



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Propuesta de Ordenación Predial y Restauración Ecológica del Fundo Cau-Cau, Comuna de Valdivia

Escuela de Ingeniería Forestal

Patrocinante: Sr. Antonio Lara A.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al título de **Ingeniero Forestal**.

FERNANDO GABRIEL AIZMAN SEVILLA

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN

		Nota
PATROCINANTE:	Sr. Antonio Lara Aguilar	_____
INFORMANTE:	Sra. María Luisa Keim Knabe	_____
INFORMANTE:	Sr. Juan Schlatter Vollmann	_____

El Profesor Guía acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Antonio Lara A.

“UN PÁJARO CANTA MEJOR EN SU ÁRBOL GENEALÓGICO”.

JEAN COCTEAU.

A Marcela y Gabriel

AGRADECIMIENTOS

En forma muy breve, quiero agradecer a las siguientes personas:

A mi viejo Arie, por su sabiduría, confianza y apoyo.

A las Señoras María Luisa Keim, María Ema Herмосilla y Jessica Catalán, del Proyecto de Administración Ambiental Corporativo de la Universidad Austral de Chile, por facilitar sus instalaciones, material de consulta y por su buena disposición.

A Don Antonio Lara, por sus sabios consejos en restauración y al tiempo dedicado a este trabajo.

A Don Juan Schlatter, por su permanente ayuda en todo lo relacionado al ordenamiento del territorio.

En forma muy especial agradezco a las Señoras Alejandra Portales, Mirta Valdivia y Verónica Fredes, distinguidas secretarias de la Facultad de Ciencias Forestales.

Por último, a los Señores Víctor Navarrete y Milton Millán, por su valioso aporte en información y tiempo.

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Restauración ecológica	2
2.1.1 Definición y objetivos de la restauración ecológica	2
2.1.2 Origen y evolución del concepto	2
2.1.3 Elementos clave de la restauración	3
2.2 Ordenamiento territorial	4
2.2.1 Ordenamiento predial	5
2.2.2 La zonificación en el ordenamiento del territorio	6
2.3 Drenaje del suelo y su relación con la vegetación	6
2.3.1 Drenaje restringido del suelo	7
2.3.2 Desarrollo de la vegetación en una condición de drenaje restringido	8
2.4 Breve marco de referencia para el desarrollo de estrategias de restauración con atención a la conservación de la biodiversidad	8
2.4.1 Conceptos y aproximaciones	8
2.4.2 Principales amenazas sobre la biodiversidad de un territorio	9
2.4.3 Principios y estrategias de conservación	10
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	11
3.1 Material	11
3.1.1 Área de estudio	11
3.1.2 Origen del área	12
3.1.3 Clima	12
3.1.4 Geología y geomorfología	13
3.1.5 Suelo	13
3.1.6 Hidrografía	14
3.1.7 Vegetación	14
3.1.8 Antecedentes del área de estudio respecto a su potencialidad de uso residencial	17

3.2	Método	18
3.2.1	Caracterización biofísica del área de estudio	18
3.2.2	Ordenamiento del Fundo Cau-Cau	20
3.2.3	Restauración ecológica. Proyecto ambiental Ecocentro	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	Breve análisis integrado de información territorial	22
4.2	Análisis y fotointerpretación del predio	24
4.3	Sectorización del predio en categorías de drenaje	26
4.4	Plan de ordenación y restauración predial	27
4.4.1	Tipología de zonas a utilizar en el ordenamiento predial	28
4.4.2	Selección de sitios y especies para restauración	31
4.4.3	Módulo de restauración ribera Santa Rosa (ZR1)	32
4.4.4	Módulo integrado de restauración (ZR2)	35
4.4.5	Normas legales vigentes	41
5.	CONCLUSIONES	42
6.	BIBLIOGRAFÍA	44
	ANEXOS	48
1	Abstract and Keywords	
2	Conectividad territorial	
3	Zonificación anteproyecto Plan Regulador Comuna de Valdivia	
4	Formulario de terreno.	
5	Levantamiento de transectos Fundo Cau Cau	
6	Ploteo de variables del suelo medidas en terreno	
7	Descripción unidades cartográficas homogéneas	
8	Uso actual del suelo Fundo Cau Cau y Ecocentro	
9	Cobertura de copas bosque pantanoso sector Ecocentro	
10	Categorías de drenaje interno del suelo	
11	Zonificación predio Ecocentro	
12	Zonas de restauración ecológica Ecocentro	
13	Costos y cronograma área de restauración ZR1-A y ZR1-B	

- 14 Posadero restauración ZR2-A y ZR2-B
- 15 Costos y cronograma área de restauración ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C
- 16 Normas legales vigentes. Plan de restauración predial

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Tipos de drenaje interno restringido usados en sectorización del predio	20
Cuadro 2.	Distribución del predio según categorías de drenaje interno del suelo	26
Cuadro 3.	Distribución de las principales coberturas de vegetación según categorías de drenaje interno del suelo	27
Cuadro 4.	Características módulos de restauración	34
Cuadro 5.	Características de plantación ZR2-C	38
Cuadro 6.	Características generales del bosque de restauración	38
Cuadro 7.	Especies seleccionadas para la restauración de ZR2	40

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Plano de ubicación del Fundo Cau Cau.	11
Figura 2.	Distribución territorial de la Zona 0, Distrito 0 y área de crecimiento 9 en la Comuna de Valdivia.	22
Figura 3.	Distribución espacial de los usos del suelo dominantes en el FCC en la unidad territorial superior.	23
Figura 4.	Distribución espacial del principal uso actual de la unidad en función de la capacidad de uso del suelo.	24
Figura 5.	Rol del Servicio de Impuestos Internos (SII).de predios colindantes al área de estudio.	24
Figura 6.	Representación tratamientos ensayo de restauración ZR2.	36

RESUMEN EJECUTIVO

En el Fundo Cau Cau de la ciudad de Valdivia, se efectuó una propuesta de ordenamiento predial y restauración ecológica.

Se recopiló antecedentes climáticos, edáficos, vegetacionales, topográficos e históricos del predio. Se realizó fotointerpretación estereoscópica en detalle.

Se segregó la formación de bosque pantanoso de temo (*Blepharocalyx cruckshanksii*) pitra (*Myrceugenia exsucca*) en categorías de cobertura de copas usando una escala de densidad de copas

Se efectuó 3 transectos en los que se registró la profundidad de raicillas finas, la presencia, color, profundidad libre de moteado en el suelo y la altitud respecto al mar. Se estableció una clasificación del predio en categorías de drenaje interno del suelo.

Toda esta información se digitalizó usando el programa ARC-VIEW 3.2®, extensión MNDNR *Stream Digitizin*.

Con esta base de información se desarrolló la zonificación del predio. Para el área de restauración se propuso estrategias de restauración por medio de un diseño experimental, una metodología de implementación y la estimación de los costos asociados.

Palabras clave. Humedales, zonificación predial, bosques pantanosos, restauración ecológica.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de la naturaleza y el mejoramiento de la calidad de vida se presentan como dos importantes desafíos a nivel país. Recientemente han sido consideradas dentro de las ocho medidas clave para una política nacional sobre los bosques nativos chilenos (Lara *et al.*, 2003).

Las principales amenazas sobre los ecosistemas del país (fragmentación, pérdida de biodiversidad) se relacionan íntimamente con la planificación que se hace del territorio. Abundan ejemplos en esta materia, entre ellos la escasa representatividad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), la expansión masiva de plantaciones forestales en determinadas cuencas y provincias y la sustitución del bosque esclerófilo en Chile central.

El ordenamiento territorial y la restauración ecológica son dos disciplinas que pueden ser aplicadas para contrarrestar este escenario hostil. Ambas proveen herramientas y soluciones a problemas complejos mediante enfoques transdisciplinarios, generan un marco integrador de trabajo y nuevos conocimientos para la ciencia.

El Fundo Cau-Cau (FCC), ubicado al norte del río Cau-Cau, frente a la Isla Teja, corresponde a una unidad geográfica de alto valor paisajístico y de conservación de la diversidad biológica. Constituye parte del complejo subsistema del estuario de la cuenca del río Valdivia y se caracteriza principalmente por ser un área ambientalmente sensible y de alta demanda residencial. El nuevo Plan Regulador de la Comuna de Valdivia (PRCV) considera al FCC como un espacio clave dentro del plan maestro bicentenario 2010 de renovación urbana, en donde se contempla la construcción de un puente entre el FCC e Isla Teja y de un barrio residencial a cargo de la empresa SOCOVESA.

La Universidad Austral de Chile (UACH) se suma al interés por esta unidad con una propuesta de Proyecto Ambiental denominado "Ecocentro", a desarrollar en el FCC, cuyo propósito es generar un espacio en Valdivia para el desarrollo científico (construcción de laboratorios, centros de investigación), cultural y recreativo.

La ejecución del Ecocentro en particular requiere de una propuesta de ordenación y restauración a escala predial que asegure un adecuado equilibrio entre el desarrollo residencial y la conservación y recuperación de sus recursos naturales.

El objetivo general de este Trabajo de Titulación es desarrollar un diseño predial y realizar propuestas concretas de restauración ecológica para el Ecocentro. Los objetivos específicos del trabajo son realizar una caracterización general del área de estudio, establecer una zonificación predial y elaborar un plan de restauración ecológica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Restauración ecológica

2.1.1 Definición y objetivos de la restauración ecológica

La Restauración Ecológica (RE) constituye una disciplina aplicada que deriva de la ecología, específicamente de la ecología de la restauración. La RE representa la práctica de restaurar ecosistemas (SER, 2004), y la ecología de la restauración su base científica y metodológica.

Hoy en día la RE se define como el “proceso de asistir la recuperación y manejo de la integridad ecológica, incluyendo un rango crítico de variables en biodiversidad, procesos y estructuras ecológicas, contexto regional e histórico y prácticas culturales sustentables” (SER, 1996).

Su objetivo general es reconstruir un ecosistema degradado o dañado, restituyendo su diversidad biológica, componentes estructurales y funcionamiento (Armesto *et al.*, 2005).

En Chile el desarrollo de experiencias de restauración ecológica es insipiente e insuficiente, siendo los esfuerzos de restauración del alerce (*Fitzroya cupresoides*) cerca de Puerto Montt, la primera experiencia establecida en 1999 (Lara *et al.*, en prensa).

Se utilizan como sinónimos de restauración conceptos como rehabilitación, reconstrucción, remediación y recreación. En este sentido, Hobbs y Norton (1996) sugieren que la restauración ocurre a lo largo de un continuo de estados de degradación, y las diferentes actividades mencionadas son simplemente formas distintas de restauración.

2.1.2 Origen y evolución del concepto

Ya en 1935, Clements (Keddy, 2000), exponía en su libro “Ecología Experimental en el Servicio Público” ciertas ideas de rehabilitación en áreas alteradas sobre la base del estudio del estado clímax de la vegetación”.

Sin embargo, las raíces de la restauración ecológica actual yacen en los estudios de Aldo Leopold y John Curtis, quienes entre los años 1934 y 1948 realizaron diversos tratamientos de restauración para establecer sitios de referencia dentro del arboretum de la Universidad de Wisconsin (Egan *et al.*, 2001; Higgs, 1997; Keddy, 2000; Noss *et al.*, 2006). Estos constituyen los primeros pasos en el concepto de restauración moderna.

El año 1964 fue clave para la RE con la creación de la Revista de Ecología Aplicada (*Journal of Applied Ecology*), la que incluyó en su primera edición el tema de recuperación de suelos (Noss *et al.*, 2006). También la publicación en 1981 de las

Notas de Restauración y Manejo (hoy llamadas Restauración Ecológica).

La fundación de la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica (SERI o SER) en 1987 y la inauguración de Ecología de la Restauración en 1993, dejan establecido el campo de la ecología de la restauración como una ciencia (Davis y Slobodkin, 2004) citado por (Noss *et al.*, 2006).

En el año 1990, la SER definía la RE como el “proceso de alterar intencionalmente un sitio para reestablecer un ecosistema natural e histórico definido”, siendo su principal objetivo recuperar al menos en parte la estructura, funcionamiento y dinámica del ecosistema tomado como referencia.

Esta postura controversial abría el debate en torno a responder y unificar criterios respecto a la posibilidad de identificar aquellos ecosistemas originales, ya sean históricos o naturales. A partir de esta época comienza una etapa más experimental y divergente, donde destaca la incorporación de nuevas definiciones venidas de otros campos de la ciencia.

La diversidad de enfoques de este periodo se refleja en la definición de la SER (1995) como “el proceso de reponer y mantener la salud ecosistémica”, lo que corresponde según Higgs (1997) a una simplificación del concepto producto de la dificultad conceptual del mismo.

Posteriormente y hasta la fecha el debate ha incorporado el tema de la percepción social y el rol del componente cultural en la restauración. Surgen conceptos como el de restauración ecosocial y restauración biosocial (Cairns, 1995; Janzen's, 1988). La SER adopta dichos criterios en la definición de la RE incluyendo al factor humano en el proceso de la misma.

2.1.3 Elementos clave de la restauración

Los elementos básicos de un proyecto de restauración son: el ecosistema de referencia, la escala espacio-temporal y la sucesión ecológica (SER, 2004).

En primer lugar el ecosistema de referencia o modelo sobre el cual se planifica el proyecto de restauración. Este se refiere a una combinación en particular de acontecimientos aleatorios que ocurrieron durante el desarrollo de un ecosistema (SER, 2004). La condición dinámica de los ecosistemas junto a la dificultad de establecer una referencia histórica, sugiere la necesidad de considerar un Rango de Variabilidad Histórica (RVH) para cada ecosistema (Egan y Howell, 2001). Por lo tanto, la condición de referencia se determina por medio del análisis de datos de cada una de las variables elegidas para el estudio del RVH (Egan y Howell, 2001). Como ejemplo, los mismos autores para un ecosistema forestal plantean el uso de la densidad histórica de árboles como una de las variables idóneas en la restauración.

Withe y Walter (1997), citado por Egan y Howell (2001), proponen cuatro modelos de referencia:

1. Sitios actuales para ser restaurados (igual tiempo, igual lugar).
2. Modelos históricos para la restauración de sitios (diferente tiempo, igual lugar).
3. Remanentes actuales (Igual tiempo, diferente lugar).
4. Remanentes históricos (diferente tiempo, diferente lugar).

Egan y Howell (2001) recomiendan utilizar una combinación apropiada entre el análisis de sitio (1) y la información del mismo sitio histórico (2). Con este enfoque, la combinación de información actual e histórica de un mismo sitio puede ayudar a disminuir las falencias de cada enfoque.

El segundo elemento clave de la RE es la escala de trabajo o alcance del proyecto de restauración. La escala se refiere a las dimensiones físicas de las entidades y fenómenos que se observan (Terradas, 2001), por lo que su determinación queda sujeta al criterio de quien realice un proyecto de restauración, quién decidirá (escala de trabajo) en función del conocimiento que tenga del área y de la información que disponga. Ahora bien, dado que los ecosistemas son entidades dinámicas, distintos autores recomiendan utilizar la escala de paisaje para la restauración, entendido el paisaje como un mosaico de ecosistemas que intercambian organismos, energía, agua y nutrientes (SER, 2004).

El tercer elemento clave de la RE es el conocimiento de la sucesión o trayectoria ecológica de un ecosistema. Una trayectoria ecológica es aquella que describe la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo debido a los procesos de sucesión ecológica. En la restauración, la trayectoria empieza con el ecosistema no restaurado y progresa hacia el estado deseado de recuperación que se expresa en las metas del proyecto de restauración y que es personificada en el ecosistema de referencia (SER, 2004).

Varios son los desafíos que se presentan respecto a la aplicación de la restauración en Chile. Por un lado la comprensión de los procesos y regímenes de perturbación natural y antrópica que existen en los ecosistemas y su utilidad en la implementación de modelos de restauración a diferentes escalas.

Existen incentivos actuales provenientes de organismos públicos que podrían ser utilizados en iniciativas de RE. Ejemplos de ellos son el DL701 del Ministerio de Agricultura y el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD) del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

Es de suma importancia encontrar aquellas estrategias de restauración lo suficientemente simples, directas, participativas, aceptadas por la comunidad y de fácil aplicación, que permitan que la restauración se convierta en una actividad de trascendencia e importancia sociocultural.

2.2 Ordenamiento territorial

El orden puede definirse como una condición en la que cada cosa está dispuesta de

manera de poder desempeñar el papel que le corresponde en un determinado contexto (D' Angelo, 2002).

El territorio constituye una porción delimitada de la superficie terrestre en la cual se desarrollan actividades humanas, que contempla elementos físicos y una coyuntura socioeconómica y cultural particular (Pérez, 2002). El territorio puede también constituir un sistema (sistema territorial compuesto por subsistemas), o conjunto de todos los elementos y procesos, naturales y artificiales, existentes en el territorio. (Gómez, 1993).

Por tanto, la ordenación del territorio (OT) busca optimizar y compatibilizar los usos del territorio, considerando elementos ecológicos, físicos, culturales y económicos.

La Carta Europea de ordenación del territorio (CMAT, 1983) define el OT como la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. Es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global, cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector.

Gómez (1993) plantea que los objetivos de la OT son el proporcionar las oportunidades mínimas que posibiliten la consecución de una adecuada calidad de vida para toda la población y en todo el territorio, así también conservar y desarrollar los fundamentos naturales de la vida (biodiversidad, procesos ecológicos esenciales) sin ir en desmedro del potencial de utilización del suelo y los recursos que contiene al largo plazo.

