos de capital y naturales, y en la irreversibilidad de los procesos ecológicos, que implica que los recursos y la calidad del medio ambiente deberían ser específicamente mantenidos para su uso futuro (Delgado, 2010).

La sustentabilidad ambiental se refiere a la necesidad de que el impacto del proceso de desarrollo no destruya de manera irreversible la capacidad de carga y de regeneración de los ecosistemas de los cuales extrae los recursos naturales. En palabras de Hans Opschoor (1996: 14), “la naturaleza provee a la sociedad de lo que puede ser denominado *frontera de posibilidad de utilización ambiental*, como capacidad de regeneración de recursos, ciclos bio-geoquímicos y capacidad de absorción de desechos. Esto representa el carácter multidimensional de la utilización del espacio ambiental”.

La sustentabilidad social, se refiere a dos aspectos esenciales: (1) fortalecimiento de un estilo de desarrollo que no perpetúe ni profundice la pobreza ni, por tanto, la exclusión social, sino que tenga como uno de sus objetivos centrales la erradicación de aquélla y la justicia social, y (2) participación social en la toma de decisiones, es decir, que las comunidades y la ciudadanía se apropien y sean parte fundamental del proceso de desarrollo.

Finalmente, la *sustentabilidad económica* es entendida como un crecimiento económico interrelacionado con los dos elementos anteriores. En síntesis, el logro del desarrollo humano sustentable será resultado de un nuevo tipo de crecimiento económico que promueva la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza.

A pesar que la sustentabilidad proviene del concepto de desarrollo sustentable e involucra las tres perspectivas previamente definidas, hay ocasiones en que este es orientado a uno solo de sus elementos dependiendo de la visión del científico dominante (*sensu* Bourdieu, 2008). Esto ha sido documentado en un trabajo del Banco Mundial (The World Bank, 2004), donde muchos de los proyectos llevados a cabo hasta la fecha muestran esta tendencia y donde algunos prestan mayor atención a la sostenibilidad del sistema social o socioeconómico y, por otra, quienes privilegian únicamente la sostenibilidad de la naturaleza (Gallopín, 2003).

1.3 El modelo DPSIR

Uno de los modelos actuales más completos para organizar la información sobre el desarrollo sustentable es el denominado DPSIR: Causa (Fuerza Motriz) – Presión – Estado – Impacto – Respuesta (del inglés, *Driving force – Pressure – State – Impact – Response*). El DPSIR se considera de gran utilidad en la descripción de los orígenes y consecuencias que los impactos antrópicos tienen sobre los sistemas naturales o ecosistemas y el sistema social. El planteamiento que se propone en este modelo se fundamenta en las presiones que ejercen las actividades humanas sobre el medio a la

hora de cambiar la calidad y la cantidad de recursos naturales. La sociedad responde a esos cambios a través de políticas ambientales, sectoriales y económicas, creándose de esta forma un bucle hacia las actividades humanas de presión.

El modelo DPSIR emergió a finales de los 90 y fue construido sobre la base de varios modelos anteriores para la información ambiental. Su antecesor fue el modelo PSR (Pressure-State-Response), el cual fue desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) en base al modelo de respuesta al estrés de Rapport en 1979. El modelo PSR proporcionaba un medio para evaluar y organizar las interacciones entre las presiones ambientales, el estado del medio ambiente y las respuestas ambientales como causa y efecto (Bowen & Riley 2003; Giupponi 2002). El enfoque de ese modelo generaba el problema que hacía a un lado la variabilidad natural, ya que no había lugar para ella en sus componentes.

La Unión Europea a través de la Comisión para el Desarrollo Sustentable en el año 1997, abordó el problema y generó el modelo DSR (Driving Force-State-Response). Este modelo incluye no sólo las presiones sociales, políticas, económicas y demográficas, sino que también a las presiones propias del sistema natural. Sin embargo, este modelo deja dos temas críticos sin abordar. El primero es que ninguno de los dos modelos entrega una información completa y detallada para lograr un cambio significativo en cuanto a las condiciones sociales que rodean a una cierta presión. El segundo es que no aborda las motivaciones detrás de las respuestas a los cambios en el estado del medio ambiente, ya que representa a todas las presiones que conducen a cambios en el estado con la misma importancia para los seres humanos, lo cual nos lleva



al problema de cómo responder frente a estas porque sabemos que los recursos sociales son limitados y que las respuestas que se generen tienen una prioridad que está ligada a muchos factores (Bowen & Riley, 2003). Es en este punto donde nace el “Impacto” del cambio, el cual ayuda a priorizar las respuestas.

Los problemas anteriores dieron paso a la generación de un nuevo modelo para la evaluación integrada, el modelo DPSIR. Es así como este nuevo modelo incorpora dos nuevos conceptos, el primero es que el bienestar humano está relacionado con la calidad ambiental; el segundo es que el comportamiento de la sociedad y las presiones económicas afectan al ambiente y, por lo tanto, al bienestar humano. En resumen, este modelo propone que las fuerzas motrices de la sociedad llevan a presiones antropogénicas, que generan un cambio en el estado ecológico, el cual da lugar a impactos que, a su vez, provocan respuestas, las cuales pueden retroalimentar a cada uno de los otros componentes, mostrando que la intervención puede ocurrir en cualquier punto del espectro causal.

1.4 Planteamiento del problema

El Humedal del Río Cruces es un ecosistema continental de aguas poco profundas (< 3m), con un río de profundidad media de 4 - 6m y está ubicado en la zona sur de Chile, entre las regiones de La Araucanía y Los Ríos, el que a su vez está inserto en una cuenca hidrográfica. Esta última se entiende como una unidad geográfica definida por la divisoria de las aguas en un territorio dado, en la cual los procesos

ecosistémicos de intercambio de materia y flujo de energía se integran a través de la vinculación de los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos (Marín y col., 2006). Durante el mes de mayo del año 2004, el sistema experimentó una disminución en la cobertura de la macrófita *Egeria densa* que sustentaba las poblaciones de cisnes y otras especies de avifauna en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (Humedal Río Cruces), pasando del estado de aguas claras, dominado por dicha macrófita, a un estado de aguas turbias, con un aumento en la concentración de sólidos en suspensión (Hauenstein, 2004; UACH, 2005; Lopetegui y col., 2007; Lagos y col., 2008; Marín y col., 2009).

Este fenómeno dio origen a un conflicto social donde se señalaron como culpables a las industrias que vierten sus residuos líquidos al río Cruces, especialmente a la planta de celulosa de la empresa Arauco que se había inaugurado y puesto en funcionamiento durante el 2004 (UACH, 2005, Fischer, 2013). Esto sumado a otras perturbaciones de origen antrópico generadas por las diversas actividades productivas que se realizan en la subcuenca, han generado un cambio de estado ecológico de las aguas (Marín et al, 2009). La situación provocó que el Humedal del Río Cruces, así como también la calidad de sus aguas, fueran foco de atención en torno a la discusión referida a la necesidad e importancia de mejorar la gestión de los recursos hídricos, así como también sobre los efectos del uso del suelo, de las actividades económicas y de la falta de un ordenamiento territorial, ya que entre otros factores afectan la calidad y la cantidad de los recursos hídricos (Torres-Gomez, 2012; Verardi, 2013).

En el informe sobre el estado del Medio Ambiente en Chile (2008) se identifica que los principales problemas del país en materia de gestión del agua son: (i) falta de conocimiento de la dinámica de las aguas especialmente respecto a la recarga de acuíferos en la zona sur del país, (ii) deficiencias en las actuaciones de modelación, alerta temprana, monitoreo y restauración de los ecosistemas por contaminación, (iii) carencias en las capacidades de actuación técnica, social, legal, económica y ambiental, ligadas a una institucionalidad sectorizada y descoordinada en su accionar y (iv) carencias en la información histórica procesada y disponible para una adecuada caracterización de los recursos e identificación de potenciales daños (Banco Mundial 2011; Torres-Gomez, 2012). A estos factores se le suma otros de índole sociopolítico en relación a las cuencas hidrográficas en Chile, como es la falta de considerar en la planificación territorial los usos de suelo y los servicios ecosistémicos que brindan los ecosistemas naturales (Torres-Gomez, 2012). Ello se agrava debido a que el agua de las cuencas es concebida como un recurso económico, que es distribuido preferentemente por el mercado (Garces, 2005). El Código de Aguas que se promulgara en Chile en 1981 y que corresponde al actual instrumento de administración de los recursos hídricos, permitió que el Estado otorgara a los privados derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) gratuitos y a perpetuidad, sin que hubiese necesidad de justificar el caudal solicitado, sin informar el rubro productivo relacionado y sin obligación de utilizarlos. Existe plena libertad para la transferencia de derechos, independencia del derecho de la tierra y se encuentran protegidos como propiedad privada como cualquier otro bien. Estas condiciones provocan en algunas cuencas un sobre-otorgamiento de derechos,

generando un agotamiento legal pero no necesariamente físico por la adquisición de derechos que no son usados (Torres-Gomez, 2012).

Marín & Delgado (2013) desarrollaron un modelo DPSIR para el humedal del Río Cruces que considera las condiciones del ecosistema hasta el año 2008. Dada la importancia que reviste la conservación de los humedales, así como también el desarrollo económico de la región y el país, es necesario analizar y re-evaluar constantemente las medidas y las respuestas políticas para la gestión de estos. Siguiendo un enfoque adaptativo de manejo integrado de los ecosistemas (Delgado y col., 2009). En este seminario de título se desarrolla un modelo DPSIR para el año 2013, para analizar el estado actual, no solo del ecosistema del humedal del Río Cruces, sino también de la subcuenca del mismo y se compara los avances concretos en las respuestas socio-políticas, que conlleven a la sustentabilidad del sistema en relación al modelo DPSIR desarrollado durante el 2008.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo DPSIR para el Humedal del río Cruces para el año 2013.

2.2 Objetivos específicos

- . Identificar las presiones y fuerzas motrices que inciden actualmente en el estado del ecosistema.
- . Identificar el estado ecológico actual del ecosistema.
- . Implementar un modelo DPSIR para el desarrollo de estrategias sustentables en el Humedal del río Cruces.
- . Comparar las fuerzas motrices y las presiones que influyen en el estado actual del ecosistema con aquellas identificadas durante el año 2008.

2.3 Hipótesis de trabajo

Las fuerzas motrices y las presiones que influyen en el estado ecológico del ecosistema del Humedal del Río Cruces son las mismas que aquellas identificadas con anterioridad, el año 2008, debido a la falta de respuestas por parte de los agentes gubernamentales a cargo del área ambiental.

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El lugar de estudio correspondió al humedal Río Cruces, o “Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter” (Figura 1), primer sitio RAMSAR de Chile, localizado al norte de la ciudad de Valdivia ($39^{\circ} 41'$; $S 73^{\circ} 11'$ O). El humedal abarca 4.877 ha (Di Marzio & McInnes, 2005) y tiene una extensión aproximada de 25 km de largo y 2 km de ancho en promedio (Muñoz-Pedrerros, 2003).

El Río Cruces forma parte de la subcuenca del mismo nombre, que drena una superficie cercana a las 341.407 ha y tiene un régimen netamente pluvial. Corresponde a un sistema afectado por mareas, teniendo características de estuario. Presenta una alta variación anual de caudal y también diaria por efecto mareal (Muñoz-Pedrerros, 2003).

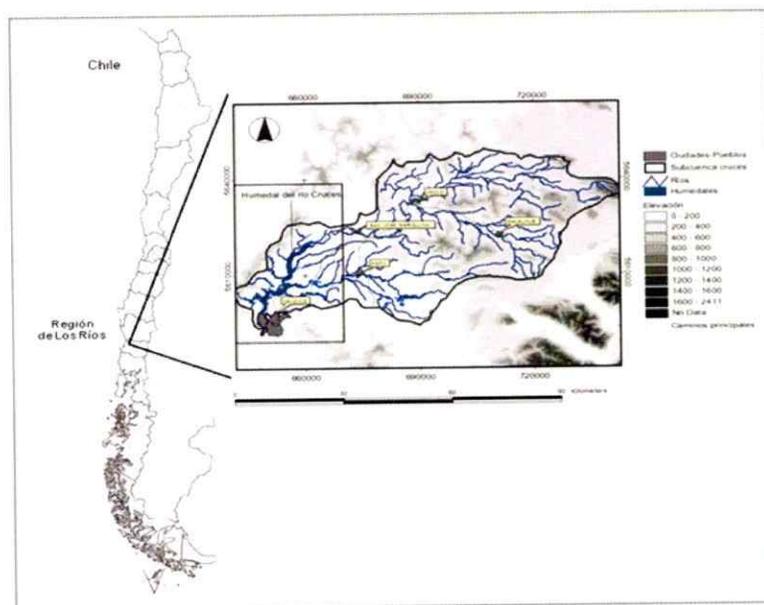


Figura 1. Ubicación geográfica del Humedal Río Cruces y su subcuenca, XIV Región de Chile.

En este seminario de título se analizaron las causas que provocan las presiones, los impactos y las respuestas del modelo DPSIR para la subcuenca del Humedal del Río Cruces, entre estas, las actividades productivas y económicas, el cambio del uso del suelo, los derechos de agua entre otros, de las comunas (Lanco, Los Lagos, Máfil, Mariquina, Panguipulli y Valdivia) que se encuentran dentro de la subcuenca y que comprenden la Provincia de Valdivia.

3.1.2 Flora y Fauna

La vegetación del Humedal Río Cruces es una de las más ricas en especies y diversificada en formas de vida y crecimiento del país. El desarrollo de este tipo de vegetación se vio favorecida a causa de los bañados generados por los hundimientos de tierra a partir del terremoto de 1960 (Muñoz-Pedrerros, 2003).

La vegetación ribereña que crece en el humedal desempeña un importante rol en la estructura y función del ecosistema acuático, ya que funciona como zona de amortiguamiento al arrastre de sedimentos, nutrientes y contaminantes, disminuyendo el efecto del ingreso de éstos al agua, contribuyendo a purificar las aguas que ingresan al Río Cruces. Además, al estabilizar los bordes de los cauces, impide la erosión de las riberas (Muñoz-Pedrerros, 2003).

Entre las principales especies presentes en el Humedal del Río Cruces destacan dos plantas acuáticas. La primera es una hidrófita sumergida llamada Luchecillo (*Egeria densa*, Ramírez et al 1986), especie introducida nativa de Brasil que se distribuye en Chile desde la V a la X Región (Ramírez y col., 1986). La segunda es otra hidrófita

llamada Huiro (*Potamogeton spp.*) la cual es nativa de Chile. Además de estas plantas acuáticas destaca la presencia de plantas palustres como la comúnmente denominada Totoro (*Scirpus californicus*, Ramírez y Añazco, 1982), un helófito nativo de Chile y el Junco (*Juncus procerus*, Vila et al, 2006; Muñoz-Pedrerros, 2003).

Los bosques nativos presentes en la subcuenca corresponden al tipo forestal siempreverde, los cuales se encuentran principalmente en estado de renovales en las zonas cercanas al Humedal, mientras que se encuentran en estado adulto en zonas de mayor altitud en la subcuenca (Torres-Gomez, 2012). También existen en el área extensas plantaciones forestales de especies de rápido crecimiento, como lo son el pino (*Pinus radiata*, Huber et al, 2000) y el eucalipto (*Eucalyptus spp.*), las cuales se desarrollan principalmente en la Cordillera de la Costa.

El humedal tiene fauna de diversas clases, donde destacan principalmente las aves con más de 100 especies, siendo el Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) (Schlatter et al, 2002), una de las especies simbólicas más importantes para la sociedad Valdiviana (Fischer, 2013). En cuanto a los mamíferos, destaca el Huillín (*Lontra provocax*, Muñoz y Yáñez, 2009) y el Coipo (*Myocastor coypus*, Muñoz-Pedrerros, 2003).

