

UCH-FC
D. Ambiental
9934
C.1



UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE
PREGRADO

MANEJO ADAPTATIVO DEL RIESGO AMBIENTAL

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.

por

Felipe Javier Guerra Díaz

Directora de Seminario de Título: Profesora Luisa E. Delgado
Co-Director de Seminario: Profesor Víctor H. Marín

Diciembre, 2009
Santiago - Chile





INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

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

FELIPE JAVIER GUERRA DÍAZ

“MANEJO ADAPTATIVO DEL RIESGO AMBIENTAL”

Ha sido aprobado por la Comisión evaluadora y revisora, como requisito parcial, para optar al título profesional de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

M. Sc. Luisa Delgado Isasi
Directora Seminario de Título

Luisa Delgado Isasi

V. Víctor Marín Briano

Prof. Víctor Marín Briano, Ph.D.
Co-Director

Comisión de Evaluación

Dr. Italo Serey Estay
Presidente Comisión

Italo Serey Estay

Dr. Rodrigo Ramos Jiliberto
Evaluador

Rodrigo Ramos Jiliberto





AGRADECIMIENTOS

Este seminario de título, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte del autor y sus directores, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Agradecer hoy y siempre a mi familia porque si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis primeros pasos no hubiesen sido posibles. A mis padres Arnaldo e Ingrid por su perpetuo apoyo incluso en los momentos más críticos, a Daniel y Andrea por aquellos simples pero fundamentales momentos "de hermanos" y a mi abuelita nana quien debe tener una deuda enorme con un caballero por todas las veces que pidió por mí bienestar.

A todos mis amigos pasados y presentes; pasados por ayudarme a crecer y madurar como persona y presentes por estar siempre conmigo apoyándome en todas las circunstancias posibles. A ustedes Álvaro, Pato, Coto, Negro, Feña y Pájaro gracias por creer en mí y por esos agradables momentos de distracción.

Una mención especial a la mujer que ha sido mi pilar fundamental en todo este proceso. Gracias Marcela por ser mi compañera, mi amiga, y mi confidente. Gracias por aguantar las noches de desvelo y trabajo, en donde siempre me acompañaste y peleaste codo a codo conmigo. Gracias por el apoyo constante y los consejos que siempre tuviste en los momentos difíciles.

Agradezco enormemente a mis tutores Prof. Luisa y Prof. Víctor por el apoyo y dedicación entregada desde el primer día que empecé a trabajar en el laboratorio de modelación ecológica, por sus críticas y correcciones. A todos los chicos del laboratorio por sus sabios consejos y grata compañía; Pamela, Antonio y Belén.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de este seminario de título, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

Este Seminario de Título ha sido financiado parcialmente por:



OXFAM Gran Bretaña – Canadá en Chile
PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO PARA EL DIALOGO SOCIAL DE LA
UNIVERSIDAD DE CHILE
CONVOCATORIA AÑO ACADÉMICO 2008 - 2009





ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Modernidad y Medio Ambiente	1
1.2. Estrategias Ambientales en Chile.....	4
1.3. Marco Conceptual.....	7
1.4. Riesgos y sus elementos.....	11
1.5. El FES-sistema y sus componentes.....	13
1.6. Planteamiento del problema.....	16
OBJETIVOS.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Área de estudio.....	20
3.2. Caracterización del FES-sistema.....	23
3.2.1. Componente Físico.....	23
3.2.2. Componente Ecológico.....	25
3.2.3. Componente social.....	26
3.3. Cálculo de índices.....	31
3.3.1. Índice de Vulnerabilidad Física (IVF).....	33
3.3.2. Índice de Vulnerabilidad Ecológica (IVE).....	35
3.3.3. Índice de Vulnerabilidad social (IVS).....	36
3.4. Bases de Datos.....	38
3.5. Matriz de Riesgo y cálculo de Riesgo Ambiental.....	39
3.6. Modelo de Manejo Adaptativo del Riesgo Ambiental.....	40
RESULTADOS.....	41



4.1. Índice de Vulnerabilidad Física (IVF).....	41
4.2. Índice de Vulnerabilidad Ecológica (IVE).....	43
4.3. Índice de Vulnerabilidad Social (IVS).....	46
4.4. Índice de Vulnerabilidad FES-sistémica (IVFES-sistémica).....	48
4.5. Matriz de riesgo ambiental.....	51
DISCUSIÓN.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de habitantes por localidad pertenecientes a la comuna de Valdivia.....	28
Tabla 2. Puntaje promedio Ficha de Protección Social.....	29
Tabla 3. Número de habitantes por localidad pertenecientes a la comuna de Mariquina.....	30
Tabla 4. Puntaje promedio Ficha de Protección Social.....	31
Tabla 5. Escala de valores de vulnerabilidad FES-sistémica.....	39
Tabla 6. Áreas y porcentajes asociados a los rangos de vulnerabilidad ecológica.....	43
Tabla 7. Índice de escolaridad para cada localidad.....	48
Tabla 8. Áreas y Porcentajes asociados al índice de vulnerabilidad FES-sistémico.....	49
Tabla 9. Cálculo del Riesgo Ambiental en base a los valores de Vulnerabilidad y Amenaza.....	51



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plan de manejo adaptativo.....	10
Figura 2. Modelo conceptual de FES-sistema.....	14
Figura 3. Localización geográfica de la subcuenca y humedal del Río Cruces.....	20
Figura 4. Cuenca hidrográfica y sus componentes principales.....	22
Figura 5. Imágenes satelitales Landsat del sector norte del humedal de río Cruces.....	24
Figura 6. Localidades aledañas al humedal de río Cruces y sus respectivas ciudades principales.....	27
Figura 7. Índice de Vulnerabilidad física (IVF).....	42
Figura 8. Índice de Vulnerabilidad Ecológica (IVE).....	45
Figura 9. Índice de Vulnerabilidad Social (IVS).....	47
Figura 10. Índice de Vulnerabilidad FES-sistémico.....	50
Figura 11. Modelo Adaptativo del Riesgo Ambiental.....	60



LISTA DE ABREVIATURAS

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental
EAE: Evaluación Ambiental Estratégica
EPA: Agencia de Protección Ambiental
FES-sistema: Sistema físico-ecológico-social
MA: Manejo Adaptativo
D.S.: Decreto Supremo
FPS: Ficha de Protección Social
DIDECO: Departamento de Desarrollo Comunitario
PEA: Población Económicamente Activa
INE: Instituto de Nacional de Estadística
IVEFES-sistémica: Índice de vulnerabilidad FES-sistémica
IVF: Índice de vulnerabilidad física
IVE: Índice de vulnerabilidad ecológica
IVS: Índice de vulnerabilidad social
MIDEPLAN: Ministerio de Planificación y Cooperación.
SINIA: Sistema de Información Ambiental
SIG: Sistema de Información Geográfica
SNASPE: Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
RCA: Resolución de Calificación Ambiental
Rg.SEIA: Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
RSE: Responsabilidad Social Empresarial
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico



RESUMEN

El acelerado crecimiento económico de las naciones industrializadas tiene como una de sus consecuencias el evidente deterioro del medio ambiente. Las sociedades, a su vez, incorporan este deterioro como riesgo ambiental que corresponde a las consecuencias de sus acciones para alcanzar una mejor calidad de vida y de desarrollo, basado en la explotación de los ecosistemas y de las especies que los estructuran. Cuando el riesgo se materializa afectando a los grupos de actores sociales y este no llega a resolverse, nos vemos expuestos a lo que se conoce como conflicto ambiental. Tratándose no sólo de un fenómeno físico-biológico, sino más bien de un problema ecológico-social.

Así surge el concepto de riesgo ambiental definido como la probabilidad de ocurrencia de daños que pueden afectar a una comunidad o grupo humano y el medioambiente donde viven. Es por esto que se hace indispensable una visión inclusiva, holista en el estudio de los problemas ambientales contemporáneos. El objetivo de este trabajo fue diseñar un modelo de manejo adaptativo, preventivo, de los riesgos ambientales producidos por actividades industriales. Para ello se generó un índice de vulnerabilidad FES-sistémico necesario para determinar el riesgo ambiental y definir el modelo de manejo adaptativo.

Los resultados indican que la cuenca de río Cruces se encuentra bajo riesgo ambiental. Bajo esta premisa, una macroindustria no debiese instalar sus obras en la cuenca ya que si el riesgo se materializa, convirtiéndose en desastre, la macroindustria puede resultar perjudicada independientemente de si es responsable o no. Sin embargo si la decisión es instalar sus faenas, el manejo adaptativo del riesgo permitirá mantener un continuo monitoreo de aquellas variables que pueden ocasionar un desastre ambiental.

ABSTRACT

The evident deterioration of the environment is one result of the rapid economic growth of industrialized nations. Societies, in turn, incorporate this deterioration as environmental risk, which corresponds to the consequences of their actions to achieve a better quality of life and development, based on the exploitation of ecosystems and the species that structure them. When the risk materializes, affecting groups of social actors and it fails to be solved; we are exposed to what is known as environmental conflict. The later, in turn, is not only a physical and biological phenomenon, but rather a social-ecological problem.

Under those conditions emerged the concept of environmental risk, defined as the probability of occurrence of damage that could affect a community or group of people and the environment where they live. That is why it is essential an inclusive, holistic, vision when studying contemporary environmental problems. The aim of this study was to design an adaptive, preventive management model of environmental risks produced by industrial activities. A vulnerability PHES-system index was generated to determine the environmental risk and to establish a model for adaptive management.

Results show that the río Cruces basin is under environmental risk. Under this premise, a macro-industry should not install their operations in the basin because if the risks materialize, they will become disasters, and the macro-industry may be harmed regardless of whether it is responsible or not. However, if the decision is to install their operations, adaptive management of risk will maintain a continuous monitoring of variables that can cause an environmental disaster.

INTRODUCCION

1.1. Modernidad y Medio Ambiente

El término modernidad corresponde a la traducción del concepto original de *modernité* que Baudelaire acuñó en el siglo XIX y que se entendió como la forma de experimentar lo que es nuevo (Solé, 1997). Durante este proceso, la ciencia y la tecnología jugaron un rol importante, ya que los avances que se observaron durante el siglo XX no solo cambiaron drásticamente la concepción de la relación hombre y medio ambiente, sino que también aceleraron las posibilidades de transformación de la naturaleza por parte de éste (Beck, 2002; Leff, 2002; Rosales, 2006). Consecuencia de esto último, se produce lo que se conoce como una fractura de la modernidad, en donde se introducen nuevos desafíos en la sociedad contemporánea. Entre ellos destacan los problemas y conflictos ambientales que se derivan de los procesos de desarrollo tecno – científico y modernización social.

Es por esto que el industrialismo, definido por Rosales (2006) como la dimensión institucional de la modernidad, adquiere protagonismo pues fomenta una visión extrema del potencial control y destrucción que puede ejercer el hombre sobre la naturaleza. Es aquí también donde, según la misma autora, el industrialismo pasa a ser parte intrínseca de la percepción del hombre sobre el medio ambiente, haciendo que éste deje de coexistir *dentro* de él, para existir *sobre* él. Es decir, la naturaleza se ve como algo ajeno a la humanidad, pudiendo ser dirigida a distancia.

Sin embargo, el industrialismo se ha manifestado desde dos puntos diametralmente opuestos. Por un lado, estamos en presencia de un mundo más amenazante donde

los cambios ecológicos ya no solo están presentes sino que además son evidentes y afectan a todos los habitantes del planeta. De esta manera el deseo innato de conocer y controlar la naturaleza se ve sobrepasado, según Rosales (2006), por la racionalidad económica que dirige la explotación de los recursos en búsqueda del incremento de capital. Mientras que por otra, la explotación irracional de los recursos ha hecho que se interiorice en la conciencia el hecho de que vivimos en un solo mundo, situación que cuestiona esta llamada racionalidad económica, buscando nuevas interrelaciones entre el hombre y la naturaleza.

Como resultado, se obtuvo no sólo un acelerado crecimiento económico de las naciones industrializadas, sino que también se evidenciaron rendimientos negativos de la modernización: la utilización de la naturaleza como insumo para la producción de riqueza y su consecuente deterioro, ingresa a la sociedad bajo la forma de riesgos ambientales (Luhmann, 1992); riesgos que según el autor, no se pueden alcanzar a comprender a pesar del constante crecimiento del conocimiento y las mayores posibilidades de investigación dada la incerteza que viene asociada. Como dice Luhmann (1991), mientras más se calcula racionalmente, sobre el riesgo, más aspectos del no-saber aparecen sobre el futuro, con la consiguiente indeterminación del riesgo y su control.

Así, el deterioro del medioambiente se plantea como una consecuencia de las acciones de la sociedad para alcanzar mejores estándares de vida y de desarrollo, y por tanto más allá del fenómeno ecológico observado, éste constituye un problema complejo que involucra varias dimensiones; en este caso, el ecológico-social. Una de las formas de prever o paliar efectos adversos, generados por el desarrollo industrial no así los riesgos ambientales, es a través del cumplimiento de las normativas o leyes

existentes en el área ambiental en los países o regiones. De esta manera, un modelo de desarrollo como el chileno, basado en gran porcentaje en la exportación de materias primas, con una política neoliberal con un Estado en su rol intervencionista debilitado, derechos privados omnipotentes y una segregación de la población entre unos pocos estratos económicamente ricos y una gran cantidad de estratos pobres, se encuentra muy por debajo de los estándares de sustentabilidad aceptados hoy (Gentes, 2003; Van Hauwermeiren & De Wel, 1997). Esta situación potencia el aumento o la aparición de riesgos asociados a la instalación de macroempresas (Rojas y col., 2003).

Ante este panorama, es importante introducir el concepto de "riesgo" que se define como la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre, en este caso, desde una perspectiva ambiental (e.g. Humedal de río cruces, Delgado y col., 2009). Este se puede disgregar en un componente ecológico (pérdida de biodiversidad, contaminación de las aguas), debido a la fragilidad de los componentes e interacciones de un ecosistema, y en un componente social, debido a las consecuencias sociales que un problema ecológico pueda producir (amenaza, pobreza y riesgos). Si observamos estos fenómenos por separado, éstos no representan un riesgo ambiental. Pero si ambas condiciones (ecológica y social) se dan al mismo tiempo, se convierten en algo que podría ocurrir; es decir, en la probabilidad de que estos fenómenos produzcan efectos no deseados, y a veces no predecibles, en la sociedad.

Ante el severo deterioro del ambiente, cuyos efectos negativos han rebasado las escalas locales y regionales alcanzando niveles globales, se han cuestionado seriamente los modelos de desarrollo económico actuales (Castro, 1996). En la

búsqueda de modelos alternativos que permitan un desarrollo socioeconómico más respetuoso con el medio ambiente, en lo últimos años se ha ido conformando un nuevo paradigma, conocido como desarrollo sustentable. En esencia, este nuevo paradigma consiste en otorgarles la misma importancia a los aspectos sociales y ecológicos, que la que se le da a los aspectos económicos a la hora de diseñar las metas, políticas y estrategias de desarrollo de un país o una región (WCED, 1987).

1.2. Estrategias Ambientales en Chile

Bajo este nuevo panorama mundial global, muchos países de América Latina avanzaron rápidamente en la promulgación de leyes de carácter ambiental en las que se incluyeron herramientas legales destinadas a la evaluación ambiental de proyectos. Las formas legales más utilizadas a nivel gubernamental mundial son; a) Evaluación de Impacto Ambiental (EIA); b), ISO 14.000 y c) Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Las dos primeras se aplican en Chile, (a y b). Sin embargo, ninguna de las dos posee un carácter preventivo, sino más bien paliativo y descontextualizado respecto de las condiciones ecológico-sociales en las cuales se insertan los proyectos de desarrollo.

En Chile la única herramienta legal que se encuentra implementada para la protección del medio ambiente como parte de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente 19.300 es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Esta corresponde a una herramienta de ayuda para la toma de decisiones que se caracteriza por ser reactiva frente a los impactos negativos que un proyecto puede generar en el medio ambiente.

Es decir, ante cualquier clase de accidente que pueda ocasionar la empresa, existe un plan de contingencia, mitigación y compensación.

En Chile, tanto la EIA y la certificación ISO 14.000 incluyen el concepto de riesgo ambiental como la probabilidad de impacto que puede tener el proyecto en el medio biofísico o natural. Es decir, una vez que el accidente ha ocurrido, la empresa pone en marcha el plan de mitigación, compensación y reparación, pero siempre respecto al medio natural, donde los impactos en las sociedades humanas no son considerados.