La planificación territorial ambiental o ecológica es un instrumento orientado a proteger, reparar y desarrollar las funciones ecológicas o ambientales del territorio (GORE, 2002), siendo un complemento al enfoque tradicional.

La OT debe ser planificada, considerando la integración de criterios ambientales, sociales y económicos. Así también debe ser flexible, adaptándose a las demandas y preferencias sociales y escenarios político-económicos.

2.2.1 Ordenamiento predial

La ordenamiento a escala predial constituye la ordenación de la unidad territorial básica de un municipio o comuna y corresponde a la administración local y privada del territorio por parte de su propietario, quien tiene que plantear un diseño de acuerdo a sus necesidades, funciones y preferencias, así también tomar decisiones de uso respecto a sus componentes, recursos, estructuras, espacios y actores sociales. En este caso el ecosistema predial representa la unidad de estudio del predio (Gastó *et al.*, 2002).

2.2.2 La zonificación en el ordenamiento del territorio

La acción de asignar usos, funciones, potenciales, valores u objetivos a distintos compartimentos de la superficie de la tierra se denomina zonificación, por lo que una zona determinada corresponde a la unidad elegida para representar un fenómeno o proyectar alguna estrategia (Gómez, 1993; GORE, 2000; GORE, 2002).

En Chile es común este tipo de acción, especialmente en áreas silvestres protegidas y en menor medida en predios rurales. Por lo general obedecen a una visión de equipo respecto a las potencialidades del territorio o a un condicionante económico o administrativo.

El medio físico, también denominado territorio y recursos naturales (Gómez, 1993), está formado por los elementos (el aire, el clima, el suelo, la vegetación, etc.) y procesos (ciclo de nutrientes) del ambiente natural, por lo que toda zonificación debiera incluir al menos algún elemento físico o condición de ese elemento en su metodología. En este sentido, toda zonificación que pretenda facilitar la restauración de la vegetación a escala predial debiera considerar en el proceso de ordenación los elementos que condicionan el desarrollo natural de este componente.

Como ayuda al proceso de zonificación, los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográficos (SIG) constituyen instrumentos esenciales para la representación, integración y modelación de las variables espaciales de interés para la gestión de un espacio geográfico dado (Gastó *et al.*, 2002), así también para la clasificación y sistematización de un importante volumen de información territorial (Allesch, 2002).

2.3 Drenaje del suelo y su relación con la vegetación

El drenaje del suelo se define como la velocidad del movimiento del agua del suelo a través de escurrimiento superficial y percolación que permite eliminar el exceso de agua (Schlatter *et al.*, 2003).

La excesiva humedad de un suelo puede ser producto del resultado de un drenaje externo o interno del suelo deficiente (Ellies y Mac Donald, 1989; Luzio, 1989).

El drenaje externo se refiere a la velocidad y cantidad relativa de agua que se mueve por escurrimiento sobre la superficie del suelo (Schlatter *et al.*, 2003), relacionado principalmente a características topográficas (Luzio *et al.*, 2001). Intervienen en el drenaje externo la pendiente, el perfil del suelo, el clima y la cubierta vegetal (Alcayaga, 2001; Schlatter *et al.*, 2003).

El drenaje interno del suelo se debe a sus constituyentes y al arreglo espacial de los mismos (Ellies y Mac Donald, 1989), principalmente la porosidad (Luzio, 1989), y depende de la textura, estructura, nivel freático y otras características del suelo (Schlatter *et al.*, 2003).

2.3.1 Drenaje restringido del suelo

El drenaje restringido corresponde a una condición natural o externa en que el suelo ve reducida la incorporación de Oxígeno (O₂).

El drenaje restringido de un suelo obedece a factores externos (topografía plana, abundantes lluvias, una napa freática alta permanente y la influencia del mar), internos (texturas pesadas, estructura cerrada, horizontes impermeables y poca actividad biológica en el suelo), o la combinación de ambos.

Un mismo tipo de suelo puede presentarse a lo largo de un gradiente de humedad derivada de la posición de la napa freática respecto de la superficie del suelo y, por lo tanto, de las raíces de los árboles (Donoso, 1989) y presentar o no una restricción de drenaje para el crecimiento vegetal, restricción que estará en función de la capacidad del suelo para evacuar el agua y de la capacidad de la vegetación de sobrellevar un período de abundante humedad edáfica. Por lo general, se puede asimilar el cambio de composición o abundancia relativa de ciertas especies en función de un gradiente de humedad del suelo.

Los suelos con humedad permanente presentan rasgos morfológicos asociados a condiciones de mal drenaje (Luzio *et al.*, 2001), o a exceso de humedad (Donoso, 1989), denominados rasgos redoximórficos (Luzio *et al.*, 2001) o hidrogénicos (Schlatter *et al.*, 2003).

El nivel de agua freática marca un horizonte gley de típico color grisáceo (Donoso, 1989), en donde procesos de reducción-oxidación del hierro (Fe⁺⁺) y manganeso (Mn⁺⁺) producen la aparición de moteados (Donoso, 1989; Luzio *et al.*, 2001; Schlatter *et al.*, 2003), los que se caracterizan según su abundancia, tamaño y contraste.

Los colores rojo, amarillo y gris, se relacionan con los diferentes estados de reducción o de oxidación del Fe. Los colores negros se deben a la reducción del carbono (C) y del Mn (Luzio, 2001).

En este sentido, el color del suelo es una característica que permite entre otras cosas inferir el drenaje y la aireación, así también el nivel freático (color grisáceo) y el contenido de materia orgánica del suelo.

El contenido de raíces en el perfil, en especial la profundidad de raíces finas ($\Phi \leq 2$ mm), indican la profundidad de arraigamiento del suelo, lo que permite establecer la relación actual entre suelo y planta (Schlatter *et al.*, 2003).

En general la falta de oxígeno, bajo ph y el exceso de aluminio suelen ser los factores de restricción.

2.3.2 Desarrollo de la vegetación en una condición de drenaje restringido

Las características internas y externas del suelo, asociadas a una condición climática, topográfica y de uso antrópico, determinan la composición, estructura y dinámica de la vegetación.

Cualquiera sea el origen y condición de los suelos con exceso de agua, existe un acuerdo entre diferentes autores de que estas tierras tienen como característica una vegetación hidromórfica o del tipo hidrófila (Donoso, 1989; Luzio *et al.*, 2001), vegetación que a su vez indica la condición de oferta de agua del suelo, el drenaje y la riqueza o falta de ciertos elementos nutritivos (Schlatter *et al.*, 2003). Además presentan restricciones de uso del suelo y para el crecimiento de determinadas plantas que no están adaptadas a esta condición de mal drenaje.

Hansen (2001) plantea como factor de sitio determinante de la forma y estructura de las raíces, la posición de la napa freática. En este sentido la vegetación hidrófila posee adaptaciones morfológicas y fisiológicas que le permiten establecerse en áreas de abundante humedad o anegamiento prolongado. Es el caso de raíces superficiales o adventicias a bajos requerimientos de O₂ (respiración anaeróbica).

Entre muchos ejemplos similares, San Martín *et al.*, (2002) sugiere que la segregación de especies vegetales en pantanos de Valdivia se debe principalmente a factores como el grado de anegamiento del suelo.

2.4 Breve marco de referencia para el desarrollo de estrategias de restauración con atención a la conservación de la biodiversidad

Es necesario proporcionar ciertos conceptos, aproximaciones al territorio y principios que permitan desarrollar una estrategia de restauración y conservación de la biodiversidad.

2.4.1 Conceptos y aproximaciones

El concepto de paisaje (*Landscape*) constituye una aproximación funcional al territorio y de suma utilidad para la planificación y gestión de la restauración.

El paisaje puede entenderse como un mosaico de elementos vinculados por flujos de materia y energía. Para Forman (1995), el paisaje es un conjunto de ecosistemas o clases de uso del suelo (elementos del paisaje) que se repiten constituyendo el elemento básico de la región.

Los principales componentes o elementos estructurales del paisaje son la matriz, formada por un determinado tipo de hábitat dominante y de máxima conectancia; los parches que, como islas, forman otros hábitats sobre esta matriz y que, cuando son pequeñas y enteramente rodeadas por la matriz suelen denominarse enclaves; los corredores, que son elementos alargados de conexión y los pasos discontinuos (*stepping stones*) o sucesión de pequeñas manchas o islotes que permiten el paso

de especies (Forman y Gordon, 1986), citado por Terradas (2001).

La estructura y pauta de grano del paisaje están determinadas por la distribución y tamaño de los elementos del paisaje, siendo ambas de suma importancia para la planificación de la conservación.

La estructura se relaciona íntimamente a la conectividad (capacidad de mantener procesos y conexiones), conectancia (conectividad física) y permeabilidad (tipo de ecotono o frontera entre dos áreas vecinas y varía en función de lo que haya a uno y otro lado de la frontera) del paisaje, atributos del paisaje que se relacionan en forma directa con la heterogeneidad y en forma inversa a la presencia de barreras antrópicas. Múgica *et al.*, (2001) destaca los movimientos migratorios, dispersivos, la polinización, los flujos de nutrientes, etc. como procesos relacionados con la estructura del paisaje.

Por lo general la conectividad entre dos áreas puede ocurrir de diversas formas (Anexo 2), como por ejemplo gracias a una matriz permeable (heterogénea, amplia y con conectancia), como se observa en el Anexo 2 a), o también gracias a ciertos elementos continuos del paisaje, como cursos de agua o quebradas Anexo 2 b) o también a elementos discontinuos en el paisaje Anexo 2 c) (*stepping stones*).

El modelo *matriz-parche-corredor* de Forman (1995) representa la integración espacial de la estructura del paisaje (Anexo 2 d), modelo que asume como unidades del paisajes los tipos de vegetación o uso de la tierra (Forman, 1995), citado por Priego *et al.*, (2004), que a su vez representan ecosistemas locales (Forman, 1995).

Otro modelo es el de *paisaje-continuo* de McIntyre y Hobbs (1999) (Anexo 2 e). El modelo reconoce cuatro clases de cobertura (Lindenmayer y Franklin, 2002). En los extremos del modelo continuo se encuentran el paisaje intacto (> 90% cobertura remanente) y el paisaje relicto (< 10% cobertura remanente). En la zona intermedia el paisaje variegado (60-90% de cobertura remanente) y el paisaje fragmentado (10-60% de cobertura remanente), siendo este último homólogo al modelo de *matriz-parche-corredor* (Lindenmayer y Franklin, 2002). Se observa que la pérdida de hábitat tiene una relación inversa con la conectancia y directa con el efecto borde.

2.4.2 Principales amenazas sobre la biodiversidad de un territorio

Hoy por hoy se considera el cambio de uso de suelo (Terradas, 2001) y el proceso de fragmentación (Forman, 1995) como los principales responsables de la pérdida de hábitat y cambio de la estructura del paisaje.

La fragmentación constituye un proceso dinámico y continuo de división de elementos paisajísticos en elementos progresivamente más pequeños (Múgica *et al.*, 2001). La pérdida de hábitat constituye una fase secuencial de un proceso espacial de transformación de la tierra compuesto de otros procesos traslapados, como es la perforación o intrusión, división regular, fragmentación, contracción o reducción y desaparición de sus elementos (Forman, 1995). Múgica *et al.*, (2001) menciona a la

expansión urbanística, los procesos de industrialización, la agricultura, silvicultura intensiva y los fenómenos de expansión de las infraestructuras como las principales causas de la fragmentación.

Respecto a las infraestructuras, Lindenmayer y Franklin (2002) destacan el efecto negativo de las diferentes vías de transporte (caminos, vías rápidas, caminos secundarios, rieles, etc.) sobre la biodiversidad terrestre y los procesos ecosistémicos. Específicamente como barreras dispersivas, vías de especies invasoras, en la alteración de la composición y estructura de los ecosistemas, fragmentación del ambiente físico y en el efecto borde. Respecto al ecosistema acuático, los caminos desestabilizan la forma del suelo e incrementan la sedimentación, alteran el régimen hidrológico y el movimiento de organismos acuáticos.

2.4.3 Principios y estrategias de conservación

Dos son los principios básicos de considerar en cualquier proyecto de restauración con atención a la conservación de la biodiversidad local de un área.

El primero de ellos es la **conectividad** del territorio, que es función de la textura, conectancia y permeabilidad de la matriz y del tipo de especies involucradas. El grano o tamaño de los elementos de la estructura del paisaje, que se mide por el diámetro medio o la superficie media de los elementos que lo forman (Terradas, 2001), es de suma importancia en la planificación de la conservación. Un paisaje en donde dominan estructuras de gran tamaño (grano grueso) será ideal para diseñar estrategias de conservación de especies generalistas, mientras que en un paisaje de grano fino se deberá prestar atención a las especies especialistas.

La conectividad es de suma importancia ya que influye en la persistencia y recuperación de ciertas poblaciones luego de una perturbación (Lamberson *et al.*, 1994) y en la ocupación de parches hábitat (Villard y Taylor, 1994), citados por Lindenmayer y Franklin (2002). Estrategias de corredores riparianos continuos y discontinuos pueden contribuir substancialmente al mantenimiento de la conectividad de un territorio. Lindenmayer y Franklin (2002) mencionan otras estrategias relacionadas a este principio de conectividad, como son la protección directa de hábitats sensibles, la retención de vegetación en áreas de manejo forestal, la planificación cuidadosa de infraestructuras y la ejecución permanente de obras de restauración del paisaje.

El segundo principio es el de complejidad espacial o **heterogeneidad** del paisaje (Lindenmayer y Franklin, 2002). En general, la diversidad de especies es mayor en los paisajes más heterogéneos ya que la coexistencia de diferentes tipos de usos del suelo supone una mayor riqueza de ecosistemas y permite la coexistencia de grupos de especies que explotan nichos diferentes (Múgica *et al.*, 2002). Lindenmayer y Franklin (2002) proponen implementar estrategias como la creación de pequeñas áreas de protección, planificación espacial de áreas de manejo y planificación de infraestructuras para el mantenimiento o mejora de la heterogeneidad espacial.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Material

3.1.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde al predio “Fundo Cau-Cau”, ubicado administrativamente en la X Región de los Lagos, provincia y comuna de Valdivia. Sus coordenadas geográficas son 39°47'32" Latitud Sur y 73°14'56" Longitud Oeste, como se observa en la Figura 1. Actualmente se puede acceder al predio vía terrestre (Avda. España) o en embarcación menor por el atracadero existente en el estero Santa Rosa, en el sector Norte del predio.

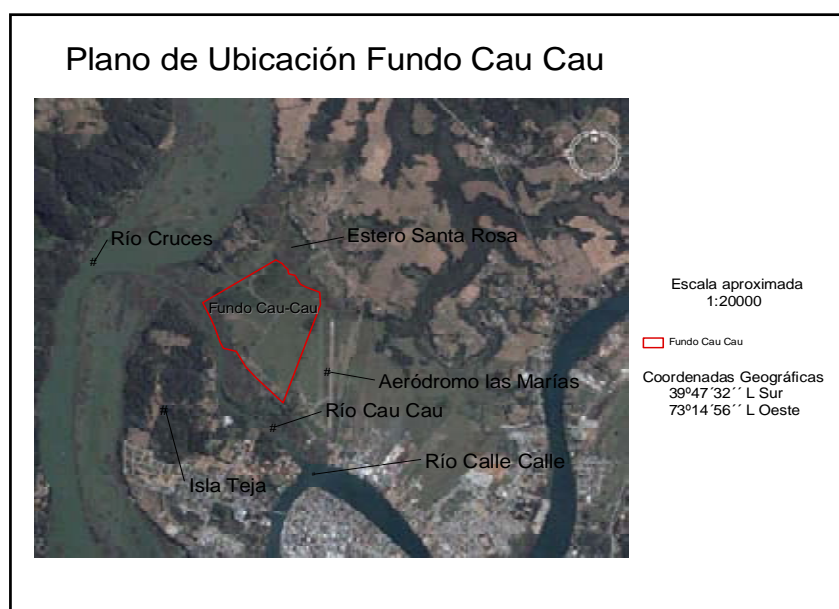


Figura 1. Plano de ubicación del Fundo Cau Cau. Fuente: Fotografía Google Earth 2006.

El área forma parte del denominado subsistema del estuario de la cuenca del río Valdivia (Rojas, 2002). Posee una superficie total de 127,06 ha, las que se dividen en 67,03 ha de propiedad de la UACH y 62,7 de propiedad de la inmobiliaria SOCOVESA. El predio está circunscrito por el río Cau-Cau en su extremo este y por el estero Santa Rosa en su extremo oeste. El límite Norte se compone de un conjunto de propiedades particulares y por el Sur limita con el aeródromo las Marías.

Dominan el paisaje extensiones de praderas secundarias, tierras de cultivo de papa que han sido abandonadas en los últimos 2-3 años, matorrales y fragmentos de bosque pantanoso. Antiguos cercos, drenajes abandonados y viejos árboles frutales hacen lectura de un pasado de uso agropecuario. Se observa abundante ganado y un cerco que divide al predio en dos. Es frecuente escuchar el canto de aves, entremezclado con el sonido de vehículos, embarcaciones que navegan por el río

Cau Cau y una que otra avioneta que sobrevuela el área.

3.1.2 Origen del área

El origen del suelo del área de estudio se relaciona con el ascenso postglacial del nivel del mar de la última glaciación, período en el cual se depositaron sedimentos fluviomarinos, lo que junto a sedimentos holocénicos, generaron zonas de depósito o las que hoy denominamos vegas, que por lo general se posicionaron de forma paralela a cursos fluviales (Rojas, 2002).