3.2 Modelo DPSIR

Para la construcción del modelo conceptual del ecosistema del Humedal del Río Cruces, se utilizó el enfoque DPSIR (Figura 2). La OECD (1993), define sus componentes en:

- Fuerza motriz: Son factores sociales y/o económicos que influyen a las presiones, provocando cambios en el medio ambiente.
- Presiones: Corresponden a las actividades humanas específicas que resultan de las fuerzas motrices y que afectan al medio ambiente, cambiando la calidad ambiental y la cantidad de los recursos naturales.
- Estado: Se refiere a la condición del medioambiente, relacionado a su calidad ambiental y la cantidad de recursos naturales.
- Impactos: Son la forma en que los cambios en el estado influyen el bienestar humano, es decir, los efectos que la condición del ambiente tiene en las personas, animales y procesos ecológicos.
- Respuestas: Se refiere a los esfuerzos, generalmente institucionales, que se realizan para hacer frente a los cambios en el estado, según las prioridades establecidas por los impactos (European Environmental Agency, 1999).

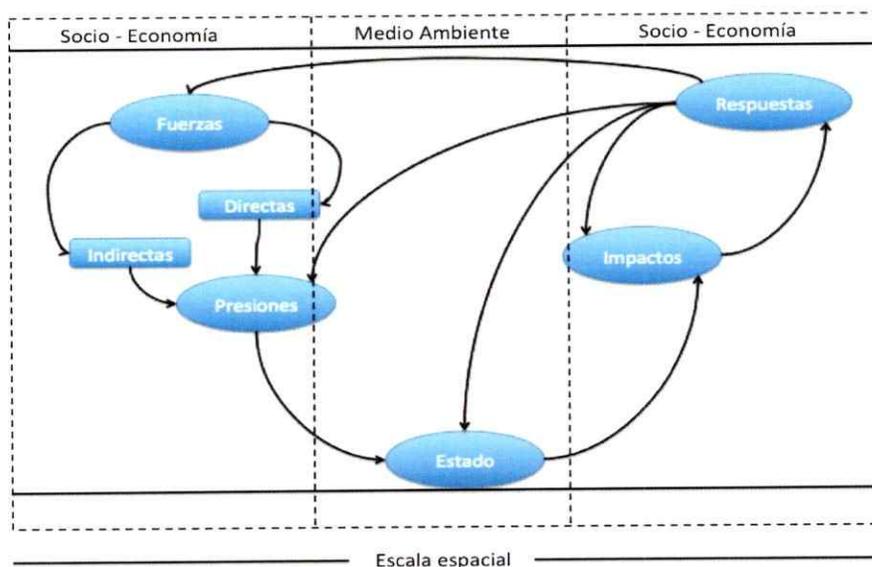


Figura 2. Esquema general del modelo DPSIR y sus componentes (OECD, 1993).

Para la identificación de los componentes de este modelo se efectuó una revisión de información de diversas fuentes bibliográficas, con el fin de identificar cuáles son los principales factores económicos, ecológicos y sociales que determinan el estado actual del ecosistema del Humedal del Río Cruces. Dichos factores fueron luego clasificados como fuerzas motrices o presiones según las definiciones del enfoque DPSIR. Las “fuerzas motrices” se diferenciaron en directas e indirectas, dependiendo de la forma en la que estas influyen a las presiones. Para definir el “estado”, se efectuó una revisión bibliográfica, la cual fue acompañada por visitas estacionales al sitio de estudio durante el período 2011-2013. En cuanto a los “impactos”, luego de revisar la literatura se construyó una matriz con los diversos impactos a los que se encuentran asociadas las principales actividades que se realizan en la zona, así como el proceso y el componente ecológico impactado (Anexo 1). Para el componente “respuesta” se realizó una revisión bibliográfica con el fin de identificar los esfuerzos sociales e institucionales en relación a uno o más de los componentes anteriormente mencionados del modelo, estableciendo también el período en el cual fueron implementadas.

4. RESULTADOS

Según el análisis de la información colectada de los portales Internet y documentos oficiales de las organizaciones de gobierno en Chile, así como de tesis y publicaciones científicas, la población urbana y rural que se encuentra en la subcuenca del humedal del río Cruces desarrolla una serie de actividades que impactan al ecosistema en estudio. Las actividades productivas que se desarrollan en la actualidad en esta subcuenca son: la agricultura, la ganadería, otras industrias (e.g. lecherías), las plantaciones forestales y el desarrollo urbano en forma del crecimiento de las ciudades y poblados y su infraestructura asociada. A través del análisis de la información obtenida se pudo constatar que la actividad agrícola y la forestal son las que abarcan la mayor extensión espacial en la subcuenca (Verardi, 2013) y que generan hoy en día impactos en los componentes suelo, agua, fauna y flora del humedal del río Cruces (Anexo 1). La mayoría de los impactos señalados son de larga data, lo que se ve reflejado en el trabajo de Armesto y colaboradores (2010). El modelo DPSIR resultante se muestra en la Figura 3. A continuación se describen los distintos elementos del modelo.

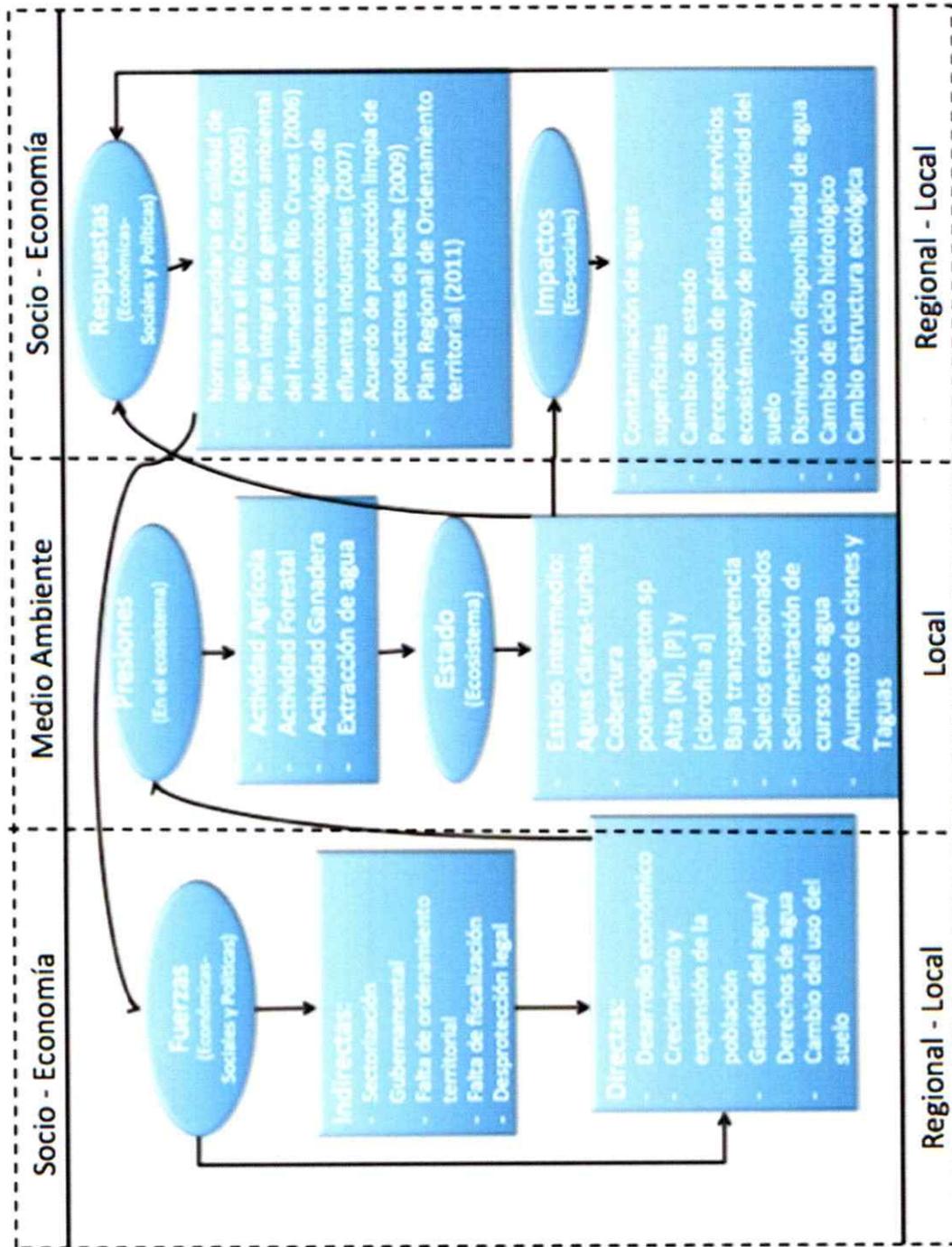


Figura 3. Modelo DPSIR 2013 para el ecosistema del Humedal del Río Cruces.

4.1 Fuerzas motrices

4.1.1 Fuerzas motrices directas

Las fuerzas motrices directas identificadas para la zona de estudio corresponden a tres, todas ellas de carácter social, económico y político: a) Desarrollo económico, b) Crecimiento y expansión de la población y c) privatización de derechos de agua. A continuación se detalla cada una de estas en base a los resultados de la recopilación y análisis de los datos.

4.1.1.1 Desarrollo económico

El desarrollo económico de la región ha experimentado un crecimiento desde el año 2008 a la actualidad, lo que se puede apreciar en el aumento del Producto Interno Bruto regional desde $\$1,0 \times 10^{12}$ en el año 2008 a $\$1,1 \times 10^{12}$ en el año 2011 (Banco Central 2011).

Los once sectores evaluados en el índice de actividad económica regional (INACER¹) muestran un crecimiento en el período 2009-2012 (Figura 4), siendo los con más fuerte incidencia: agropecuario-silvícola, construcción, industria manufacturera, comercio, restaurantes, hoteles y transporte y telecomunicación. Dichos sectores son los que concentran también el mayor número de empleos, aproximadamente el 57% (GORE, 2010). El año 2012 el INACER experimentó un crecimiento de 5,7% en el período Octubre- Diciembre y una variación acumulada de 6,6% (INE, 2012).

¹ Índice de Actividad Económica Regional. Disponible en <http://www.inelosrios.cl>

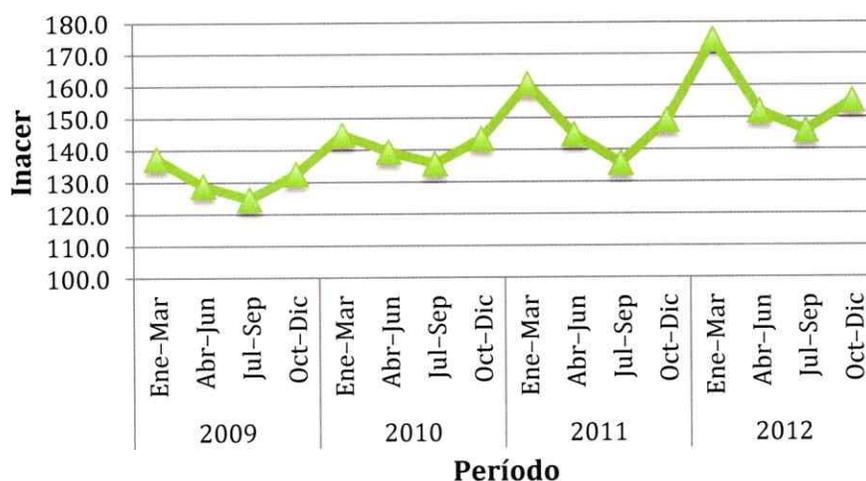


Figura 4. Valores de INACER para la Región de los Ríos, período 2009-2012.

4.1.1.2 Crecimiento y expansión poblacional

En cuanto al crecimiento y expansión de la población se ve un aumento principalmente en la comuna de Valdivia, que es la que concentra en mayor medida la población regional. En el período 2002 – 2012 esta comuna pasó de tener 140.559 a 154.097 habitantes (INE, 2012). Su tasa de crecimiento intercensal corresponde a 9,7% para el mismo período. Mariquina y Lanco por su parte tienen una tasa de crecimiento intercensal de 10,2 y 8,1 respectivamente, mientras que las comunas de Máfíl, Panguipullí y Los Lagos poseen una tasa de crecimiento intercensal negativa, es decir han disminuido su población en el período 2002-2012 (Tabla 1).

Proyecciones y estimaciones poblacionales de la Región de Los Ríos muestran que la población en la comuna de Valdivia irá en incremento, mientras que las otras comunas crecerán en menor medida e incluso presentan una disminución en su

población (Figura 5), como es el caso de la comuna de Máfil (INE, 2009).

Tabla 1. Número de habitantes por comuna según censo y su variación. (INE, 2012), para las comunas de la provincia de Valdivia. Todas ellas se encuentran en la subcuenca del humedal del río Cruces.

Comuna	Censo 2002	Censo 2012	Variación intercensal (2002-2012)
Valdivia	140.559	154.097	9,7
Mariquina	18.223	19.791	10,2
Máfil	7.213	6.992	-2,2
Panguipulli	33.273	32.617	-0,9
Lanco	15.107	15.848	8,1
Los Lagos	20.168	18.732	-6,9

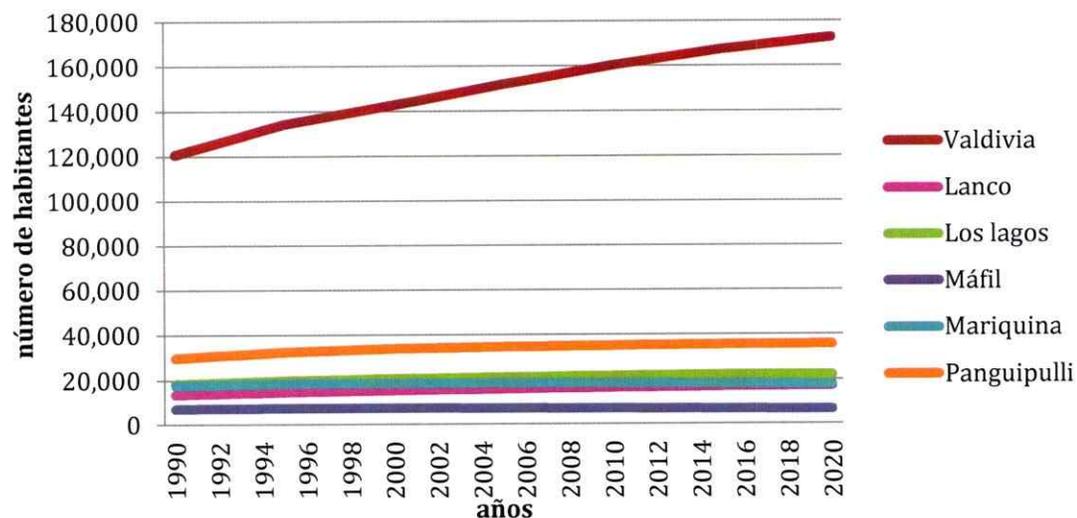


Figura 5. Proyección población comunal 1990-2020. (INE, 2009).

El crecimiento y consiguiente expansión de la población en la zona ha generado cambios en las superficies de usos de suelo, donde las áreas urbanas e industriales presentaron un crecimiento considerable de 20,2% y las plantaciones forestales un crecimiento de 27,4%, mientras que el bosque nativo, mixto y humedales presentaron decrecimientos (CONAF, 2008).