Nebel y Wright (1999) plantean que las preocupaciones de las opiniones públicas son las que impulsan el desarrollo de políticas, más que el análisis de riesgos, costos y beneficios que los expertos y científicos proporcionan. Es el caso de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) donde es el Congreso de los Estados Unidos quien define las prioridades básicas de temas ambientales presionados por el desconocimiento científico sobre la materia, los valores que se ponen en juego y la urgencia en tomar las decisiones. Estas decisiones, que se toman apresuradamente por parte de los políticos, traen consigo incertidumbre que indetermina el cálculo y el posterior análisis del riesgo ambiental (Natenzon, 1995). Por esta razón, cada día se hace más urgente la necesidad de aplicar e implementar legalmente herramientas que se basen en una aproximación más holista e interdisciplinaria, haciendo uso de la mejor ciencia posible, capaz de disminuir las incertezas propias del campo técnico-científico

Un ejemplo de instrumentos preventivos es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) que corresponde a un proceso proactivo estructurado para fortalecer el rol de temas ambientales en la toma de decisiones estratégicas con respecto a planes, políticas y programas. Nueva Zelanda y los países bajos han sido pioneros en incorporar la EAE

(Del Fávero & Katz, 1996); también España a través de la Directiva 2001/42/CE incorporó la EAE como un procedimiento legal de evaluación ambiental para planes y programas.

La necesidad de establecer un procedimiento de EAE radica además en que en la elaboración de políticas, planes y programas es en donde precisamente se toman las decisiones más trascendentes desde el punto de vista ambiental. Y sobre todo si un proyecto es viable desde el punto de vista de la sustentabilidad, protegiendo los ecosistemas y las sociales de grandes impactos a veces irreversibles.

Otro ejemplo de instrumentos que involucran algunos aspectos sociales es la Certificación ISO 26.000 sobre responsabilidad social empresarial. Sin embargo, ésta aún no se ha concretado a través de una ley o norma, y por lo tanto no está vigente. La Certificación ISO 26.000 incluye pautas mínimas para hacer efectivas las actividades de responsabilidad social de las empresas considerando, según Torres (2005), "los derechos humanos, la diversidad cultural, el respeto al medioambiente, condiciones socio-económicas, calidad de vida dando prioridad a los trabajadores, comunidades locales e información a los *stakeholders*". Por tanto con la aplicación de esta certificación las empresas en Chile estarían cambiando la forma de aproximarse a los riesgos ambientales.

Es evidente que los instrumentos usados en Chile, para prevenir riesgos ambientales inesperados o emergentes, tanto ecológicos como sociales (EIA, ISO 14.000) no son suficientes, pues éstos no son de carácter proactivo sino más bien reactivos. Además, éstos no consideran los efectos negativos en el subsistema social, sino solo aquellos dirigidos a los ecosistemas. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental incluye

el subsistema social y sus efectos, pero éstos deben exponerse a través de un método rígido y complicado de participación ciudadana, el que se lleva a cabo como última etapa de la evaluación de impacto ambiental de la empresa (Delgado y col., 2007). Este consiste en un período de consulta social, una vez que se publica el extracto en el Diario Oficial (ley 19.300). Sin embargo, las opiniones vertidas por la ciudadanía no siempre son incluidas, pues el criterio de ponderación depende del criterio técnico de la persona encargada de este proceso (Sabatini y col., 2000). Por otra parte la Ley General de Bases del Medio Ambiente 19.300, no otorga a la institucionalidad ambiental la autoridad de rechazar un proyecto por posible daño social y/o ecológico, sean éstos de carácter irreversible o de gran envergadura. Por el contrario, funciona como un facilitador de proyectos, ya que permite al privado acceder a todos los permisos ambientales (Pizarro, 2007).

Dado este contexto nacional-ambiental, es más que urgente desarrollar y aplicar una estrategia holista y adaptativa (sensu Holling, 1978) que contemple todos los aspectos importantes de los impactos emergentes del desarrollo económico e industrial en los sistemas eco-sociales.

1.3. Marco Conceptual

Este seminario de título se enmarcó en un enfoque ecosistémico (Christensen *et al.*, 1996). Específicamente en los principios del manejo ecosistémico, el cual nace principalmente en respuesta a la actual crisis de la biodiversidad y a la insuficiencia de las iniciativas políticas en disminuir el deterioro ambiental. El manejo ecosistémico es una estrategia de manejo guiado por metas específicas, ejecutada por políticas,

protocolos y prácticas, y acciones adaptables a través de monitoreo e investigación basados en el mejor conocimiento de las interacciones ecológicas y procesos necesarios para sustentar la composición, estructura y función ecosistémicas (Marín & Delgado, 1997). Este incluye los siguientes elementos: (1) **Sustentabilidad**: ésta es una precondition para esta estrategia; (2) **Metas**: esta estrategia considera metas específicas sobre futuros procesos necesarios para la sustentabilidad; (3) **Modelos ecológicos**: el manejo ecosistémico se basa en la investigación ecológica realizada en todos los niveles de organización ecológica; (4) **Complejidad y conectividad**: el manejo ecosistémico reconoce que la diversidad biológica y la complejidad estructural refuerzan los ecosistemas en contra de las perturbaciones y generan la diversidad genética necesaria para la adaptación en el largo plazo; (5) **Concepción de los ecosistemas como sistemas dinámicos**: al reconocer que los ecosistemas cambian y evolucionan, el manejo ecosistémico evita considerar a los mismos como "congelados" en un estado específico; (6) **Contexto y escala**: los ecosistemas operan en una amplia variedad de escalas espaciales y temporales y su comportamiento está influenciado por los sistemas que los rodean. Por tanto, no existe una escala única apropiada para el manejo; (7) **Los seres humanos son componentes de los ecosistemas**: los seres humanos deben considerarse como componentes activos de los ecosistemas; (8) **Adaptabilidad**: el manejo ecosistémico reconoce que el conocimiento actual de las funciones ecosistémicas es condicional, incierto y sujeto a cambio. El manejo debería por tanto ser visto como hipótesis que deben ser puestas a prueba a través de investigación y monitoreo (Holling, 1978; Christensen y col., 1996).

El manejo ecosistémico considera como parte esencial al hombre en su interacción con la naturaleza y al hombre en su propio desarrollo; de ahí su valor, a los efectos de

la concurrencia de las dimensiones social, económica y ambiental. Una aproximación que combina estos aspectos es la basada en el concepto de FES-sistema, que contempla aspectos físicos, ecológicos y sociales inherentes al área de estudio, donde el ser humano forma parte del sistema (Delgado & Marín, 2005). Es así como se incorpora en este estudio la perspectiva social; como parte fundamental de los estudios ecosistémicos y ambientales.

Otro aspecto importante del enfoque ecosistémico, considerado en este trabajo, es la adaptabilidad. Puesto que estamos frente a un sistema no lineal y complejo, las acciones a considerar en él deben ser graduales. Es así como el concepto de Manejo Adaptativo (MA), como lo define Holling (1978), involucra el aprendizaje de las acciones de manejo y a su vez usa este aprendizaje para implementar la siguiente etapa de manejo, dentro de los programas y/o proyectos. Esta aproximación desarrolla soluciones basadas en eventos futuros predecibles, es flexible y permite cambios en los objetivos (Bunch, 2001). Dentro de las ventajas del uso del manejo adaptativo según Sabine y colaboradores (2004), podemos encontrar: (i) una intensa colaboración entre diferentes grupos de personas involucradas en o afectadas por el manejo, (ii) a través de él se toman decisiones entre un rango de opciones de manejo, y (iii) evalúa los resultados de manejo en relación a los objetivos planteados inicialmente. Según Bormann y colaboradores (1999), el manejo adaptativo es una poderosa herramienta para crear y mantener sustentabilidad ecosistémica, definida por un equilibrio entre valores sociales y capacidad ecológica, para que puedan soportar las necesidades humanas indefinidamente.

En el diseño de un plan de manejo adaptativo se deben establecer con claridad ciertas etapas que son fundamentales para el óptimo desarrollo del mismo, como por ejemplo:

identificar los objetivos, definir los actores involucrados, definir el modelo conceptual, en este caso de FES-sistema, los indicadores que serán monitoreados y el plan de monitoreo. Sin embargo, el autor puede modificarlas con el fin de obtener los mejores resultados para su estudio. En la Figura 1 se muestra un esquema básico de un plan de manejo adaptativo con los componentes principales.

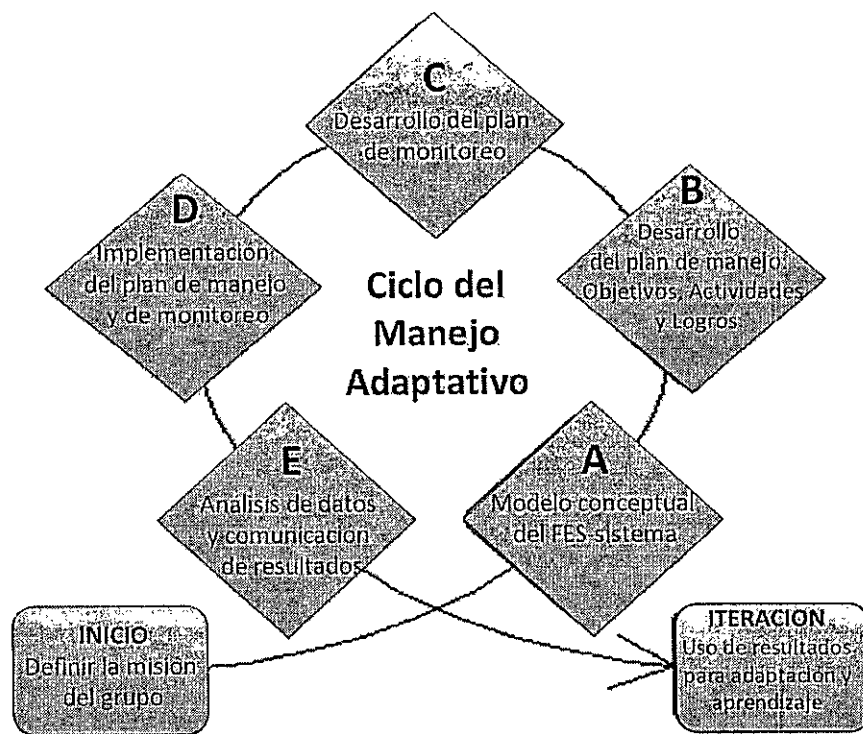


Figura 1. Plan de manejo adaptativo. En él se pueden distinguir las principales etapas donde el aprendizaje es fundamental para asegurar el siguiente ciclo (Modificado de Salafsky y col)¹.

Esta adaptabilidad se puede realizar a través de la construcción de modelos conceptuales y dinámicos, a fin de que las acciones se mejoren en las siguientes

¹ http://www.fosonline.org/resources/Publications/AdapManHTML/Adman_1.html

etapas y/o componentes del modelo, donde éste se vaya retroalimentando positivamente de las acciones de manejo.

1.4. Riesgos y sus elementos

Inicialmente el riesgo fue estudiado en el marco de dos componentes: la amenaza, definida como el fenómeno al que se está expuesto y el desastre, entendido como la materialización del riesgo (Cardona, 2003). Durante mucho tiempo se enfocó el estudio sobre estos dos componentes. Sin embargo, cuando la sociedad evidenció que ante cualquier amenaza o desastre de tipo natural poco se podía hacer, el marco conceptual de la vulnerabilidad proporcionó la información necesaria para disminuir el riesgo. Así, el concepto de vulnerabilidad comenzó a ser considerado dentro del análisis de riesgos, permitiendo la disminución de éstos a través de la administración de las vulnerabilidades (Cardona, 2003). De esta manera el riesgo queda compuesto de dos conceptos íntimamente relacionados, amenaza y vulnerabilidad, ya que no existe amenaza si no hay vulnerabilidad, ni tampoco existe vulnerabilidad si no hay una amenaza.

Otra definición de riesgo es la que plantea López y Luján (2000), donde el riesgo corresponde a construcciones sociales que dependen de factores socioculturales vinculados a estructuras sociales dadas. Es así como desde la perspectiva de la teoría de los sistemas sociales, el riesgo solo existe comunicacionalmente y de esta forma sólo en la sociedad y no en su ambiente. En estas circunstancias, podemos ver que el riesgo se constituye en el sistema social como comunicación. Es por esto que Luhmann (1992) plantea que los riesgos se abren a la diversidad de formas en las

cuales éste puede ser tematizado. Los riesgos ambientales son aquellos en donde parte de su origen está relacionado con algún fenómeno biofísico, que afecta directa o indirectamente a un grupo social.

Según Caram y Pérez (2006), los cuatro elementos del riesgo son peligrosidad o amenaza, exposición, vulnerabilidad social, e incertidumbre:

- a) La peligrosidad o amenaza da cuenta del potencial de amenaza de cualquier fenómeno físico natural y/o por acción del hombre.
- b) La vulnerabilidad social remite a las estructuras socioeconómicas. Se trata de una caracterización o atributo de la sociedad, previo a la ocurrencia de un evento desastroso; define la situación en que se halla la población como para enfrentar un imprevisto fenómeno catastrófico.
- c) La exposición hace mención a las construcciones materiales y a la distribución de la población en el territorio, y reúne lo que materialmente está frente a la peligrosidad. Este componente se manifiesta territorialmente como construcción histórica que entrelaza los procesos físico-naturales con las relaciones socioeconómicas, configurando determinados usos del suelo, distribución de infraestructura, asentamientos humanos, servicios públicos, etc. (Barrenechea y col., 2003).
- d) La incertidumbre: "Las zonas grises del conocimiento científico ponen de manifiesto el carácter político valorativo de las decisiones. La dificultad de contar con conocimiento científico cierto, transforma de alguna manera, los estándares de tolerancia o el cálculo de probabilidades en 'números políticos', cuya

aceptación dependerá de complejos mecanismos de legitimación entre el discurso científico y las prácticas sociales^a (Natenzon, 2004).

1.5. El FES-sistema y sus componentes

El concepto de FES-sistema plantea que los análisis sociedad/naturaleza deben realizarse no sobre la base de perspectivas disciplinarias, sino más bien desde una mirada holista interdisciplinaria. Esto es, considerar a los seres humanos como componentes reflexivos de los ecosistemas en los cuales están insertos, constituyendo un nuevo nivel de análisis a saber, el cual se define como un sistema físico-ecológico-social (Delgado & Marín, 2005). Un sistema físico-ecológico-social (FES-sistema), es un modelo conceptual, observador-dependiente, espacialmente explícito, de un sistema ecológico en el que los límites y componentes dependen de las preguntas que lo generan y del contexto social en el que éstas se plantean. El concepto incorpora tres nuevas características en relación a los conceptos previos en ecología de ecosistemas: (1) las sociedades humanas son explícitamente incorporadas como componentes reflexivos de los ecosistemas (un tema ampliamente discutido por Berkes y Folkes (2002), y (2) los componentes bio-ecológicos (e. g. otras especies en el área definida) son solamente aquellas necesarias para responder las preguntas propuestas. Esto último no significa, necesariamente, considerar solamente aquellas especies de interés para los humanos, debido a que hay una vasta literatura que muestra la importancia de las interacciones indirectas en el funcionamiento de los ecosistemas. Lo que se plantea es que no es necesario incorporar a "todos los organismos" (sensu Likens, 1992) como requerimiento para el análisis o el manejo de

un ecosistema (Delgado y col., 2009), y (3) esta perspectiva además conlleva un importante nivel de contextualización geográfica y cultural, predominante en la caracterización de la interacción ecológico-social ocurrido en un hábitat específico (Sabatini, 1997). Esto se explica debido a que no estamos observando ecosistemas, sino FES-sistemas (Delgado & Marín, 2005); elemento que refuerza el pensamiento postnormal, el cual consiste en incorporar la percepción de los actores sociales en un área geográfica habitada, lo que es fundamental para construir y validar alternativas contextuales y no solo teóricas universales. Bajo este concepto se establece que las preguntas que se plantean y las aproximaciones que proponen los observadores ante un problema ecológico-social específico, son filtros de información del sistema estudiado.