Producto de la subsidencia del terreno (1,8 m en promedio) producto del terremoto del 22 de mayo de 1960 (Rojas, 1990), secciones ribereñas de las llanuras fluviales experimentaron una inundación permanente, generándose los humedales de totora que hoy se divisan tanto en el río Cau Cau como en el estero Santa Rosa. Para el caso de Valdivia, Rubilar (2002) clasifica a los humedales de la ciudad como del tipo ribereños, formados por el estuario en sectores medios y superior, de característica fluvio-pluvial y de influencia marina, y que presentan una cota inferior a los fluctuantes niveles fluviales (Rojas, 2002).

No existe información específica, pero es indudable que las crecidas del río Valdivia depositaron una y otra vez sedimentos fluviales sobre estas áreas deprimidas. De hecho, en los últimos 104 años de historia, la ciudad ha experimentado 69 eventos de inundaciones, de las cuales el 80% corresponde a pequeñas inundaciones (Rojas, 2002).

Algunas zonas bajas en la ciudad de Valdivia han sido rellenadas por el hombre, constituyendo una prolongación de las terrazas fluviales existentes en la ciudad, lo que Rojas (1990, 2002) denomina terraza de relleno antrópico. Según Varela (1976), para los rellenos se utilizaba una mezcla de limo, arena, ripio, esquistos micáceos alterados y escombros.

El uso de relleno antrópico para la habilitación del área residencial predio Cau-Cau es evidente. La presencia de praderas agrícolas en las zonas más bajas del predio y el terraplén del camino que atraviesa toda la propiedad lo demuestran.

La fuerte intervención antrópica (construcción del terraplén, rellenos de habilitación agrícola y floreo del bosque original), junto a acontecimientos climáticos (terremoto, inundaciones periódicas) condicionan un paisaje antropizado y lejano al paisaje original.

3.1.3 Clima

El área de estudio se caracteriza por poseer un clima templado lluvioso con influencia mediterránea (Cfsb2).

La temperatura media anual en la ciudad de Valdivia es del orden de 12,1°C, con una amplitud de oscilación de 9°C. El mes más cálido es Enero con 17°C y el más frío es

Julio con 7,7° (Iroume, 1996) citado por Rojas (2002).

Según información consultada (Rojas, 2002), el promedio de precipitaciones anuales para un periodo de 41 años (1961-2002) es de 2272,3 mm, fluctuando un mínimo de 1396,6 mm (1998) y un máximo de 2936,9 mm (1969). Los meses más lluviosos son los de mayo a agosto, donde precipita el 62% del total (Rojas, 2002).

La evapotranspiración anual en la parte baja de la cuenca es del orden de los 670 mm, siendo enero y junio los meses de máxima y mínima evapotranspiración.

La humedad relativa es de un 83% como promedio anual para Valdivia (San Martín, 1992).

3.1.4 Geología y geomorfología

Esta zona se inserta en la denominada Depresión de San José, que corresponde a una depresión tectónica que separa los relieves oriental y occidental de la Cordillera de la Costa (Mansilla, 1997). Su pendiente es menor a 5%.

Depósitos sedimentarios del Pleistoceno superior y Holoceno, principalmente fluviales, límnicos, palustres y estuarinos, constituyen el relleno natural de la cuenca, bajo la forma de terrazas y llanuras de inundación fluvial (Rojas, 2002).

El predio posee una cota máxima y mínima de 3,6 y 0,11 m s.n.m. Gran parte del predio se ubica por debajo de la cota máxima que puede alcanzar el río en un ciclo de marea, medido en metros sobre el Nivel de Reducción de Sondas (NRS)¹, lo que corresponde en promedio a 3 m NRS (2,1 m s.n.m) (Rojas, 2002), lo que significa una influencia permanentemente del nivel freático producto de la interacción del caudal y la marea, condicionando un ambiente sumamente húmedo y anegadizo gran parte del año.

3.1.5 Suelo

El suelo que conforma el área de estudio corresponde a una vega aluvial, formado en sus inicios por el ascenso postglacial el cual según Illies (1970) citado por Rojas (2002) habría implicado el relleno de las llanuras de inundación con sedimentos fangosos y arenosos hasta unos 5 m NRS, para luego adquirir los depósitos de sedimentos fluviales producto de las crecidas del río Calle-Calle (Nissen, 2001) y de

¹ Corresponde al nivel mínimo mareal (bajamar) de una localidad.

los ríos que colindan el predio.

El suelo se clasifica actualmente dentro de la serie Las Marías, típico de terrenos bajos de topografía plana (1% pendiente). Presenta una textura limo-arenosa de composición mixta depositado en forma de un plano depositacional no glacial (Nissen, 2001). Rojas (2002) describe para sectores ribereños del río Calle-Calle/Valdivia suelos arenolimosos, de textura media y granos angulares.

Por su ubicación en el relieve, estos suelos son afectos a periodos de anegamiento, principalmente en invierno y en primavera, pudiendo alcanzar 4 – 6 meses anegados, lo que reduce la tasa de descomposición y mineralización de la hojarasca y la actividad radicular (Ramírez *et al.*, 1995).

Son suelos saturados donde el nivel freático se ubica en algunos sectores a menos de 0,2 m de la superficie en invierno y a 0,5 y 2 m bajo la superficie en el verano (Rojas, 2002). Constituye un ambiente léntico, somero y de condiciones salobres (San Martín, 1992).

El régimen de elementos nutritivos es en general moderado; la disponibilidad de nitrógeno es limitada por la baja tasa de mineralización de la materia orgánica. En general posee bajos niveles de elementos nutritivos, los que disminuyen en profundidad. Las limitaciones más frecuentes son: drenaje interno restringido, profundidad arraigable, disponibilidad de nitrógeno, fósforo y bases (Schlatter *et al.*, 2003).

3.1.6 Hidrografía

El río Cau-Cau y el estero Santa Rosa que circundan al predio pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Valdivia. El río Valdivia, en la zona que atraviesa la ciudad, corresponde a un estuario, por lo que el FCC se ve fuertemente influenciado por la marea, aunque el gran número de cauces interconectados y las áreas ribereñas inundadas reducen la amplitud de mareas hacia aguas arriba de la desembocadura (Rojas, 2002).

3.1.7 Vegetación

Actualmente el predio presenta 3 formaciones principales: a) formaciones palustres en las riberas del río Cau-Cau y estero Santa Rosa, b) praderas secundarias producto de rellenos artificiales e introducción de ganado y c) formaciones boscosas del tipo pantanoso, todas ellas en un gradiente de intervención antrópica y formando un mosaico heterogéneo.

Se presentan tres formaciones palustres, dispuestas en franjas paralelas no lineales respecto a los cursos de agua. Domina en sectores ribereños de anegamiento edáfico permanente el pantano de totora, siendo la totora (*Scirpus californicus*) la especie principal. Según San Martín *et al.*, (1993) el totoral es la asociación palustre más abundante en el centro-sur de Chile. Esta especie se caracteriza por recuperar y estabilizar áreas inundadas por medio de rizomas, pudiendo crecer 2 m en altura en

un año (San Martín, 1992; Rubilar, 2002). Por medio de la abundante regeneración, caída y descomposición de sus culmos aéreos, incorpora abundante materia orgánica en forma de necromasa, enriqueciendo el sustrato. Un aspecto importante es su tolerancia a la salinidad y régimen mareal, (Rubilar, 2002), además de la capacidad de atrapar sedimento en suspensión (Ramírez *et al.*, 1995). Estas características hacen de la totora un colonizador de áreas inundadas y un facilitador sumamente importante para la vegetación.

Inmediatamente después, en suelos de anegamiento estacional, se encuentra el pantano de totora y cortadera (*Carex riparia*). Según San Martín (1992) coloniza áreas de relleno, donde primitivamente crecía el bosque de mirtáceas. En la dinámica vegetal esta comunidad reemplaza al pantano de totora (San Martín, 1992; Rubilar, 2002). En el FCC se le ve entremezclado con el pantano de totora, con presencia ganadera y formando una franja más ancha que la anterior.

La tercera formación palustre constituye la pradera húmeda de junquillo (*Juncus procerus*), asociación secundaria distribuida en la totalidad del predio. Constituye un buen indicador del drenaje restringido y la fuerte alteración ganadera, ya que presenta un alto valor forrajero. En la literatura se define como un estado climax zoo-antrópico edáfico o clímax edáfico antropogénico (San Martín, 1992; Rubilar, 2002). Se le ve en el predio colonizando zanjas de drenaje y áreas donde el pantano de totora y cortadera disminuyen su importancia. También se observa en esta pradera remanentes del bosque original y antiguas huertas frutícolas abandonadas. Suele además entremezclarse en praderas secundarias.

Las praderas secundarias obedecen a un gradiente de alteración antrópica. Sumamente interesante y explicatorio resulta la presencia de una amplia pradera secundaria restringida a la ribera del río Cau Cau y en donde domina zarzamora (*Rubus constrictus*) y galega (*Galega officinalis*), ambas alóctonas y que se presentan en rellenos más orgánicos (antiguos basurales, presencia de madera) típicos de la práctica de habilitación de vegas por medio de terrazas de relleno antrópico (Rojas, 2002).

La formación de pradera dominante es la comunidad secundaria pantanosa de helecho costilla de vaca (*Blechnum chilense*) y zarzamora. Según San Martín (1992), crece preferentemente en sustratos que diariamente están sometidos a fuertes fluctuaciones de agua. Es importante en la dinámica vegetal, ya que tiene un alto componente de mirtáceas, lo que indicaría una etapa seral, a partir de la que se podría regenerar una cubierta primitiva. El en FCC ocupa sectores bajos y ribereños, formando un ecotono entre el bosque pantanoso y el área de formaciones palustres y de pradera. Lo más lógico es suponer la presencia de fuego y posterior abandono, aunque según registros fotográficos, la construcción del terraplén ocasionó un cambio drástico (efecto dique sobre la conductividad hidráulica del suelo) en el drenaje y con ello la aparición de esta formación de matorral.

La formación boscosa presente en el FCC corresponde al tipo pantanoso de temo - pitra (*Blepharocalyx cruckshanksii* - *Myrceugenia exsucca*), también conocido como

bosque de vega, bosque de mirtáceas, “pitranco”, “pitranco” o “hualve”. Acompañan especies como el canelo (*Drimys winteri*) y el maitén (*Maytenus boaria*). Los bosques pantanosos son clasificados como humedales boscosos de agua dulce (Xf), según clasificación de humedales propuesta por RAMSAR².

El bosque pantanoso corresponde a una formación azonal siempreverde, que se presenta en áreas de abundante humedad edáfica, monoestratificado y con un dosel arbóreo que no supera los 18-20 m de altura (Donoso, 1989; Ferriere, 1982; González *et al.*, 2003; Ramírez *et al.*, 1995; Rubilar, 2002; San Martín, 1992). Se distribuye en forma fragmentada en toda la Depresión intermedia de la región de los bosques caducifolios templados (38°14` - 41°20` S) (Ramírez *et al.*, 1995).

Abundan descripciones fitosociológicas del bosque pantanoso en Chile, sin embargo, pocos son los estudios respecto a su ecología y dinámica. Ferriere (1982), por medio de un análisis geográfico en la X Región, demostró la similitud florística e inexistencia de subasociaciones, validando la condición azonal antes descrita. Establece además una clasificación del bosque pantanoso que nos parece apropiada, en función de la duración y movilidad del agua, dividiendo esta asociación en:

- Hualves en cursos de agua influenciados por la corriente, crecidas y mareas.
- Hualves en zonas de drenaje restringido, escurrimiento lento, drenaje lateral y por infiltración
- Hualves en aguas estancadas con drenaje solamente por infiltración y evaporación.

La flora de los bosques pantanosos está integrada por 257 especies, pertenecientes a 147 géneros y 74 familias de plantas vasculares. La familia de plantas leñosas más abundante es Myrtaceae, con 10 especies distribuidas en los géneros *Amomyrtus*, *Blepharocalyx*, *Luma*, *Myrceugenia* y *Tepualia*, siendo las dominantes pitra, temo y chequén (*Luma chequen*) (Ramírez *et al.*, 1995). Todas las especies presentes en estos bosques poseen características que les permiten resistir el anegamiento prolongado, aunque un anegamiento mayor a 10 meses reduce la capacidad de crecimiento. Los sistemas radiculares son horizontales y se desarrollan cerca de la superficie del suelo (< 40 cm de profundidad) (Ramírez *et al.*, 1995), por lo general poseen la capacidad de regenerar de tocón y formar raíces adventicias. San Martín (1992) sugiere que pitra es la especie mejor adaptada a las condiciones restrictivas de este tipo de ambiente.

² Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional como Hábitat de las Aves Acuáticas, Irán (1971).

Existe un consenso en considerar al bosque de temo-pitra como la fase sucesional final del hidrosere (Ramírez *et al.*, 1995; San Martín, 1992; Rubilar, 2002). Ramírez *et al.*, (1995) describe dos posibles vías sucesionales de desarrollo del bosque pantanoso, considerando o no la alteración del hombre y la pendiente del terreno junto a un cuerpo de agua. Utiliza en este caso la teoría clásica de sucesión aplicada a ambientes dulceacuícolas, en donde la vegetación va colonizando el cuerpo de agua. A modo general, el proceso comienza con el paso de comunidades acuáticas sumergidas o natantes a pantanosas, luego la formaciones de una pradera húmeda para finalizar en la etapa de bosque pantanoso de temo-pitra. La sucesión no se presenta como un proceso determinista, más aun en un entorno tan antropizado como es el caso del FCC.

El área de estudio posee en sus praderas elementos arbóreos del bosque pantanoso, lo cual es indicador de la factibilidad de colonización del área. Esta situación se observa especialmente en la pradera que domina el helecho costilla de vaca y la zarzamora, donde existe abundante regeneración de temo y pitra, generalmente de rebrote y arrayán (*Luma apiculata*) de semilla. Ferriere (1982) menciona al maitén (*Maytenus boaria*) y al chin-chin (*Myrceugenia gayana*) como especies colonizadoras de pantanos, que si pueden verse regenerando en el FCC, al que agregaríamos el maqui (*Aristotelia chilensis*).

Diversos estudios concuerdan respecto a la sobreexplotación y mal estado de conservación de esta formación boscosa producto del floreo y la habilitación de tierras para la agricultura y ganadería (Hauenstein *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 1995).

Es considerada esta asociación boscosa junto al totoral como un hábitat importante para el refugio y nidificación de fauna, entre las que se cuentan especies con problemas de conservación, como el huillín (*Lontra provocax*), güiña (*Felis guigna*), torcaza (*Columba araucana*) y quique (*Galictis cuja*) (Hauenstein *et al.* 2002).

3.1.8 Antecedentes del área de estudio respecto a su potencialidad de uso residencial

El Plan Regulador de la Comuna de Valdivia (PRCV), el que se encuentra en elaboración, considera para el área Cau Cau una superficie total de 219,7 ha, de las cuales 76 ha son habitables y 143,7 ha no son habitables. La habitabilidad de esta área es función de la pendiente (se excluye áreas planas) y la presencia de zonas húmedas de protección o riesgo de inundación (bajo la cota 2 m s.n.m). Respecto a este último punto, el anteproyecto del PRCV establece para el sector Cau-Cau un área no habitable de 71,9 ha de restricción por pendiente y 71,7 ha de restricción por zona húmeda (formación de totora).

El PRCV reconoce 4 tipologías de uso en el área de estudio (Anexo 3). A saber zonas de uso residencial de borde y expansión (ZU 4), zonas de restricción parques (ZRi 4), zonas de protección de hualves o vegas (ZP 2) que abarca únicamente la ribera del río Cau Cau y zona de protección de bosques (ZP 3), que incluye el extremo norte del predio.

Según información disponible del levantamiento topográfico del área de estudio y utilizando los criterios establecidos por el mismo anteproyecto del PRCV, el predio posee una superficie potencialmente inundable (bajo la cota de 2 m s.n.m) equivalente a un 66% del total predial, lo que corresponde a 86,9 ha.

Si bien estos datos son claros y categóricos respecto a la habitabilidad del área, factores como la cercanía al centro urbano más importante de la provincia, la proyección del nuevo puente sobre el río Cau Cau y el interés económico del proyecto inmobiliario, han primado sobre las restricciones naturales del área.

3.2 Método

3.2.1 Caracterización biofísica del área de estudio.

Recopilación de información. Durante el mes de febrero y marzo del año 2006 se recopiló información disponible en la biblioteca de la UACH e internet relativa al tema y área de estudio. Se revisó en el Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la UACH material cartográfico (cartas IGM y ortofotomosaico-CIREN) y fotográfico (fotografías aéreas y ortofoto del predio escala 1:5000). Respecto a información digital, se revisó el Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (Catastro del bosque nativo, en adelante) (CONAF *et al.*, 1999) y el Sistema de Ordenamiento Territorial de la X Región (Schlatter *et al.*, 1995). Durante la realización del trabajo de titulación se revisaron fotografías aéreas antiguas de la ciudad de Valdivia y se trabajó a modo visual con el programa *Google Earth* para una apreciación más amplia del predio.