4.1.1.3 Gestión del agua: Los derechos de agua

Los derechos de agua en la Región de los Ríos y específicamente en las comunas seleccionadas para este trabajo, son mayoritariamente de uso consuntivo (i.e. el agua no es retornada a su curso), tanto para los derechos de agua superficial como subterránea, produciendo una serie de efectos negativos (disminución del perímetro mojado, profundidad, velocidad de la corriente, incremento en la concentración de nutrientes, entre otros) debido a la disminución del caudal, generando así limitantes para el desarrollo de la biota del sistema (Torres-Gomez, 2012).

Si bien no se han constituido nuevos derechos de aguas, la demanda por el recurso ha aumentado ya que los distintos sectores productivos experimentaron un crecimiento en su consumo, cercano al 100% entre 1990 y 1999, y al 160% entre 1990 y 2002, tendencia que se mantiene hasta la actualidad (Ministerio de Medio Ambiente, 2011). Lo anterior tiene relación con el aumento de las plantaciones forestales, el aumento poblacional y el crecimiento industrial. Cabe destacar que la Dirección General de Aguas proyecta un aumento de la demanda de agua en todas las regiones del país para el año 2017 (DGA, 2007).

4.1.1.4 Cambios del uso del suelo

Según la base de datos de CONAF (2007), el principal uso del suelo de la región corresponde a bosque nativo, con un 46,2%. Praderas es el segundo uso en importancia en cuanto a superficie (24,6%) y seguido de plantaciones forestales con un 9,8% (Tabla 2) Es evidente un fuerte aumento de plantaciones forestales en la zona, con un 54,7%, equivalente a una superficie de 63.459,9 has.

De las especies forestales plantadas en el área de estudio, la mayor representación la posee especie, *P. radiata*, con un 62,1% de la superficie. Las superficies más altas de plantación estaban en la comuna de Mariquina. Sin embargo, son Mariquina, Valdivia, Máfil y Lanco, las que presentan el porcentaje más alto uso de suelo asociado a plantaciones.

4.1.2 Fuerzas motrices indirectas

Las fuerzas motrices indirectas identificadas para el Humedal del Rfo Cruces son: sectorización gubernamental, falta de ordenamiento territorial, falta de fiscalización y desprotección legal.

Tabla 2. Cambio en el uso de suelo 1998-2006. Región de los Ríos. (CONAF 1999 y 2007).

Uso actual	1998		2006		Cambio	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Praderas y Matorrales						
Praderas	482.638,8	27,1	452.209,7	25,4	-30.429,1	-6,3
Matorral - Pradera	24.154,9	1,4	18.291,8	1,0	5.863,2	-24,3
Matorral	32.403,7	1,8	30.241,9	1,7	-2.161,8	-6,7
Matorral Arborescente	38.055,1	2,1	31.285,5	1,8	-6.769,6	-17,8
Total uso	577.252,5	32,4	532.028,9	29,8	-45.233,6	-7,8
Bosques						
Plantaciones	116.083,1	6,5	179.543,0	9,8	63.459,9	54,7
Bosque Nativo	865.407,9	48,5	849.770,6	47,7	-15.637,3	-1,8
Bosque Mixto	11.961,5	0,7	10.840,1	0,6	-1.121,5	-9,4
Protecciones	57.801,9	3,2	57.801,9	3,2	-	-
Total uso	993.452,5	55,7	1.040.153,7	58,4	46.701,2	4,7
Otros usos						
Total uso	211.806,4	11,9	210.328,8	11,7	-1.477,7	12,8
Total general	1.782.511,3	100	1.782.511,3	100	-	-

4.1.2.1 Sectorización gubernamental

Existe una falta de coordinación entre las diferentes entidades gubernamentales relativas a la gestión y administración del agua, pero también con entidades de sectores usuarios de esta y sus respectivas leyes, actividades y planes (Tabla 3). La Dirección General de Aguas dependiente del Ministerio de Obras Públicas, es el organismo con la responsabilidad principal de la supervisión de la gestión de los recursos hídricos del país, tiene menor jerarquía institucional que el nuevo Ministerio del Medio Ambiente, quien es el responsable de la calidad de aguas. Otro problema se encuentra en el área legal, donde el Código de Aguas no entra necesariamente en conflicto con las leyes

principales de otros sectores como el eléctrico o la minería, por lo que se le da más relevancia a otras leyes (Bauer, 1998). Estos y otros temas, como la falta de complementariedad en las funciones, la no compartición de información clave (información fragmentada) y la existencia de diferentes solapes, crea una serie de interferencias con otras instituciones dentro y fuera del sector del agua (Banco Mundial, 2011).

Tabla 3. Instituciones que poseen programas, estrategias, normativas o unidades con implicancia ambiental.

Institución	Programa, estrategia, normativa o Unidad con implicancia ambiental
MMA (Ministerio de Medio Ambiente)	<ul style="list-style-type: none"> • Bonos de Carbono
SAG (Servicio Agrícola y Ganadero)	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdo de producción limpia (APL) (productores de lácteos) • Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios
INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario)	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios
CONAF (Corporación Nacional Forestal)	<ul style="list-style-type: none"> • Ley sobre recuperación del de Bosque Nativo y Fomento Forestal
D.A.S (Departamento de acción sanitaria)	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad de Salud Ambiental
DGA (Dirección General de Aguas)	-
Gobernación Marítima	-
SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca)	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Vigilancia Ambiental

4.1.2.2 Falta de ordenamiento territorial

Los conflictos territoriales existentes hoy día en la región tienen su origen, entre otros, en la falta de instrumentos de planificación adecuados para el espacio rural. De acuerdo a la normativa vigente los instrumentos de planificación territorial poseen un fuerte sesgo urbano (CEPAL, 2012). Esto deja al espacio territorial rural con una planificación casuística a través de la Ley de Predios Rústicos y de la normativa relacionada al cambio de uso de suelo (Márquez 1999).

Durante el año 2009 se creó la primera guía de contenido y procedimiento para la realización de planes regionales de ordenamiento territorial, donde se reconoce que en Chile hasta ese entonces, no existía una herramienta que fuera capaz de relacionar elementos físico-espaciales-geográficos del territorio, con elementos económicos y socioculturales, con el fin de llevar a cabo la gestión de un cierto modelo territorial (Torres-Gómez, 2012). Ya que el desarrollo de nuestro país se funda en la capacidad del uso directo de los recursos naturales (bosque, suelo, agua, minería, pesca, etc.), es necesario poner énfasis en la protección del medio ambiente, y no solo en la adquisición de nuevas tecnologías, sino que en cómo protegerlo de la destrucción y preservar los sistemas naturales y sus recursos.

En el año 2011 se comienza la elaboración del primer plan de ordenamiento territorial (PROT) en la Región de Los Ríos, el cual aún no ha sido publicado y se espera esté finalizado para el 2014 (Torres-Gómez, 2012). Con la elaboración de este plan, se

pretende lograr una buena planificación y el ordenamiento territorial, tanto urbano como rural de la región, ya que están siendo sobrepasados por la dinámica del mercado, en especial en las áreas rurales (González & Márquez, 1995).

Esta región tiene una cierta particularidad, puesto que existen distintos usos de suelo: bosque nativo, humedales, praderas, plantaciones, entre otros. Situación que la distingue de la realidad del sector central del país y que plantea la necesidad de abordar los diversos programas e instrumentos de apoyo público, con una mirada integrada y coordinada. De hecho existen varias organizaciones de gobierno que poseen programas, estrategias, normativas o unidades con implicancia ambiental, todas ellas inconexas (Tabla 2), las cuales bajo un PROT, estarían coordinadas y serían más eficientes para el desarrollo de una estrategia sustentable para la subcuenca y para la región en general.

Los pequeños agricultores de esta región realizan un manejo de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos de la subcuenca de acuerdo a sus necesidades inmediatas² y a las demandas del mercado, como también a la oferta de apoyo de los servicios públicos, donde los criterios como: la aptitud de uso del suelo; la sustentabilidad de los recursos (manejo adecuado del suelo); deterioro de los mejores recursos existentes, entre otros, tienen una fuerte vocación productiva y no sustentable. Generándose un “desorden” del predio, ya que no se subdividen las áreas del suelo como un sistema integrado: manejo de bosque, áreas de protección, áreas de ganadería,

² Proyecto FONDECYT 1120005 (2012-2014) Desarrollo de un modelo conceptual del sistema complejo sociedad-naturaleza aplicable a zonas rurales: la cuenca del río Cruces. Valdivia-Chile.

rotación de praderas, áreas de producción de agrícola, áreas de recuperación, entre otros. Este desorden, puede generar problemas de erosión, pérdida de agua, contaminación, baja producción del predio en general, agotamiento de los servicios ecosistémicos y contaminación de las aguas del humedal y otros cursos de agua (Ongley, 1997)

Para abordar de buena forma esta situación, es preciso que los diversos servicios públicos que intervienen en el sector rural (CONAF, SAG, INDAP, entre otros) consideren cada predio como una unidad integrada y que coordinen su actuar, incorporando el ordenamiento territorial y predial como una herramienta básica y primaria de su gestión, lo que mejoraría el uso de los recursos naturales y ayudará a lograr un mayor nivel de coordinación.

4.1.2.3 Falta de fiscalización

La falta de fiscalización es también un problema cuando nos referimos a la gestión de los recursos hídricos. Junto con la falta de información, planes y normativas, los recursos que existen son insuficientes para el control y fiscalización de estos. Por ello, un desafío importante es implementar plenamente los instrumentos para el control de la contaminación previstos por la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, como las normas de calidad ambiental de las aguas receptoras (normas secundarias) y los planes de prevención y de descontaminación asociados. A lo anterior se suma que el personal en las Comisiones Regionales del Medio Ambiente es insuficiente en cantidad y calidad para la definición de normas secundarias y la fiscalización del Sistema de

evaluación de impacto ambiental (SEIA³).

Entre las organizaciones de usuarios, las Juntas de Vigilancia (JdV) que tienen como objetivo administrar y distribuir las aguas a las que tienen derechos sus miembros, y que fueron creadas típicamente a nivel de una sección de una cuenca por iniciativa de los usuarios son las más importantes para llevar a cabo funciones públicas en la administración del agua. Entre los problemas institucionales de las JdV está su limitada organización, capacitación y profesionalización. Menos de la mitad de las JdV están registradas en el Archivo Público de la DGA. En la mayoría de las cuencas y subcuencas no se han formado JdV, como es el caso de la cuenca del Río Cruces. Donde existen, a menudo no representan al conjunto de los usuarios o hay poca participación en su toma de decisiones (Global Water Partnership, 2000). A pesar de que la administración y distribución de las aguas normalmente se lleva a cabo, algunas de las otras atribuciones a veces no se tienen en cuenta.

Esta situación crea una serie de problemas para la DGA. Cuando no hay JdV, la DGA es responsable de la administración de las aguas, pero la DGA no tiene, en general, la representación local suficiente para cumplir con esta responsabilidad. Si la JdV no está registrada, la DGA no puede ejercer a su respecto las facultades de fiscalización relativas a la distribución de las aguas. Cuando la JdV ignora alguna de sus atribuciones, como el intercambio de información con la DGA respecto a la gestión de la red monitoreo de aguas, la gestión de los cauces naturales puede quedar seriamente afectada (Banco Mundial, 2011).

³ Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental. Página web: <http://www.sea.gob.cl>

El SEIA es un instrumento que requiere de base un buen sistema de control, fiscalización y sanción, para que pueda llevar a cabo su objetivo que es hacer cumplir la normativa. La fiscalización del SEIA ha sido realizada por los diversos servicios públicos sectoriales, lo que ha podido afectar la implementación de las medidas de mitigación. Sin embargo, con la creación de la Superintendencia de Medio Ambiente en el año 2010, se pretende unificar todo el proceso de fiscalización a través de una entidad única, desde las Resoluciones de Calificación Ambiental, hasta las medidas puestas en marcha por los Declaraciones o Evaluaciones de Impacto Ambiental (Banco Mundial, 2011).

Por lo pronto, es recomendable evaluar cómo se ha realizado la fiscalización de los caudales ecológicos establecidos con los nuevos Derechos de Aguas que se han constituido, para identificar los problemas que ha habido y tener elementos para plantear un proceso unificado de fiscalización realista y efectivo, de manera de impedir la infracción de la normativa.

4.1.2.4 Protección legal del recurso hídrico

Las normas de calidad de agua en Chile son: la Norma Chilena (NCh) 1333/78 para aguas de riego, la NCh 409/2005 de Calidad de Agua para Consumo Humano, el D.S 143/2009 de calidad primaria para la protección de las aguas continentales superficiales donde se realizan actividades de recreación con contacto directo y la norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas. Esta última corresponde a un instrumento normativo que se debe generar por cuencas en Chile, de acuerdo a los

criterios establecidos en el “Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión” (D.S. 93/95) y tiene como objetivos proteger la calidad ambiental de las aguas (CONAMA, 2005), esto es:

- i) Proteger, mantener o recuperar la calidad de las aguas destinadas a producción de agua potable.
- ii) Proteger, mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y conservar las comunidades acuáticas.
- iii) Proteger, mantener o recuperar la calidad de las aguas para la conservación de especies hidrobiológicas de importancia para la pesca deportiva y recreativa, y para la acuicultura.
- iv) Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo el cuidado y dependencia del hombre.
- v) Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de conservar los suelos y las especies vegetales.
- vi) Mantener o recuperar el estado trófico de los cuerpos lacustres.
- vii) Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad como componentes únicos del patrimonio ambiental.

El proceso de dictación de esta norma en el país se ha definido por cuenca, y se encuentran en proceso de creación e implementación (ver variables en Anexo II). Es importante recordar que para la cuenca del Río Cruces, el anteproyecto de Ley se presentó el año 2005; sin embargo, este no fue aprobado, ya que fue rechazado por

ONG's y científicos que presentaron sus observaciones durante el proceso de consulta de la norma (Sepúlveda & Villarroel, 2010).

4.2 Presiones

Las presiones en el Humedal del Río Cruces, se deben principalmente a los procesos realizados por ciertas actividades productivas y/o industriales en el área de estudio. Las principales identificadas para este estudio son: forestal, agrícola, ganadera y a la extracción de agua para regadío.

4.2.1 Actividad Agrícola

La Región de Los Ríos tiene una superficie agropecuaria total igual a 979.330 ha, correspondiente al 3,2% de las 30×10^6 ha de este tipo que tiene el país. Dentro de la Región de Los Ríos, esta superficie agropecuaria equivale al 59,8% de la superficie total regional, valor considerablemente menor al porcentaje de suelo agropecuario a nivel nacional (82,0%), destacando incluso, que ninguna de las comunas de la XIV Región alcanzan el valor promedio que tiene el país en su uso del suelo agropecuario (INE, 2007).

Las comunas de la Región que destinan menos superficie a la actividad agropecuaria son: Valdivia (42,4%) y Máfil (45,4%), mientras que las comunas que destinan más superficie a esta actividad son: Panguipulli (75,4%) y Lanco (57%) como se muestra en la Tabla 4.



Tabla 4. Superficie y número de explotaciones agropecuarias de la Región de Los Ríos (VII Censo agropecuario y forestal. INE, 2007).

División político Administrativa	Explotaciones Censadas		Explotaciones Agropecuarias			
	Número	Superficie (ha)	Número	%	Superficie (ha)	%
País	301.254,0	37.112.450,4	280.474,0	93,1	30.443.211,0	82,0
Región de los Ríos	16.524,0	1.637.426,1	15.719,0	95,1	979.330,0	59,8
Comunas						
Valdivia	1.108,0	87.972,4	958,0	86,5	37.264,5	42,4
Lanco	944,0	50.453,3	923,0	97,8	28.744,7	57,0
Los lagos	1.003,0	162.316,1	948,0	94,5	81.155,5	50,0
Máfil	595,0	72.777,7	564,0	94,8	33.052,7	45,4
Mariquina	1.672,0	120.603,6	1.583,0	94,7	62.580,3	51,9
Panguipulli	2.799,0	256.535,7	2.719,0	97,1	193.353,3	75,4

Respecto de cómo se distribuye el suelo de tipo agropecuario dentro de la Región de Los Ríos, las comunas de Panguipulli, Río Bueno y Futrono son las que involucran la mayor superficie de este tipo dentro de la Región (53%), siendo por el contrario, Lanco y Máfil, las comunas que involucran la menor superficie (7%). Por otra parte, si se analiza la distribución de las explotaciones agropecuarias dentro de la Región de Los Ríos, se observa que las comunas que abarcan el mayor número de predios o explotaciones agropecuarias son, Panguipulli (17%) y Mariquina (10%). (INE, 2007).