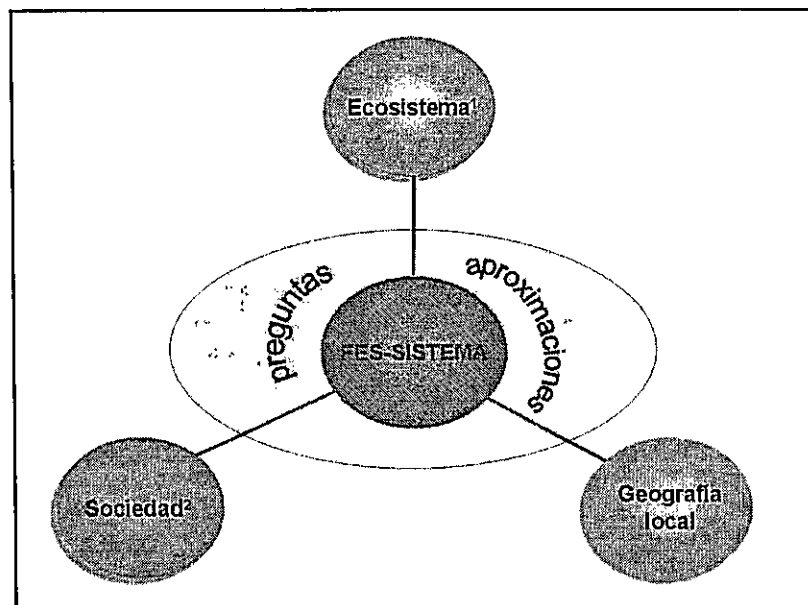


Figura 2. Modelo conceptual de FES-sistema. (1) incluye componentes bióticos y abióticos. (2) incluye componente político y socio-económico y (3) la geografía local que le brinda una contextualización geográfica y cultural, predominante en la caracterización de la interacción ecológico-social ocurrido en un hábitat.

Este concepto puede ser utilizado por los tomadores de decisiones como un modelo conceptual cuando se quiere estudiar sistemas complejos que incluyen la interacción sociedad-naturaleza, ya que incorpora al hombre como un componente más del sistema a analizar y sus efectos sobre un área espacial definida. El concepto de FES-sistema considera (Fig. 2):

- (1) **Aspectos físicos**, que corresponden a aquellos que dan soporte a vida y que actúan como límites del ecosistema, en éste son considerados la ubicación geográfica, desde donde se hace la pregunta un observador. De allí que se considerará la cuenca hidrográfica como objeto de estudio ya que la misma cuenca, sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación.
- (2) **Aspectos ecológicos**, siendo el ecosistema un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos, que interactúan como una unidad funcional con el componente abiótico, éste puede ser referido a cualquier unidad en funcionamiento a cualquier escala; la escala de análisis y de acción se debe determinar en función del problema de que se trate.
- (3) **Aspectos sociales**, en este caso nos referimos a los grupos sociales y /o personas que dependan del uso de los servicios ecosistémicos (de Groot y col., 2002), así como también a aquellas actividades industriales que afectan a éstos a través de la presión de uso y la eliminación de residuos. En un FES-Sistema los actores sociales se relacionan a través de actividades productivas,

recreativas, científicas, socio-culturales y legales, principalmente. Debido a esta multiplicidad de interrelaciones entre actores sociales y el ecosistema es que se hace necesaria la utilización del FES-sistema para este trabajo en particular.

1.6. Planteamiento del problema

El acelerado crecimiento económico por parte de las naciones industrializadas ha generado y puesto en evidencia el deterioro del medio ambiente. Este deterioro ingresa a la sociedad como riesgo ambiental que corresponde a las consecuencias de las acciones de éste, para alcanzar una mejor calidad de vida y de desarrollo, basado en la explotación de los ecosistemas y de las especies que en ellos viven.

Es evidente que los instrumentos de gestión ambiental establecidos legalmente en nuestro país ya no son suficientes para resguardar la integridad del medio ambiente y el uso sustentable de él, por lo que al no existir medidas efectivas de prevención del deterioro ambiental como lo puede ser la EAE, esta situación se hace cada día más preocupante (OECD, 2006).

Por esta razón es de vital importancia desarrollar e incorporar en el marco legal herramientas capaces de prever, analizar y mitigar los efectos negativos de la modificación del medio ambiente sobre aquellas sociedades que dependen de él tanto culturalmente, como para su subsistencia. Ello cobra aún más importancia si se considera que los países de América Latina basan gran parte de su desarrollo económico (cerca de un 90%) en la explotación de los recursos naturales.

Dado el contexto actual en América Latina y en Chile, surge el concepto de riesgo ambiental el cual se hace cada día mas evidente, como en el caso del conflicto

ambiental de río Cruces (Delgado y col., 2009), y muchos otros más (Sabatini & Sepúlveda, 1997) debido a las amenazas de las consecuencias del desarrollo económico en el ambiente. Durante el mes de mayo de 2004, el humedal río Cruces, un sitio Ramsar ubicado en el sur de Chile, sufrió un importante cambio de régimen, el cual pasó de un estado de aguas claras, muy dominada por la macrófitas invasoras (*Egeria densa*), a un estado de agua turbias (Marín y col., 2009). Este cambio en la ecología del humedal fue percibido de diferentes formas por los diferentes grupos humanos que habitan esta región (Delgado *et al*, 2009). En marzo de 2008, se realizó una encuesta y el resultado de ésta mostró que el 93% de las personas perciben que el humedal ha sufrido un cambio claramente visible, los cambios significativos son: cambios en la flora y la fauna (83%) y la calidad de vida (45%). La encuesta mostró además que la población local percibe los cambios en varios servicios de los ecosistemas, incluido el turismo (67%), pesca (41%), el consumo de agua para animales (33%), y la recreación (26%) (Delgado y col., 2009). Así también los resultados de las sesiones de modelación participativa desarrolladas con distintos grupos de actores sociales, muestran que ha aumentado la sensación de desprotección de las leyes ambientales (Marín & Delgado, 2008), lo que aumenta la amenaza de que un problema ecológico los afecte directa o indirectamente, situación que aumenta el riesgo social.

El riesgo ambiental se puede separar en un problema ecológico y en un problema social, por una parte el problema ecológico hace referencia a los efectos en los ecosistemas y en las especies que viven en ellos y por otra el riesgo social correspondería a la capacidad de afectación de la calidad de vida de un individuo, una familia o una comunidad, ante los probables efectos del problema ecológico o

ambiental al que están expuestos. Para enfrentar este nuevo desafío nacional (científico-técnico) se hace indispensable una visión inclusiva y holista en el estudio de los problemas ambientales contemporáneos, más aún considerando que los ecosistemas vulnerables, como es el caso del humedal de río Cruces, están directamente relacionados con las comunidades y sociedades vulnerables que lo habitan.

Debido a que la relación entre los ecosistemas y la sociedad no es lineal, se hace necesario realizar estudios que consideren un análisis integrado de las partes que componen un FES-sistema. Ello permitiría desarrollar una herramienta para prever, manejar, adaptar y reducir riesgos ambientales determinados por el grado de influencia de un plan, política, programa o proyecto industrial con impacto en el medio ambiente.

Por ello se propuso, como objetivo de este trabajo, diseñar un modelo de manejo adaptativo de los riesgos ambientales previo a la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), como herramienta para la elaboración de planes, políticas y programas, en espera de que la implementación de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) se realice en nuestro país. El carácter de esta propuesta es proactiva y adaptativa, e incluye elementos tanto sociales como ecológicos y sus respectivos impactos. Para ello se analizó y creó un índice de vulnerabilidad FES-sistémico que incorpora las vulnerabilidades físicas, ecológicas y sociales para ser usados como apoyo a la gestión y toma de decisiones públicas o privadas.

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un modelo de manejo adaptativo del riesgo ambiental, que contemple la vulnerabilidad de los elementos del FES-sistema, en una cuenca hidrográfica como apoyo a la toma de decisiones empresariales.

2.2. Objetivos específicos

1.- Integrar el concepto de manejo adaptativo en el análisis del riesgo ambiental, con el fin de que éste sea un proceso continuo durante todo el desarrollo de un proyecto empresarial.

2.- Calcular los índices ecológico-sociales que componen el riesgo ambiental (vulnerabilidad física, ecológica y social), para la subcuenca de río Cruces.

3.- Crear una matriz de riesgo ambiental medible con los índices calculados.

MATERIALES Y METODOS

3.1. Área de estudio

Para este estudio se consideró la subcuenca del Río Cruces, la cual comprende un área aproximada de 341.407 ha y se ubica entre dos regiones administrativas de Chile, la IX región de la Araucanía y la XIV región de Los Ríos (Figura 3).

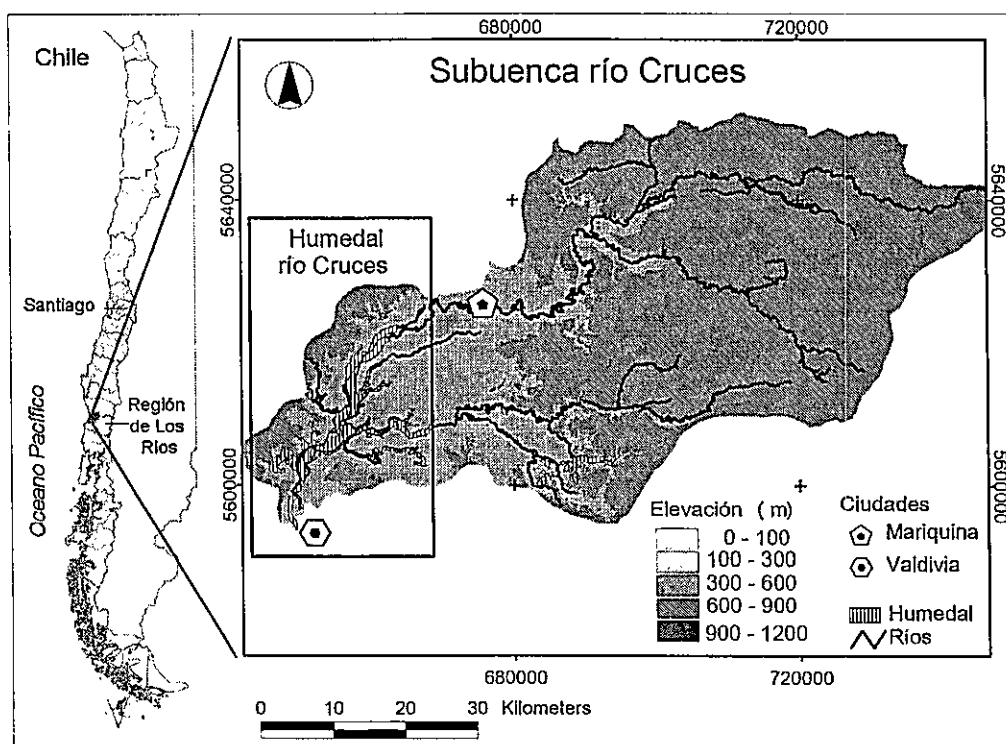


Figura 3. Localización geográfica de la subcuenca y humedal del Río Cruces.

Una cuenca hidrográfica se puede dividir en tres zonas (Fig. 4) de funcionamiento hídrico según Altamirano 2006:

1) Zona de cabecera: corresponde a las partes altas de la cuenca que suministran aguas a las zonas inferiores de la misma. El flujo de las aguas es unidireccional por lo que la vegetación que se encuentra en estas zonas es fundamental para regular el flujo y evitar la erosión por arrastre de sedimentos.

2) Zona de Captación y transporte: Esta zona corresponde a la transición del flujo de aguas desde las partes altas hacia las zonas bajas donde se encuentra la zona de emisión. Aquí comienzan a evidenciarse los primeros asentamientos humanos que se aumentaran hacia la zona de emisión.

3) Zona de Emisión: corresponde a las zonas más bajas de la cuenca donde se establecen sistemas acuáticos lénticos como lo son los humedales. En estas zonas se establece la actividad socioeconómica asociada principalmente a forestales, pesqueras, turístico recreativas y otras.

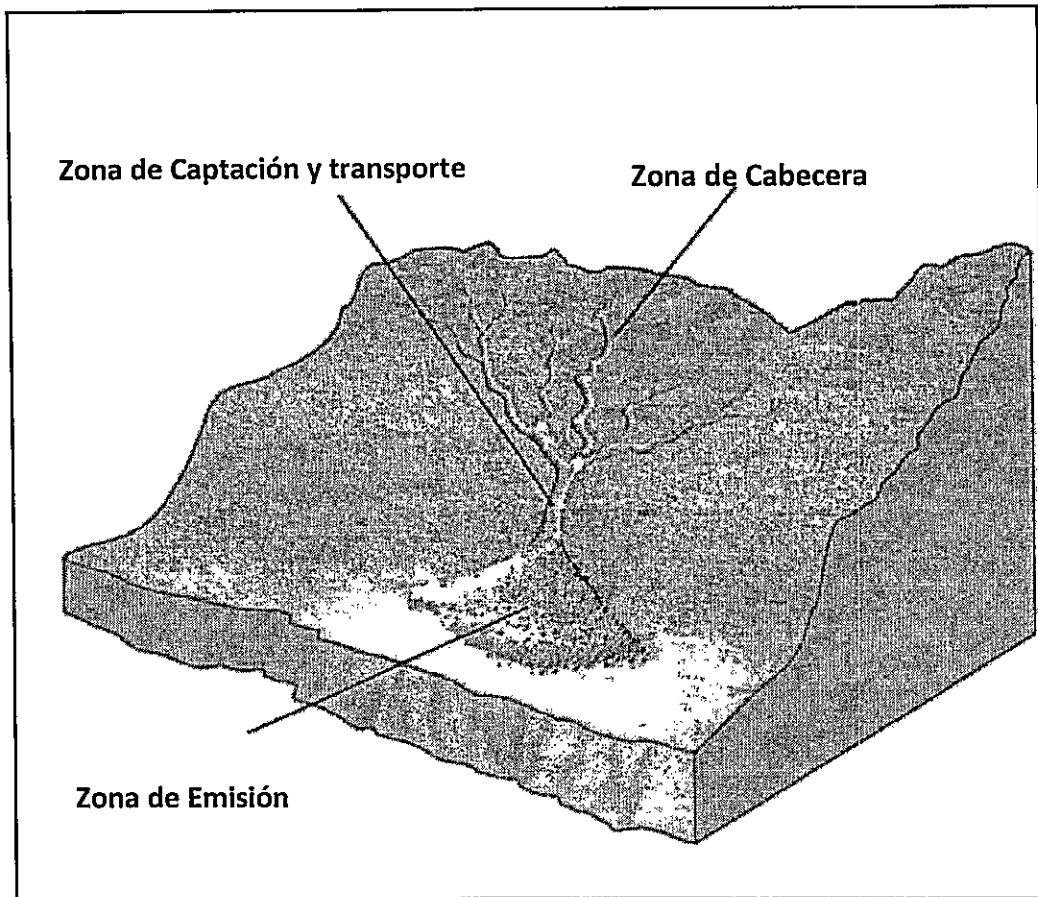


Figura 4. Cuenca hidrográfica y sus componentes principales.

El Río Cruces nace en el lago Villarrica y su principal afluente es el río Leufucade, ambos ríos se unen a la altura de Lanco, formando un solo valle hasta San José de la Mariquina. Desde su nacimiento, el río Cruces recorre unos 125 Km. de noreste a suroeste hasta llegar a la confluencia con el Río Valdivia. En los últimos 25 Km. de recorrido del río, se forma un humedal ribereño que ocupa una gran planicie en el interior de la cordillera de la costa (Muñoz-Pedrerros, 2003; Schlater, 1998).

3.2. Caracterización del FES-sistema

3.2.1. Componente Físico

El humedal de río Cruces corresponde a un sistema pluvial formado por una serie de eventos como erosión fluvial y erosión costera marina desde el terciario superior, a lo que se le agrega una marcada influencia tectónica a lo largo de los años. Sin embargo, el evento tectónico más importante que originó la aparición del humedal fue el terremoto del año 1960, que provocó el descenso y anegamiento de grandes áreas agrícolas en las orillas de los cursos de agua transformándose en bañados y formando lo que hoy se denomina humedal del río Cruces (Muñoz-Pedreros, 2003). Este sistema se encuentra ubicado en una depresión tectónica, denominada depresión de San José, que separa los relieves oriental y occidental de la cordillera de la Costa, y cuya geomorfología presenta zonas planas con terrenos permanentemente inundados y vegas con inundación temporal (Gómez, 2006).