Fotointerpretación previa. Utilizando la metodología del Catastro del bosque nativo (CONAF *et al.*, 1999) se definió una escala de trabajo de 1:5.000, una Unidad Mínima Cartografiable (UMC) de 0,5 cm² en la fotografía (625 m² en terreno) y un ancho mínimo de polígono de 1 mm (5 m). Se adquirió las micas transparentes, lápices de fotointerpretación color rojo, verde y azul (STAEDTLER Lumocolor). Se dibujó con regla geométrica distintas figuras con superficie equivalente a la de la UMC. Posteriormente, se utilizó un estereoscopio de mesa y se identificó y codificó las Unidades Cartográficas Homogéneas (UCH) (Lara y Sandoval, 2003).

Descripción de terreno. Se elaboró un formulario para el levantamiento de información de terreno para cada UCH, usando una combinación de atributos propuestos por Lara y Sandoval (2003) y Schlatter *et al.*, (2003). Se estableció las siglas y códigos para cada atributo. (Anexo 4). Se visitó dos veces el predio, momento en el cual se recorrió todas las unidades homogéneas y se georeferenció (GPS marca Garmin VistaC) todo tipo de infraestructura, límites prediales, caminos principales, zonas de inundación temporal y áreas de cultivo. Se reconoció en terreno las especies arbóreas y arbustivas principales de los fragmentos de hualves y de las áreas de transición bosque-pradera. Se recolectó especies herbáceas y arbustivas dominantes de cada sector.

Fotointerpretación detallada. Se realizó fotointerpretación detallada de cada UCH. Con la ayuda de una escala de densidad de copas impresa en mica transparente, se segregó todos los polígonos con presencia de vegetación boscosa en cuatro categorías de cobertura de copas según valores críticos (%). A saber, Bosque denso (> 75% de cobertura), Bosque semidenso (50-75%), Bosque abierto (25-50%) y Bosque muy abierto (10-25%), los que fueron dibujados sobre la mica transparente, así también se fotointerpretó en detalle toda formación vegetal que alcanzara el tamaño de la UMC en cada UCH. Fueron marcados también elementos tales como cercos, zanjas de drenaje y desagües, zonas de inundación invernal (sector colindante al terraplén), caminos, construcciones y otra infraestructura. Fueron también referenciados algunos elementos vegetales lineales (setos vivos, zanjas de drenaje colonizadas por junquillo), los que se consideró importantes como conectores o corredores a escala predial.

Sectorización física del predio Cau-Cau. Se estableció un sistema de transectos (catenas) (Schlatter *et al.*, 2003) a lo largo y ancho del predio, con el propósito de sectorizar el área en categorías de drenaje interno. Las variables medidas en terreno fueron la profundidad libre de moteado (cm), profundidad de raicillas finas (cm) y la altitud respecto del mar (m s.n.m). Para tal efecto, se trazó sobre la ortofoto del predio con ayuda de la extensión MNDNR *Stream Digitizin* del programa ARC-VIEW 3.2®, tres transectos de distinta longitud y rumbo geográfico, en los que se distribuyó puntos de muestreo distanciados lo más uniforme posible según las condiciones de accesibilidad. (Anexo 5). Se confeccionó un formulario de terreno y con la ayuda de un barreno recto de 1 m, se caracterizó en cada punto de muestreo las variables ya mencionadas, las que fueron medidas con una regla sobre el barreno y registradas en el formulario, La variación altitudinal (m s.n.m) fue medida con un GPS, la que fue corregida con información topográfica del predio facilitada por la consultora Dimming S.A. de Valdivia.

Una vez realizada la toma de datos en terreno, se ploteó las variables en un gráfico de líneas, para lo que se utilizó el *software* Microsoft Excel®. Se consideró de un modo simultáneo el comportamiento de las variables, y se identificó cinco sectores o áreas de drenaje (Anexo 6). Se utilizó para la sectorización, la vegetación como indicador del tipo de drenaje interno.

En el siguiente Cuadro 1 se presenta la clasificación de drenaje establecida para el área de estudio.

Cuadro 1. Tipos de drenaje interno restringido usados en sectorización del predio.

Tipo de Drenaje	Parámetro de medición	Características de apoyo
Agua permanente	Ninguno.	Presencia de cuerpo de agua permanente.
Drenaje interno impedido	Napa freática superficial. Presencia de Moteado en superficie. Menos de 10 cm de RFA* en profundidad.	Vegetación pantanosa. Color grisáceo. Textura arenosa. Altitud bajo los 0,61 m s.n.m.
Drenaje muy pobre	Primeros 20 cm del suelo libre de moteado y con presencia de RFA.	Vegetación arbórea, principalmente mirtáceas. Altitud entre 1,11 y 0,61 m s.n.m.
Drenaje pobre	Primeros 30-40 cm libre de moteado. Sobre 40 cm de RFA en profundidad	Especies de pradera secundaria. Altitud entre 1,11 y 1,61 m s.n.m.
Drenaje moderado	Sobre 50 cm libre de moteado y con RFA.	Altitud sobre los 1,61 m s.n.m.

RFA: Raicillas finas abundantes.

Digitalización de información. Se digitalizó sobre la ortofoto predial toda la información obtenida de la fotointerpretación. A ello se agregó la división predial y el área potencialmente inundable según criterios establecidos por Rojas (2002). Con este procedimiento se pudo elaborar mapas temáticos. Para ello se utilizó la extensión MNDNR *Stream Digitizin* del ARC-VIEW 3.2®.

3.2.2 Ordenamiento del Fundo Cau-Cau

La condición de alto valor ambiental y demanda de uso del predio amerita establecer una zonificación que compatibilice la recuperación y conservación de sus recursos con la implementación de otros usos extensivos. Con este propósito, es que se presentan los objetivos específicos de ordenamiento y distintos criterios y zonas que se utilizarán en la zonificación del área de estudio.

Objetivos específicos de ordenamiento.

- Establecer zonas de acuerdo a criterios ambientales y potencialidad de uso.
- Permitir el uso del predio protegiendo los recursos naturales.
- Mejorar la conectividad intra y extra predial.
- Proponer normas de uso para cada zona.

Criterios a utilizar en la zonificación. Se utilizó los siguientes criterios en la zonificación del área.

- Presencia-ausencia del proyecto inmobiliario.
- Área proclive y no proclive a inundación.
- Presencia y singularidad de la vegetación nativa.
- Protección legal a cursos de agua.
- Potencialidad de uso extensivo.

Tipología de zonas a utilizar. Para tal efecto, se utilizó como base metodológica la zonificación de áreas silvestres protegidas definida por Oltremari y Thelen (2003) y otras zonas utilizadas en manejo de áreas protegidas. Para cada zona se definió su objetivo general y normas de uso.

3.2.3 Restauración ecológica. Proyecto ambiental Ecocentro

Se delimitó dos unidades de restauración ecológica. ZR1 y ZR2. Se utilizó los siguientes criterios:

- Representatividad a escala predial.
- Factibilidad técnica de restauración.
- Conectividad o factibilidad de generar conectividad con áreas núcleo del o fuera del predio
- Alteración del medio.

Para cada una de ellas se siguió la siguiente metodología.

1. Descripción e importancia del sitio.
2. Objetivos de restauración.
3. Selección de especies y diseño experimental de restauración.
4. Implementación de restauración.
5. Costos de restauración.
6. Cronograma de actividades.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Breve análisis integrado de información territorial

Utilizando el Sistema de Ordenamiento de la Tierra (SOT) (Schlatter *et al.*, 1995) podemos situar el área de estudio en la Zona 0 (vertiente occidental de la Cordillera de la Costa), que representa parte de una región macroclimática caracterizada por un régimen térmico moderado. Según características climáticas anuales, el área pertenece al Distrito 0, determinado espacialmente por un régimen térmico invernal moderado (5-10 días/año con heladas y 2-3 meses/año con temperaturas mínimas absolutas $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.), un régimen de humedad anual favorable (precipitaciones $> 1800\text{ mm}$ y un periodo seco de hasta dos meses) y un régimen de humedad estival adecuado a moderado (favorable humedad relativa del aire en verano). Respecto a características edáficas, el predio pertenece al área de crecimiento 9, que se caracteriza por suelos derivados de ceniza volcánica, aluviales y en terrenos bajos planos a ondulados y de alta napa freática (Schlatter *et al.*, 1995).

Este conjunto de características expresadas territorialmente (Figura 2) suma un total comunal de 11.991 ha, lo que representa un 11,7% de la Comuna de Valdivia.

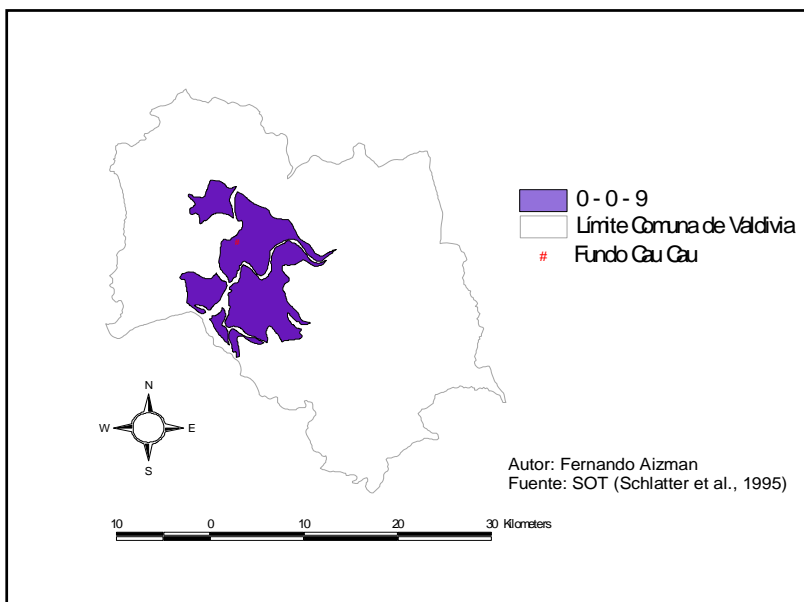


Figura 2. Distribución territorial de la Zona 0, Distrito 0 y área de crecimiento 9 en la Comuna de Valdivia.

Este contexto territorial dado por un área extensa de similares características macroclimáticas y edáficas, junto a la expresión espacial de todos los usos del suelo que dominan en el área de estudio (Figura 3), constituye la base de análisis de la unidad territorial superior o Región (suma de paisajes homólogos) en el sentido de

Forman (1995), escala en donde es posible hacer un análisis comparativo entre el paisaje del predio y el de su entorno, como por ejemplo la relación capacidad de uso- uso actual del suelo.

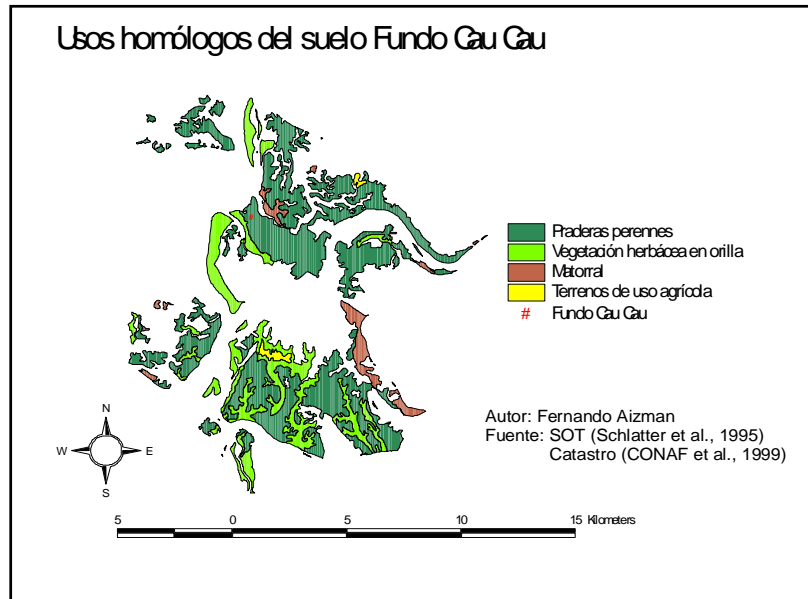


Figura 3. Distribución espacial de los usos del suelo dominantes en el FCC en la unidad territorial superior.

Más del 50% (6.291 ha) del área territorial común (unidad superior) definida según los atributos establecidos por el SOT y el Catastro del Bosque nativo (CONAF *et al.*, 1999) se constituye de los principales usos de suelo presentes en el FCC, siendo el uso praderas perennes el de mayor representatividad (68,7%). Le sigue en importancia la vegetación herbácea, con un 24,3%. Respecto a la capacidad de uso del suelo, la mayor proporción de superficie corresponde a la capacidad de uso IV-VI (32,3%). Le sigue la capacidad de uso II, con un 27,4%.

El principal uso actual de la unidad superior (Pradera perenne) se distribuye en un 39,6% en la capacidad de uso IV-VI, como se observa en la Figura 4, lo que se ajusta a una intensidad de uso compatible con esta categoría de uso del suelo. Ahora bien, un 28,2% de este uso actual se distribuye en la categoría de uso II, lo que constituye un aprovechamiento y orden poco eficiente del territorio, más condicionado por factores de accesibilidad que por criterios de uso eficiente.

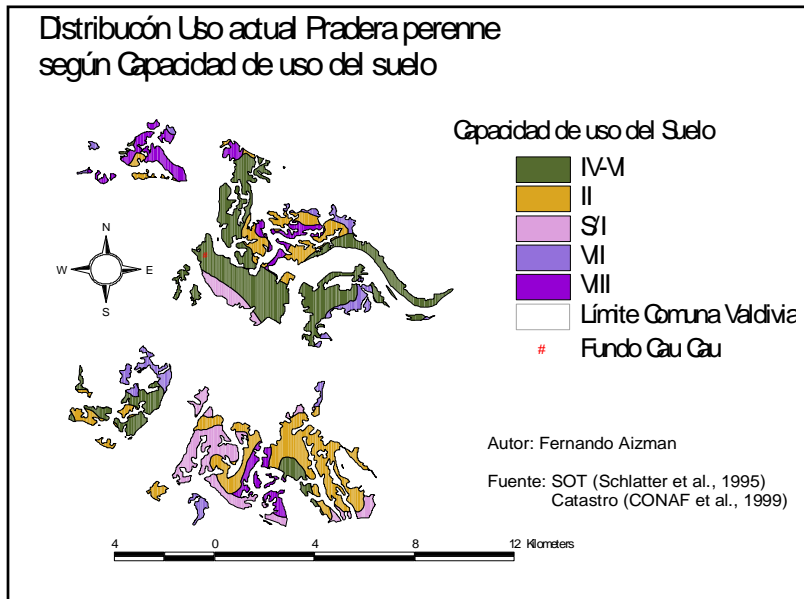


Figura 4. Distribución espacial del principal uso actual de la unidad en función de la capacidad de uso del suelo.

4.2 Análisis y fotointerpretación del predio

El área de estudio posee dos tipos de límites. En primer lugar un límite administrativo dado por un conjunto de seis pequeños predios particulares en el sector N-O y por el Aeródromo las Marías de propiedad Fiscal en el sector S-E, como se aprecia en la Figura 5. El otro límite es de origen natural, y lo constituyen el río Cau Cau por el S-O y el estero Santa Rosa por el N-O.

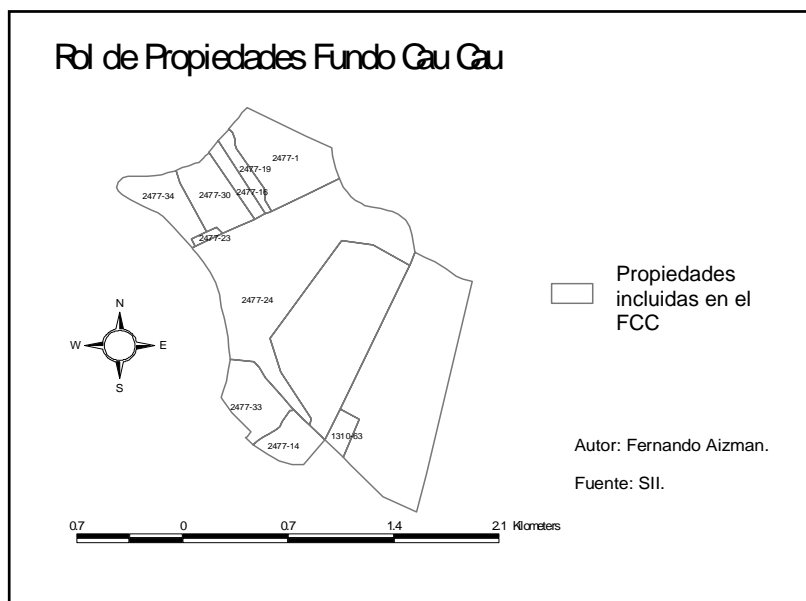


Figura 5. Rol del Servicio de Impuestos Internos (SII) de predios colindantes al área de estudio.

Se identificó seis Unidades Cartográficas Homogéneas (UCH) en el área de estudio (Anexo 7).

Actualmente el predio posee una diversidad importante de usos del suelo. La mayor proporción es ocupado por la categoría 3 (Praderas y Matorrales).

Como se observa en el Anexo 8 a), b) y c), el 66,5% del área (86,1 ha) es ocupada por Praderas secundarias, constituyendo el parche dominante o matriz del paisaje. Le sigue el Matorral arborescente con un 14% del área (18,4 ha), subdividido en dos parches discontinuos producto de la presencia de un terraplén. Dentro del área del Ecocentro también domina la Pradera y el Matorral arborescente, con un 40,3 y 26,2 % respectivamente. El 68% del área de Praderas se encuentra ubicado en el área de propiedad de la inmobiliaria, debido a que presenta las mejores condiciones de habitabilidad. De esta misma forma, el sector más húmedo, correspondiente al uso de Herbáceas inundadas permanentemente y otros sectores húmedos (11,1 ha) se encuentra en el área del Ecocentro.