Cabe destacar que los valores de uso de suelo agropecuario de cada comuna están dados no solamente por el menor o mayor desarrollo agrícola que tiene cada una, sino también por la superficie total que abarcan y las características geomorfológicas que

determinan, entre otras cosas, su aptitud de uso de suelo. En este sentido, existen comunas como Máfil que, estando ubicada en el valle central, tiene mayor potencialidad de aprovechamiento de sus suelos en rubros agropecuarios, mientras que otras comunas involucran superficies que por condiciones de pendiente, suelo y clima, limitan el desarrollo de la actividad agrícola.

También se observa que el número de explotaciones agropecuarias de la Región de Los Ríos, respecto al total censado, es relativamente similar al porcentaje de explotaciones agropecuarias informadas a nivel nacional (95,1% y 93,1%, respectivamente). Por lo tanto, la Región de los Ríos tiene menor superficie promedio destinada al sector, pero una cantidad de predios similar, lo que es indicativo de un gran número de predios con superficies pequeñas.

De acuerdo a la distribución porcentual de la superficie de cultivos gran parte está destinada a la producción de cereales con un 61,38% del suelo de la Región, siendo las comunas de Los Lagos y Máfil las que tienen mayor porcentaje de suelo con dicho tipo de cultivo (75,4% y 72,7%, respectivamente). Valdivia es la comuna con menor porcentaje de suelo con cereales, con un 29,6% (Figura 6). La especie más cultivada es el Trigo blanco con 14.417,5 ha. (Gobierno Regional, 2008).

Otro gran grupo de cultivos dentro de la Región son los frutales, que ocupan el 14,2% de los suelos con especies cultivadas. Las especies frutales que más se producen en la Región de Los Ríos son los arándanos, que ocupan una superficie total de 5.034 ha. Este cultivo tiene gran importancia comercial y un gran potencial futuro, considerando

las excelentes condiciones de mercado internacional que se desarrollan actualmente y que favorecen la exportación del producto. Por otra parte, existe una gran parte de la superficie de suelo con frutales ocupada con huertos caseros, que corresponden principalmente a pequeñas superficies por predio, con diversas especies frutales que están destinadas al consumo familiar y, en algunos casos, a una venta marginal a nivel local. Las superficies de huertos caseros llegan a ocupar 1.747,1 ha, lo que significa el 34,7% del suelo con frutales de la región.

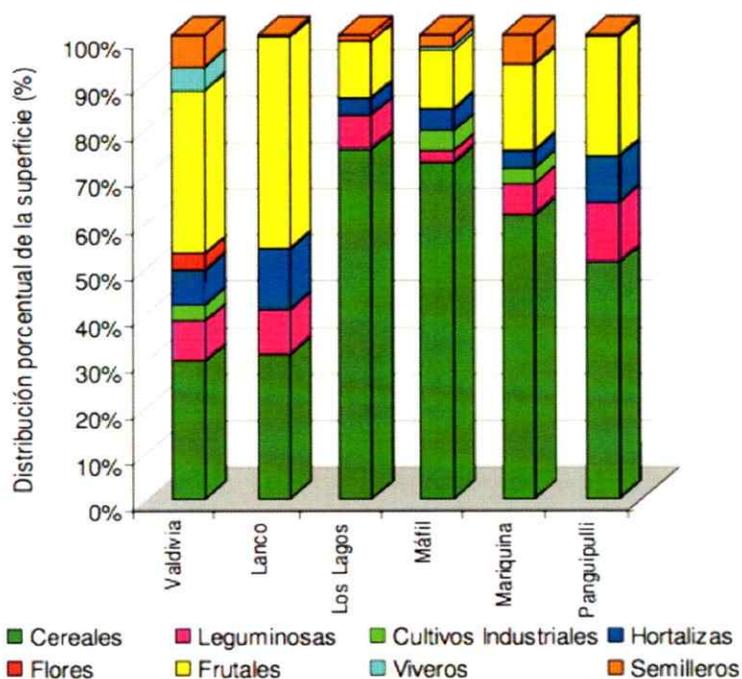


Figura 6. Distribución porcentual de la superficie utilizada por grupo de cultivos, para las comunas de la Región de Los Ríos, año 2007.

El grupo de cultivos que lo sigue en importancia según la superficie ocupada, son los cultivos industriales, donde la remolacha azucarera y el raps son lo de mayor producción. Estos ocupan 1.232,5 ha y 716,2 ha respectivamente, que corresponden al 54,4% y 31,6% del suelo con cultivos industriales de la Región (INE, 2007).

En relación a la evolución de los cultivos y sus superficies utilizadas, es posible apreciar que ha habido una disminución de la superficie cultivada de -19,5%. Esto, en la mayoría de los grupos de cultivos, a excepción de flores y viveros; siendo las disminuciones porcentuales más considerables durante 1997 y 2007 las de chacras, cultivos industriales y hortalizas (-46,5%, -32,3% y -30,5%, respectivamente). Cabe señalar que en términos de superficie, la caída más fuerte se observa en las forrajeras, que disminuyeron en aproximadamente 16.900 ha en este mismo período (Tabla 5).

Tabla 5. Superficie sembrada por grupo de cultivo, período 1997 – 2007. INE, 2007.

Grupo de Cultivos	Año 1997		Año 2007		Variación porcentual
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	
Explotaciones informantes	126.004,4	100	101.393,9	100	-19,5
Cereales	23.675,1	18,8	21.671,8	21,4	-8,5
Chacras	7.468,7	5,9	3.995,2	3,9	-46,5
Cultivos Industriales	3.344,6	2,7	2.265,2	2,2	-32,3
Hortalizas	2.484,6	2	1.727,5	1,7	-30,5
Flores	15,5	0,01	134,4	0,1	767,1
Forrajeras anuales/permanentes	82.923,5	65,8	66.030,3	65,1	-20,4
Frutales	5.568,4	4,4	5.043,3	5	-9,6
Viveros	74	0,06	89,3	0,1	20,7
Semilleros	450	0,4	445,9	0,4	-0,9

A pesar de esta disminución general de la superficie cultivada y plantada, existen ciertas especies que tuvieron un importante crecimiento. El caso más importante es el de los arándanos, que aumentaron de 203,9 ha en 1997 a 1.130,4 ha en el 2007; las condiciones favorables tanto de clima y suelo que presenta la región como el mercado de exportación, ha impulsado el auge de esta especie y la inversión de diversas agroindustrias en la zona (GORE, 2008).

Existen ciertos impactos asociados al sector, tales como: degradación del suelo producto de la erosión y la contaminación de suelo y agua por el uso de agroquímicos. Para estos últimos no existen datos acerca de los fertilizantes y plaguicidas utilizados y mucho menos de su cantidad.

4.2.2 Actividad Forestal

En la zona se han eliminado extensas superficies de bosque para su conversión a tierras agrícolas y, en las últimas décadas, a plantaciones forestales exóticas de rápido crecimiento (Lara y col. 1996, Armesto y col. 2010). Algunas estimaciones han indicado que entre 1974 y 1992 alrededor de 200.000 ha de bosques nativos, localizados especialmente en la Cordillera de la Costa, fueron convertidos a plantaciones exóticas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus spp.* (Lara y col. 1996). Es en la provincia de Valdivia donde se concentra el 77% de las plantaciones regionales.

La actividad forestal también afecta a la calidad del agua, ya que genera pérdida de suelo cuando existe tala rasa, lo cual provoca una mayor carga de sedimentos hacia los cuerpos y cursos de agua. Otro efecto de esta actividad es la acidificación del suelo

cuando existen plantaciones forestales de Pino y Eucalipto, producida por un aumento en la disponibilidad de aluminio en el suelo. En Valdivia se ha registrado una disminución en el pH del suelo donde existen plantaciones forestales (Schlatter & Otero, 1995; Rivas y col., 2007).

La región extrae anualmente del bosque del orden de 5 millones de metros cúbicos de madera, de los cuales el 81% es para abastecer la industria regional y el 19% restante para satisfacer los requerimientos de leña. La industria se abastece en 96% de bosques plantados y la leña proviene mayoritariamente del bosque nativo, con un 70%, mientras que el eucalipto y el aromo representan el resto con un 30%.

Otra rama de la industria forestal de la zona está enfocada a la producción de celulosa para papel. El 98% de la producción de este material es realizada por dos empresas: La Compañía Manufacturera de Papeles y cartones (CMPC) y Celulosa Arauco y Constitución S.A. La producción de estas empresas asciende a 500.000 ton de Celulosa y 70.000 ton de cartulinas, consumiendo el 54% o el equivalente a $2,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera, de la cual el 79% corresponde a Pino y el 21% a Eucaliptos (INFOR, 2011).

Tanto la producción de celulosa como el cultivo forestal generan una serie de impactos sobre la calidad del agua, entre ellos: aumento de sedimentos hacia los cursos de agua, contaminación difusa por el uso de fertilizantes y plaguicidas para el control de malezas, aumento en la acidificación del suelo, descarga de residuos (Sulfato de aluminio, nitrógeno, fósforo, ácidos y sólidos suspendidos entre otros) (Torres-Gómez, 2012).

4.2.3 Actividad ganadera

La Región de Los Ríos concentra el 16,7% de las cabezas de ganado a nivel nacional con 621.603 y un 22,7% de la masa ganadera para producción de leche del país, por ende en la región se ubican importantes empresas a nivel nacional que cubren el mercado nacional e internacional. En la región se encuentran las empresas lácteas: Colún en La Unión, Soprole (filial Prolesur) en Los Lagos, Loncoleche y Universidad Austral en Valdivia y Quillayes en Futrono. Esta actividad productiva y empresarial da cuenta de la relevancia que tiene la Región de Los Ríos en el rubro lechero dentro del país (INE, 2007).

Del total de cabezas de ganado que existen, los bovinos corresponden al 77,9% y los ovinos al 14,6% del total, siendo las especies que toman mayor importancia por su cantidad. Ambas especies han tenido un crecimiento en su masa ganadera de un 5,1% respecto al año 1997, lo que releva su importancia dentro de la actividad ganadera que ha desarrollado la región (GORE, 2008). A nivel comunal Los Lagos y Panguipulli son las que concentran la mayor cantidad de cabezas de ganado bovino con 70.271 y 49.568 cabezas de ganado respectivamente (Tabla 6).

Otras especies que se destacan por su cantidad son los cerdos y equinos; el primero de ellos es una especie que generalmente se encuentran en los predios pequeños y medianos, en pequeñas cantidades, y que se destina principalmente al autoconsumo.

El segundo, los equinos, son animales que toman importancia especialmente en el trabajo agrícola, siendo una de las tracciones animales de importancia en el tiro de arados, rastras y colosos, entre otros.

Tabla 6. Cantidad de cabezas de ganado por comuna y superficie ocupada. INE, 2007.

	Explotaciones informantes		Bovinos	
	Numero	Superficie (ha)	Informantes	Cabezas
XIV de Los Ríos	14.135	854.081,71	12.240	621.598
Valdivia	714	30.984,60	580	14.800
Lanco	878	26.820,90	768	22.279
Los Lagos	908	77.702,70	838	70.271
Máfil	492	31.654,60	464	33.363
Mariquina	1.340	49.017,00	1.162	35.047
Panguipulli	2.479	148.175,55	2.000	49.568

Respecto a la superficie ocupada por el ganado, la mayor extensión se encuentra en Panguipulli y Los Lagos, donde hay más de cien mil hectáreas dedicadas a esta actividad.

La actividad ganadera también genera efectos en la calidad de agua, principalmente con la cantidad de nutrientes que componen las excretas de los animales, así como también con los fertilizantes asociados a la producción del forraje, especialmente el nitrógeno y fósforo, los cuales son fuentes de contaminación difusa (Torres-Gómez, 2012).

4.2.4 Extracción de agua

Según la Dirección General de Aguas (DGA), hasta principios del año 2007 han sido otorgados en la Región de Los Ríos un total de 4.136 derechos de aprovechamiento de aguas. El mayor número de derechos de aprovechamiento los tienen las comunas de Panguipulli, Valdivia y Los lagos, concentrando alrededor del 45% de los derechos.

Respecto al número de derechos de agua entregados en la Región de Los Ríos, las clasificaciones de persona natural, organizaciones sociales y empresas agrícolas son las que tienen la mayor proporción con alrededor del 92% de los derechos otorgados. El porcentaje restante se reparte entre el resto de los tipos de empresas (DGA, 2007).

En relación a los caudales promedios entregados, de acuerdo a la clasificación anterior, el 95% de ellos corresponden exclusivamente a empresas eléctricas con más de 23.515 l/s, seguido por empresas acuícolas con 718 l/s, empresa forestal con 450 l/s, la clasificación de otros con 121 l/s, empresa sanitaria con 79 l/s, persona natural 71 l/s, y finalmente organizaciones sociales con 8, 53 l/s

Si bien la cantidad de derechos de aprovechamiento de aguas constituidos en la región no ha aumentado, la demanda por el recurso si lo ha hecho, debido al crecimiento de las actividades que la utilizan como insumo. La demanda de agua por uso agropecuario alcanza los 4.859.436 m³ al año, mientras que la demanda por uso forestal los 337.056 m³ al año (DGA, 2007).

4.3 Estado del ecosistema

El Humedal del Río Cruces actualmente se encuentra en un estado mesotrófico-eutrófico. El estado mesotrófico corresponde a los tributarios del sistema, mientras que el estado eutrófico corresponde al humedal. Ya que este sistema presenta cambios de régimen entre aguas oscuras y aguas claras, es importante establecer que el estado actual corresponde a un estado intermedio (Marín y col., 2014). En cuanto a las macrófitas presentes, el sistema se encuentra dominado principalmente por *Potamogeton spp.*, incluyendo zonas ubicadas en los ríos Cayumapu y Pichoy. *Egeria densa* es dominante en una zona, ubicada al interior del Río Cayumapu, donde la concentración de sólidos suspendidos es baja. Presencia de *E. Densa* también fue registrada en las zonas donde la profundidad es inferior a 1 m.

Desde el año 1995 al 2012 existe un incremento en la carga de nutrientes en el humedal, alcanzando incluso valores híper-eutróficos según criterios de la OECD, debido a las actividades que se realizan en sus alrededores. Si el proceso de eutroficación continúa el sistema podría cambiar en el futuro a un nuevo estado de aguas turbias.

A través de los datos de monitoreo de la estación de monitoreo de Celulosa Arauco-provistos por el Servicio de Evaluación Ambiental -Chile SEA (Estación Rucaco-Humedal de río Cruces), ubicada al norte del humedal en su convergencia con el río Pichoy, se puede observar, tanto para el fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos, que los promedios desde el 2004 al 2012 son mayores que los del periodo entre 1994 y 1995 (Figura 7). En esta se muestra también un seguimiento de nitrógeno

total, fósforo total y sólidos suspendidos desde el año 1995 hasta el 2012. Las líneas trazadas representan la media móvil de los datos muestreados.