Pese a las consecuencias de los eventos tectónicos, hacia el interior de la subcuenca los campos agrícolas aún ocupan un área importante de las planicies y la actividad forestal se ha convertido en una de las principales actividades económicas. Actualmente se pueden encontrar extensas zonas de plantaciones de pino en las laderas de la cordillera de la costa, que han reemplazado en gran parte al bosque nativo, modificando el paisaje y el humedal (Fig. 5), donde se puede apreciar una disminución progresiva del caudal del humedal en la cabecera de la subcuenca producto del arrastre de sedimentos desde las laderas de la cordillera de la costa. Esta transformación del paisaje, no solo implicó un cambio en las características físicas y

ecológicas de la subcuenca, sino también afectó a la sociedad y sus actividades económicas. Bajo este nuevo paisaje, Valdivia se convirtió en una zona principalmente turística y universitaria (Muñoz-Pedrerros 2003, Otero 2006).

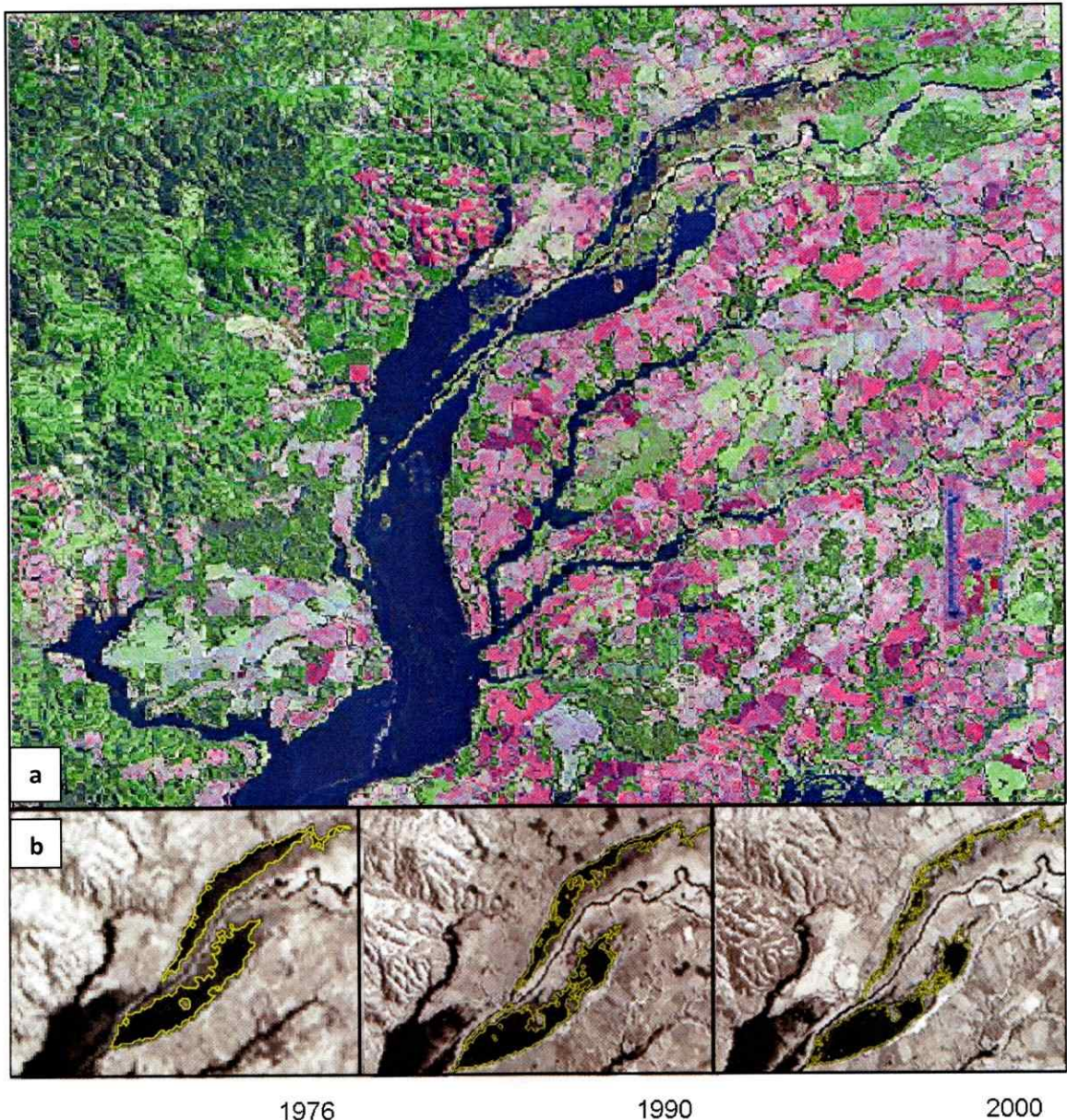


Figura 5. Imágenes satelitales Landsat del sector norte del humedal de río Cruces. a) Representa aquellas áreas de plantaciones forestales (escala de verde) y aquellas áreas de praderas, suelo agrícola y suelos con escasa cobertura, principalmente herbáceas estacionales (escala de morado). b) Representa la evolución del humedal con respecto al nivel de agua en los bañados. Las imágenes corresponden a los meses de Febrero de los años 1976, 1990 y 2000 (Fuente: Global Land Cover Facility, <http://glcf.umiacs.umd.edu>).

3.2.2. Componente Ecológico

A través de los años las zonas inundadas fueron colonizadas numerosas especies de plantas acuáticas y luego por una gran diversidad de y fauna, siendo la macrofito *Egeria densa* (Luchecillo) la especie vegetal más dominante, que cubría casi completamente los bañados ubicados a los costados del cauce principal. Estas condiciones permitieron que poco a poco el humedal fuera aumentando su biodiversidad, principalmente de aves, llegándose a registrar una abundancia hacia la década del 80, de cerca de 20.000 aves de diferentes especies (Schlater, 1998). Dentro de ellas se puede encontrar cisnes de cuello negro (*Cygnus melancoryphus* Molina), tagua chica (*Fullica leucoptera*) y tagua común (*Fullica armillata*) (Muñoz-Pedreiros 2003).

Por otra parte los bosques nativos que se encuentran en la subcuenca corresponden al tipo forestal siempreverde, en diferentes estados. En los sectores inmediatos al área de estudio la mayoría son renovales, mientras que el bosque nativo adulto existe sólo en las partes más altas de la cordillera de la Costa (Gómez, 2006).

Estos antecedentes llevaron a que esta zona fuera declarada Santuario de la Naturaleza e Investigación Científica mediante D.S. 2734 del Ministerio de Educación, el 3 de junio de 1981 y Sitio Ramsar: Suscrito a la convención el año 1981 (Comité chileno de la UICN, 2005). También existen áreas protegidas privadas siendo el parque privado Oncol el más importante dado el tamaño de su superficie (1.847 ha)².

Pese al importante impacto antrópico que ha tenido la subcuenca del río Cruces, el valor de su diversidad biológica se mantiene alto. Además, su valor ecológico e

² www.parquesparachile.cl

histórico es considerable, ya que corresponde a una zona con un alto grado de endemismo, debido a los refugios ocasionados por la glaciación del pleistoceno³.

Una de las razones de por qué los humedales se consideran sistemas vulnerables se puede explicar por la complejidad ecológica y sus características geomorfológicas. Esta complejidad compuesta principalmente por la alta biodiversidad y las relaciones que existen entre las especies, permite que este tipo de sistemas se vea amenazado por factores naturales y/o antrópicos (Moya y col., 2005).

3.2.3. Componente social

La población que habita en el área de estudio corresponde principalmente a una de tipo rural dispersa, con pequeñas concentraciones que conforman ocho localidades, tres en la comuna de Valdivia y cinco en la comuna San José (Fig. 6). La actividad económica es principalmente silvoagropecuaria, mientras que el turismo se encuentra enfocado básicamente en el humedal es incipiente y con pocas rutas de explotación (Gómez, 2006).

³ www.agendalocal21.cl

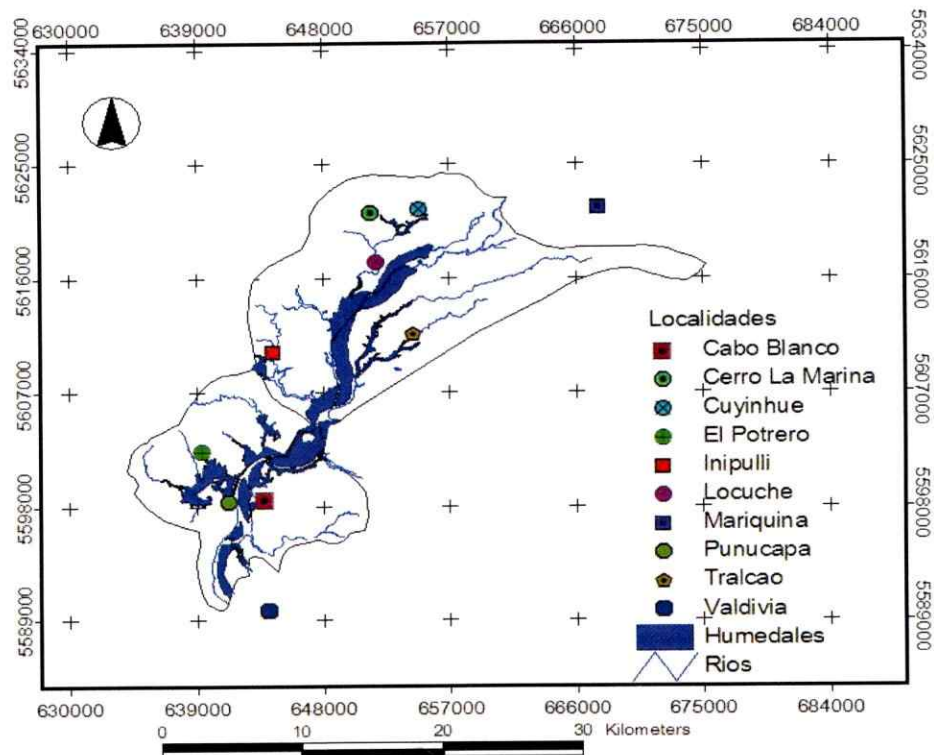


Figura 6. Localidades aledañas al humedal de río Cruces y sus respectivas ciudades principales.

Comuna de Valdivia

Número de habitantes

La comuna de Valdivia posee un total de 140.559 habitantes (CENSO, 2002), que se distribuyen en población urbana con 129.928 habitantes y rural con 10.607 habitantes⁴. La población urbana se encuentra principalmente congregada en la ciudad de Valdivia, mientras que la población rural se encuentra dispersa en la subcuenca y en las proximidades de la ciudad principal. Las localidades estudiadas corresponden al 0,19% de la población total de la comuna de Valdivia, la Tabla 1 muestra en detalle la población estudiada.

⁴ www.regiondeloslagos.cl

Pobreza

La comuna de Valdivia presenta un porcentaje de pobreza total⁵ (indigentes y pobres no indigentes) equivalente al 14,8%. En comparación al total del país, la comuna de Valdivia presenta un porcentaje levemente superior.

Tabla 1. Número de habitantes por localidad pertenecientes a la comuna de Valdivia.

Localidad	Comuna	Nº Hombres	Nº Mujeres	Nº habitantes total
CABO BLANCO	Valdivia	67	54	121
PUNUCAPA	Valdivia	69	56	125
EL POTRERO	Valdivia	14	12	26
TOTAL		150	122	272

En la Tabla 2 se muestra el promedio de los puntajes de las fichas de protección social (FPS) para cada localidad obtenido de la Dirección de Desarrollo Comunitario de Valdivia (DIDECO). Estos puntajes son utilizados para caracterizar a la población que se encuentra bajo vulnerabilidad social con el fin de que puedan acceder a una serie de beneficios.

⁵ www.lyd.com

Tabla 2. Puntaje promedio Ficha de Protección Social

Localidad	Puntaje promedio Ficha de Protección Social
CABO BLANCO	8596,3
PUNUCAPA	9129,5
EL POTRERO	8568,5
TOTAL	8761,2

Actividad económica

Los principales sectores de la economía comunal son el sector comercio que concentra el 19,5% de la Población económicamente activa (PEA), seguido de Sector Industria Manufacturera con un 11,7%, Sector Construcción con un 9,0% y Transporte con un 8,2%. Estos sectores en su conjunto representan aproximadamente el 48,4% de la PEA total. Sin embargo, cabe destacar que un 86,6% de la superficie de la comuna de Valdivia es utilizada con fines silvoagropecuarios (INE, 1997). De éstas, el 42,4% corresponde a superficie exclusivamente agropecuaria. A pesar del elevado número de productores agropecuarios, en la comuna toma mayor importancia la producción forestal en relación al suelo ocupado, ya que este rubro, abarca el 57,6% del total de la superficie censada.

Comuna de San José de la Mariquina

Número de habitantes

La comuna de San José de la Mariquina posee un total de 18.223 habitantes (CENSO, 2002), en donde 8.925 habitantes corresponden a población urbana y 9.288 corresponden a población rural (CENSO, 2002). En la Tabla 3 se muestra el número de habitantes de cada una de las localidades estudiadas separadas por sexo. El porcentaje de habitantes que pertenecen a estas localidades frente al total de habitantes de la comuna corresponde a un 3,9%.

Tabla 3. Número de habitantes por localidad pertenecientes a la comuna de Mariquina.

Localidades	Comuna	N° Hombres	N° Mujeres	N° Habitantes
INIPULLI	Mariquina	99	75	174
TRALCAO	Mariquina	144	135	279
CUYINHUE*cerro la marina incluido	Mariquina	87	80	167
LOCUCHE	Mariquina	55	43	98
TOTAL		385	333	718

La Tabla 4 muestra el promedio de los puntajes de las fichas de protección social (FPS) para cada localidad obtenido de la DIDECO de Mariquina.

Actividad Económica

La población mayoritaria está dedicada a la agricultura (CENSO, 2002) con un 36,5% de la población económicamente activa, la cual se practica a grande y pequeña escala; siendo la actividad que concentra la mayor cantidad de trabajadores

independientes. El comercio también es importante en esta comuna con un 15,1%. Mientras que la ganadería e industrias manufactureras concentran un importante porcentaje de PEA.

Tabla 4. Puntaje promedio Ficha de Protección Social

Localidad	Puntaje promedio Ficha de Protección Social
CERRO LA MARINA	4972,3
CUYINHUE	5536,7
IÑIPULLI	6446,1
LOCUCHE	7084,8
TRALCAO	7200,4
TOTAL	6248,1

3.3. Cálculo de índices

La utilización de índices o indicadores ambientales obedece principalmente a que éstos proporcionan información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo⁶. El poder de estos indicadores reside en su habilidad de sintetizar una gran cantidad de información en un formato simple y práctico. La simpleza de estos índices integrados facilita el acceso a la información al público en general y a otros usuarios potenciales. De esta manera, la construcción del índice de

⁶ <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snia/Documents/introduccion.html>

vulnerabilidad FES-sistémica, basado en el concepto de FES-sistema, permite integrar el componente físico, ecológico y social de forma explícita en el área de estudio.

El Índice de Vulnerabilidad FES-sistémica (IVFES-sistémica) se construyó en base a tres componentes; el índice de vulnerabilidad física que contempla las características edáficas de la zona de estudio, la vulnerabilidad ecológica que incorpora el componente biótico de los ecosistemas, y el índice de vulnerabilidad social compuesto por las características socio-demográficas de la zona. Para este trabajo se utilizaron bases cartográficas con el fin de analizar los riesgos de una manera espacialmente explícitos. Para esto se utilizó el programa Arcview 3.3 como sistema de información geográfica.

La ecuación que define la vulnerabilidad FES-sistémica queda de la siguiente manera:

$$IVFES-sistémica = IVF + IVE + IVS \quad [1]$$

Donde,

IVFES-sistémica: Índice de Vulnerabilidad FES-sistémica (sistema físico, ecológico y social).

IVF: Índice de Vulnerabilidad Física.

IVE: Índice de Vulnerabilidad Ecológica.

IVS: Índice de Vulnerabilidad Social.