La formación boscosa sólo suma 9,4 ha, lo que constituye un 6,6% de la superficie predial, de las cuales 6,7 ha constituyen Bosque adulto / Renoval (5,1%), 0,9 ha Bosque renoval (0,7%) y 1,8 ha Bosque de exóticas asilvestradas (1,4%). Del total de bosques, el 67% se ubica en el área del Ecocentro.

Considerando únicamente las formaciones naturales de bosque tipo pantanoso temopitra (Anexo 12 a y b), la superficie total predial suma 7,2 ha, las que se distribuyen 4,5 ha en el área de la UACH (Anexo 9) y 2,7 ha en el área de Socovesa. Si bien el 62,5% del bosque pantanoso se encuentra en propiedad de la UACH, sólo el 25% corresponde a la categoría > 75% de cobertura de copas (0,6 ha) y un 81,7% a la categoría 10-25% (3,2 ha).

Independiente del estado de conservación interpretado en función del porcentaje de cobertura, el bosque situado en el sector del Ecocentro (A) posee mejor representatividad de las distintas categorías de cobertura, siendo en este sentido más heterogéneo que el bosque situado en propiedad de Socovesa S.A. (B).

Otro elemento importante es la forma de cada parche. En este sentido (B) posee una forma rectangular (mayor relación área/perímetro y mayor efecto borde donde se observan elementos exóticos en el borde). No así (A), que posee una forma más irregular.

Respecto a la relación de cada parche con su entorno inmediato, (A) posee una zona ecotonal más gradual que (B), ya que se encuentra rodeado de una formación de matorral arborescente con elementos arbóreos comunes, a diferencia de (B), que se encuentra rodeado de praderas secundarias, formando un ecotono abrupto y lineal.

Es importante considerar la fragmentación del bosque en ambos sectores. (B) presenta dos parches de bosque distanciados por 250 m, los que se encuentran conectados por un corredor discontinuo o cortina de árboles originado de una división

predial antigua. (A) constituye un solo parche conectado por la formación de matorral. De esta forma se puede suponer que (A) posee mayor conectancia que (B) con su entorno, en especial con el estero Santa Rosa, principal corredor y fuente de recursos del área.

Por último la presencia de barreras antrópicas en cada sector. (A) en este sentido es circunscrito en una parte importante por el terraplén antes descrito, que ha de suponer una barrera al flujo entre ambos cursos de agua. Por su parte (B) es rodeado por una matriz antrópica más hostil, además del aeródromo las Marías por su costado S. Si bien en teoría estos elementos frontera van en perjuicio de la conectividad de (A) y (B) y entre (A) y (B), deben ser considerados si se desea mejorar la conectividad y calidad de hábitat de cada parche.

4.3 Sectorización del predio en categorías de drenaje

Según metodología y clasificación del drenaje interno ya establecido (punto 3.2.1), se reconocen cinco categorías de drenaje interno (Cuadro 2). Del total predial la UACH se distribuye en todas las categorías, no así Socovesa, como se observa en el Anexo 10 a y b.

Cuadro 2. Distribución del predio según categorías de drenaje interno del suelo.

Categorías Drenaje Interno	Superficie Total (ha)	% *	UACH (ha)	%	Socovesa (ha)	% *
1) Agua permanente	7,9	6	7,9	100		
2) Impedido	41,3	31,4	39,9	96,6	1,5	3,6
3) Muy pobre	32,4	24,6	6,3	19,4	26	80,2
4) Pobre	34,2	26	11,2	32,7	23	67,3
5) Moderado	15,7	11,9	2,7	17,2	13	82,8
Total	131,5	100	68 (51,7 %) **		63,5 (48,2 %) **	

*: Porcentaje predial

** : Porcentaje del total

El 55,5% del sector de propiedad de la Universidad se distribuye en las dos primeras categorías, mientras que el 57% del sector de propiedad Socovesa en las dos últimas, correspondiente a la proporción del predio sobre 1 m s.n.m. (Anexo 10).

El drenaje interno se relaciona directamente con la altitud, lo que condiciona entre otras cosas el tipo y distribución de la vegetación, el uso actual y el régimen de alteraciones, principalmente inundaciones y antrópicas.

Respecto a la distribución de la vegetación según categoría de drenaje interno (Cuadro 3), se observa que el bosque pantanoso y el Matorral se distribuyen en las categorías Impedido y Muy pobre. La pradera ocupa el sector mejor drenado, debido a la habilitación pecuaria por medio de drenajes.

Cuadro 3. Distribución de las principales coberturas de vegetación según categorías de drenaje interno del suelo.

Categorías Drenaje	Cobertura vegetación					
	Bosque	%	Pradera	%	Matorral	%
Agua permanente						
Impedido	4,5	59,2	8,0	9,2	18,6	100
Muy pobre	2,7	35,5	29,6	34,3		
Pobre			33,6	38,9		
Moderado	0,4	5,3	15,3	17,6		
Total	7,6	100	86,47	100	18,6	

4.4 Plan de ordenación y restauración predial

El contexto regional del paisaje (uso del suelo, geomorfología) y la fuerte demanda residencial del FCC ameritan el desarrollo de un Plan de Ordenación y Restauración Predial (PORP).

Este plan posee un carácter proactivo y preventivo respecto a la proyección de uso del predio. Además, un carácter experimental, en cuanto a las estrategias de restauración propuestas.

El PORP combina una estrategia mixta, basado en un componente estructural y no estructural. El componente estructural incluye toda infraestructura o actividad experimental a realizar en el predio (restauración activa). El componente no estructural incluye el modelo de uso del suelo del predio. También la legislación chilena y planes locales de uso territorial (Plan regulador, PLADECO) y cualquier estrategia de apoyo (sub-plan) que refuerce al componente estructural.

Un concepto importante respecto a la implementación de estrategias de restauración en el predio es la búsqueda de un diseño-propio (*self-design*) o autodiseño, basado en el mantenimiento de las interacciones bióticas y procesos naturales que determinan el desarrollo del ecosistema (por ejemplo sucesión ecológica), así también la conectividad de las especies con su ambiente en el predio y fuera de este.

Los dos cursos de agua y sus sectores riparianos cumplen con importantes funciones ecológicas. En especial el sector ribereño del estero Santa Rosa (1200 m de longitud en el sector del Ecocentro) que constituye la entrada y salida natural de agua del río Valdivia hacia la red de drenaje del estero Santa Rosa. Esta red de drenaje regula la amplitud de mareas aguas arriba de la desembocadura y representa un hábitat continuo entre toda la red y el Santuario de la Naturaleza Carlos Andwanter. El río Cau Cau (canal estuaril) conecta los estuarios del río Valdivia y Cruces. Representa un área de alta importancia para el tránsito fluvial y turismo.

El valor del ordenamiento de este predio radica en la posibilidad de generar un modelo local de gestión para la conservación-restauración de la biodiversidad dentro

de una matriz territorial de uso intensivo. Este modelo podría ser aplicado a otras experiencias en áreas peri-urbanas de alto valor ambiental y demanda de uso residencial.

4.4.1 Tipología de zonas a utilizar en el ordenamiento predial

El tipo de zonas, su descripción, objetivos específicos y normas de uso recomendadas son:

Zona de uso intangible. Corresponde a los sectores menos alterados, que incluyen ambientes frágiles, únicos o representativos de la biodiversidad regional y en buen estado de conservación (Oltremari y Thelen, 2002).

Descripción de la zona. Corresponde al fragmento de bosque pantanoso de temopitra con cobertura de copas mayor al 75% (1,19 ha) y a todas las formaciones de vegetación palustre del estero Santa Rosa y río Cau Cau (19,5 ha). Respecto al uso actual del suelo esta se distribuye preferentemente en zonas húmedas, bosque adulto / renoval y praderas (Anexo 11 c).

Constituye un área clave para el resguardo de la biodiversidad y la conservación de los procesos ecológicos dentro del predio y con su entorno. Es importante como hábitat de especies asociadas a zonas húmedas, como sumidero de propágulos y zona de reproducción y nidificación de aves. Cumple un papel regulador en la dinámica del agua, ayuda al control de inundaciones y captación de sedimentos. Constituye además un elemento relevante de la heterogeneidad del paisaje en el predio.

Se incluye dentro de este sector la faja de hasta 80 m de ancho medida desde la línea de la ribera que establece el DS 475 de 1994 sobre Política Nacional de Uso del Borde Costero y que compete al Fisco su control, fiscalización y supervigilancia.

Objetivo específico. Preservar la formación de bosque pantanoso del predio como hábitat significativo e interconectado para la flora y fauna. Facilitar los procesos biogeofísicos que ocurren en el área. Preservar la zonación litoral (comunidades acuáticas y formación palustre) asociado a los cuerpos de agua.

Normas de uso recomendadas. Se excluye completamente el uso antrópico del área, salvo una franja continua (anillo) de 15 m desde el borde del fragmento y en el que se permite la instalación de un sendero elevado para realizar observación e interpretación guiada. Se prohíbe la extracción o captura de especies de flora o fauna o parte de estas, así también la recolección de restos leñosos del suelo y hojarasca.

Zona de protección. Corresponde a sectores que por su ubicación, fragilidad y/o función ambiental requieren de algún tipo de resguardo. Incluye estadios representativos de la vegetación, zonas húmedas y sectores estratégicos del predio.

Descripción de la zona. Corresponde a todo el sector de matorral de helecho costilla y zarzamora con presencia de regeneración natural de especies leñosas. Comprende una superficie de 25,8 ha (37,3%). Actualmente se distribuye en el uso actual del suelo matorral arborescente y pradera.

Objetivo específico. Amortiguar la presión externa sobre las áreas de uso intangible. Fomentar la conectividad en el predio y con su entorno, mantener los procesos hídricos del predio, facilitar la restauración natural del área (proceso de colonización de especies nativas), la educación ambiental y el ecoturismo en condiciones rústicas. Facilitar iniciativas que resguarden la condición natural de drenaje del área, como por ejemplo la construcción de embalses, lagunas, etc.

Normas de uso recomendadas: Restricción de todo uso productivo, salvo la plantación de especies nativas. Se permite la instalación de cercos, senderos, señalética educativa y miradores.

Zona de restauración. Uso del territorio dirigido a aquellos sitios en que los recursos bióticos y abióticos del ecosistema se encuentran en estado o peligro de degradación³.

Descripción de la zona. Corresponde a sectores ribereños y de pradera que en total suman una superficie de 10,64 ha, lo que representa un 15,4% del predio. Se distribuye principalmente en las categorías de uso actual del suelo pradera y matorral arborescente. Detalles más específicos en plan de restauración (Punto 4.5).

La zona de uso restauración ubicada en la pradera colinda al norte con el matorral de helecho costilla y zarzamora, formando un límite abrupto y lineal. Dicho cambio en la estructura del paisaje puede atribuirse a la conjunción de distintos factores. Entre estos la diferencia de altitud respecto al mar, factor que condiciona una influencia mayor de la marea y un nivel freático superficial (columna de agua permanente), factor asociado también a un régimen de inundaciones⁴ (frecuencia y periodicidad) y al tipo de sustrato (textura, estructura) de la llanura de inundación (ver punto 3.1.2). Otro factor relevante es el uso histórico. Según lo expuesto anteriormente, la baja productividad natural de este

³ Ecosistema degradado: Sistema ecológico que ha perdido sus especies nativas o componentes estructurales que determinan su funcionamiento y continuidad en el tiempo.

⁴ En los últimos 104 años de historia, la ciudad de Valdivia ha experimentado 69 eventos de inundaciones, de las cuales el 80% corresponde a pequeñas inundaciones (Rojas, 2002)

sitio, sumado a la construcción del terraplén que atraviesa el predio (efecto dique sobre la conductividad hidráulica del suelo) y a labores de relleno para la habilitación agrícola determinó con el tiempo un interés de uso intensivo cada vez menor por este sitio, quedando al margen del uso antrópico del predio.

Objetivo específico. Recuperar ecosistemas degradados o destruidos a través de intervenciones directas y/o indirectas, favoreciendo los procesos sucesionales. Implementar técnicas experimentales de restauración. Realizar monitoreo local y educación ambiental.

Normas de uso recomendadas: Dado a que la zona de restauración se ve influenciada por el tipo de uso del área que la rodea, la norma permite la prohibición o limitación de uso sea el caso, mientras dure la ejecución del trabajo o se reestablezca una condición natural deseada. Dentro del área de restauración sólo se permite realizar actividades orientadas a mejorar la condición del ecosistema. Se permite la educación ambiental guiada, construcción de senderos elevados y la instalación de instrumentos de monitoreo.

Zona de uso extensivo. Zona destinada al uso público moderado, de tipo recreacional, ecoturístico y de investigación.

Descripción de la zona. Corresponde al sector de pradera comprendido bajo los 2 y sobre los 0,6 m s.n.m. Comprende una superficie total de 11,3 ha (16, 3%). En ella se encuentra la antigua casa patronal del predio. Presenta abundantes zanjas de drenaje y colina con el sector de uso intensivo (> 2 m s.n.m).

Objetivo específico. Posibilitar el uso público del predio. Facilitar la prolongación (uso de infraestructuras en altura o relleno hasta los 2 m s.n.m) del sector de uso intensivo del predio, permitiendo con ello la implementación del proyecto Ecocentro de la UACH.

Normas de uso recomendadas. Principalmente el uso público en condiciones extensivas, pudiendo disponer de instalaciones como senderos, refugios, miradores, señalética, infraestructuras en altura, entre otros. En el caso de realizar relleno de algún sector y si lo permite la ley, se facilitará el ingreso de maquinaria pesada previa aprobación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o Declaración de Impacto Ambiental (DIA) a la CONAMA y autorización del PAAC de la UACH.

Zona de uso intensivo. Esta zona esta destinada a concentrar el uso público, infraestructuras mayores y servicios básicos en general.

Descripción de la zona. La zona de uso intensivo corresponde a una pequeña superficie de 7.766 m² (0,77 ha), ubicada en el sector de acceso al predio y sobre los 2 m s.n.m. Colinda con el camino principal y con la zona destinada a uso extensivo. Esta zona es utilizada actualmente por el silo de la casa patronal y por bodegas, además se practica en ella algunos cultivos y tenencia temporal de

animales.

Objetivo específico. Posibilitar la instalación de infraestructuras como centros de investigación, esparcimiento y de servicios básicos.

Normas de uso recomendadas: Se permite el uso público en condiciones intensivas, como la implementación de laboratorios, centros de investigación, interpretación y educativos, construcción de bodegas y cabañas, entre otros. Concentra la provisión de recursos básicos para el uso público del proyecto Ecocentro.

En el Anexo 11 a y b se presenta la zonificación predial del FCC y las superficies destinadas a cada uso.

Visto desde una perspectiva de uso, la zonificación predial restringe el uso en un 67,2 % (46,5 ha) y lo permite en un 17,5 % (12,1 ha). El 15,4 % restante se destina a restauración (10,6 ha). Ciertamente la extensión del uso intensivo por medio de relleno en la zona de uso extensivo (altura mínima de 2 m s.n.m), dependerá de las necesidades de edificación que requiera proyecto Ecocentro.

La zona de restauración se distribuye principalmente en el Uso actual del suelo Pradera (81%). Le sigue Matorral arborescente con un 16%, como se observa en el Anexo 11 b.

4.4.2 Selección de sitios y especies para restauración

Se seleccionó dos sitios de restauración según criterios establecidos en el punto 3.2.3. El primero de ellos corresponde a una franja del estero Santa Rosa de 320 m lineales y de una superficie de 1,58 ha (ZR1-A y ZR1-B). El segundo corresponde a un polígono irregular de 7,1 ha ubicado en el centro del predio y que se extiende por el cerco divisorio del predio en dirección Este al estero Santa Rosa y por ambos costados (5 m) del camino (terraplén) al Norte del predio (ZR2A, B y C).

Para cada sitio de restauración (Anexo 12 a y b) se seleccionó distintas estrategias, las que se desarrollan y discuten a continuación.

La selección se basa en el conocimiento de las características del medio y de la presencia de las especies en el área. En el marco de la restauración ecológica, es necesario el uso de plantas nativas producidas como de procedencia local, ya que con ello se asegura una buena adaptación y respuesta en crecimiento.

Se utilizan los siguientes criterios de selección:

- Que las especies sean propias de los sectores a restaurar.
- Que las especies tengan buena sobrevivencia y crecimiento.
- Que sean de fácil propagación y dispersión.

- Que constituyan facilitadores para el reclutamiento natural de otras especies.

4.4.3 Módulo de restauración ribera Santa Rosa (ZR1)

Corresponde a una franja del estero Santa Rosa de 320 m lineales con orientación N-S y una superficie total de 1,58 ha.

Este sector requiere de restauración debido a su importancia en los procesos hídricos (dinámica de agua subterránea, reducción de amplitud mareal y control de inundaciones) y de conectividad para la flora y fauna.

La imagen objetivo para este sector es la de una ribera provista de vegetación arbórea y de matorral que favorezca el flujo de organismos y que otorgue estabilidad a la orilla del estero. Así también el de un ecosistema ripariano más saludable, que provea de materia orgánica (detritos) y sombra (control de temperatura) al estero y de mejores condiciones de hábitat para especies acuáticas (aves, peces).