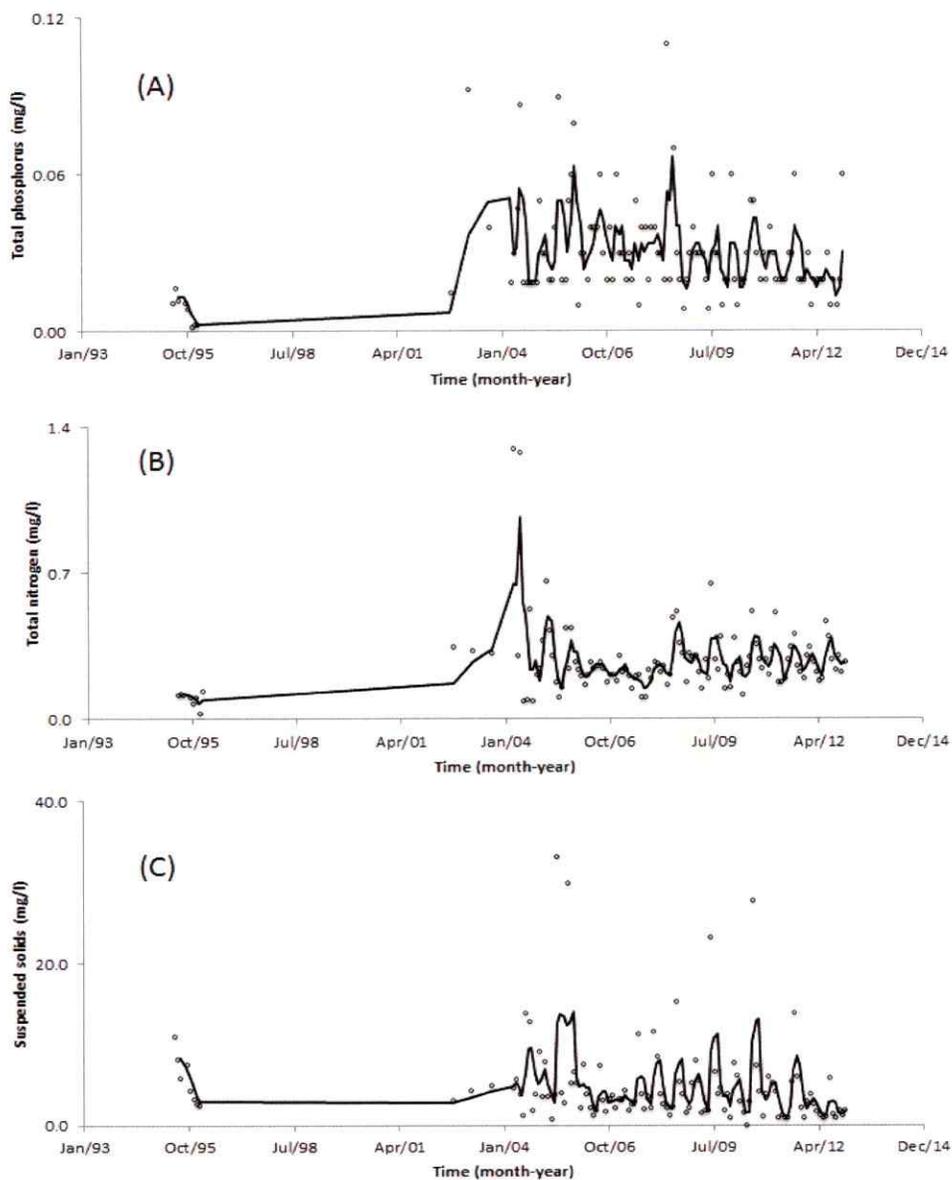


Figura 7. Fósforo total, nitrógeno total y sólidos suspendidos en el río Cruces. Los datos corresponden a una estación de monitoreo (Estación Rucaco-Estación de Monitoreo Arauco-SEA) ubicada al norte del humedal.

4.4 Impactos

Primeramente se elaboró una tabla de impactos con cada uno de los componentes de la subcuenca del Humedal del Río Cruces (Anexo I). En esta se indica el componente afectado y se señala cual es el proceso biológico, físico y químico que los afecta. Entre los impactos identificados se encuentran a) contaminación de las aguas superficiales (Lopetegui et al, 2007); b) cambio de estado (Marin y col., 2009); c) percepción de pérdida de servicios ecosistémicos (Encuesta PULSO_LME, 2008); d) percepción de pérdida de productividad del suelo (Skewes y col., 2012); e) disminución en la disponibilidad del agua superficial (GORE, 2010); f) cambio del ciclo hidrológico (Huber y col., 2008; Little y col., 2009; AIFBN, 2010); g) cambio en la estructura del ecosistema (Delgado & Marin, 2013 y Marin y col., 2014). A continuación se muestra una matriz simplificada de los impactos que generan las actividades productivas que se desarrollan en la subcuenca, (Tabla 7).

Tabla 7. Resumen de Matriz de Impactos identificados para cada componente y proceso.

	Componente	Proceso	Actividad		
			Agrícola	Pecuaría	Forestal
IMPACTOS	Suelo	Contaminación	X	X	X
		Erosión	X	X	X
		Salinización	X	X	X
		Disminución en el contenido de humedad	X	X	X
		Desequilibrio de acidez	X	X	X
		Compactación	X	X	X
		Pérdida de materia orgánica y minerales	X	X	X
		Degradación de la estructura	X	X	X
		Desequilibrio microbiológico del Suelo	X	X	X
IMPACTOS	Agua	Sedimentación de cuerpos de agua	X	X	X
		Disminución de caudales	X		X
		Contaminación	X	X	X
		Ineficiencia en el uso de agua	X		X
	Flora y fauna	Destrucción del Bosque	X		X
		Desequilibrio ecológico	X	X	X
		Pérdida de Biodiversidad	X		X

4.5 Respuestas

Las respuestas en el modelo DPSIR, están relacionadas a acciones sociales, políticas y/o económicas que promuevan la sustentabilidad del ecosistema analizado. Las propuestas existentes a la fecha respecto a mejorar, manejar o mantener el ecosistema, después del evento del 2004, se detallan a continuación.

- *Formulación de la norma secundaria de calidad de aguas (2005)*: Previo al conflicto del año 2004 no existía ninguna norma secundaria en el país, a raíz de esto se generó el anteproyecto en menos de un año, siendo rechazado posteriormente en el proceso de consulta. Desde el año 2006 que no se presenta ningún avance al respecto.
- *Plan integral de gestión ambiental del Humedal del Río Cruces (2006)*: Corresponde al primero desarrollado en el país. Desde el año 2007 no presenta avances.
- *Monitoreo ecotoxicológico en efluentes industriales (2007)*: Corresponde a un monitoreo realizado en el período 2006-2007. El objetivo fue determinar los factores de peligro que representa la actividad industrial producto de las descargas de Riles tanto en el Río Cruces como en el Humedal.
- *Acuerdo de producción limpia de productores de leche (2009)*: Su objetivo es de incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas, así como de la seguridad de los trabajadores y el entorno, apoyando el desarrollo de una gestión preventiva en las actividades rutinarias (Consejo Nacional de Producción limpia, 2009).
- *Plan Regional de Ordenamiento territorial (2011)*: Se comienza a elaborar el primer plan regional de ordenamiento territorial del país, el cual está aún en desarrollo.

4.6 Comparación entre el modelo DPSIR correspondiente al 2008 (Marín y Delgado, 2013) y el modelo DPSIR, 2013.

Como resultado de la comparación de los dos modelos DPSIR (Figura 8 y Figura 9). Es posible observar mínimas diferencias sobre todo en las respuestas sociopolíticas respecto al estado del ecosistema entre (2008 y el 2013). Lo que demuestra la lentitud de las medidas propuestas. Por otro lado, es posible ver que se tiene mucho más claro en la actualidad cuales son las presiones directas (Desarrollo económico, Crecimiento y expansión de la población, Privatización de derechos de agua y Cambio de uso de suelo) e indirectas (Sectorización gubernamental, Falta de ordenamiento territorial, Falta de fiscalización y Desprotección legal) que afectan al ecosistema. Esto se debe principalmente a que este ecosistema ha sido mayor objeto de estudio científico después de haberse percibido un cambio de estado (aguas claras a aguas turbias), durante el 2004, así como también de una mayor conciencia ambiental por parte de la sociedad.

También es posible observar durante este trabajo cambios recientes en el ecosistema (Marín et al, 2014). En cuanto a las presiones que inciden en el estado del sistema, se puede observar que estas se encuentran estrictamente ligadas a las distintas actividades productivas que se llevan a cabo en la región, donde cada una de ellas influencia de forma negativa, tanto la calidad y cantidad de los recursos naturales, como también a la sociedad, a través de una serie de impactos (contaminación de aguas superficiales, cambio de estado, percepción de pérdida de servicios ecosistémicos y de productividad de suelo, disminución en la disponibilidad de agua, cambio del ciclo

hidrológico y cambio en la estructura ecológica), que derivan de una serie de acciones y procesos que cada una realiza.

Al comparar los impactos mencionados en el modelo DPSIR 2004 con los del modelo 2013, se puede observar que se han mantenido en su gran mayoría, a excepción de la migración y muerte de cisnes, especie que ha aumentado su población en los últimos años. Que estos impactos se hayan mantenido desde el modelo anterior, sugiere que las respuestas que se generaron posteriores al año 2004, no fueron capaces de generar cambios frente a los factores que los producen. Es decir, no tienen mayor incidencia en las Fuerzas y las Presiones identificadas en los modelos.

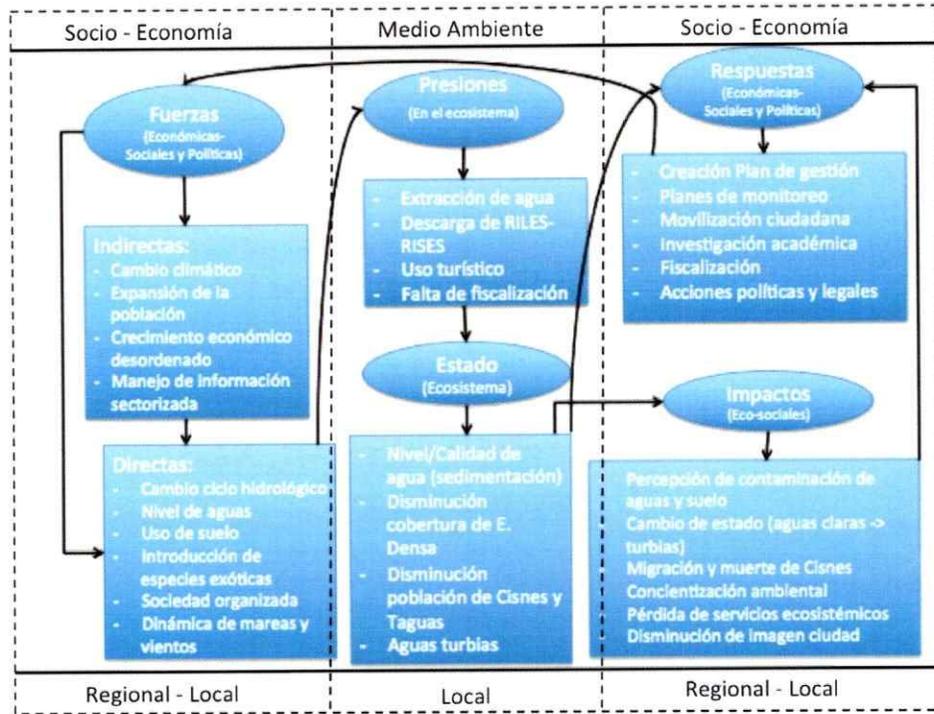


Figura 8. Modelo DPSIR elaborado para el Humedal del Río Cruces, 2008 (Marin & Delgado 2013).

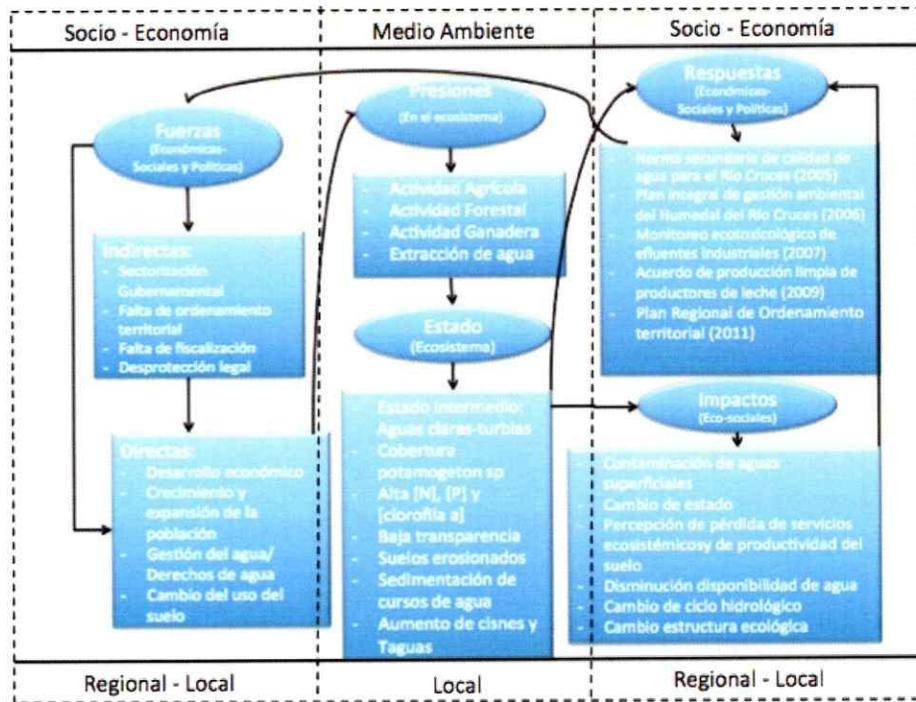


Figura 9. Modelo DPSIR elaborado para el Humedal del Río Cruces, 2013.

5. DISCUSIÓN

5.1 Falencias institucionales y la gestión del agua en Chile

En el caso del ecosistema estudiado se ve que los problemas ambientales, así como el descontento social (Fischer, 2013), surgen de la decisión por parte de la empresa Celulosa Arauco y Constitución de instalar la Planta de Celulosa en las cercanías de un Santuario de la Naturaleza, sin prever el costo social y ambiental que traería consigo su posterior puesta en marcha. Si se introdujeran instrumentos de gestión territorial (Torres-Gomez, 2012), asociados fuertemente con participación ciudadana (Bachmann, 2006) se podrían prever un gran número de problemas ambientales, se gestionaría el territorio de una forma más eficiente, y se evitarían gran parte de los conflictos ambientales relacionados al desarrollo económico que existen actualmente en varios territorios de Chile (Sanzana, 2010).

Es de primordial importancia poner en práctica la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) como herramienta de apoyo a la gestión, ya que permitiría no sólo tomar en consideración los impactos específicos y puntuales de un proyecto, sino que también evaluar los Planes, Políticas y Programas que se le vinculan, logrando el objetivo de crecimiento económico y la protección del medio ambiente, pudiendo lograr de esta forma un desarrollo sustentable, entendiendo el concepto en su totalidad, es decir, incluyendo sus tres componentes: Ecológico, Económico y Social (Guerra, 2010)

Los sistemas socio-ecológicos, como es el caso del sistema estudiado, son sistemas

complejos adaptativos en los que los componentes sociales y biogeofísicos interactúan a través de múltiples escalas espacio-temporales (Janssen & Ostrom, 2006). El análisis de estos sistemas complejos genera el marco para estudiar las interacciones a distintas escalas espaciales y temporales, entre los ecosistemas, las instituciones formales, las instituciones informales y los grupos sociales que interactúan entre sí. En la actualidad, la dinámica de los socio-ecosistemas se está viendo fuertemente influenciada por las políticas de gestión centralizadas basadas en la gestión intensiva de unos pocos servicios (principalmente servicios de abastecimiento) y por los mercados globalizados (Liu y col., 2007). Esto debido a que no están en vigencia planes de desarrollo regional (e.g. endógeno y/o territorial) que coordinen la sustentabilidad social, económica y ecológica o ambiental.