3.3.1. Índice de Vulnerabilidad Física (IVF)

El Índice de Vulnerabilidad Física se calculó en base a la metodología propuesta por Yarrow y colaboradores (2008) modificada para el caso de estudio. Esta metodología considera, para una cuenca, que las características físicas determinan en gran medida la cantidad de nutrientes y/o contaminantes que pueden llegar al cauce de un río o también llegar a los terrenos que están más abajo en la pendiente, acumulando sedimentos o contaminando el suelo. Por lo tanto, altos valores de vulnerabilidad representarán una gran probabilidad de pérdida de sedimentos o nutrientes en gran cantidad. Así el IVF mide la facilidad con que cualquier compuesto o sustancia es transportada desde la cuenca hidrográfica hasta el humedal junto con la probabilidad de erosión y arrastre de sedimentos. Esto se logra con los índices de Erosión Potencial (EP) y permeabilidad (FS). Luego, el transporte de materiales mediante la erosión de la cuenca (EP) alcanza efectivamente el cauce. Una vez obtenidos los valores para la IVF, se estandarizaron en una escala de 1 a 10 donde 1 corresponde al mínimo valor de IVF y 10 al máximo valor de IVF. Así, la ecuación para el cálculo del IVF queda de la siguiente manera:

$$IVF = EP + FS \quad [2]$$

Donde,

EP = Erosión potencial. Este factor permite estimar el transporte superficial de nutrientes. Su valor se evaluó en base a la ecuación de pérdida de suelo revisada (RUSLE), la que considera los siguientes factores según Oñate-Valdivieso (2004) y Raghunath (2002).

$$EP = R \times K \times LS \times C \times P$$

Donde,

EP, es la pérdida de suelo promedio anual [t/ha/año].

R, es el Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha*mm/hr], corresponde a la intensidad de las precipitaciones en la zona de estudio.

K, es el Factor erodabilidad del suelo en [(Mg*ha⁻¹) (MJ*mm*ha⁻¹*h⁻¹)⁻¹] (Rejman et al., 1999).

LS, es el Factor topográfico⁷. Este factor combina la longitud, la inclinación y la forma de la pendiente, es un factor es adimensional (Oñate-Valdivieso, 2004).

C, es el Factor que corresponde al tipo de uso de suelo (cobertura vegetal)⁷, contempla las diferencias de comportamiento del suelo frente a la erosión en función de su cobertura (Oñate-Valdivieso, 2004), es un factor adimensional.

P, es el Factor de prácticas de conservación⁷ (conservación de la estructura del suelo), factor adimensional. Este valor asume un valor unitario en la ecuación ya que no existen prácticas de conservación destinadas a evitar la pérdida de suelo.

FS = Flujo sub-superficial. La importancia de incorporar este flujo radica en que muchas de las descargas de industrias o desechos de actividades productivas llegan a las aguas de los ríos por percolación, es decir, el agua de las lluvias arrastra estas partículas a las capas sub-superficiales del suelo y escurre hasta los ríos. Sin embargo, este factor depende de la permeabilidad del suelo, por lo tanto es necesario tener datos de tipo de suelo y la distribución espacial de las actividades económicas.

⁷ http://www.gov.pe.ca/photos/original/af_fact_rusle.pdf

3.3.2. Índice de Vulnerabilidad Ecológica (IVE)

El IVE se calculó considerando el número total de especies animales y vegetales pertenecientes a alguna categoría de protección en la zona de estudio. La consideración de especies dentro del índice de vulnerabilidad ecológica radica en que para el país esas especies son prioridad dado sus problemas de conservación. Estas especies se asociaron al área de uso de suelo ya que éstas albergan las especies consideradas. Además se agregó un factor que indica que las zonas que se encuentran bajo protección disminuirán su vulnerabilidad ecológica de las áreas identificadas. Sin embargo, se estableció que este factor de protección es relativo al uso de suelo que lo rodea de tal manera que las actividades que se desarrollan alrededor de las reservas influirán en la dinámica que ocurre dentro de la zona protegida. La ecuación que determina el IVE corresponde a:

$$IVE = (NEP/AUS) \times FP \quad [3]$$

Donde,

Número de especies protegidas (NEP): Corresponde a la suma estandarizada de las especies tanto animales como vegetales que se encuentran en alguna categoría de conservación. Así se le asignó una escala de valores de 1 a 10, donde 1 corresponde al menor valor de especies en algún estado de conservación y 10 al máximo valor de especies.

Área de Uso/Cobertura de Suelo (AUS): Corresponde a la estandarización del área de los parches en una escala de 1 a 10, donde 1 equivale al menor valor de superficie mientras que 10 equivale al mayor. Este factor se basó en la capa de uso/cobertura de la cuenca para estandarizar las áreas.

Factor de Protección (FP): se estimó sobre la base de que éste tiene una relación directa con la longitud de la línea de adyacencia con el área vecina, de tal manera que mientras mayor sea la longitud de la zona contigua que tiene el mismo uso del área protegida más disminuye su vulnerabilidad. Por otra parte, mientras mayor sea la longitud de la zona contigua con un uso de suelo distinto, específicamente de uso agrícola/forestal, mayor será el valor de vulnerabilidad ecológica.

3.3.3. Índice de Vulnerabilidad social (IVS)

El IVS se definió mediante la relación entre el índice de pobreza medido por el gobierno a través de las fichas de protección social (FPS) ex Fichas CAS y la densidad poblacional de cada una de las localidades de estudio. Estas fichas corresponden al principal instrumento de focalización de programas sociales gubernamentales existentes en el país (MIDEPLAN, 1999) y una poderosa herramienta para medir vulnerabilidad en la población. El valor máximo que una familia puede obtener es de 20.000 puntos, mientras que el mínimo corresponde a 2.000 puntos.

La ficha de protección social⁸ incluye en su análisis tres grupos de variables:

a. Variables relacionadas con recursos económicos

- Ingresos efectivos y capacidad de generación de ingresos que deriva de las competencias laborales de las personas en edad de trabajar.

⁸ www.fichadeproteccionsocial.cl

- En esta nueva versión solo se incluye el saneamiento dejando fuera del análisis la materialidad de la vivienda y la tenencia de bienes durables, que estos entregan información errónea.

- Considera la tenencia del sitio y de la vivienda, el hacinamiento y el allegamiento.

b. Variables relativas a las necesidades

- Tamaño del grupo familiar.

- Estructura de edades de los miembros para identificar las necesidades de cada grupo etario.

- Composición de la familia y rasgos de sus miembros, es decir, relación entre quienes perciben ingresos y aquellos que son dependientes.

c. Variables relativas a los riesgos

- Riesgos individuales del hogar: Factores de salud, dependencia, discapacidad y precariedad.

- Riesgos del territorio: la variable urbano-rural y la situación laboral de la familia con respecto a las tasas de desempleo regional.

De esta manera el índice se calculó relacionando el promedio de los puntajes de las fichas de protección social de cada localidad y el número total de habitantes. Dado que solo existen datos puntuales de cada localidad, en cuanto a puntaje y número de habitantes, se realizó una interpolación en el mapa generado por Arcview para obtener un continuo de valores que dan origen a la vulnerabilidad social. Una vez obtenidos estos valores se estandarizaron para obtener una escala de 1 a 10, donde 1

corresponde a la mínima vulnerabilidad y 10 a la máxima, dependiendo del puntaje asignado en las fichas de protección social. El índice de escolaridad fue calculado mediante el promedio de años de estudio cursados por los habitantes mayores de 15 años.

3.4. Bases de Datos

Para el caso del cálculo de la erosión potencial (EP) se utilizaron cuatro capas SIG, estas son: DEM (Modelo de Elevación Digital) para calcular el factor LS (ver más arriba), obtenido de la base de datos de la nasa Shuttle Radar Topography Mission SRTM (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) disponible de forma gratuita para todo el mundo; erosividad (factor R) y erodabilidad (factor K) obtenidos del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA; www.sinia.cl). Finalmente cobertura de suelo para calcular el factor C, fue obtenido de la base de datos del proyecto río Cruces (2007). Las coberturas SIG fueron convertidas a formato ArcGrid con un tamaño de celda de 30m y la RUSLE fue calculada con la herramienta map calculator del programa ArcView 3.3. Para calcular el flujo sub-superficial (FS) se utilizó la base de datos del Proyecto río Cruces. Se utilizó la capa Asociaciones de Suelo que contiene información sobre permeabilidad de suelo.

El listado de especies animales protegidas se obtuvo de Muñoz-Pedrerros (2003). Por otra parte, las especies vegetales se obtuvieron de Gajardo (1994). El área de uso de suelo se obtuvo del catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile (proyecto CONAF-CONAMA, 1999), mientras que las áreas protegidas del Servicio Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado SNASPE, fueron obtenidas de la

base de datos del Proyecto río Cruces (2008). Para el caso del Parque Privado Oncol, este se realizó mediante elaboración propia en base a cartografías disponibles online.

Los datos de las fichas de protección social fueron obtenidos de los respectivos departamentos de desarrollo social de la comuna de Valdivia y San José de la Mariquina, mientras que las densidades poblacionales y los años de estudio para obtener el índice de escolaridad fueron obtenidos del CENSO 2002.

3.5. Matriz de Riesgo y cálculo de Riesgo Ambiental

La matriz de riesgo se construyó en base a los resultados obtenidos en el mapa de vulnerabilidad FES-sistémica. De esta manera se construyeron 5 rangos de valores de vulnerabilidad a los que se les asignó una escala de valores de 1 a 5. La Tabla 5 muestra la conversión de valores de vulnerabilidad a los que se les asignó una escala de vulnerabilidad desde baja a alta.

Tabla 5. Escala de valores de vulnerabilidad FES-sistémica

Valores de Vulnerabilidad	Niveles de vulnerabilidad
1	Vulnerabilidad Baja
2	Vulnerabilidad Moderada
3	Vulnerabilidad Media
4	Vulnerabilidad Alta
5	Vulnerabilidad Muy Alta

Así, la ecuación que define el riesgo queda expresada de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Donde la amenaza esta considerada como la ausencia o presencia de un proyecto en un área determinada pudiendo tomar valores de 0 y 1 respectivamente. Se considera la posibilidad de que la amenaza tome valor cero en base al análisis de la vulnerabilidad FES-sistémica realizado con anterioridad a la elaboración del estudio de impacto ambiental. Si se acepta el análisis de vulnerabilidad FES-sistémico se calculan los riesgos y se agregan en el EIA.

El otro componente del riesgo, la vulnerabilidad, corresponde al calculado en el índice de vulnerabilidad FES-sistémica, ya que representa la suma de las vulnerabilidades física, ecológica y social.

3.6. Modelo de Manejo Adaptativo del Riesgo Ambiental

El modelo adaptativo que contempla el riesgo ambiental como objetivo principal, permite evaluar riesgos ambientales emergentes y/o inesperados que pueden aparecer producto de acciones productivas. El modelo fue realizado tomando como base la metodología propuesta por Salafsky y colaboradores⁹

⁹ http://www.fosonline.org/resources/Publications/AdapManHTML/Adman_1.html

RESULTADOS

4.1. Índice de Vulnerabilidad Física (IVF)

La Figura 7 muestra las zonas vulnerables asociadas a la subcuenca del Humedal de río Cruces. En ella se puede apreciar una zona relativamente homogénea en cuanto a los valores del índice de vulnerabilidad. Sin embargo, la mayoría de los valores se agrupan en un rango entre 4 y 6, las cuales corresponden a áreas que rodean al humedal, las que podrían verse afectadas por la variación de cualquier de los parámetros utilizados en el cálculo del índice de vulnerabilidad (e.g. erosión potencial, flujo subsuperficial) o cualquiera de los componentes de éstos, como por ejemplo porcentaje de cubierta vegetal.

Por otra parte, existen áreas vulnerables con valores más altos en el rango de 6 a 8. Estos valores dependen principalmente de la cobertura de suelo y de la pendiente de las laderas. La permeabilidad, otro factor considerado en la ecuación, no influye de manera significativa en los valores de vulnerabilidad calculados en esta zona debido a que el tipo de suelo en la subcuenca es relativamente homogéneo en lo que respecta a este factor. Por lo tanto, en este caso específico los altos valores de vulnerabilidad (6-8 y 8-10), estarían asociados específicamente a la existencia de quebradas de pequeño tamaño, pero con una pendiente abrupta y sobre todo a que éstas carecen de cobertura de suelo (Figura 7b). Cabe señalar que todas las localidades ubicadas en la subcuenca se encuentran en áreas de mediana vulnerabilidad (4-6), salvo Iñipulli, que se encuentra ubicada en un área donde la vulnerabilidad física posee valores entre 4-6.

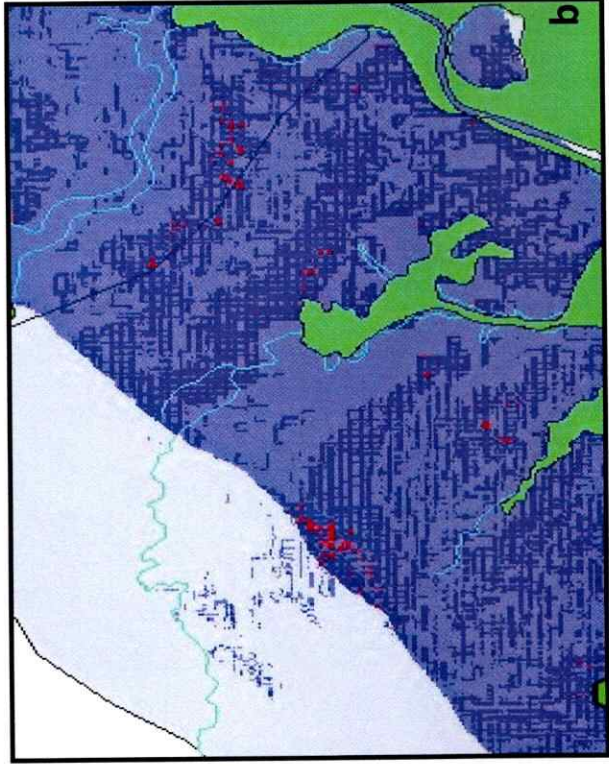
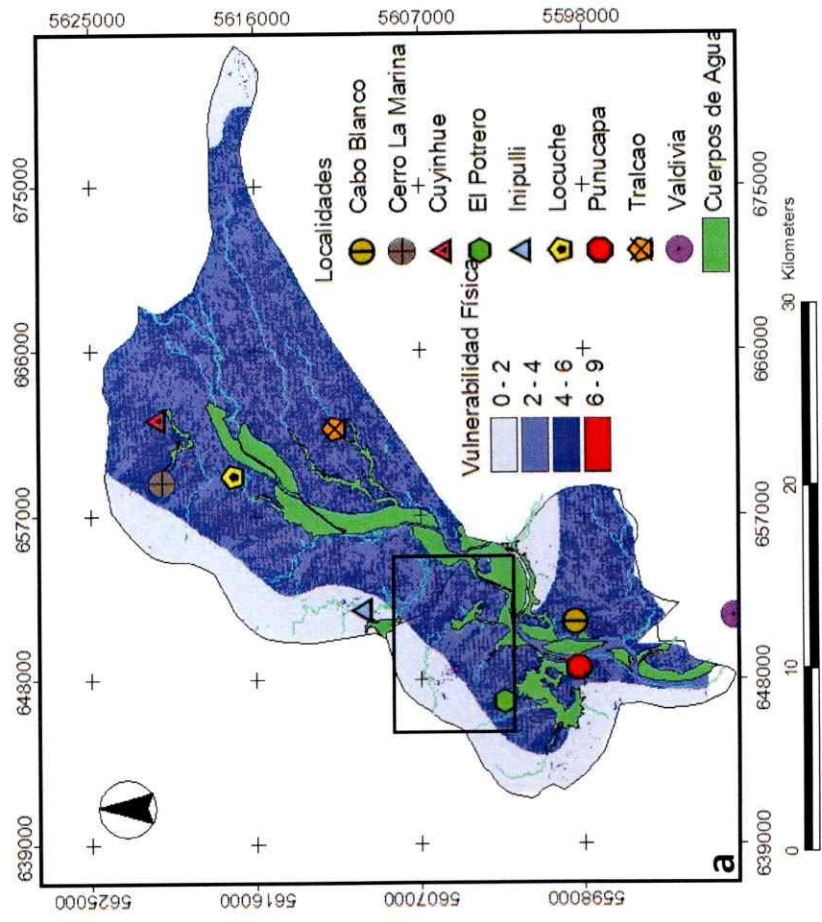


Figura 7. Índice de Vulnerabilidad física (IVF). a) Mapa general donde se aprecia la distribución de los valores de vulnerabilidad en la subcuenca. b) Acercamiento que muestra los valores más altos de vulnerabilidad física.