Actualmente en el sector domina la formación de matorral de helecho costilla y zarzamora. Presenta escasa regeneración arbórea y algunos individuos de aliso y sauces (*Salix babylonica*) de no más de 3 m de altura en la orilla. Presenta praderas (áreas abiertas sin matorral) lineales en sentido E-O producto de antiguas zanjas de drenaje.

Este sector de restauración se subdivide en dos áreas. ZR1-A de 970 m² y el resto de franja ripariana de 274,1 m lineales y 1,48 ha (ZR1-B) (Anexo 12 a).

ZR1-A corresponde a una franja de la ribera de 45.9 m de longitud, carente de cobertura vegetal y que conforma una sección sinuosa del estero. Se observa en este tramo una ribera inestable y susceptible a la erosión, debido a la ausencia de vegetación de orilla, al material arenoso que la constituye (suelo aluvial de baja cohesión y agregación) y a una condición de humedad edáfica permanente.

El objetivo general por tanto es disminuir la erodabilidad natural producto de la marea.

ZR1-B posee una cobertura homogénea de matorral de helecho costilla y zarzamora y en algunos sitios presenta individuos de aliso y sauce.

El objetivo de restauración de esta área es fomentar la presencia de vegetación y la conectividad con el sector de uso intangible y de protección del predio (conectividad intrapredial).

Selección de especies. Para ZR1-A se seleccionó la especie de helecho costilla de vaca (*Blechnum chilense* Kaulf. Mett.) y las especies arbóreas maitén (*Maytenus boaria* Mol.) y maqui (*Aristotelia chilensis* Mol. Stuntz.). Para ZR1-B las especies de arrayán (*Luma apiculata*) y pitra (*Myrceugenia exsucca*).

Las características básicas que hacen de estas especies una buena alternativa para la restauración del área son:

Blechnum chilense: Fácil reproducción por rizoma, siembra de esporas o repique. Rápido crecimiento y 100% de cobertura. Dispersión por hidrocoría y anemocoría. Incorpora abundante materia orgánica al suelo y facilita la regeneración natural en este tipo de condición. Forma de raíces esparcidas.

Maytenus boaria: Especie siempreverde de abundante semillación. Fácil reproducción por semillas. Dispersión por anemocoría y zoocoría. Rápido crecimiento.

Aristotelia chilensis. Especie siempreverde, colonizadora. Posee frutos comestibles. Reproducción por semillas. Muy rápido crecimiento.

Luma apiculata. Especie siempreverde. Tolera la humedad edáfica y provee abundante oferta trófica, la que permanece durante gran parte del año en el árbol. Posee fácil propagación por semillas.

Myrceugenia exsucca. Al igual que arrayán, es una especie siempreverde que tolera abundante humedad edáfica. Provee frutos comestibles y posee fácil propagación por semillas.

Diseño de restauración. En ZR1-A (Anexo 12 a) se propone implementar un módulo de restauración de 20 m de profundidad desde la orilla y de un ancho irregular en función de la forma de la pradera, compuesto de helecho costilla y entremezclado irregularmente con especies de maitén y maqui. En este caso el diseño se ajusta al estado respuesta que se observa en el área.

La distribución de cada planta de helecho, maitén y maqui en el módulo será a partir de pares de coordenadas extraídas (X-Y) al azar, descartando aquellas cuya distancia sea menor a 2 m para el caso de helecho y 6 m para el caso de maitén y maqui. La idea de este diseño es mantener una distribución azarosa del componente arbóreo considerando el tipo de dispersión que poseen.

En ZR1-B (Anexo 12 a) se propone abrir con la ayuda de una desbrozadora una faja de 2 m de ancho en forma de zig-zag a lo largo de toda la ribera, con claros circulares de 8 m de diámetro (50 m²) cada 20 a 25 m desde la orilla de cada claro y sobre la faja, a modo de generar una distribución irregular. El propósito del claro es proveer un espacio para la plantación de un bosque mixto de arrayán y pitra.

La plantación de cada claro se realizará extrayendo pares de coordenadas (x-y) al azar con una distancia mínima de 2 m entre cada individuo y partiendo desde el centro del claro hasta completar la superficie de 50 m².

En el siguiente Cuadro 4 se observa la densidad (individuos/ha y en cada módulo ZR1-A y ZR1-B) y la distancia mínima de plantación.

Cuadro 4. Características módulos de restauración

Módulo Restauración ZR1				
Especie	N° individuos/ha	Distancia mínima (m)	N° Ind/ZR1-A	N° Ind/ZR1-B
Helecho Costilla	2500	2	243	-
Maitén	833	6	81	-
Maqui	833	6	81	-
Arrayán	2500	2	-	100
Pitra	2500	2	-	100
Total			405	200

Implementación: En una primera etapa se contempla recolectar en el predio los frutos y semillas de las especies destinadas a restauración, asegurando de esta manera una buena diversidad genética y adaptación al medio. La producción de plántulas deberá ser coordinada con un vivero local y supervisada por un encargado de restauración. Según la superficie total de los claros (700 m²) y la densidad de plantación (2500 individuos/ha), se requerirá una cantidad total de 175 plantas (13 plantas por claro), para lo cual se deberá tener un stock mínimo de 200 plantas repartidas mitad para arrayán y mitad para pitra.

Una vez superada esta etapa, se procederá a la plantación de maitén y maqui (en casillas de 50 x 40 cm) en ZR1-A y al repique de individuos de helecho costilla de vaca de diámetro mínimo 10 cm desde el área donde se abrirá la faja para la apertura y plantación de los claros, desde el extremo norte de ZR1-B y hasta completar el número de 242 individuos necesarios para implementar ZR1-A. Una vez terminado ZR1-A, se procederá a abrir la faja desde el extremo norte del área de restauración y posteriormente desde el sur como se aprecia en el Anexo 12 a.

Cada claro será limpiado con la desbrozadora y en forma manual. Todo el material producto de la limpieza de los claros se dejará (reducción por picado) en el sector. Una vez limpio el sector se procederá a la plantación en sentido S-N, a modo de terminar la plantación sin tener que transitar nuevamente por el área. Una vez al año se medirá el crecimiento en diámetro y altura de cada plántula, así también la sobrevivencia de la plantación y la regeneración natural en cada claro. También se realizará en forma anual una limpieza del rebrote del helecho costilla de vaca.

Costos. Los costos de restauración para ZR1-A y ZR1-B se detallan en el Anexo 13 a.

Se considera el trabajo de dos personas y una remuneración de \$8.000 la jornada. El rendimiento de repique de helecho es de 20 plantas/día.

Cronograma. La planificación en el tiempo de todas las actividades necesarias para implementar ZR1 se detalla en el Anexo 13 b.

4.4.4 Módulo integrado de restauración (ZR2)

ZR2 ocupa un área total de 9,1 ha, distribuido en un polígono irregular que se extiende en sentido O-E principalmente en el sector de uso Pradera. El área principal comprende el sector de transición entre la zona de uso extensivo y de protección, de 7,1 ha. Comprende además un área buffer de 20 m desde el cerco divisorio del predio y un área buffer de 5 m desde el terraplén que atraviesa todo el sector de protección.

Este sector requiere de una estrategia de restauración que fomente la conectividad intrapredial y un paisaje acorde al desarrollo del proyecto ecocentro. De suma importancia también es generar información experimental que permita mejorar la estrategia de restauración.

La imagen objetivo por tanto es la de un predio interconectado por sistemas experimentales de cortinas de árboles vivos, en los que se favorece y monitorea la dispersión de propágulos del ecosistema predial.

ZR2 posee 3 distintas áreas de acción (ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C) (Anexo 12 b).

ZR2-A contempla la implementación de un experimento de restauración en 3 zanjas de drenaje (427, 4 m lineales), ubicadas en el sector de praderas y drenaje interno muy pobre (ver punto 4.3), bajo 1 m s.n.m y orientación NO-SE. Además un sector abierto dentro del matorral de helecho costilla y zarzamora, de drenaje interno impedido, bajo los 0,6 m s.n.m y con orientación O-SE, a escasos metros de las zanjas de drenaje. Actualmente las zanjas se encuentran colonizadas por junquillo, zarzamora y de modo incipiente por aliso negro (*Alnus glutinosa*). El sector abierto posee individuos de arrayán en su contorno y no posee regeneración arbórea.

ZR2-B corresponde a una franja de 20 m desde el cerco divisorio entre los predios de la Inmobiliaria y la UACH, que se extiende desde ZR2-A con orientación O-SE en dirección al bosque pantanoso de temo-pitra ubicado en propiedad de la inmobiliaria, formando una línea cóncava de 775 m lineales. Se extiende principalmente sobre pradera, llegando en su límite S a un sector de abundante humedad edáfica. ZR2-B también considera una franja de 5 m a cada lado del camino que atraviesa el sector de protección con orientación S-N y que comprende 1120 m lineales (560 m a cada lado del camino).

ZR2-C corresponde a un polígono de 5,4 ha de pradera ubicado entre ZR2-A, la zona de uso extensivo y el humedal de totora del río Cau Cau, de orientación O-E y distribuido en 3 de las categorías de drenaje interno del suelo establecidas para el área. A saber, categoría de drenaje muy pobre (2,96 ha), pobre (0,72 a) y moderado (1,71 ha).

El objetivo de restauración para ZR2-A y ZR2-B es favorecer el reclutamiento natural de especies nativas utilizando las zanjas de drenaje y cercos como elementos lineales de conectividad, transformándolos en cortinas de árboles vivos.

El objetivo de restauración de ZR2-C es proporcionar una cobertura de protección permanente al suelo y mejorar la calidad de paisaje del predio.

La estrategia de restauración de ZR2 incluye para A y B el establecimiento de posaderos de descanso para aves con y sin oferta trófica (frutos) y distinto sustrato bajo el posadero. Considera además la plantación en C de bosquetes mixtos de forma circular, de 1000 m² (0,1 ha) y formados por dos anillos concéntricos y un área central.

Los pasos más importantes en la implementación de esta estrategia de restauración son:

- Establecer un diseño experimental de restauración para ZR2-A, B y C.
- Seleccionar las especies a utilizar.
- Definir la periodicidad de actuación, época del año y el tiempo necesario de trabajo.
- Estimar los costos de restauración.

Diseño experimental de restauración ZR2-A, B y C

El diseño de restauración contempla el establecimiento de posaderos para aves con oferta trófica. La hipótesis es que la oferta de alimento a lo largo de las zanjas y cercos favorece la regeneración natural de vegetación arbórea.

Se propone un diseño factorial de 6 tratamientos y control. Los factores son

(A) Posadero

(B) Sustrato bajo el posadero

(A0) Posadero sin oferta trófica

(B0) Sustrato pradera

(A1) Posadero con oferta trófica

(B1) Sustrato mullido

(B2) Sustrato restos leñosos

Los tratamientos del ensayo se presentan en la siguiente Figura 6.

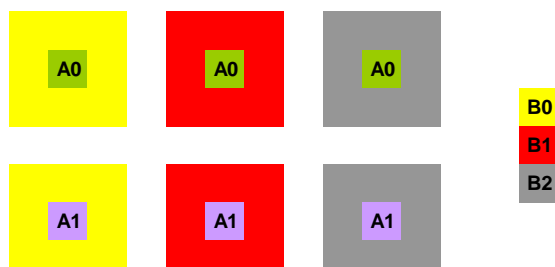


Figura 6. Representación tratamientos ensayo de restauración ZR2.

El control corresponde a polines o estacas del cerco sin posadero y tratamiento al suelo.

El posadero corresponde a una platina de 40 cm de largo (Anexo 14), sujeta con un tornillo tirafondo al cerco. A1 posee en el extremo un recipiente plástico transparente, redondo y cóncavo de 20 cm de diámetro como contenedor de frutos. A0 no posee recipiente, por lo que solo hace de descanso. El posadero es móvil y dirigible 360° sobre la estaca o polín.

El factor sustrato (B) corresponde a un cuadrado de 60 cm cada lado (0,36 m²) bajo cada posadero. B0 no requiere preparación del sustrato (condición actual). B1 requiere del mullido (pala o azadón) y B2 de incorporar al sustrato material leñoso en estado de descomposición.

En las zanjas de drenaje (ZR2-A) se instalarán 3 repeticiones de cada tratamiento y 2 controles, distanciados cada 20 m y distribuidos al azar. En la pradera se instalará 2 repeticiones por tratamiento y 2 controles. En total se tendrá 5 repeticiones por tratamiento (30 en total) y 4 controles.

En ZR2-B se instalarán 5 repeticiones por tratamiento y 6 controles, distanciados cada 21 m (1 cada 7 polines) y distribuidos al azar. Se contempla en esta primera etapa cubrir la franja divisoria del predio. Una vez establecida la regeneración, se instalarán los posaderos en la franja del camino.

La variable respuesta del diseño experimental factorial será el número de individuos de regeneración en ZR2-A y ZR2-B por tipo de sustrato (N / Bn). Los datos serán recolectados por temporada y procesados con análisis de varianza ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos y sitios.

ZR2-C contempla el establecimiento de plantaciones mixtas en forma de bosqueque circular constituido de 2 anillos concéntricos y un área central.

Se establece un gradiente de intolerancia-tolerancia a la sombra desde el exterior al interior del fragmento. Representado cada anillo y el área central del fragmento por la combinación de dos especies con similares requerimientos de luz. La proyección del área central (temo-pitra) al exterior (anillo a) pretende ser un proceso gradual y dirigido a conformar un fragmento rico en especies.

Cada fragmento ocupará un área de 1000 m² (35,7 m de diámetro) y estarán distanciados como mínimo de 50 m desde orilla a orilla. La distribución de cada fragmento será al azar por selección de pares de coordenadas (x-y). Los bosqueques mixtos ocuparán el 30% de la superficie de cada sector de drenaje, por lo que se estima un número total de 14 unidades, repartidos 5 en el sector de drenaje muy pobre. 2 en pobre y 7 en moderado.

El siguiente Cuadro 5 detalla la superficie de cada categoría de drenaje y el número de fragmentos.

Cuadro 5. Características de plantación ZR2-C

Categoría drenaje	Superficie total (ha)	Cobertura 30% (ha)	N° fragmentos
Moderado	1,71	0,51	5
Pobre	0,73	0,22	2
Muy pobre	2,96	0,89	9
Total	5,40	1,62	14

Los 2 anillos concéntricos y área central de cada fragmento (a, b y c de afuera hacia adentro respectivamente) tendrán las siguientes características (Cuadro 7).

Anillo a: Perímetro de 112 m plantado con maitén y maqui a un distanciamiento de 2 a 3 m sobre el perímetro (Distancia media de 2,5 m, equivale a una densidad media de 45 plantas).

Anillo b: Perímetro de 87 m plantado con arrayán y canelo a un distanciamiento de 2 a 3 m sobre el perímetro (Distancia media de 2,5 m, equivale a una densidad media de 35 plantas).

Centro c: Superficie de 304 m² plantado con temo y pitra a un distanciamiento de 2 a 3,5 m (distanciamiento medio de 2,75 m, equivale a una densidad media de 111 plantas).

En el siguiente Cuadro 6 se detalla las características del bosque.

Cuadro 6. Características generales del bosque de restauración

Componente Fragmento	Medida	Distancia media plantación (m)	N° plantas fragmento
Anillo a	112 m	2,5	45
Anillo b	87 m	2,5	35
Centro c	304 m ²	2,75	111
Total			191

Puesta en práctica de restauración en áreas ZR2-A y ZR2-B. Como primera etapa está la confección de los posaderos. Estos serán elaborados en hojalatería local (detalle en tabla de costos). El abastecimiento de los materiales para el ensayo se realizará en ferreterías de la zona.

Posteriormente se deberá recolectar en terreno los frutos a utilizar en el ensayo. La recolección de frutos se realizará por cuadrillas en el mismo predio y áreas vecinas, a modo de diversificar el material genético. Las semillas se colectarán al menos de 10

árboles diferentes a fin de aumentar la variabilidad genética de las plantas. Si el número de árboles o semillas fuese menor, se reducirá la cantidad establecida. Cada recipiente dispondrá de una cantidad homogénea de frutos de dos especies. El contenido de frutos de los recipientes está determinado según una elección secuencial de especies, fundamentado en la observación de cortinas de árboles naturales en el predio y el conocimiento de la autoecología de las especies. El Cuadro 7 muestra la secuencia de especies y algunas características importantes para el ensayo.

Cada posadero será atornillado con un tornillo tirafondo a cada polín o estaca, dirigiendo el recipiente según sea el caso.

El posadero luego de obtenido los resultados del ensayo podrá ser removido y utilizado en otro sector del predio. La selección de frutos será entonces función del área donde esté instalado el posadero (categoría de drenaje interno del suelo).

Será necesario marcar con estacas y nylon el área a ocupar de cada sustrato. B1 será mullido con azadón o pala y para B3 se deberá traer material leñoso de áreas vecinas.

Luego de procesados los datos del ensayo será posible saber qué tipo de especies arbóreas son capaces de establecerse vía este sistema (paso por tracto digestivo de aves) y en distinta condición de sitio. En forma indirecta se conocerá las preferencias alimenticias de las aves por medio de la identificación de semillas en restos de fecas, las que deberán ser recolectadas 1 vez al mes en el área destinada al sustrato. Se podrá constatar además si existen depredadores naturales de la regeneración.

Es interesante la posibilidad de realizar manejo silvícola de la regeneración favoreciendo ciertas especies mejor adaptadas a la condición de drenaje del área, o favorecer en la cortina de árboles la continuidad de oferta trófica durante el año.