El enfoque de aproximación de las instituciones convencionales (e.g. ambientales) parecen no ser suficientes para resolver los problemas generados por la degradación de los ecosistemas y por la pérdida de la calidad de los servicios ambientales, y en parte, esto es debido al desacoplamiento temporal de la toma de decisiones y a las miradas reduccionistas al enfrentar los problemas socio-ecológicos o ambientales (The World Bank, 2004). El desacoplamiento temporal se genera en los casos en los que los cortos plazos electorales entran en conflicto con las necesidades de planificación a largo plazo (Young, 2003; Cash y col., 2006) o cuando la escala espacial en la que la decisión es tomada no coincide con la escala en la que la actividad local tiene lugar. En relación a lo anterior las estrategias planteadas solo pretenden controlar un pequeño grupo de variables en los sistemas socio-ecológicos, pretendiendo optimizar

la provisión de uno o unos pocos servicios, aumentando la vulnerabilidad del sistema (Folke y col., 2003).

Comparando el DPSIR del año 2008 (Fig. 8) con el de la actualidad (Fig. 3), es posible visualizar que por más que se propusieron una gama de medidas sociopolíticas ante el cambio ecológico del humedal del río Cruces durante el 2004 (Torres-Gomez, 2012), las respuestas se han demorado al menos 8 años (Fig. 3 y Fig.8), lo que no necesariamente se relaciona con el desarrollo o efectividad de su aplicación. Robert Costanza, definió a estos fallos institucionales como “trampa social”, en la que los intereses individuales y de corto plazo, dominan sobre una gestión focalizada en los intereses de la sociedad (Costanza, 1987). Por lo tanto, el problema se asocia a la ausencia sistemática de un marco institucional capaz de gestionar a los servicios gubernamentales en los diferentes niveles institucionales y a las distintas escalas espacio-temporales. Así como de la carencia del concepto de manejo adaptativo, necesario al gestionar sistemas eco-sociales (Janssen & Ostrom, 2006).

¿Cuál es el nivel de protección ambiental deseado en Chile?, o dicho de otra forma ¿Cuál es el nivel de perturbación aceptable en un ecosistema?, así como también ¿Quién es el organismo encargado de tomar las decisiones en materia ambiental?, son interrogantes clave ante problemas en materia ambiental frente a las actividades humanas. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), como evaluador de los permisos ambientales coordina a los organismos técnicos y en un menor grado a la participación ciudadana, para posteriormente dar paso a la Comisión Regional del medioambiente (COREMA), quién toma la decisión limitadamente a solo hacer

cuestionamientos acerca de los proyectos, sin tener la capacidad técnica para hacerlo. Este organismo tampoco tiene injerencia en cuanto a la localización original de los proyectos, quedando esta solo a criterio de quien la propone. Por lo anteriormente planteado se puede concluir que el SEIA en Chile, se basa en el concepto de sustentabilidad débil (Bachmann, 2006).

El mecanismo de toma de decisiones respecto de aprobar o rechazar un proyecto a través de información sectorial y centralizada, se desarrolla de forma desvinculada de las realidades socio-ecológicas o ambientales locales, en vez de una visión ambiental integrada, lo que no permite que se representen los intereses de la ciudadanía y/o la protección de los ecosistemas, lo que sumado a que los organismos con competencia ambiental, tienen incentivos contrapuestos, esto es por un lado la protección del medio ambiente y por el otro el fomento productivo (Ostrom & Walker, 2003). Otro factor que interfiere en la buena gestión ambiental, es que estos organismos no cuentan con las herramientas e instrumentos necesarios para hacer frente a una problemática ambiental como la que se analiza en este seminario de título ya sea porque no han sido contemplados en su creación o por la inexistencia de normativas específicas, lo que hace más difícil la aplicación de una protección ambiental estratégica.

La ausencia de una gestión integral de las cuencas, también incide en el manejo y conservación de los cursos de agua y del ecosistema en general, esto se acentúa con la falta de ordenamiento territorial y con el tipo de gestión del agua superficial en Chile (Garces, 2011), relacionado al tema de los derechos de agua, como se mencionó brevemente en la introducción. El Estado chileno (Código de agua de 1981) otorga a los

privados derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) gratuitos y a perpetuidad, sin que hubiese necesidad de justificar el caudal solicitado, sin informar el rubro productivo relacionado y sin obligación de utilizarlos. Ello generó a lo largo del tiempo que una proporción significativa de estos derechos se encontrasen en desuso, impidiendo una vez agotada legalmente la fuente de agua para constituir nuevos DAA.

La asignación de derechos es libre a quien los solicite mientras no afecte otros derechos constituidos, no considera prioridades en el uso, y su entrega es a perpetuidad, al existir más de una solicitud de aprovechamiento sobre un mismo derecho, se procede a rematarlo al mejor postor. Ya que el agua se reduce como un bien nacional de uso público y su aprovechamiento está sujeto al otorgamiento de dichos derechos a propietarios privados que posteriormente los pueden ceder, vender y permutar, se ha generado un mercado del agua. En el área de estudio de este seminario, Región de los Ríos, el 62% del total del caudal, es decir 647.324 l/s posee un uso sin especificar (Centro de Estudios Ambientales, 2012). Y además se identificó una concentración de derechos de agua en más de un 85% en manos de una sola empresa extranjera (Lara y col., 2011). Lo anterior provoca que existan en Chile cuencas con un sobre-otorgamiento de derechos generando un agotamiento legal pero no necesariamente físico en algunas cuencas por la adquisición de derechos (OCDE, 2013).

En 2005 se reformó el Código introduciendo el cobro de una patente por no uso (PNU), a fin de desincentivar la acumulación de derechos por parte de algunos agentes del mercado. En la experiencia internacional, los derechos de uso de agua son condicionados a usos específicos, pues al entregar los derechos para usos efectivos y

beneficiosos se previene la creación de monopolios y la especulación, como lo indica, por ejemplo, el derecho estadounidense (CEPAL, 1995). Esto no se previó en la legislación chilena, dado que el “no condicionar los derechos a usos efectivos y beneficiosos o adoptar medidas alternativas, ha fomentado la especulación y el acaparamiento de estos, facilitando el manejo de los derechos de agua como un instrumento de competencia económica desleal, y permitido su uso para ejercer un poder de mercado” (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

En el derecho comparado, el cobro de una patente de derechos de agua, tal como se aplica en la actualidad en Chile, es peculiar por cuanto supone un enfoque radicalmente distinto al “cobro por uso (o tenencia) del agua” que predomina en países desarrollados (Barde y Braathen, 2002) y en desarrollo (Jouravlev, 2000) cuando existen cobros. De esta forma, la PNU chilena es una excepción a la regla de cobros vinculados a aguas continentales naturales (no potables ni tratadas). Si bien usualmente los especuladores apuestan a obtener una ganancia bajo condiciones de incertidumbre, la situación era diferente en los mercados de agua en Chile, hasta hace poco, dado que tener un DAA sin uso efectivo no revestía riesgo alguno porque: i) hasta el año 2006 no se obligaba a los propietarios a invertir en obras para utilizar efectivamente sus derechos; ii) buena parte de los DAA objeto de especulación fueron otorgados gratuitamente por el Estado; y iii) aunque se especulara con derechos comprados en el mercado, el riesgo seguía siendo cercano a cero, ya que se ha observado un crecimiento constante de la demanda y los precios de los DAA han registrado una tendencia sostenida al alza (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). Estos argumentos hicieron que el

costo de oportunidad resultante de mantener los derechos sin utilizar o sin vender fuera inferior a la rentabilidad derivada del aumento de los precios (Dourojeanni y Jouravlev, 1999), lo que redundó en una situación estratégicamente poco conveniente para el país, considerando que el agua es un recurso natural vital y un insumo productivo sin sustituto.

Por lo tanto, lograr un manejo integrado del agua en Chile se hace difícil sin antes superar una serie de aspectos vinculados principalmente a los aspectos legales y a los instrumentos de gestión. Dichos aspectos guardan relación con: proteger los derechos de aguas de grupos vulnerables, mejorar la protección de los requerimientos hídricos para los ecosistemas y servicios asociados, mejorar el mercado del agua, mantener la seguridad hidráulica de los derechos de agua en relación al cambio climático y continuar avanzando en el uso efectivo de los derechos (Banco Mundial, 2011).

En el año 2006 se acordó la creación de un Comité Interministerial para la elaboración de la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (ENGICH), siendo su diseño finalizado y aprobado en 2007. Sin embargo, la última revisión del estado del proyecto por el Centro del Agua para América Latina y el Caribe (2012) indica que “el proyecto ha desaparecido de los sitios web oficiales, pero se mantiene la atención desde las universidades, para ver su evolución. Hasta 2009, la implementación en las cuencas pilotos donde fue aplicada la estrategia presentó una serie de problemas, algunos de los cuales son de tipo político institucional, que requieren cambios profundos”.



Similarmente el año 2009, se creó la primera guía de contenido y procedimiento para la realización de Planes Regionales de Ordenamiento Territorial. La guía se elaboró, con el fin de establecer una base para los planes de ordenamiento territorial que se deben crear a nivel regional según la ley N° 19.175, modificada para estos efectos el año 2009⁴. Lo anterior deja en evidencia el escaso avance del país en relación a lograr una mejora sustancial en cuanto a la gestión hídrica y el ordenamiento territorial, ambos fundamentales en el objetivo de implementar una estrategia de manejo integrado del recurso.

5.2 Respuestas institucionales espacio-temporales que no se concretan

EL DPSIR es un modelo que proporciona una visión integrada de los problemas ecológicos en relación con las causas que los producen, incluyendo en el modelo las respuestas surgidas desde las administraciones públicas, los sectores económicos y la sociedad civil (Davila. 2007). Así también a través del desarrollo de este modelo es posible medir la temporalidad de las medidas y/o respuestas sociales, políticas y legales respecto a un problema ecológico de gran impacto social como fue el ocurrido en el Humedal del Río Cruces durante el año 2004 (Marin y col., 2009; Delgado y col., 2009; Lopetegui y col., 2007).

Es posible ver a través de los resultados del DPSIR-2013 (Figura 3) que las respuestas políticas que surgieron luego de que tuviera lugar el

⁴ Ley N° 19.175, Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional. Texto refundido el 3 de febrero de 2009.

conflicto ambiental en la región y que a su vez dan cuenta del impacto social y ambiental en la comunidad, son principalmente seis:

- Norma secundaria de Calidad de aguas para el Río Cruces: Antes del año 2005 no se había aprobado en Chile ninguna norma secundaria. Luego de sucedido el conflicto, se formuló dicha norma en el período de un año, para luego ser rechazada en la etapa de consulta. Lo anterior se debe principalmente a la ausencia de ciertos parámetros relativos a la descarga de residuos de la industria de Celulosa, y a que se excluye al área correspondiente al Humedal, por tratarse de un sistema con influencia estuarina, con una dinámica propia, diferentes a las del río, sin dejar claro si se formulará alguna norma específica para el Humedal. No existe avance desde el año 2006.
- Monitoreo ecotoxicológico de efluentes industriales: Fue realizado entre los años 2006-2007, con la finalidad de identificar los peligros que representa la actividad industrial y sus descargas de RILES a las aguas del Río Cruces, monitoreando a las industrias que descargan mayores volúmenes.
- Ingreso al registro de Montreux: Registro de los sitios Ramsar en los que se hubieran producido, se estuvieran produciendo o pudieran producirse modificaciones en las condiciones ecológicas.
- Plan Integral de Gestión Ambiental (PIGA) del Humedal del Río Cruces: Fue formulado el año 2006 y corresponde al primer plan de este tipo en el país, el cual propone ciertos programas y proyectos, tales como: programa de educación y capacitación ambiental, comunicaciones y participación, ordenamiento territorial y

uso del Humedal, monitoreo, investigación, restauración y conservación, entre otros. Desde el año 2007 no presenta avance en ningún ámbito.

- Acuerdo de producción limpia de Productores de Leche: Durante el año 2009, se firmó este acuerdo entre los productores de leche bovina de la Región de los Ríos (SAVAL y APROVAL) y el gobierno de Chile, con la finalidad de incentivar la mejora de su desempeño ambiental. Actualmente en funcionamiento.
- Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT): Durante el año 2011 se comienza a elaborar el primer plan de su tipo para la Región de los Ríos. Se espera contar con este instrumento para el año 2014.

A finales del 2013 (Figura 3) es posible ver que las respuestas institucionales generadas luego del cambio ecológico del humedal del Río Cruces durante el 2004, son insuficientes y reduccionistas. Más aún, de las seis respuestas, dos se encuentran sin avance: el monitoreo ecotoxicológico de efluentes industriales solo comprendió un período de un año y el PROT aún no ha sido terminado, dejando el acuerdo de producción limpia de productores de leche como la única respuesta que ha seguido en funcionamiento en la zona desde su puesta en marcha el año 2009 (Torres-Gomes, 2012). Lo anterior deja en evidencia que si bien se tomaron ciertas medidas, éstas no son permanentes, son insuficientes y además muchas de ellas ni siquiera han llegado a implementarse.

La insuficiencia de estas medidas guarda relación con que estas no se relacionan en su totalidad con las fuerzas motrices y las presiones que inciden en la subcuenca, por lo

que mucho menos pueden influenciar positivamente en aminorar los impactos provocados por estas. Esto provoca que el ecosistema continúe siendo impactado, afectando la estructura y los procesos ecosistémicos del mismo (Verardi, 2013), la calidad del agua, la biodiversidad y la provisión de los diversos servicios ecosistémicos. La falencia principal de estas respuestas, es que solo intentan controlar o influir en un pequeño grupo de variables ecológicas, con el fin de optimizar el suministro de unos pocos componentes y servicios ecosistémicos, lo que trae consigo un aumento en la vulnerabilidad del sistema ante una nueva perturbación.

Por lo tanto, en la actualidad no existen estrategias holistas o integrales que protejan esta subcuenca, lo que es posible visualizar en la interacción de los componentes mostrados en el modelo (Fuerzas Motrices, Presiones, Estado e Impactos). Por ello, no es posible asegurar una correcta provisión de servicios ecosistémicos para el desarrollo del sistema social y económico circundante, así como tampoco asegurar la sustentabilidad del sistema eco-social. Dicho esto, es necesario que las respuestas socio políticas propuestas se generen a diferentes escalas espaciales y temporales y que sean acordes a los procesos específicos que las produjeron, es decir, en directa relación a las necesidades y escalas de los ámbitos ecológico, económico y social.