4.2. Índice de Vulnerabilidad Ecológica (IVE)

En la Figura 8 se pueden apreciar los valores correspondientes a la vulnerabilidad ecológica para la subcuenca estudiada. Los valores asociados se concentran principalmente en el rango 0-2, donde su área total representa el 84,4% del total de la subcuenca (Tabla 6). Estos valores bajos se explican por la gran cantidad de terrenos agrícolas que rodean al humedal que no presentan especies vegetales ni animales en categorías de protección y las extensas áreas que lo abarcan (39735,9 ha). El siguiente rango de valores (2-4) se presenta exclusivamente en el humedal donde se puede apreciar una distribución heterogénea que representa el 6% del área total. Esto se debe principalmente al factor de protección FP, el que varía según la adyacencia a un uso de suelo distinto que en este caso corresponde a suelo de uso agrícola.

Tabla 6. Áreas y porcentajes asociados a los rangos de vulnerabilidad ecológica

Rangos de Vulnerabilidad Ecológica	Área (ha)	Porcentaje
0 – 2	39735,90	84,4%
2 – 4	2803,70	6,0%
4 – 6	3619,40	7,7%
6 – 8	934,90	2,0%
8 – 10	0	0%
Total	47093,9	100%

Los valores más altos de vulnerabilidad ecológica se encuentran en los rangos 4-6 y 6-8 y están determinados tanto por la razón entre el número de especies protegidas NEP como por el área de uso de suelo AUS, además el factor de protección FP potencia el valor final de vulnerabilidad. Esto valores se pueden apreciar en la cabecera y en la

zona de emisión de la subcuenca lugares donde se encuentran los dos centros urbanos (Valdivia y Mariquina).

Sin embargo, no solo el humedal presenta los valores más altos de vulnerabilidad ecológica. Al este de la zona de emisión se puede apreciar un área con valores agrupados en el rango 4-6 (Figura 8b), estos valores se deben tanto al factor de protección ya que en esas zonas se encuentra una extensa área de suelo con uso agrícola que rodea al humedal, al número de especies protegidas que se encuentra asociadas a esa área y al tipo de cobertura de suelo, que en este caso corresponde a bosque nativo.

El parque privado Oncol, que se encuentra ubicado al noreste de la comuna de Valdivia presenta valores bajos de vulnerabilidad ecológica (0-2), esto debido a que en ese lugar la cordillera de la costa alcanza su mayor altura otorgando protección a los bosques siempre verdes y las especies que lo habitan y por otra parte no existen terrenos agrícolas que aumenten el FP en la ecuación de vulnerabilidad ecológica.

4.3. Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)

En la Figura 9 se pueden muestran espacialmente los valores del índice de Vulnerabilidad social para la subcuenca del humedal de río Cruces. Los mayores valores del IVS (6-8) se encontraron en la comuna de San José de la Mariquina (Cerro la Marina y Cuyinhue), ubicada en la cabecera del Humedal. Esto significa que las familias que habitan en estas localidades poseen bajos puntajes en las fichas de protección social, siendo catalogadas en una condición de vulnerabilidad social (e.g. pobreza). Por otra parte las localidades que presentan los menores valores de vulnerabilidad (4-6), corresponden a El Potrero, Punucapa y Cabo Blanco, localidades que obtuvieron un mayor puntaje promedio en las fichas de protección social.

Del análisis de las fichas de protección social se desprende que la actividad laboral del jefe de hogar es un factor importante, puesto que este puede relacionarse con el índice de escolaridad y con el índice de desempleo. De tal manera, un jefe de hogar con un bajo índice de escolaridad, una actividad laboral temporal o mal remunerada, que depende de los recursos naturales de la subcuenca como un ingreso económico (alternativo o complementarios), presentaría una alta vulnerabilidad frente a una disminución o amenaza de extinción de los recursos naturales presentes en la subcuenca (e.g Turismo de avistamiento de aves).

En la Tabla 7 se muestran los índices de escolaridad obtenidos de los datos del CENSO 2002 para las 7 localidades mencionadas anteriormente. En promedio la población posee una educación básica incompleta y básica completa, lo que sustenta los resultados obtenidos en los IVS ya que uno de parámetros medidos en las fichas de protección social corresponde a educación.

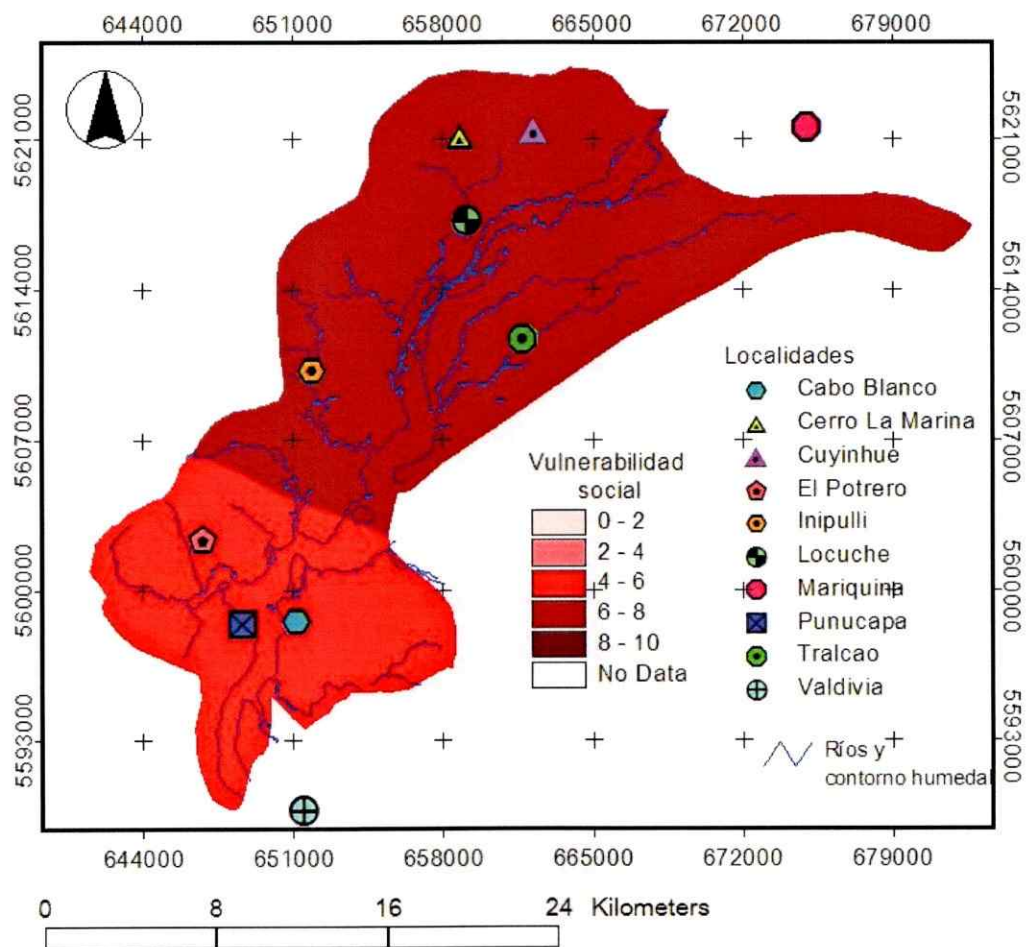


Figura 9. Índice de Vulnerabilidad Social (IVS). Se aprecian los rangos de valores de vulnerabilidad para las localidades.

Tabla 7. Índice de escolaridad para cada localidad

Comuna	Localidad	Índice de escolaridad
Mariquina	INIPULLI	6,1 años promedio
	TRALCAO	7,4 años promedio
	CUYINHUE	6,3 años promedio
	LOCUCHE	6.3 años promedio
Valdivia	PUNUCAPA	7,6 años promedio
	CABO BLANCO	7,0 años promedio
	EL POTRERO	5,8 años promedio
Promedio		6,6 años promedio

4.4. Índice de Vulnerabilidad FES-sistémica (IVFES-sistémica).

La Figura 10 muestra el mapa de vulnerabilidad FES-sistémica donde se han integrado los tres índices que lo componen (Físico, Ecológico, Social). En él se puede apreciar que toda la subcuenca es vulnerable, donde los mayores valores que se encuentran en los rangos (10-15 y 15-20). Estos valores se ubican principalmente en el humedal, tanto en la cabecera de la subcuenca perteneciente a la comuna de Mariquina, como en la zona de emisión de ésta, ubicada al suroeste de la subcuenca en la comuna de Valdivia. Los valores de vulnerabilidad FES-sistémica presentan un importante aporte del IVE y del IVS (Figuras 6 y 7), ya que existe una gran cantidad de biodiversidad en algún estado de conservación, una alta presión ejercida por los suelos de uso agrícola que lo rodean y los mayores valores de vulnerabilidad social en el caso de las localidades que se encuentran en la comuna de Mariquina.

También se pueden apreciar áreas con valores de vulnerabilidad agrupados en el rango 15 y 20 (Figura 10b), estos valores corresponden principalmente al aporte del IVE (Figura 8) sin excluir el aporte de los otros dos índices.

En la Tabla 8 se pueden apreciar las áreas y porcentajes asociados a cada uno de los rangos del IVFES-sistémico. Los mayores porcentajes se encuentran en aquellos rangos que van de 5 a 10 y de 10 a 15 con un 26,6% y 66,2% respectivamente, estas áreas representan el 92% del total para la subcuenca.

Los mayores valores de vulnerabilidad FES-sistémica agrupados en los rangos (15-20 y 20-30) representan aproximadamente un 7% del total, éstos se encuentran principalmente en la cabecera que pertenece a la comuna de Mariquina y la zona de emisión de la subcuenca perteneciente a la comuna de Mariquina y Valdivia respectivamente.

Tabla 8. Áreas y Porcentajes asociados al índice de vulnerabilidad FES-sistémico

Rangos	Áreas (ha)	Porcentaje
5 – 10	12448,57	26,6 %
10 – 15	30973,25	66,2 %
15 – 20	3374,74	7,2 %
20 – 30	0,10	< 0,1%
Total	46976,66	100%

La franja que se encuentra al oeste del humedal y que se extiende de norte a sur (Figura 8), posee los menores valores de vulnerabilidad FES-sistémica (0-5), esto se debe a que en ese lugar se encuentra la parte más alta de la cordillera de la costa donde los tres índices de vulnerabilidad (físico, ecológico y social) calculados son bajos.

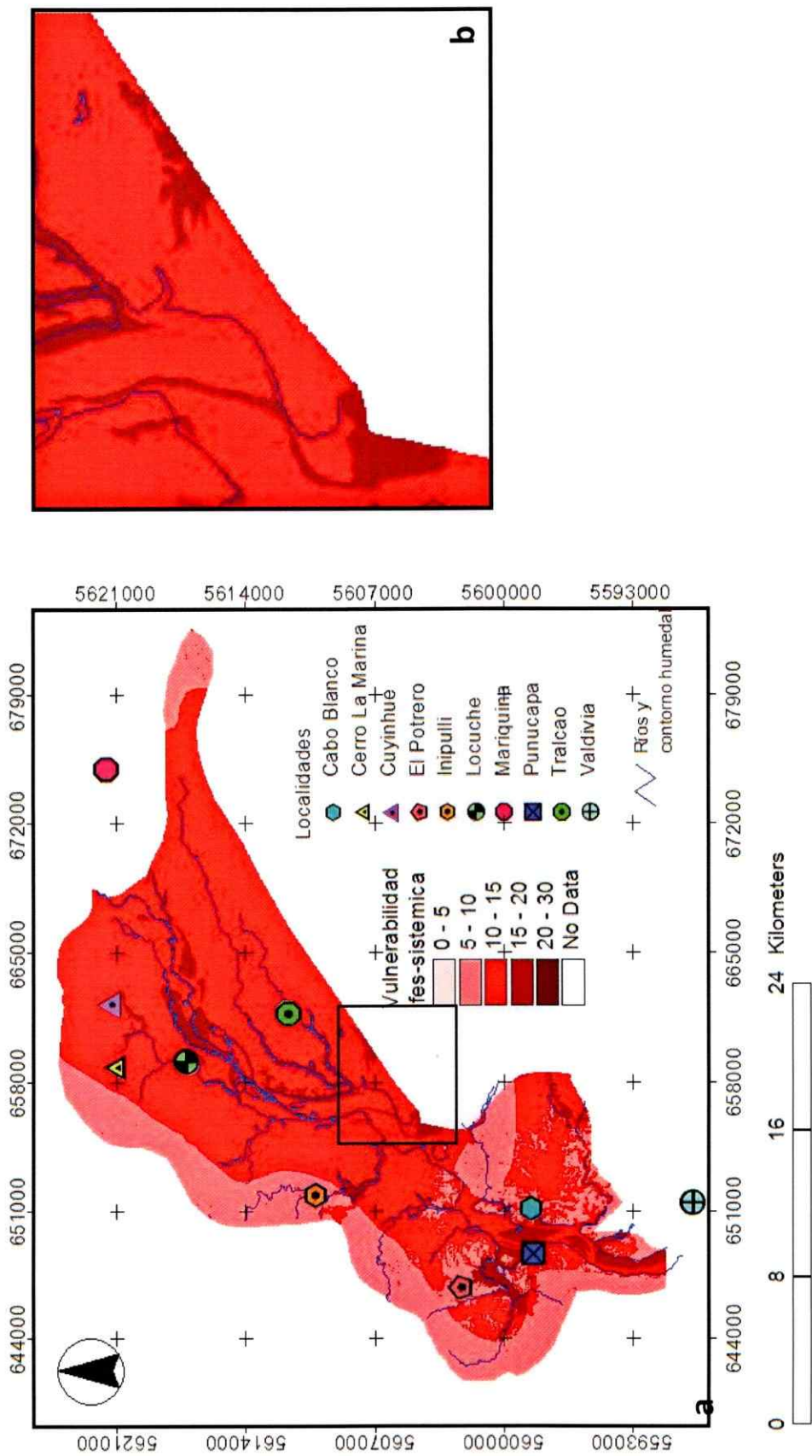


Figura 10. a) Índice de Vulnerabilidad FES-sistémico. El mapa reúne la información de los tres índices anteriormente calculados (IVF, IVE, IVS). b) Acercamiento de la zona marcada en a), donde se aprecia un área terrestre con vulnerabilidad en el rango de 15-20.

4.5. Matriz de riesgo ambiental

La Tabla 9 contiene los rangos de vulnerabilidad FES-sistémica determinado por los tres índices de vulnerabilidad (físico, ecológico y social). Los valores asignados a cada rango permiten clasificar los riesgos desde 1, que corresponde a vulnerabilidad baja a 5, vulnerabilidad muy alta.

Los valores de riesgo ambiental muestran espacialmente que toda la subcuenca se encuentra bajo riesgo en diferentes grados. En la Tabla 9 se observan los valores de riesgo basados en el IVFES-sistémico. Para la subcuenca, al igual que en el caso de la vulnerabilidad, los valores de riesgo se concentran entre 2, que corresponde a riesgo moderado y 4 a riesgo alto.

Tabla 9. Cálculo del Riesgo Ambiental en base a los valores de Vulnerabilidad y Amenaza

Rangos de vulnerabilidad FES-sistémica	Area (ha)	Porcentaje	Escala de Vulnerabilidad	Riesgo ambiental (Amenaza x Vulnerabilidad)	Caracterización de Riesgo
0 – 5	0	0	1	1	Bajo
5 – 10	12448,57	26,6	2	2	Moderado
10 – 15	30973,25	66,2	3	3	Medio
15 – 20	3374,74	7,2	4	4	Alto
20 - 30	0,10	0,000219	5	5	Muy Alto

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo proporcionan una evidencia clara de que los sistemas sociales y ecológicos no pueden ser analizados independientemente unos de otros si se quieren analizar problemas ambientales, ya que la complejidad de éstos no permite una visión reduccionista (Delgado & Marín, 2005). A través del análisis de la vulnerabilidad FES-sistémica es posible reconocer las zonas de la subcuenca donde existen riesgos ambientales. Estos datos permiten tener una visión integrada otorgando una mayor comprensión de cómo se comportan los sistemas eco-sociales frente a una determinada amenaza como lo es la instalación de una industria. Ello concuerda con los trabajos de Cardona (2003) en donde la administración de la vulnerabilidad permite mejorar la comprensión de los riesgos con su consecuente control y reducción. Sin embargo, mientras más se investiga sobre riesgo más se desconoce del mismo, según lo plantea Luhmann (1991). Por esta razón la incertidumbre debe ser aceptada e incorporada en este tipo de análisis complejos. Este tipo de herramienta es de gran utilidad cuando existen evaluaciones ambientales estratégicas, que permiten prevenir impactos eco-sociales de gran envergadura.