Selección de especies. Para la implementación de la estrategia se seleccionó todas aquellas especies presentes en el predio y cercanas al área que posean frutos comestibles por aves. En el siguiente Cuadro 7 se presentan las especies seleccionadas, la secuencia elegida, las características del fruto y la época para su recolección. Se utiliza para ello información bibliográfica, anotaciones personales y consulta a expertos.

Cuadro 7. Especies seleccionadas para restauración de ZR2.

Secuencia	Especie	Características del fruto	Época de recolección	Índice de madurez
1	Arrayán (<i>Luma apiculata</i>)	Bayas negro-violácea, subglobosa de hasta 1cm de diámetro, con 1-16 semillas de 3-6mm de largo. Indehiscente.	Marzo-Julio	Color púrpura.
	Maitén (<i>Maytenus boaria</i>)	2 valvas obtusas amarillentas que contienen 1 a 2 semillas elipsoides de 4,5-5mm de largo, casi o totalmente cubiertas por el arilo carnoso, de color rojo. Dehiscente.	Enero a Marzo	Arilo abierto Semillas rojas.
2	Temo (<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>)	Bayas globosa de 7mm de diámetro. 1 a 9 semillas de 3-4 mm de 3-4mm. Indehiscente.	Febrero a Abril	Color púrpura
	Pitra (<i>Myrceugenia exsucca</i>)	Bayas amarillo-café a naranja-café, subglobosa de 6-8mm de diámetro, con 2-9 semillas de 3-5mm de largo. Indehiscente.	Septiembre a Noviembre	-
3	Canelo (<i>Drimys winteri</i>)	Bayas globosa de 1cm de longitud, de color negruzco o blanquecino con manchas negras. Semillas negras de 2-3mm de largo. Indehiscente.	Enero a Abril	Frutos color negro o blancos con pintas negras.

Fuente: Enciclopedia de la Flora Chilena. <http://www.forecos.net/floradechile/index.htm>

Puesta en práctica de restauración en área ZR2-C.

Al igual que ZR2-A y ZR2-C, es necesaria la propagación de material vegetal local. Por ello se asume igual metodología de recolección y supervisión de encargado de restauración. Una vez listas las plantas (dos años en vivero), se procederá a marcar en terreno los anillos de cada fragmento, seleccionando su posición al azar en cada categoría de drenaje. El marcado de cada anillo se realizará por medio de cuerdas desde el centro del fragmento. Ya marcado cada anillo en terreno, se plantarán los dos primeros anillos (a y b) usando las especies y los rangos de distanciamiento ya establecidos. Previo a la plantación, se mullirá una casilla de 50 cm de cada lado y 40 cm de profundidad para cada planta.

Al tercer año de establecida la plantación, se procederá a plantar toda el área que abarca el anillo central, utilizando igual metodología de plantación que para los anillos a y b, así también se enriquecerá con temo-pitra el área entre el anillo b y c si se dispone de plantas.

Se hará seguimiento del incremento medio anual en diámetro y altura y la sobrevivencia de las plantas en cada anillo. Una vez establecida la regeneración, se deberá analizar y comparar el valor de importancia relativa de la regeneración en cada anillo y entre anillos. De esta manera se podrá proyectar la extensión del área central de temo-pitra hacia el exterior.

Costos. Los costos de restauración para ZR2 se detallan en el Anexo 15 a.

Cronograma. La planificación en el tiempo de todas las actividades necesarias para implementar ZR2 se detalla en el Anexo 15 b.

4.4.5 Normas legales vigentes

Se detallan algunas normas legales (Anexo 16) factibles de aplicar, principalmente en el uso del agua, suelo, vegetación y paisaje. El propósito es resguardar el uso del predio y las estrategias de restauración ecológica propuestas.

5. CONCLUSIONES

- La restauración ecológica es una disciplina científica que ha tomado fuerza en los últimos años. En el contexto nacional, es relevante la experimentación y difusión de estrategias de restauración ambiental, social y económicamente realistas, con respaldo legal (leyes de fomento e incentivos) y de fácil aplicación.
- El uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG) facilita el proceso de ordenación del territorio. Permite definir una escala de trabajo, visualizar el área de estudio e incorporar información relevante para el análisis.
- El uso actual del suelo en el predio no obedece a criterios técnicos, sino más bien a un estilo de uso agropecuario oportunista y de corto plazo. En este sentido se observa una relación uso actual-capacidad de uso del suelo poco equilibrada, en que domina el uso de praderas perennes en un sector de capacidad de uso predominantemente clase IV-VI.
- La distribución de la vegetación arbórea del tipo pantanoso en el predio obedece a una condición edáfica de mal drenaje interno, condicionada principalmente por la altitud y cercanía a un curso de agua.
- El éxito de la metodología de reconocimiento y análisis del territorio aplicado, de carácter exhaustivo, se debe fundamentalmente a la escala de trabajo establecida y al tamaño del predio.
- La zonificación desarrollada para áreas silvestres protegidas de Chile, es perfectamente aplicable al FCC. La consideración ordenada de los usos intensivo e intangible no restringe el desarrollo del proyecto Ecocentro.
- El rango de altitud presente en el predio y la amenaza de inundación condiciona que en el sector bajo los 2 m s.n.m el uso inmobiliario quede restringido. En este sentido el desarrollo de cualquier proyecto (inversión) en el área debe considerar en primera instancia las restricciones naturales.
- El Plan de Ordenación y Restauración Predial (PORP) es un instrumento guía para la gestión y restauración del Ecocentro. Este considera en forma detallada la distribución del uso del suelo en el predio. Incluye además medidas concretas de restauración del medio natural. Considera además aspectos legales ha ser aplicados de modo precautorio en el PORP.
- Las medidas de restauración propuestas para el área son técnica y económicamente viables. Consideran la dinámica natural (sucesión) de la vegetación e incorporan a la fauna presente en el área (diseminación de semillas). Las especies seleccionadas se ajustan a la condición de drenaje interno del suelo y a la disponibilidad de material vegetal para la propagación.

- El valor de restauración por unidad de superficie permite implementar las estrategias propuestas, así también planificar la ampliación de restauración en superficie una vez concluido los trabajos en las zonas de restauración establecidas.
- Es técnicamente factible complementar el plan de restauración con incentivos de fomento. En este caso el DL701 puede ser aplicado en la reforestación de suelos frágiles y en la eliminación del impuesto a terrenos cubiertos con bosques de protección en suelos frágiles, destinados al resguardo de los recursos hídricos. También el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD) del Servicio Agrícola Ganadero (SAG) también considera, y de modo no excluyente con el DL701, incentivos para la conservación y rehabilitación de suelos.
- El plan de restauración predial para el área del Ecocentro es suficiente en una primera etapa de proyecto. Ahora bien requiere de la integración de otras disciplinas científicas y sociales, que aseguren la recuperación integral y buen uso del área.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcayaga, S. 1989. Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 9. 1-25.
- Allesch, R. 2002. Ordenamiento Territorial y Planificación. Aspectos referidos al caso chileno. Revista Geográfica de Valparaíso. (32) 18-32.
- Armesto, J; M. Bustamante; M. Núñez. 2005. Principios y prácticas de Restauración Ecológica. Documento Taller "Diseño y análisis de experimentos de restauración ecológica: experiencias Latinoamericanas y proyecciones futuras. Universidad Austral de Chile. 8 p.
- Cairns, J. 1995. Ecosocietal Restoration: Reestablishing Humanity's Relationship with Natural Systems. Environment 37 (5) 4-9.
- CEMAT. 1983. Carta Europea de Ordenación del Territorio. Conferencia de Ministros Responsables de Política Regional y Ordenación del Territorio. Consejo de Europa. 100 p.
- Corporación Nacional Forestal (1999). Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, 88 p. Comisión Nacional del Medio Ambiente (Chile), Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco.
- D'Angelo, C. 2002. Marco conceptual para la ordenación de predios rurales. En: Gastó, J; P. Rodrigo; P. Aránguiz. 2002. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. LOM Ediciones. pp. 205-223.
- Donoso, C. 1989. Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente. Chile. Editorial Universitaria. 368 p.
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina, Variación, Estructura y Dinámica; Ecología Forestal. Santiago, Ed. Universitaria. 484 p.
- Egan, D; E. Howell. 2001. The Historical Ecology Handbook. A Restorationist's Guide to Referente Ecosystems. USA. Island Press. 456 p.
- Ellies, A; R. Mac Donald. 1989. Las propiedades físico-mecánicas en los suelos que afectan su drenaje. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 9. 47-63.
- Ferriere, F. 1982. Distribución, flora y ecología de los bosques pantanosos de mirtáceas en la Región de Los Lagos, Chile. Tesis Ing. Forestal. Fac. Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 80 p.

- Forman, R. 1995. Some general principles of landscape and regional Ecology. *Landscape Ecology*. N° 3:133-142.
- Gastó, J; P. Rodrigo; I. Aránguiz; C. Urrutia. 2002. Ordenación territorial rural en escala comunal. Bases conceptuales y metodología. En: Gastó, J; P. Rodrigo; P. Aránguiz. 2002. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. LOM Ediciones. pp. 5-64.
- Gómez Orea, D. 1993. Ordenación del Territorio: una aproximación desde el medio físico. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 250 p.
- González, M; E. Hauenstein; F. Peña-Cortés; M. García; O. Urrutia. 2003. Comentarios sobre bosques pantanosos, humedales importantes del centro-sur de Chile. *Gestión Ambiental* (9) 3-13.
- Gobierno Regional (GORE)-VIII Región, Proyecto Zona Costera, GTZ. 2000. Glosario para el Ordenamiento Territorial. 68 p.
- Gobierno regional (GORE)-RM. 2002. Proyecto OTAS. Planificación Ecológica del Territorio. Una guía metodológica. 90 p.
- Hauenstein, E; M. González; F. Peña-Cortés; A. Muñoz-Pedreras. 2002. Clasificación y Caracterización de la Flora y Vegetación de los Humedales de la costa de Toltén (IX Región, Chile). *Gayana Bot.* 59(2) 87-100.
- Hobbs, R., Norton, D. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 4(2) 92-110.
- Higgs, E. 1997. What is Good Ecological Restoration?. *Conservation Biology*. 11(2):338-348.
- Janzen, D. 1988. Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest: Growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. (1) 105-116
- Keedy, P. 2000. *Wetland Ecology Principles and Conservation*. Cambridge University Press. USA. 362 p.
- Lara, A; V. Sandoval. 2003. Generación de Cartografía y evaluación de recursos vegetacionales. IN: Oltremari, J; K. Thelen. Planificación de áreas silvestres protegidas. Chile. 169 p.
- Lara, A.; D. Soto; J. Armesto; P. Donoso; C. Werneli; L. Nahuelhual; F. Squeo (eds) 2003: "Componentes Científicos Clave para una política Nacional de Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos". Universidad Austral de Chile. Iniciativa Científica Milenio de Mideplan. 134 p.

- Lara, A., Echeverría, C., Thiers, O., Huss E., Escobar, B., Tripp, K., Zamorano, C. y Altamirano, A. Restauración ecológica de coníferas longevas: el caso de Alerce (*Fitzroya cupressoides*) en el sur de Chile. En: González-Espinosa, M., Rey-Benayas J.M., y Ramírez-Marcial, N. Restauración de bosques en América Latina. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. (En prensa)
- Lindenmayer, D; J. Franklin. 2002. Conserving Forest Biodiversity. A Comprehensive Multiscaled Approach. Island Press. 351 p.
- Luzio, W. 1989. Clasificación de los suelos con drenaje restringido. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 9. 25-45.
- Luzio, W; W. Vera; C. Benavides; M. Casanova. 2001. Propiedades que caracterizan a los suelos formados en condiciones de exceso de agua. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 17. 57-65.
- Mansilla, Y. 1997. Lineamientos para el manejo del Santuario de la Naturaleza y propuesta Reserva Nacional del río Cruces en Valdivia (Chile). Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 136 p.
- Múgica, M; J. de Lucio; C. Martínez; P. Sastre; J. Atauri; C. Montes. 2001. Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Consejería del Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 124 p.
- Nissen, J. 2001. Caracterización del nivel freático y del movimiento del agua en un suelo aluvial de la Décima Región. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 17. 45-50.
- Noss, R; F. Beier; W. Covington; R. Grumbine; D. Lindenmayer; J. Prather; F. Schmiegelow; T. Sisk; D. Vosick. 2006. Integrating restoration ecology and conservation biology: a case study from ponderosa pine forests of the southwestern USA. *Restoration Ecology* 14:4-10.
- Oltremari, J; K. Thelen. 2003. Planificación de áreas silvestres protegidas. Chile. 169 p.
- Pérez, A. 2002. El bosque en la ordenación del territorio. En: Gastó, J; P. Rodrigo; P. Aránguiz. 2002. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. LOM Ediciones. pp. 493-514.
- Priego-Santander, A; J. Palacio; P. Moreno. 2004. Heterogeneidad del Paisaje y Riqueza de Flora: Su Relación en el Archipiélago de Camagüey, Cuba. *Mar* vol.29, no.3:138-144.
- Ramírez, C; C. San Martín; J. San Martín. 1995. Estructura florística de los bosques

pantanosos de Chile surcentral. EN: Armesto, J; C. Villagrán; M. Kalin Arroyo. Ecología de los bosques nativos de Chile:215-234. Editorial Universitaria..

Rojas, C. 1990. La terraza fluvial de "Cancagua" en la ciudad de Valdivia: Nuevos antecedentes estratigráficos y granulométricos. Revista Geográfica de Chile, "Terra Australis" (32) 7-24.

Rojas, C. 2002. Zonificación y Evaluación de Áreas de Amenaza de Inundación en la ciudad de Valdivia. Tesis de Magíster en Ciencias. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Fac. de Ciencias. 247 p.

Rubilar, H. 2002. Estudio de los humedales urbanos de la ciudad de Valdivia. Tesis, Lcdo. en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 109 p.

San Martín, C. Flora, Vegetación y Dinámica Vegetacional de la Laguna Santo Domingo (Valdivia, Chile). Tesis de escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. 167 p

San Martín, C; R. Medina; P. Ojeda; C. Ramírez. 1993. La biodiversidad vegetal del Santuario de la Naturaleza "Río Cruces" (Valdivia, Chile). Acta Botánica Malacitana 18: 259-279.

Schlatter, J; V. Gerding; H. Huber. 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra; Herramienta para la planificación forestal aplicada a la X Región. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia (Chile). 93 p. (Serie técnica)

Schlatter, J; R. Grez; V. Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. 114 p.

Society for Ecological Restoration (SER) Internacional. 2004. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas.15 p.

Terradas, J. 2001. Ecología de la Vegetación. Omega, España. 787 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Abstract and Keywords

ABSTRACT AND KEYWORDS

Territorial Planning and Ecological Restoration Proposal of Cau Cau sub-urban Property.

In Cau Cau, a sub-urban estate in Valdivia city, a territorial planning and ecological restoration proposal was made.

It was gathered information of climate, soil, vegetation, topography and historic antecedents. Detailed stereoscopic photo-interpretation was made. Three transects was performed to register the root depth, the presence of mottled soil, colour and soil depth free of mottely forest, also the altitude whit aid of Geographical Positional System (GPS).

The marshy woods fragments of temo (*Blepharocalyx cruckshanksii*) and pitra (*Myrceugenia exsucca*) were segregate in different crown density categories using a crown density scale. The state was clasificated in different categories of internal soil drainage.

All this information was digitized using the ARC-VIEW 3.2® software, MNDNR Stream Digitizing.

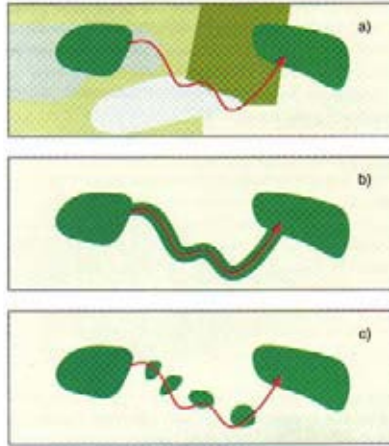
With this information, a Restoration Plan in the estate of the Universidad Austral de Chile was developed. The restoration plan included a zonification of the estate, the establishment of ecological restoration areas and the recognition of current regulations as a support for estate restoration activities.

In each restoration area an experimental design was proposed, and implementation methodology with associated costs.

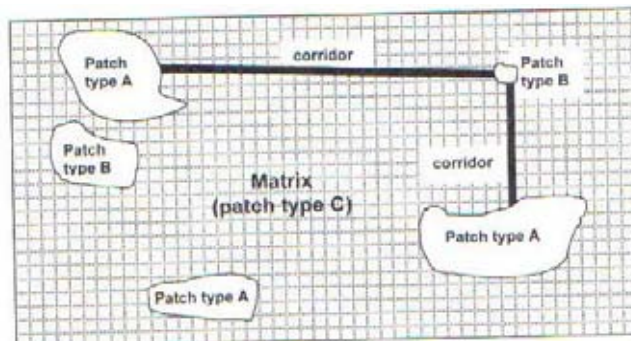
Keywords: Wetland, suburban area zonification, marshy forest, ecological restoration.