5.3 El modelo DPSIR como herramienta para la gestión sustentable

Al comparar ambos modelos DPSIR (2008, 2013), algunas fuerzas motrices de carácter indirecto identificadas al año 2008 (e.g. desarrollo económico, crecimiento y

expansión de la población), pasaron a ser de tipo directo en el modelo 2013. Este cambio se debe a la fuerte incidencia de estos factores sobre las presiones en el estado del sistema, ya que es justamente debido a este incremento en el desarrollo económico, ligado al sector productivo, que se ha incrementado la magnitud con la que las presiones influyen el estado del sistema. De hecho durante el año 2012, la actividad económica regional mostró una dinámica positiva, mostrando una variación acumulada de 6,6%, respecto al año anterior, con un alza en todos los sectores (INE, 2012). El crecimiento y expansión de la población en el área de estudio muestra una tendencia clara al aumento, específicamente en la comuna de Valdivia y no así en las comunas vecinas. Lo anterior se debe principalmente a que estas últimas se han transformado en “comunidades dormitorio”. Es decir, la población que habitaba en las comunas de Los Lagos, Máfil y Panguipulli, se desplazó hacia la comuna de Valdivia debido a que ofrece una mayor oferta de empleo y es en esta última donde finalmente se establecen de forma permanente. Este aumento en la población ligado al desarrollo económico ha generado una expansión de las áreas urbanas e industriales de los sectores productivos, y decrecimientos de las superficies de bosque nativo y humedales, actuando a través de las presiones identificadas en el modelo DPSIR 2013 (e.g. actividad agrícola, forestal y ganadera), las que asociadas a la extracción de agua, influyen al componente estado de este modelo, a través de la sedimentación de los cuerpos de agua, generando una disminución en su transparencia, la erosión de los suelos y el aumento en las concentraciones de nutrientes en el agua producto de las actividades productivas que se realizan próximas a los ríos en la cuenca, tales como: uso de agroquímicos, tala rasa y descarga de purines y otros efluentes al agua. A raíz de lo anterior se han identificado

una serie de impactos en relación directa a las presiones anteriormente mencionadas: contaminación de las aguas superficiales, lo que ha generado en la sociedad una percepción de pérdida de servicios ecosistémicos en las distintas funciones ecosistémicas, en la que destacan principalmente las funciones de hábitat y culturales, ya que tienen directa relación con una de las principales actividades económicas de la zona, el turismo. Finalmente se identificaron las diversas respuestas institucionales que se generaron para hacer frente a este cambio en el componente estado y como ya se mencionó estas no suponen una directa relación a los factores que lo produjeron, más aún, si son desestimadas o no presentan avances desde que se propusieron. Así como tampoco consideran que la cuenca es un ecosistema formado por la interacción de varios subsistemas donde los procesos biofísicos y de materiales interactúan afectándose mutuamente ya sea de forma positiva o negativa (Verardi, 2012; Delgado & Serey, 2002).

La formulación de políticas públicas está fundamentada en una secuencia de análisis y diagnóstico de una serie de variables explicativas del problema a abordar. En este caso el DPSIR sirve de apoyo cognitivo para la formulación estas, sobre todo en un contexto de incertidumbre (Jiliberto, 2000). Por tanto, la aplicación de este constituye una base holista e interdisciplinaria para la formulación de políticas así como para argumentar tanto el problema como las alternativas que se plantean para abordarlo. Este constituye una herramienta que apoya a la gestión, ya que permite visualizar de forma clara los factores que inciden en el estado de un sistema (Fuerzas motrices y presiones) y que generan impactos, no importa si estos son de dimensión ecológica, económica y/o

social, permitiendo así que los tomadores de decisiones puedan generar y planificar estrategias que se ajusten realmente a las necesidades, permitiendo generar una vía hacia un desarrollo sustentable. Este modelo proporciona una herramienta útil para identificar los cambios en cada uno de los componentes en el tiempo, ya que permite su comparación en una serie de tiempo definida, permitiendo identificar las relaciones que estos factores tienen con el estado del sistema. Lo anterior asociado a una EAE, permitiría una correcta evaluación de los planes, políticas y programas, con la finalidad de que todos estos se encuentren en relación directa a los factores de influencia en el sistema, poniendo el proceso de toma de decisiones en el contexto correcto y ajustando las respuestas a la realidad local.

Cabe destacar que el modelo DPSIR no es productor de política, ya que la política corresponde a una estrategia de cómo enfrentar, prevenir o gestionar asuntos públicos (Aguilar, 2006). El DPSIR más bien obedece a un asunto de conocimiento y no de decisión (OECD, 1993). Es en este último punto, donde el modelo DPSIR aporta con el conocimiento necesario para fundamentar el proceso decisional y de formulación de la política. Finalmente se puede decir que este modelo tiene un papel importante en este proceso de formulación, ya que sirve de marco de delimitación y validación del conjunto de alternativas posibles en torno a las distintas respuestas que pudieran generarse, lo que constituye sin duda alguna un paso muy importante en la formulación de políticas y que estas sean acordes a la realidad ecológica, económica y social.

6. CONCLUSIONES

Basado en los antecedentes entregados en el desarrollo de esta investigación, se puede concluir:

- La hipótesis planteada es aceptada. Si bien ha cambiado la situación socio-política actual a favor del Humedal del río Cruces, las medidas ambientales propuestas han tenido una respuesta muy lenta. Lo que sí es posible comprobar que existe más estudios respecto al socioecosistema del humedal, lo que se atribuye principalmente a que el sistema ha sido mayor objeto de estudio luego del evento ocurrido el año 2004, hecho que se relaciona principalmente porque ha existido un aumento paulatino pero constante de la conciencia social ambiental provocando que se integren nuevos factores a tomar en cuenta frente al cambio en este sistema.
- Si bien el componente estado del modelo ha cambiado desde el modelo DPSIR 2008 al 2013, los impactos se han mantenido casi en su totalidad, lo que da cuenta de que las respuestas que se generaron, no han sido capaces de actuar frente a estos, ni frente a los factores que las producen, lo que sumado a la lentitud o su nulo avance desde que fueron propuestas, hace muy difícil que dichos impactos puedan ser resueltos.
- Las distintas actividades productivas que se desarrollan en la zona, tienen un impacto directo en el estado del ecosistema. Si bien han existido iniciativas por disminuir sus impactos, estas no han tenido mayor éxito, ya que debiesen estar enfocadas también en relación a las fuerzas motrices que potencian a estas actividades que presionan al sistema.

- El modelo DPSIR es una herramienta útil en cuanto permite ordenar y visualizar la causa y efecto de los distintos factores que pueden actuar en el sistema, convirtiéndose en un apoyo a la toma de decisiones.

7. REFERENCIAS

AIFBN, 2010. "Hacia un nuevo Modelo Forestal en Chile". Revista Bosque Nativo 47: 25-35, 2010.

Aguilar, L.F. 2006, Gobernanza y Gestión Pública. Fondo de la Cultura Económica. Mexico. 500 p.

Albrechts L. 2004. Strategic (spatial) planning reexamined. Environment and Planning B: Planning and Design,31:743D758.

Alexander E. 2000. Rationality Revisited: Planning Paradigms in a Post-Postmodernist Perspective. Journal of Planning Education and Research, 19:242D256. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 35:257–284.

Armesto JJ, D Manushevich, A, Mora, C Smith-Ramirez & R Rozzi. 2010. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. Land Use Policy 27: 148-160.

Aylwin P. 1992. Mensaje de S.E. el Presidente de la República con el que inicia un proyecto de Ley que modifica el Código de Aguas. *Mensaje*, No 283-325, Santiago de Chile.

Bachmann P. 2006. La participación ciudadana y el manejo integrado: un análisis eco-social de la cuenca del río Aysén (XI región, Chile). Seminario de título carrera de Biología Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Banco Central. 2011. Boletín mensual: PIB Regional 2011. Estadísticas económicas. Banco Central de Chile.

Banco Mundial. 2011. Chile, Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. En línea:

http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile_Banco%20Mundial.pdf.

Barde JP & NA Braathen. 2002. Diseño y efectividad de los instrumentos fiscales relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE. *Gaceta Ecológica*, No 63, México, D.F.

Bauer C. 1998. *Against the Current: Privatization, Water Markets and the State in Chile*.

Berkes F & C Folke. 2000. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.

Blancas C. 2001. "Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud". Consejería de Salud, 87 p. Sevilla.

Bordieu P. 2008. *Homo academicus*. Siglo Veintiuno Editores Argentina, S. A.

Bowen RE & C Riley. 2003. Socio-economic indicators and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management* 46:299-312

Brönmark C, J Brodersen, BB Chapman, A Nicolle, PA Nilsson, C Skov & LA Hansson, 2010. Regime shifts in shallow lakes: the importance of seasonal fish migration. *Hydrobiologia* 646: 91-100.

Bullock A, W Cosgrove, H van der Hoek & J Winpenny. 2009. Getting out the box linking water decisions for sustainable development. En: United Nations 2009. *The 3rd United Nations World Water Development Report: Water in a Changing World (WWDRD3)*. Capítulo 1.

Cash, D W, W Adger, F Berkes, P Garden, L Lebel, P Olsson, L. Pritchard, and O. Young. 2006. Scale and cross-scale dynamics: governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2): 8

Castro JM. 2002. *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía*. Tesis doctoral. Málaga: Universidad de Málaga.

Centro de Estudios Ambientales, 2012. *Propuestas para asegurar el abastecimiento de agua para consumo humano en entornos rurales de la Región de los Ríos*. Centro Transdisciplinario en Estudios Ambientales y Desarrollo Humano, Universidad Austral de Chile.

CEPAL. 1995. Mercados de derechos de agua: entorno legal, (LC/R.1485), Santiago de Chile, 9 de enero. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CEPAL. 2012. Población, territorio y desarrollo sostenible. Comité especial de la CEPAL sobre Población y Desarrollo, Ecuador. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Chalar G. 2007. Dinámica de la Eutrofización a Diferentes Escalas Temporales: Embalse Salto Grande (Argentina-Uruguay). En: Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e control. Ed. J. Galizia Tundisi, T. Matsumura Tundisi & C. Sidagis Galli (eds.). São Carlos, SP, Brasil. pp. 87-101.

Chevalier S, R Choiniere. & R Bernier. 1992. User guide to 40 community health indicators. Community health division. Health and Welfare Canada, Ottawa.

CONAMA. 2005. Guía CONAMA para el establecimiento de Normas Secundarias de calidad ambiental para agua continentales superficiales y marinas. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

CONAF. 2008. Santuario Río Cruces. Abril de 2008. Valdivia. 14 pgs. Corporación Nacional Forestal, Gobierno de Chile.

CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile

CONAF, 2007. Cobertura SIG del Uso del Suelo en La Región de Los Ríos. Corporación Nacional Forestal, Gobierno de Chile.

Consejo Nacional de Producción Limpia (CNP). 2009. Acuerdo de Producción Limpia, Productores de Leche Bovina de la Región de Los Ríos.

Costanza R. 1987. Social traps and environmental policy, *BioScience* 37: 407-412.

Dávila N. 2007. La aplicación del modelo DPSIR al area funcional de Gernika-Markina (Bizkaia). Un ensayo metodológico de analisis territorial. Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Delgado LE, Marín VH, Bachmann PL, Torres□gomez M. 2009. Conceptual Models for Ecosystem Management through the Participation of Local Social Actors: the Río Cruces Wetland Conflict. *Ecology And Society* 14:50

Delgado L & I Serey. 2002. Distribución del cobre en ecosistemas forestales de tipo mediterráneo. *Revista chilena de historia natural* 75:557-565.

Delgado LE. 2010. Gobernanza ambiental como una estrategia sustentable local para cuencas hidrográficas de América Latina: Caso de estudio la Cuenca de Aysén. Tesis para optar al grado de Doctor en Procesos Sociales y Políticos en América Latina Mención Sociología. Universidad Arcis. Santiago de Chile.

Delgado LE, PL Bachmann & B Oñate. 2007. Gobernanza Ambiental: Una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana. *Revista Ambiente y Desarrollo*, Santiago de Chile 23: 68 - 73.

Delgado LE, MB Sepúlveda & VH Marín. 2013. Provision of ecosystem services by the Aysén watershed, Chilean Patagonia, to rural households. *Ecosystem Services*, Volume 5:102–109

DGA. 2007. Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras. Ministerio de Obras públicas. Dirección General de Aguas. Departamento de Estudios y Planificación.

Di Marzio W & R McInnes. 2005. Informe de Misión de Ramsar. Santuario Carlos Anwandter (Río Cruces), Chile. Marzo y Abril del 2005. (Contratado por el Gobierno de Chile).

Dourojeanni A & Jouravlev, 1999. Debate sobre el Código de Aguas de Chile. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). LC/R.1924. 30 de julio de 1999. Santiago, Chile.

European Environment Agency. 1999. Environmental Indicators: Typology and Overview. Copenhagen.

FAO. 1993. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Las políticas de recursos hídricos y la agricultura. Colección FAO: Agricultura.

Farley KA, EG Jobbágy & RB Jackson 2005. Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology* 11 (10):1565–1576.

Fischer SK. 2013. Modelo conceptual para la restauración de humedales: caso de estudio el humedal del Río Cruces. Seminario de Título para optar al título de Biólogo Ambiental con mención en medio ambiente. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Folke C, J Colding & F Berkes. 2003. Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. In: BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. (eds.), Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 352-387.

Gallopín G. 2003. Sostenibilidad y desarrollo Sostenido: un enfoque sistémico. Serie 64 (Medio Ambiente y desarrollo). División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL, Santiago de Chile.

Gallopín GC. 1996. Environmental and Sustainability Indicators and the concept of situational indicators. A system approach. Environmental modelling and assessment. Environmental Modeling and Assessment 1:101-117.

Garcés J A, 2010. "Paradigmas del conocimiento y Sistemas de Gestión de los recursos hídricos: La Gestión Integrada de cuencas Hidrográficas." Capítulo del libro_ Aliste E. y Urquiza A. comps. (2010) "Medio Ambiente y Sociedad"

Garcés J A. 2011. Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. Revista Virtual REDESMA!5(1).

Giupponi C. 2002. From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process.

Global Water Partnership (2000), Manejo Integrado de Recursos Hídricos, Global Water Partnership

Gobierno Regional (GORE) de La Araucanía. 2010. Estrategia regional de desarrollo Región de La Araucanía 2010-2022.

Gobierno Regional (GORE) de Los Ríos. 2008. Línea base regional: "Consultoría: Implementación de Procesos de Planificación Territorial Participativa para la Nueva Región de Los Ríos".

Gobierno regional (GORE) de Los Ríos. 2010. Plan Regional Los Ríos 2010-2014.

Gonzalez C. & MA Marquez, 1995. El Desarrollo de las Ciudades: Algunos elementos para la discusión. Documento interno, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Guerra F. 2010. Manejo Adaptativo del Riesgo Ambiental. Seminario de Título entregado a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.80 p.

Hargeby A, I Blindow & LA Hansson. 2004. Shifts between clear and turbid states in a shallow lake: Multi-causal stress from climate, nutrients and biotics interactions . *Archiv für Hydrobiologie*. 161: 433-454.

Hauenstein E. 2004. Antecedentes sobre *Egeria delnsa* (luchecillo), hidrófita importante en la alimentación del cisne de cuello negro. *Gestión Ambiental* 20:89-95

Horppila J & L Nurminen. 2001. The effect of an emergent macrophyte (*Typha angustifolia*) on sediment resuspension in a shallow north temperate lake. *Freshwater Biology* 46:1447-1455

Howarth RB. 1996. Discount rates and sustainable development. *Ecol. Model.*92:263-270.

Huber, A, Trecaman, R. 2000. Efecto de una plantación de *Pinus radiata* en la distribución espacial del contenido de agua del suelo. Instituto de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile.

Huber A, A Iroumé & J Bathurst. 2008. Effect of *pinus radiata* plantations on wáter balance in Chile. *Hydrological Processes* 22: 142-148.

INE. 2009. Chile: Proyecciones y estimaciones de población 1990-2020. País y Regiones. Instituto Nacional de Estadísticas, Subdirección Técnica, Departamento de Demografía, Subdepartamento Proyecciones de Población.

INE. 2012. Índice de actividad económica regional. Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadísticas.

INE. 2012. Región de los Ríos: Perfil de la dinámica económica regional. Instituto Nacional de Estadística, Chile.

INFOR. 2011. El Sector Forestal en una mirada: Región de los Ríos año 2011. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Instituto Nacional de Estadísticas. 2007. Cambios estructurales en la agricultura chilena. Análisis intercensal 1976 - 1997 - 2007.