Los resultados obtenidos en el índice de vulnerabilidad físico permiten identificar aquellas zonas donde existen probabilidades de que los sedimentos sean arrastrados a los cursos de agua desembocando en el humedal. Por esta razón, tanto la erosión potencial como la permeabilidad, factores fundamentales de este índice, juegan un rol importante puesto que ambas se relacionan con el tipo de uso de suelo que se encuentra, en este caso, rodeando al humedal. Según lo que se conoce respecto a

procesos que impactan la estructura de los ecosistemas acuáticos, los procesos físicos son lo que potencialmente poseen mayor impacto (Giller *et al.*, 1994; Gordon *et al.*, 1996; Marín y col., 2009). El tipo de uso de suelo predominante en la subcuenca corresponde a terrenos agrícolas y forestales que dependiendo de las prácticas de manejo, facilitan el arrastre de sedimentos hacia los ríos. Los humedales al ser sistemas de aguas de baja velocidad, permiten que todo el sedimento que es arrastrado se deposite en él, con la consecuente disminución del volumen de agua y del área debido a la pérdida de profundidad (Ginzburg *et al.*, 2005; Blarasin *et al.*, 2005), como se puede apreciar en la Figura 4.

A pesar de que nuestro país tiene conocimiento del daño provocado por la erosión del suelo (SINIA, 2008), se sigue aceptando la tala rasa como práctica forestal (RCA Proyecto Valdivia, 1998). Este tipo de práctica es aceptada por la ley ambiental vigente, siempre y cuando se realice en plantaciones no nativas y en suelos que no sean frágiles. Sin embargo, el hecho de que no sean plantaciones nativas las que son sometidas a este tipo de práctica, no guarda ninguna relación con el grado de erosión que puede ocurrir en la zona. Por esta razón es necesario mantener un continuo monitoreo de las condiciones físicas del suelo, ya que a largo plazo, el uso de este tipo de prácticas forestales puede provocar daños en el humedal. Este monitoreo permitiría tomar decisiones de cómo, cuándo y dónde se deben realizar prácticas que eviten la erosión y el consecuente arrastre de sedimentos hacia el humedal. Dentro de estas prácticas se encuentra la plantación de bosque en las riberas para detener el arrastre de sedimentos (Rivera, 2001) y la reducción de la velocidad del flujo de las aguas de escorrentía (Carrasco, 2002).

El alto valor del índice de vulnerabilidad ecológico, IVE, en el humedal representa y responde a su categoría de sistema protegido dada su importancia para la conservación de la biodiversidad y por la gran cantidad de especies amenazadas que habitan en él. Por esta razón cualquier tipo de impacto químico o compuestos residuales que sea accidentalmente vertido a los ríos que confluyen en el humedal, traería efectos negativos para este sistema perjudicando no tan solo a la flora y fauna existente, sino también a la población que depende económicamente del humedal. Es debido a ello que el IVE se encuentra estrechamente relacionado con el componente social. Sin embargo esto no es nuevo, puesto que es sabido que los humedales son ecosistemas frágiles (Fischer 2009). Además, está demostrado que los humedales son una fuente de recursos que en nuestro país se encuentra mal aprovechado (SINIA, 2005) y por lo tanto no considerado en los estudios realizados. Se ha propuesto este índice, en vez de otros más comúnmente usados en ecología (e.g. riqueza de especies, Índice de diversidad e Shannon-Wiener, taxas relevantes, similitud [índice Bray- Curtis]), pues incluye la denominación legal de especies y áreas protegidas.

Otro factor importante dentro del análisis del índice de vulnerabilidad ecológico, IVE, es el aumento de áreas con uso de suelo agrícola/forestal dedicados a la industria, ya que pone en riesgo aquellos lugares donde el IVE registra valores medios-altos. Estos lugares corresponden a los parques privados que poseen bosque nativo y zonas donde existe bosque nativo, pero que no se encuentra bajo protección. En este caso, el riesgo se traduce en la probabilidad de que la biodiversidad vulnerable que se encuentra en estos lugares disminuya por la acción antrópica, funcionando como un efecto borde el que trae como consecuencia una pérdida de biodiversidad a través de la fragmentación y degradación de estas áreas como lo plantean Bustamante y Grez (1995).

El índice de vulnerabilidad social, IVS, calculado para la subcuenca permite tener una visión de aquellas zonas donde se encuentran las comunidades rurales vulnerables y que dependen de los servicios ecosistémicos para su subsistencia. Esta vulnerabilidad responde a la baja capacidad que podrían tener aquellas comunidades más vulnerables de soportar algún tipo de evento antrópico al cambio de las condiciones ambientales iniciales o de disponibilidad en servicios ecosistémicos en la subcuenca, así Cerro la Marina, Cuyinhue y Locuche son aquellas localidades que dada su vulnerabilidad social, se encontrarían más expuestas a algún tipo de impacto negativo, relacionado a las condiciones del ecosistema.

De este modo una familia que reúne las siguientes condiciones: a) habita en una de las localidades mas vulnerables, b) depende en gran porcentaje de los servicios ecosistémicos (leña, agua para uso domestico, practicas productivas, etc.) entregados por el humedal como única fuente de ingresos, c) el nivel de educación del jefe de hogar se encuentra bajo o dentro del promedio de escolaridad (Tabla 7); podría verse afectada si ocurre algún tipo de cambio en el humedal, agudizando el nivel de pobreza de la zona (LME, 2008).

Se debe tener presente que la interpolación realizada para obtener el IVS en toda la subcuenca, asigna valores a zonas donde puede que no existan comunidades. Sin embargo, esta interpolación permite reconocer un gradiente de vulnerabilidad desde los centros poblados de alta vulnerabilidad, a zonas donde existe menos vulnerabilidad, caracterizado por la presencia de localidades con bajos niveles de vulnerabilidad como por ejemplo Punucapa, Cabo Blanco y El Potrero; o zonas alejadas a estas comunidades donde disminuye la población.

Por otro lado el análisis del IVS permite también indagar en el llamado círculo vicioso entre pobreza y deterioro del medioambiente (Delgado y col., 2009), ya que muchas veces tanto las poblaciones rurales como aquellas que se encuentran en situación de pobreza que poseen cultivos para su subsistencia, utilizan malas prácticas agrícolas y forestales, con el consiguiente deterioro ambiental por efecto de la saturación de suelos por el excesivo uso de fertilizantes (Martínez, 1991). Estas prácticas provocan que tanto el IVF como el IVE aumenten silenciosamente, sin ser percibidas por los grupos de decisión y por la gente común, ya que el cambio en un ecosistema es percibido una vez que ha ocurrido, a este retardo se le conoce en física como histéresis y ha sido documentado por Marín y colaboradores (2009).

Por esta razón una empresa que quiera instalarse en una zona donde la vulnerabilidad social es alta debe tener especial cuidado en lo que se refiere al análisis de vulnerabilidades y sus variantes FES-sistémicas. Ello pues aunque la industria cumpla con todos los mecanismos legales (EIA) de tratamiento de desechos, las malas prácticas agrícolas o forestales llevadas a cabo por los habitantes pueden hacer que las condiciones ambientales de la subcuenca cambien, generando un perjuicio socioeconómico y ecológico, irreversible. Ante un panorama como éste, el principal cuestionado será la industria instalada, trayendo como consecuencia posibles acciones judiciales en su contra, pérdidas económicas por concepto de imagen o en el peor de los casos paralización de actividades. Sin embargo, el problema podría tener su origen en otras causas (e.g. Marín y col., 2009, Delgado y col., 2009).

Así, los resultados obtenidos en el IVFES-sistémico, otorgan una visión integrada de aquellas áreas donde la vulnerabilidad es alta y que frente a una amenaza se convierte en un riesgo ambiental, de tal forma que la industria pueda tener presente

que en ese lugar existen componentes relacionados entre sí, que si son afectados podrían traer consecuencias negativas.

Los resultados indican que las áreas donde existe un mayor riesgo ambiental son en los dos extremos de la subcuenca, cercanos a la ciudad de Valdivia en el sur y Mariquina en el norte. Por esta razón el IVFES-sistémico se convierte en una poderosa herramienta de análisis ambiental proactivo e integrada, ya que considera que los sistemas que participan, no presentan un comportamiento lineal sino que por el contrario son sistemas complejos y dinámicos con un alto grado de incertidumbre que se encuentran continuamente interactuando y cambiando.

Por otro lado el hecho de que existan zonas donde los riesgos son bajos no quiere decir que no puedan ocurrir desastres; por lo tanto, será decisión de la empresa aceptar estos riesgos, administrarlos y reducirlos monitorearlos o tomar la decisión de no incluirlos dentro de sus análisis previos a la instalación. Todo dependerá de la capacidad de la empresa de amortiguar económicamente estos riesgos, de cuán convencido esté el directorio de la empresa respecto de la importancia de los temas ambientales mas allá de cumplir las imposiciones legales de la autoridad ambiental y de la visión que tengan los expertos que evalúan los temas ambientales en la empresa. Por otra parte, una postura pasiva por parte de las empresas ya no es defendible, dado el aumento de los conflictos ambientales en Chile, debido a los efectos adversos del desarrollo (Sabatini, 1997)

El análisis anterior, sin embargo, no es posible llevarlo a cabo a través de la EIA, puesto que en esta herramienta de gestión aplicada en Chile el proyecto se evalúa luego de haber seleccionado el lugar de emplazamiento, situación que no permite

evaluar otras alternativas en función de la sustentabilidad ambiental que dichas localizaciones representan. Y además porque el análisis de los posibles impactos en el medio físico, ecológico y socioeconómicos se realiza aisladamente sin considerar la dependencia que existe entre ellos. De esta manera, las medidas de compensación se realizan en base a los daños ocasionados en los recursos naturales (Art.60 RgSEIA) a través de la sustitución o reemplazo de los recursos dañados y no a través de compensaciones socio-económicas relacionadas directamente con: la magnitud del impacto eco-social de la industria, la actividad económica de la población de la población afectada y su dependencia sobre los recursos naturales afectados desde una perspectiva integradora.

En la actualidad, este tema lo manejan las empresas a través de la responsabilidad social empresarial (RSE), que como lo plantea Lafuente y colaboradores (2003) supone la formalización de políticas y sistemas de gestión, entre otros en los siguientes ámbitos: relaciones con accionistas, relaciones con empleados, acción social, gestión del medio ambiente, relaciones con clientes y relaciones. Sin embargo, el límite ético entre gestión del medio ambiente y acción social es muy estrecho y puede ser malinterpretado generando desconfianzas en la sociedad y pérdidas económicas por concepto de imagen en la empresa.

La Evaluación Ambiental Estratégica fue creada como una herramienta de gestión preventiva para que las consecuencias ambientales de los planes, políticas y programas sean consideradas en los procesos de toma de decisiones. Esta podría transparentar los procesos de compensación socio-económica entre la empresa y la sociedad afectada, ya que plantea la completa integración de las consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas relevantes. Es en este contexto donde el

análisis de vulnerabilidad FES-sistémica se convierte en una poderosa herramienta ya que integra los componentes antes mencionados y entrega información complementaria para decidir si la instalación del proyecto es viable.

Si la decisión de la empresa es considerar los riesgos ambientales como parte del análisis antes del sometimiento al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, los índices de vulnerabilidad FES-sistémico proporcionan la información necesaria al respecto. Sin embargo, si la decisión es la de instalarse a pesar del diagnóstico previo, una vez instalado, el riesgo ambiental debe ser manejado a través de un aprendizaje continuo o modelo adaptativo, lo que permitiría obtener datos respecto a ciertos indicadores de vulnerabilidad del ecosistema (Fig. 11).

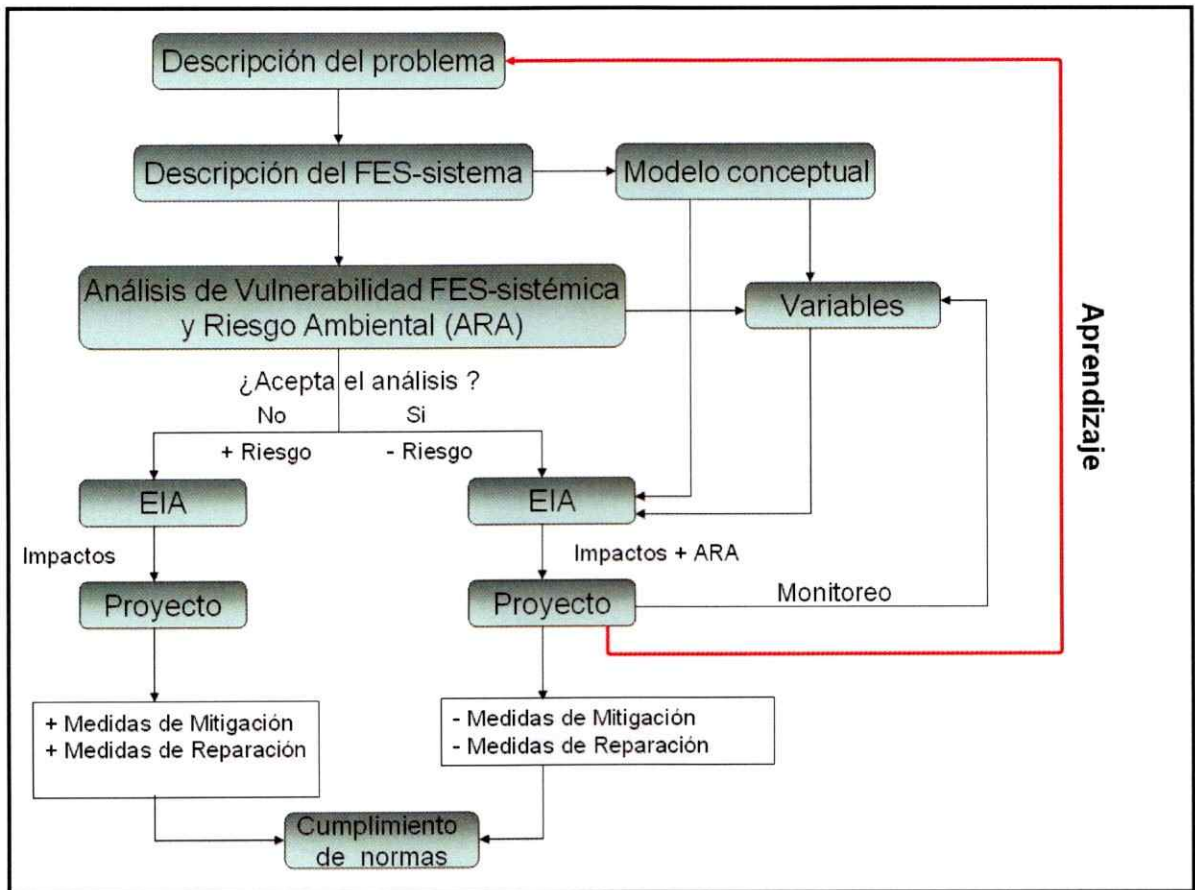


Figura 11. Modelo Adaptativo del Riesgo Ambiental.

Este modelo permite mantener monitoreados los indicadores que informarán a la empresa respecto de la evolución del FES-sistema y sus áreas vulnerables, con el fin de realizar una gestión preventiva y adaptativa. Este tipo de acción aún no está vigente para el contexto socio-ambiental de nuestro país (Quiroga, 2001) y es ésta la principal desventaja, ya que las herramientas legales de gestión ambiental no consideran el análisis proactivo, adaptativo e integrado de sistemas eco-sociales, sino más bien es reactivo y aislado, a través de planes de mitigación, compensación y reparación. Más aún, pese a que lo anterior se reconoce como un problema a resolver, poco se ha

avanzado en ello¹⁰; ello pareciera deberse a que el medio ambiente ha sido un elemento invisible en el modelo de desarrollo económico de Chile (Quiroga, 2001)

Chile, como país próximo a ser miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), deberá asumir una responsabilidad ambiental significativa, lo que traerá consigo la incorporación de herramientas de gestión como la EAE, donde el análisis de los riesgos ambientales como una herramienta proactiva es parte fundamental para su desarrollo tal cual lo plantea Oñate (2002). Si no se introduce esta herramienta de gestión tanto para privados como para organismos estatales se seguirá retroalimentando un sistema ambiental que necesita de una urgente renovación (Sabatini, 1996).