Jacoby JM, EB Welch & I Wertz. 2001. Alternate states in a shallow lake dominated by *Egeria densa*. *Internationale Vereinigung für Theoretische un Angewandte Limnologie*

Verhandlugen 27: 3805-3810.

Janssen MA & E Ostrom. 2006. Governing social-ecological systems. In: TEFATSION, L., JUDD, K.L. (eds.) Handbook of Computational Economics II: Agent-Based Computational Economics. Elsevier Publisher, Holanda, pp. 1465-1509.

Jiliberto R, Álvarez-Arenas, M. 2000. Modelos de conocimiento para la formulación de políticas en contextos de incertidumbre: el caso de la política de contaminación hídrica por la agricultura en Chile. *Instituciones y Desarrollo*, 6:79-108.

Johnson LB, Richards C, Host GE & Arthur JW. 1997. Landscape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystem. *Freshwater Biology* 37: 193D208.

Jouravlev A. 2000. Avances en la modernización de los sistemas de gestión del agua en América Latina y el Caribe. Documento presentado en el Seminario "Gestión de agua: Experiencia de América Latina, Lima, Instituto Nacional de Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Kritzberg ES & SM Ekstroöm. 2012. Increasing iron concentrations in surface waters – a factor behind brownification? Department of Biology/Aquatic Ecology, Lund University, Sölvegatan 37, 223 62 Lund, Sweden.

Lagos NA, P Paolini, E Jaramillo, C Lovengreen, C Duarte & H Contreras. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of waterbird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. *Wetlands* 28: 938-950.

Lara A, C Donoso & JC Aravena. 1996. La conservación del bosque nativo en Chile: Problemas y desafíos. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile, pp. 335-362. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Lara A, C Little, L Nahuelhual, R Urrutia & I Díaz. 2011. Lecciones, Desafíos y Recomendaciones de Política para el manejo, conservación y restauración de los bosques nativos en Chile. In Figueroa B ed. Conservación de la Biodiversidad en las Américas: Lecciones y Recomendaciones de Política. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Programa de Investigación Domeyko. pp. 281-327.

Lelie S. 2011. The integration of water issues in comprehensive municipal planning. A comparison of organization and practice in Sweden and the Netherlands. Master's thesis in Environmental Science and Physical Planning. Department of Physical Geography and Quaternary Geology.

Little C, A Lara, J McPhee & R. Urrutia. 2009. Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South-Central Chile. *Journal of Hydrology* 374: 162-170.

Liu J, T Dietz, SR Carpenter, M Alberti, C Folke, E Moran, AN Pell, P Deadman, T Kratz, J Lubchenco, E Ostrom, Z Ouyang, W Provencher, CL Redman, SH Schneider & WW Taylor. 2007. Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317: 1513-1516.

Loague K & DL Corwin. 2005. Point and nonpoint source pollution. En: Anderson MG & McDonnell JJ (eds). 2006. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. Vol 3 (8): Water quality and biogeochemistry. John Wiley & Sons Ltd, England

Lopetegui EJ, RS Vollmann, HC Cifuentes, CD Valenzuela, NL Suarez, EP Herbach, JU Huepe, GV Jaramillo, BP Leischner & RS Riveros. 2007. Emigration and mortality of black-necked swans (*Cygnus melancoryphus*) and disappearance of the macrophyte *Egeria densa* in a Ramsar wetland site of southern Chile. *Ambio* 36: 607-609.

Marín V, L Delgado & I Vila. 2006. Sistemas acuáticos, ecosistemas y cuencas hidrográficas. En: I Vila, A Veloso, R Schlatter & C Ramirez (editores) *Macrófitas y vertedrado de los sistemas límnicos de Chile*, Pp. 13-24. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Marin VH & LE Delgado. 2013. From ecology to society and back: the (in)convenient hypothesis syndrome. *Int. J. Sustainable Development* 16: 46- 65

Marín, VH, LE Delgado, I Vila, A Tironi, V Barrera & C Ibañez. 2014. Regime shifts of the Río Cruces wetland ecosystem: current conditions, future uncertainties. *Lat. Am. J. Aquat. Res* (In Press).

Marin VH, A Tironi, LE Delgado, M Contreras, F Novoa, M Torres- Gomez, R Garreaud, I Vila & I Serey. 2009. On the sudden disappearance of *Egeria densa* from a Ramsar wetland site of Southern Chile: A climatic event trigger model. *Ecological Modelling* 220: 1752-1763.

Marín, VH, LE Delgado, I Vila, A Tironi, V Barrera & C Ibañez. 2012. Estado trófico y régimen ecológico del ecosistema del humedal del río Cruces durante la primavera-verano 2011/2012. Primera reunión Conjunta de Botánica, Ecología y Evolución. Concepción, 6 al 9 de Octubre de 2012.

Marín, V. & L. Delgado. 1999. *La Antártica*. Chile. Editorial Universitaria.

Márquez A. 1999. El ordenamiento territorial de los espacios rurales en Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 26:113-118.

Meybeck M, NE Peters & DV Chapman. 2005. Water quality. En: Anderson MG & McDonnell JJ (eds). 2005. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. Vol 3 (8): Water quality and biogeochemistry. John Wiley & Sons Ltd., England

Ministerio de Medio Ambiente, 2011. Segunda comunicación nacional de Chile ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.

Muñoz-Pedrerros A. 2003. Guía de los Humedales del río Cruces. CEA ediciones, Valdivia, Chile.

Muñoz A & J Yáñez, 2009. Mamíferos de Chile. Segunda edición. CEA Ediciones.

OECD. 1993. OECD a core set of indicators for environmental performance reviews. *Environments Monographs* n° 83. Paris.

OECD. 1997. Better understanding our cities. The role of urban indicators. Paris.

OECD .2008. Sustainable Development: Linking economy, society and environment. OECD publishing.

Ongley E D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Cuadernos de Riego y Drenaje N 55. FAO, Roma, Italia.

Opschoor H. 1996. Sustainability, Economic Restructuring and Social Change. ISS. La Haya.

Ostrom E. & J Walker. 2003. Trust and reciprocity. Interdisciplinary lessons from experimental research, Russell Sage, New York, USA.

Parra, O. 2002. Actuales falencias en el aporte de la universidad al tema ambiental y desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 8, 208-213.

Pérez C. 2007. Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua. Un análisis a partir del desarrollo de las plantaciones forestales en Uruguay. Grupo Guayubira, Uruguay.

Peters NE, M Meybeck & DV Chapman. 2005. Effects of human activities on water quality. En: Anderson MG & McDonnell JJ (eds). 2005. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. Vol 3 (8): Water quality and biogeochemistry. John Wiley & Sons Ltd,

England

Ramírez C, D Contreras & J San Martín. 1986. Distribución geográfica y formas de vida en hidrófitos chilenos. Actas VIII Congreso Nacional de Geografía, Instituto Geográfico Militar de Chile 1: 103-110.

Rivas Y, Oyarzún C, Godoy R & Valenzuela E. 2007. Mineralización del nitrógeno, carbono y actividad enzimática del suelo en un bosque de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst y una plantación de *Pinus radiata* D. Don. Del centro-sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 82(1):119-134

Sanzana M. 2010. "Ha lugar: La producción del espacio urbano en el conflicto por el humedal Los Batros. Instituto de Estudios Estratégicos para el Desarrollo Humano.

Scheffer M, SH Hosper, M-L Meijer, B Moss & E Jeppesen. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. TREE 8: 275-279

Scheffer M. 2004. Ecology of shallow lakes. Springer Verlag, Berlin.

Schlatter JE & Otero L. 1995. Efecto de *Pinus radiata* sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial. Bosque 16(1): 29-46.

Schlatter, R., Navarro, R. & Corti, P. 2002. Effects of El Niño Southern Oscillation on numbers of Black-necked Swans at Río Cruces Sanctuary, Chile. Instituto de Zoología. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Sepúlveda C & P Villarroel. 2010. Desastre ecológico de Celco en el Santuario Río Cruces. En: Larraín S & Poo P. Conflictos por el Agua en Chile, Entre los Derechos Humanos y las Reglas del Mercado. Programa Chile sustentable.

Servicio Agrícola y Ganadero, Chile (SAG). 2006. Diagnostico de la problemática ambiental de los residuos generados por la producción de aves y vacunos de leche en Chile y capacitación en la evaluación de planteles pecuario.

Skewes J, C Zúñiga, M Pilquimán. 2012. Turismo comunitario o de base comunitaria: Una experiencia alternativa de hospitalidad vivida en el mundo mapuche. Tralcao Sur de Chile. Cultur. Revista de Cultura e Turismo.

Soto D, I Arismendi, J Gonzalez, J Sanzana, F Jara, C Jara, E Guzman & A Lara. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. Revista Chilena Historia Natural 79: 97-117.



Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). 2011. Plan Regional de Ordenamiento Territorial. Contenido y procedimientos.

Tironi A. 2012. Propuesta teórica para el análisis topológico de redes ecológicas: en la búsqueda de la resiliencia ecosistémica. Tesis para optar al grado de Doctor en Ecología y Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Torres-Gómez M. 2012. Evaluación de los instrumentos de gestión de recursos hídricos amenazados por actividad silvoagropecuaria. El caso de la cuenca de Río Cruces (Chile). Trabajo final para optar al título de Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Barcelona.

Centro de Estudios Ambientales (CEAM) 2012. Propuestas para asegurar el abastecimiento de agua para consumo humano en entornos rurales de la región de los ríos. Agrupación Eco-Región Agenda Local 21. Región de los Ríos. Chile.

UACH. 2005. Estudio sobre origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la naturaleza Carlos Anwandter, En la provincia de Valdivia. Informe final.

Úbeda X, M Sala, A Rovira & RJ Batalla. 2002. Guia pràctica per a l'estudi de l'aigua. Textos docents de la Universitat de Barcelona, num. 255. 80 pp.

UNCSD. 2001. Indicators of sustainable development. Framework and methodologies. New York.

Van Geest GJ, H Coops, M Scheffer & EH Van Nes. 2007. Long transients near the ghost of a stable state in eutrophic shallow lakes with fluctuating water levels. *Ecosystems* 10: 36-46.

Verardi G. 2013. Aplicación de herramientas de sensoramiento remoto para la conservación y gestión del humedal del río cruces. Seminario de título para obtener el grado de Biólogo Ambiental. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile

Vila I, Veloso A, Schlatter R y Ramírez C. (Eds) 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 186 p

WCED. 1987. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development, WCED, Switzerland.

Wiering, M. & Immink, I. 2006. When water management meets spatial planning: a

policy- arrangements perspective. *Environment and Planning C: Government and Policy*,24, 423-438.

Young O R. 2003. Environmental governance: the role of institutions in causing and confronting environmental problems. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 3: 377–393.

8. ANEXOS

I Matriz completa de impactos por actividad, componente y procesos en la subcuenca del humedal del río Cruces.

ACTIVIDAD	PROCESO	IMPACTOS																
		Suelo				Agua						Flora y Fauna						
		Contaminación	Erosión	Salinización	Disminución en el contenido de humedad	Desequilibrio de acidez	Compactación	Pérdida de materia orgánica y minerales	Degradación de la estructura	Desequilibrio microbiológico del Suelo	Pérdida de Cobertura Vegetal	Sedimentación de cuerpos de agua	Disminución de caudales	Contaminación	Desperdicio de agua	Destrucción del Bosque	Desequilibrio ecológico	Pérdida de Biodiversidad
AGRÍCOLA	Planificación y diseño de la siembra	X				X	X	X	X		X		X	X		X	X	X
	Preparación del suelo		X		X		X	X	X		X	X		X			X	X
	Escoger y preparar el material de siembra a utilizar	X													X			X
	Fertilización	X		X										X			X	
	Combate de hierbas	X	X		X													X

Silvicultura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Producción		X																		
Elaboración	X																			
Comercialización																				

FORESTAL

II Parámetros monitoreados en la estación Río Cruces en Rucaco y normas de referencia nacional e internacional para cada parámetro. (Fuente: Elaboración propia).

Parámetro	Unidad	Monitoreo DGA	Riego	Agua probable	Norma primaria	Guía dictación norma secundaria				Anteproyecto NS. Río Cruces**	Protección de la Vida acuática	Ubeda et al 2002
						Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3			
Temperatura	°C	Promedio 12,69	NCh 1333/78	NCh 409/05	DS 143/09	Clase 0 <0,5*	Clase 1 1,5*	Clase 2 1,5*	Clase 3 3*		EPA Aguas fluviales	25
pH		6,8	5,5 - 9,0	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,5	6,0 - 8,0	6,0 - 9,0	5,3 - 9,5
Conductividad	umhos/cm	48,7	<750			<600	750	1500	2250	100		750
Oxígeno disuelto	mg/l	9,74				>7,5	7,5	5,5	5	7,5	>4	>3
CO ₃ ²⁻	mg/l	0										
HCO ₃ ⁻	mg/l	17,4										
Cl ⁻	mg/l	5,08	200,00	400		<80	100	150	200	10	230	400
SO ₄ ²⁻	mg/l	5,12		500		<120	150	500	1000	10	20	250
Ca ⁺²	mg/l	2,47		5,52								<200

Ni	mg/l	0,01	0,2				<0,042	0,052	0,2	0,2		0,047	0,05
Pb	mg/l	0,02	5	0,05	0,11		<0,002	0,0025	0,2	5		0,0072	0,05
Se	mg/l	<0,001	0,02	0,01			<0,004	0,005	0,02	0,05		0,005	
Zn	mg/l	0,01	2	3			<0,096	0,12	1	5			5
N(NO ₃ ⁻)	mg/l	0,13		50									100
P(PO ₄ ⁻³)	mg/l	0,07											<0,17
D.Q.O	mg/l	22,72											

* °C de aumento respecto a la temperatura natural; ** No aprobada

III Diferentes contaminantes y sus principales fuentes de emisión en el sistema. Se detallan también sus efectos primarios (Impactos).

Contaminante	Fuente principal en el territorio	Efectos primarios
Materia orgánica	Descargas domésticas e industriales, actividades agrícolas.	Uso de oxígeno para la descomposición. Anoxia puede ser letal para la biota.
Salinización	Drenaje, riego y fertilización de suelos de uso agrícola. Sobreconsumo de aguas subterráneas. Caudal reducido.	Se acumula en el suelo y es letal para muchas especies de plantas. Salinización del agua impide potabilizarla
Nutrientes (N y P)	Escorrentía desde tierras de cultivo (fertilizantes) y ganadería (purines). Eliminación de aguas residuales. Deposition atmosférica de N.	Estimula el crecimiento de plantas acuáticas causando eutrofización y cambio en las especies, disminuye el oxígeno y la transparencia.
Sedimentos en suspensión	Erosión del suelo, deforestación para construcción y agricultura, embalses.	Efectos sobre el hábitat acuático, deposición de sedimentos en lagos disminuyendo el reservorio. Anoxia. Generación de gases invernadero.
Plaguicidas	Uso agrícola y urbano	Toxico para humanos y biota acuática
Agentes patógenos	Aguas residuales y pluviales urbanas que movilizan las heces humanas y animales.	Enfermedades infecciosas que pueden causar la muerte.
Acidificación	Cambio en el uso de suelo. Actividad agrícola (fertilización). Combustión de combustibles fósiles y descargas de minería.	Reduce la fertilidad de los suelos. Acidificación de ríos y lagos, tóxico para algunos organismos y moviliza metales.

Grasas y aceites	Escorrentía y lixiviación de combustibles, desechos industriales y urbanos	Afecta el sistema respiratorio de organismos acuáticos, puede ser tóxico para humanos y animales.
Compuestos sintéticos orgánicos	Desechos tratados y no tratados, pozos sépticos, escorrentía urbana, zonas ganaderas y corrales de engorda	Puede afectar la reproducción de organismos acuáticos y el sistema endocrino en humanos.