Los resultados de este trabajo muestran que la subcuenca del Humedal de río cruces frente a una amenaza de origen antrópico y/o natural, se encuentra bajo un riesgo ambiental latente en diferentes grados; análisis que brinda un apoyo a la toma de decisiones en lo que respecta a la instalación de proyectos industriales. Cada componente del IVFES-sistémico proporciona por sí solo una parte del valor de la vulnerabilidad de los componentes del FES-sistema, que desde un punto de vista reduccionista sería suficiente para definir en forma compartimentalizada un posible riesgo físico, ecológico o social. Sin embargo, esto no es suficiente tal como lo plantea Cardona (2001), para el análisis de problemas complejos contemporáneos, cuyas causas son múltiples al igual que sus efectos, dado que los ecosistemas son sistemas complejos, con componentes que interactúan y se afectan mutuamente. Por tanto, el

¹⁰ <http://www.uchile.cl/uchile.portal?nfpb=true&pageLabel=conUrl&url=51996>

análisis integrado de los componentes de un ecosistema permite identificar propiedades emergentes del mismo, que si fueran analizados aisladamente no se podrían visualizar.

Si se considerara una concepción holística de la vulnerabilidad y del riesgo ambiental, como lo propone Beck (2002) y como se está dando en otros países desarrollados, consistente y coherente, fundamentada en los planteamientos teóricos de la complejidad y que además tenga en cuenta variables físicas, ecológicas y sociales, se podría facilitar y orientar la toma de decisiones sobre un proyecto industrial. De esta manera éste debería ir acompañado de un nuevo paradigma del enfoque de gestión ambiental que se desarrolla en Chile (Quiroga, 2001). Un enfoque de tipo integral podría tener en cuenta de manera más consistente las relaciones no lineales de los componentes del FES-sistema y la complejidad y dinámica de los sistemas eco-sociales.

Finalmente, pese a que este estudio establece que existen riesgos ambientales en la subcuenca del río Cruces, los habitantes lo perciben de distinta manera e incluso otros ni siquiera los perciben (LME, 2008). Para el caso de los habitantes de la comuna de Valdivia el riesgo es percibido, mientras que para los habitantes de Mariquina el riesgo no se percibe. Esto se debe a que existe una distribución heterogénea de los recursos, que se traduce en el acceso que tienen las personas a la información. Por esta razón los habitantes de la comuna de Valdivia perciben los riesgos, ya que se encuentran en un lugar donde la información es generada por ONGs, academia y gobierno, mientras en la comuna de Mariquina los riesgos no son percibidos ya que no se tiene acceso la información. El concepto de riesgo plantea que estos son creados por la sociedad en base a la percepción del ambiente en el que están insertos. Por tanto, se puede

contribuir a mejorar la efectividad de la gestión ambiental tanto privada como pública a través de la identificación y priorización de medidas factibles y eficientes con el objetivo de reducir riesgos ambientales, donde las comunidades, las autoridades públicas y privadas son los actores fundamentales para lograr una actitud preventiva ante las amenazas.

BIBLIOGRAFÍA

Altamirano, T. 2006. "Modelación del flujo del nitrógeno en la subcuenca Mañihuales, Aysen". Seminario de Título para optar al título de Bióloga con mención en Medioambiente, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Barrenechea, J., Gentile, E.; González, S., Natenzon, C. 2003. "Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo", en S. Lago Martínez, G. Gómez Rojas y M. Mauro 2003, "En torno de las metodologías: abordajes cualitativos y cuantitativos", Buenos Aires, 21:179-196.

Beck, U. 2002. "La sociedad del riesgo global". Madrid: Siglo XXI. pp 29-73.

Berkes, F., Folkes, C. 2002. "Back to the Future: Ecosystems Dynamics and Local Knowledge". In: L. Gunderson and C.S. Holling (Eds), "Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems", Washington, DC. pp 121 -147.

Bormann, B.T., Martin, J.R., Wagner, F.H., Wood, G., Alegria, J., Cunningham, P.G., Brookes, M.H., Friesema, P., Berg, J., Henshaw, J. 1999. "Adaptive management." In: Johnson, N.C., Malk, A.J., Sexton, W., Szaro, R. (Eds.), "Ecological Stewardship: A Common Reference for Ecosystem Management." Elsevier, Amsterdam, pp. 505-533.

Blarasin M., Degiovanni S., Cabrera A., Villegas M. & Sagripanti G. 2005 "Los humedales del centro-sur de Córdoba". Parte A. Factores naturales y antrópicos condicionantes de la dinámica hidrológica regional. En: Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental: 275- 282. M. Blarasin, S. Degiovanni, A. Cabrera, M. Villegas (comp). Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 319 pp.

Bunch, M. 2001. "An Adaptive Ecosystem Approach to Rehabilitation and Management of the Cooum River Environmental System in Chennai, India". Ph.D. thesis, Environmental Studies, University of Waterloo, Waterloo.

Bustamante, R.O., J.A. Simonetti, A.A. Grez & J. San Martín. 2005. "Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras". In: (C. Smith-Ramírez, J.J. Armesto & C. Valdovinos, eds), "Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile", pp. 529-539. Editorial Universitaria, Santiago.

Castro, G. 1995. "Naturaleza y sociedad en la historia de América Latina". Revista Política y Sociedad 17: 44-57. [En línea: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/grupos/hali/C3HAlimonda.pdf>, extraído 1 de Septiembre de 2009].

Caram, M., Pérez, S. 2006. "Entre el riesgo ambiental y el riesgo social: buscando una salida a la tenencia irregular". Revista Argentina de Sociología 6: 50-64

Cardona, O.D. 2001. "Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos". Tesis para optar al grado de Doctor. [En línea:

<http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>, Consultado el 29 de Julio de 2009]. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Cardona, O.D. 2003. "La Necesidad de Repensar de Manera Holística los Conceptos de Vulnerabilidad y Riesgo: Una crítica y una revisión necesaria para la gestión", Publicado en la Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. pp 1-18. [En línea: <http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/index.html>.]

Carrasco, J. 2002. "Erosión y manejo de aguas. Técnicas y prácticas productivas de conservación de suelos. En: Varas E., Riquelme J., (2002). "Tecnologías apropiadas para el manejo sustentable de los suelos de la Región del Maule". Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 148 p. [En línea: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28131.pdf>]

Christensen, N. L. (chair) et al. 1996. "The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management". *Ecological Applications* 6: 665-691.

Del Fávero, G. y Katz R. 1996. "La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y su aplicación a políticas, programas y planes", *Estudios Públicos*, 64: 95-106. [En línea: http://www.cepchile.cl/dms/archivo_1686_679/rev64_katz_delfavero.pdf]

Delgado, L.E. y V.H. Marín. 2005. "FES-sistema: un concepto para la incorporación de las sociedades humanas en el análisis medioambiental en Chile". *Revista Ambiente y Desarrollo* 21: 18-22, Santiago de Chile.

Delgado, L., Bachmann, P. y Oñate B. 2007. "Gobernanza ambiental: una estrategia orientada al desarrollo sustentable local a través de la participación ciudadana". *Revista Ambiente y Desarrollo* 23: 68-73, Santiago de Chile.

Delgado, L. E., V. H. Marín, P. L. Bachmann, and M. Torres-Gomez. 2009. Conceptual models for ecosystem management through the participation of local social actors: the Río Cruces wetland conflict. *Ecology and Society* 14: 50. [En línea: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art50/>]

de Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R. 2002. "A typology for the classification description and valuation of ecosystem functions, goods and services". *Ecological Economics* 41: 393-408.

Gajardo, R. 1994. "La vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica". Ed. Universitaria. Chile. 165 p.

Gentes, I., 2003. "La gestión ambiental. ¿Imperativo ecológico o propiedad privada?. En: *Nueva Sociedad*, Caracas, 188:100-118.

Giller PS, Hildrew AG, Raffaelli DG. 1994. "Aquatic Ecology: Scale, Pattern and Process". Oxford: Blackwell Sci. 649 p.

Gómez, L. 2006. "Evaluación del paisaje con fines de turismo rural, en los humedales del río Cruces. X Región, Chile." Tesis presentada para optar al grado de Licenciado en Recursos Naturales, Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de Católica de Temuco. 110 p.

Gordon D.C. Jr, Boudreau P.R, Mann K.H, Ong J-E, Silvert W.L. 1996. "LOICZ biogeochemical modelling guidelines". Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Reports & Studies. 5:1-96.

Ginzburg, R., Adámoli J., Herrera P., Torrella S. 2005 "Los Humedales del Chaco: Clasificación, Inventario y Mapeo a Escala Regional", en: Aceñolaza, F. G. (ed.), Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II, CONICET e Instituto Miguel Lillo. pp: 122-124.

Holling, CS. (Ed.) 1978. "Adaptive Environmental Assessment and Management". Wiley, New York. 377 p.

Laboratorio de Modelación Ecológica (LME). 2008. "Estudio de opinión y percepción sobre el problema del humedal Río Cruces". Proyecto "Elaboración de un modelo conceptual del ecosistema del humedal de Río Cruces." Facultad de Ciencias. Programa PULSO. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. [En línea: <http://ecosistemas.uchile.cl/cruces/documentos/modelo/files/Encuesta1.pdf>]

Lafuente, A., Pueyo R., Llaría J., y Viñales, V. 2003. "Responsabilidad Social corporativa y Políticas Públicas", Fundación Alternativas, España. 78 p. [En línea: http://www.falternativasrsc.org/files/docs/2de6_31-05-05_sDocumentosfinalizadosl013.pdf]

Leff, E. 2002. "Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder" México: Siglo XXI. 2ed. pp 224-237.

Likens, G. E. 1992. "The ecosystem approach: its use and abuse". Ecology Institute, Luhe. Otto Kinne (Ed.), New York, USA. pp

López Cerezo, J. A., y Luján, J. L. 2000. "Ciencia y política del riesgo", Madrid, editorial Alianza. 160 p.

Luhmann, N. 1991. "El Concepto de Riesgo", extraído de Soziologie des Risikos Berlín, Gruyter, en Las Consecuencias Perversas de la Modernidad. Modernidad, contingencia y riesgo. Josetxo Beriaín. Barcelona: Editorial Anthropos. pp 123-154.

Luhmann, N. 1992. "Sociología del riesgo". Universidad Iberoamericana. Universidad de Guadalajara. La construcción social de la realidad. Barcelona, PAIDOS.

Marín, V. y Delgado, L. 1997. "Nueva estrategia para un desarrollo sustentable: Manejo Ecosistémico de los Recursos Naturales". Ambiente y Desarrollo 13: 70-76.

Marín, V.H., Delgado, L.E. 2008. "Elaboración de un modelo conceptual del ecosistema del humedal de río Cruces". Segundo Informe de Avance. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. [En línea: <http://ecosistemas.uchile.cl/cruces/documentos/modelo/files/Informe2.pdf>].

Marín, V., Tironi, A., Delgado, L., Contreras, M., Novoa, F., Torres-Gomez, M., Garreaud, R., Vila, I., and Serey, I. 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.

Martinez, J. 1991. "La pobreza como causa de la degradación ambiental". Un comentario al Informe Brundtland". *Documentos de análisis geográfico* **18**: 55-73.

MIDEPLAN 1999. "Programas y Subsidios Sociales de Gobierno asignados por la Ficha CAS-2". Santiago, Chile: Ministerio de Planificación. 36 p.

Moreno, C. A., D. Rivas, L. Vergara, A. Zuleta y G. Jerez 1991. INVES: Estimación captura total permisible recurso erizo 1989. Informe Técnico Convenio Universidad Austral de Chile-Subsecretaría de Pesca, pp. 29; Moreno, C.A. 1996. Investigación complemento pesquería erizo 1995. Informe Final. Convenio Universidad Austral de Chile- Subsecretaría de Pesca, pp. 47.

Moya, Bárbaro V., Hernández, Ana E., Borrell Héctor. (2005). "Los humedales ante el cambio climático", *Investigaciones Geográficas*, **37**: 127-132.

Muñoz-Pedrerros A. 2003. "Guía de los humedales del río Cruces". Valdivia, CEA Ediciones. 143 p.

Natenzon, C. 1995. "*Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre*", Serie de Documentos e Informes de Investigación, FLACSO, Buenos Aires. 22 p.

Nebel, B., Wright, R. 1999. "Ciencias Ambientales: Ecología y desarrollo sostenible". Prentice Hall, Mexico. 6ª. Ed. pp 448-449.

OECD, 2006. *Applying Strategic Environmental Assessment. Good Practice Guidance for Development Co-operation*. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Publishing, 164 pp.

Oñate, J.J., Pererira, D., Suarez, F., Rodriguez, J.J. y Cachón, J. 2002. "Evaluación Ambiental Estratégica: la evaluación ambiental de Políticas, Planes y Programas". Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp 371-372.

Oñate-Valdivieso. 2004. "Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de los recursos hidráulicos". *Revista electrónica de la REDLACH*. **1**: 27-32. [En línea: http://www.utpl.edu.ec/files/image/stories/publi_cientificas/sig/erosion_hidrica.pdf]

Otero, L. 2006. "La huella del fuego: Historia de los bosques nativos Poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile". Pehuén Editores, Chile. pp 32-34

Pizarro, R. 2007. "La Reforma Ambiental en Chile" *Journal of Technology Management & Innovation*, **2**: 3-6. [En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=84720202>]

Quiroga, R. 2001. "La economía ecológica y el debate sobre globalización y medio ambiente". *Ambiente y Desarrollo*, **12**: 70-75.

Raghunath, J. 2002. "Potential Erosion Map For Bagmati Basin Using GRASS GIS". *Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference, Trento, Italy, 11-13 September 2002*.

Rejman J, Usowicz B, Debicki R. 1999. "Source of errors in predicting silt soil erodibility with USLE". *Polish Journal of Soil Science*. **32**: 13-22.

Rivera, J. 2001. "Utilización del Nacedero *Trichanthera gigantea* (H&B) Nees. Para la prevención y recuperación de áreas degradadas por erosión y remociones masales en suelos de ladera Colombiana". Cali, Colombia. pp: 54-62. [En línea: http://www.geocities.com/biotropico_andino/cap9.pdf.]

Rojas, A., Sabatini, F., Sepúlveda C. 2003 "Conflictos ambientales en Chile: aprendizajes y desafíos", *Revista Ambiente y Desarrollo CIPMA*. Chile. **19**: 22-30

Rosales, O.,M. 2006. "Modernidad, naturaleza y riesgo". En publicación: *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. Sotolongo Codina, Pedro Luis; Delgado, Carlos Jesús. **1**: 213-221 [En línea: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/campus/soto/Colaboraciones%20Ortega.pdf>, extraído 24 de Julio de 2009].

Sabatini, F., y Sepúlveda, C. 1997. "Conflictos ambientales. Entre la globalización y la sociedad civil", *LOM, Santiago, Chile*. pp 29-31.

Sabatini, F., Sepúlveda C., y Villaroel P. 1996. "Cinco dilemas sobre participación ciudadana y evaluación de impacto ambiental. En: *Ambiente y Desarrollo* **12**: 16-21.

Sabatini, F., Sepúlveda, C., y Blanco, H. 2000. "Participación para enfrentar conflictos ambientales: Desafíos para el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental." *CIPMA*, Santiago, Chile. p 31.

Sabine, E., G. Schreiber, A.R. Bearlin, S.J. Nicol, and C.R. Todd. 2004. "Adaptive management: a synthesis of current understanding and effective application". *Ecological Management & Restoration* **5**:177-182.

Schlater, R.,P. 1998. "Ficha informativa de los humedales de RAMSAR. Santuario de la naturaleza e investigación científica Carlos Andwanter del río cruces Valdivia". [En línea: <http://www.wetlands.org/reports/ris/6CL001.html>, extraído: 8 de diciembre de 2008].

Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). 2005. "Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile". [En línea: http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf, extraído 24 de Julio de 2009].

Solé, C. 1997. "Acerca de la modernización, la modernidad y el riesgo", *Revista Española de investigaciones sociológicas* **80**:111-131.

Torres, D. 2005. ISO 26000: "La Tercera Generación de los Estándares Internacionales". *Boletín Minero, Chile*. **1191**: 14-17.

Van Hauwermeiren, Saar & Bert de Wel. 1997. "Europas ungleicher ökologischer Tausch - der Fall Chile" en: Werner G. Roza y Andreas Novy (eds.): *Nachhaltig reich - nachhaltig arm?*, Verlag Brandes & Apsel Stidwind, Fráncfort del Meno, pp. 206-220.

WCED. 1987. "Our common future". World Commission on Environmental Development, Oxford University Press, Oxford.

Yarrow, M.M., Tironi, A., Ramírez, A. & Marín, V.H. 2008. "An Applied Assessment Model to Evaluate the Socioeconomic Impact of Water Quality Regulations in Chile". *Water resources management*. **22**: 1531-1543.