ANEXO 2

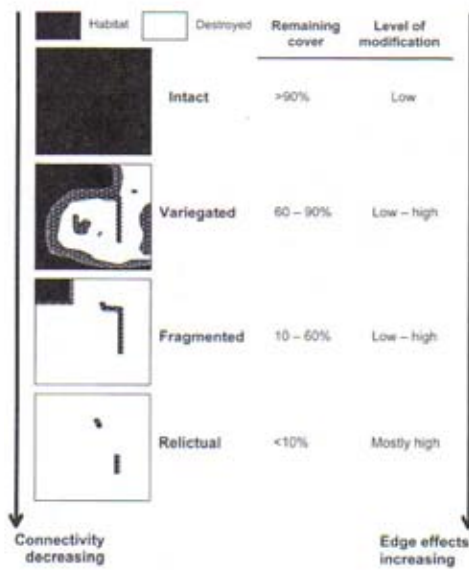
Conectividad territorial



a) conectancia. b) corredor continuo y c) conectividad discontinua.



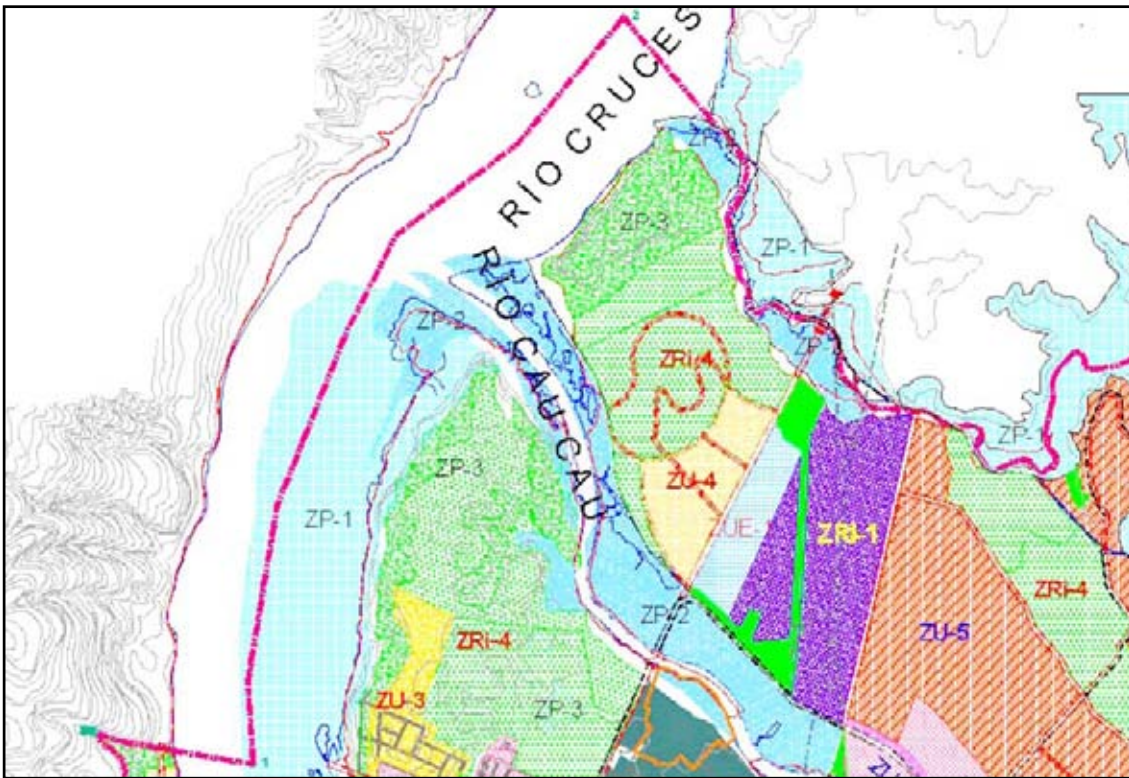
d) Modelo de paisaje matriz-parche-corredor (matrix-patch-corridor).



e) Tipos de cobertura y atributos del modelo paisaje-continuo.

ANEXO 3

Zonificación anteproyecto Plan Regulador Comuna de Valdivia



Fuente: Anteproyecto Memoria Nuevo PRCV. Pulso S.A. Consultores

Zona	Uso Plan Regulador
ZU 4	Zona Residencial de Borde y Expansión
ZRI 4	Restricción Parques
ZP 3	Zona de Protección de Bosques
ZP 1	Zona de Protección de Humedales
ZP 2	Zona de Protección de Hualves o Vegas

ANEXO 4

Formulario de terreno

Formulario Terreno. Reconocimiento UCH Fundo Cau-Cau

Nombre:

Fecha/Hora

	UCH-1	UCH-2	UCH-3	UCH-4	UCH-5	UCH-6
Coordenada UTM de referencia						
Forma Paisaje circundante						
Posición Topográfica						
Elevación aproximada (msnm)						
Exposición						
Uso actual						
Formación vegetal						
Tipo vegetacional						
Especies dominantes						
Grado de intervención						
Erosividad						
Categoría de drenaje						
Cuerpo de agua permanente						
Zonas de inundación invernal						
Zonificación preliminar						
Presencia de ganado						
Huellas interiores						
Verificación de límites						

UCH 1:
UCH 2:
UCH 3:
UCH 4:
UCH 5:
UCH 6:

Formulario de terreno. Descripción UCH Fundo Cau-Cau.

Códigos Formulario

Forma Paisaje Circundante	
Denominación	Código
Plano	P
Plano a ligeramente ondulado	PLO
Ligeramente ondulado	LO

Posición Topoográfica	
Denominación	Código
Llanura Aluvial	LLF

Exposición	
Tipo	Código
Plano	PL

Uso Actual	
Tipo	Código
TERRENO AGRÍCOLA	1
PRADERA SECUNDARIA	2
Bosque nativo	3
Bosque adulto	3.1
Renoval	3.2
Bosque adulto/renoval	3.3
HUMEDAL	4
Vegetación herbacea en orilla de río	4.1
CUERPOS DE AGUA	5
Ríos	5.1
Inundación temporal	5.2

Formación vegetal	
Tipo Cobertura %	Código
1 a 5	1
5 a 10	2
10 a 25	3
25 a 50	4
50 a 75	5
> 75	6

Tipo vegetacional	
Estructura	Código
Bosque Adulto	BA
Renoval	RE
Bosque Adulto-Renoval	BR
Pradera	PR
Pantano	PA

Grado de intervención antrópica	
Tipo	Código
Alteración no aparente	ANA
Floreo antiguo moderado o suave	FAS
Floreo antiguo intenso	FAI
Floreo reciente moderado o suave	FRS
Floreo reciente intenso	FRI
Incendio total	IT
Incendio parcial	IP

Erosividad	
Tipo	Código
Ligera	1
Moderada	2
Severa	3
Muy severa	4

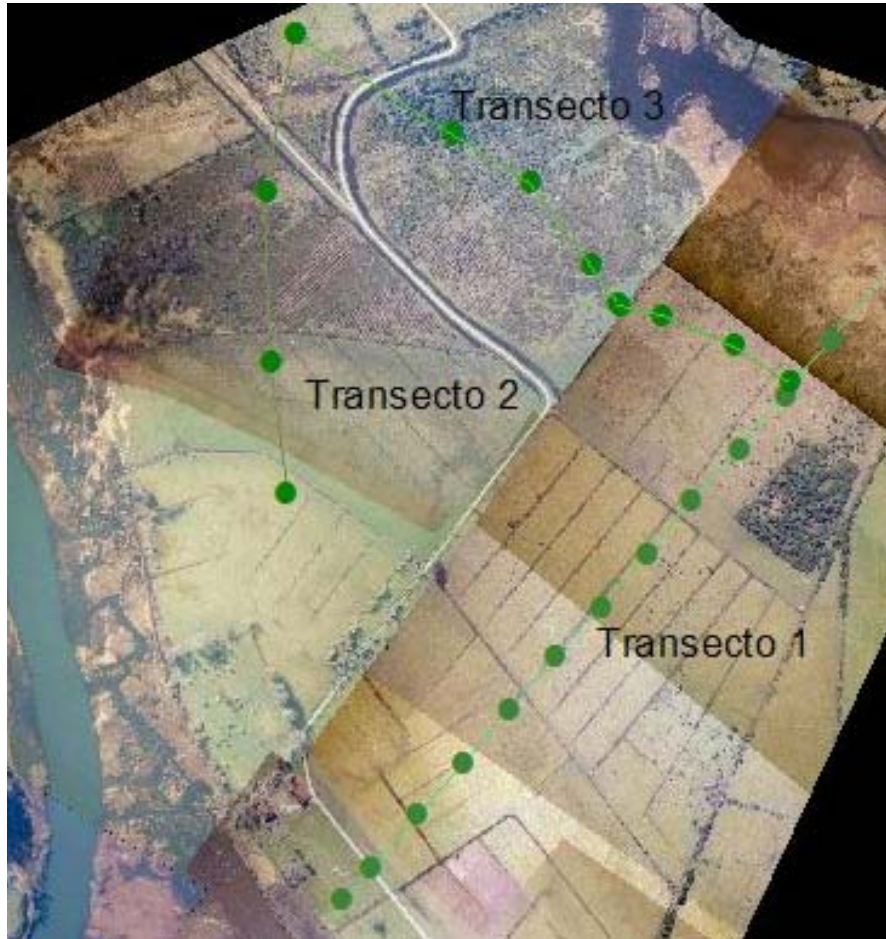
Zonas de inundación invernala	
Tipo	Código
Presente	1
Ausente	2

Código Especies	
Especie	Código
Temo	BC
Pitra	ME
Arrayán	LA
Arrayán macho	RE
Canelo	DW
Luma gayana	MG
Maitén	MB
Maqui	AC
Sauce	SB

Código Especies	
Especie	Código
Helecho costilla	Bc
Zarzamora	Rc
Totora	Sc
Cortadera	Cr
Junquillo	Jp

ANEXO 5

Levantamiento de transectos Fundo Cau Cau



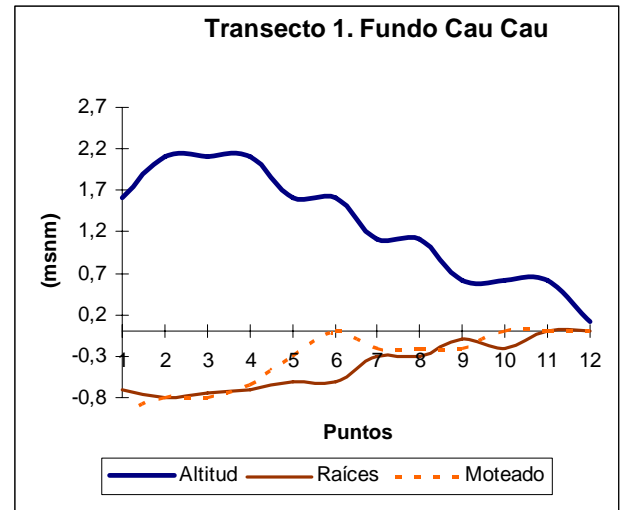
ANEXO 6

Ploteo de variables del suelo medidas en terreno

Ploteo de variables del suelo medidas en terreno.

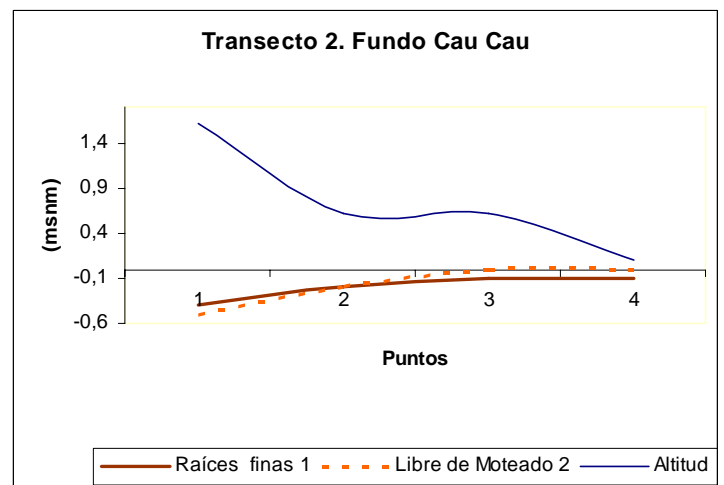
Transecto 1

Punto	Altitud msnm	Raíces finas	Libre de Moteado	Categoría Drenaje
1	1,61	-0,7	-1	Moderado
2	2,11	-0,8	-0,8	Moderado
3	2,11	-0,75	-0,8	Moderado
4	2,11	-0,7	-0,65	Moderado
5	1,61	-0,6	-0,3	Pobre
6	1,61	-0,6	0	Muy pobre
7	1,11	-0,3	-0,2	Muy pobre
8	1,11	-0,3	-0,2	Muy pobre
9	0,61	-0,1	-0,2	Muy pobre
10	0,61	-0,2	0	Impedido
11	0,61	0	0	Impedido
12	0,11	0	0	Impedido



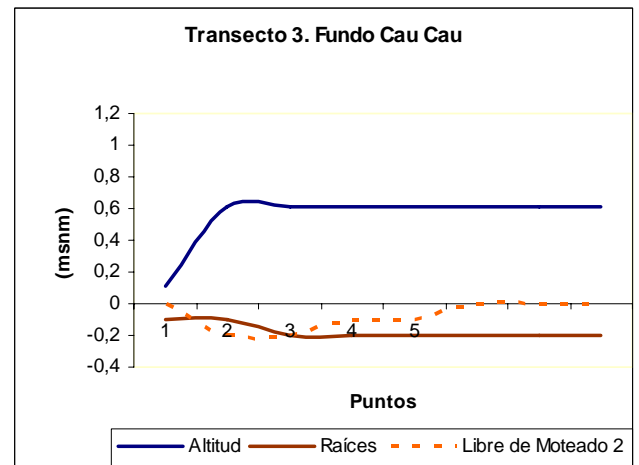
Transecto 2

Punto	Altitud msnm	Raíces finas ¹	Libre de Moteado ²	Categoría Drenaje
1	1,61	-0,4	-0,5	Moderado
2	0,61	-0,2	-0,2	Muy Pobre
3	0,61	-0,1	0	Impedido
4	0,11	-0,1	0	Impedido



Transecto 3

Punto	Altitud msnm	Raíces finas ¹	Libre de Moteado ²	Categoría Drenaje
1	0,11	-0,1	0	Impedido
2	0,61	-0,1	-0,2	Impedido
3	0,61	-0,2	-0,2	Impedido
4	0,61	-0,2	-0,1	Impedido
5	0,61	-0,2	-0,1	Impedido
6	0,61	-0,2	0	Impedido
7	0,61	-0,2	0	Impedido
8	0,61	-0,2	0	Impedido



ANEXO 7

Descripción unidades cartográficas homogéneas

UCH 1. Se caracteriza por constituir una mezcla irregular de bosque pantanoso y matorral de helecho costilla y zarzamora. Posee una superficie de 4,2 ha y se ubica en el extremo N-E del predio. Se presenta bajo los 0,6 m s.n.m en la llanura aluvial del estero Santa Rosa. El paisaje circundante es plano (< 5% pendiente). Posee uso de suelo Bosque adulto / Renoval y Matorral arborescente. Las especies arbóreas más abundantes son la pitra, temo y arrayán. El sotobosque es rico en chilco (*Fuchsia magellanica*) y canelo. La formación de Matorral está compuesto por helecho costilla y zarzamora, junto a árboles aislados producto a regeneración por semillas. Este se compone de pitra, maitén y maqui. Además de observa regeneración por rebrote de temo. Tanto el Bosque pantanoso como el matorral presentan huellas interiores. El drenaje interno del suelo es impedido. El suelo es arenoso y de color grisáceo en todo el perfil. Posee pequeñas áreas húmedas y de pradera, producto de antiguas zanjas de drenaje. No se observa presencia de ganado ni cercos antiguos.

UCH 2. Corresponde al segundo fragmento de bosque pantanoso del área, de una superficie igual a 3,06 ha y ubicado en el extremo S-E del predio, en la llanura aluvial del estero Santa Rosa. Se presenta por debajo de los 0,6 m s.n.m. El uso actual del suelo es Bosque adulto / Renoval. Su paisaje es plano. Esta unidad presenta abundantes cercos interiores antiguos y nuevos. En su interior descansa abundante ganado vacuno, lo que dificulta su acceso. Posee una forma rectangular y un límite o ecotono abrupto con la pradera antrópica. Se observan especies exóticas en el borde del bosque, principalmente aliso. El suelo es algo más orgánico y compactado. El drenaje interno es impedido. Posee cercos cercanos completamente repoblados de arrayán.

UCH 3. Esta unidad territorial comprende la zona de transición húmeda entre la pradera y el estero Santa Rosa, ubicada bajo los 0.20 m s.n.m, presentandose en forma lineal con el curso de agua. Posee una superficie de 8,64 ha. La vegetación se constituye principalmente de especies herbáceas, dominando la totora y cortadera. Este sector pasa casi la totalidad de año saturado de agua. Presenta pequeños espacios colonizados por helecho costilla y alisos aislados. Se observa abundante ganado ovino y especies acuáticas como el coipo (*Myocastor coypus*). Su característica principal es constituir un corredor ribereño de toda el área de drenaje del estero Santa Rosa, lo que es sumamente importante para el reclutamiento de propágulos y el flujo de fauna.

UCH 4. Corresponde a toda el área de praderas antrópicas, con una superficie de 81,08 ha. Se observan antiguas zanjas de drenaje y restos de huertas agrícolas. Posee una variación altitudinal que va desde los 0,11 hasta los 3,61 m s.n.m. Esta variación altitudinal, casi imperceptible, conlleva un gradiente edáfico de drenaje y con ello de variación de sitio, lo que ha determinado fuertemente su tipo de uso. Se observa relleno antrópico, especialmente en el sector Sur de la unidad y colindante al terraplén del camino.

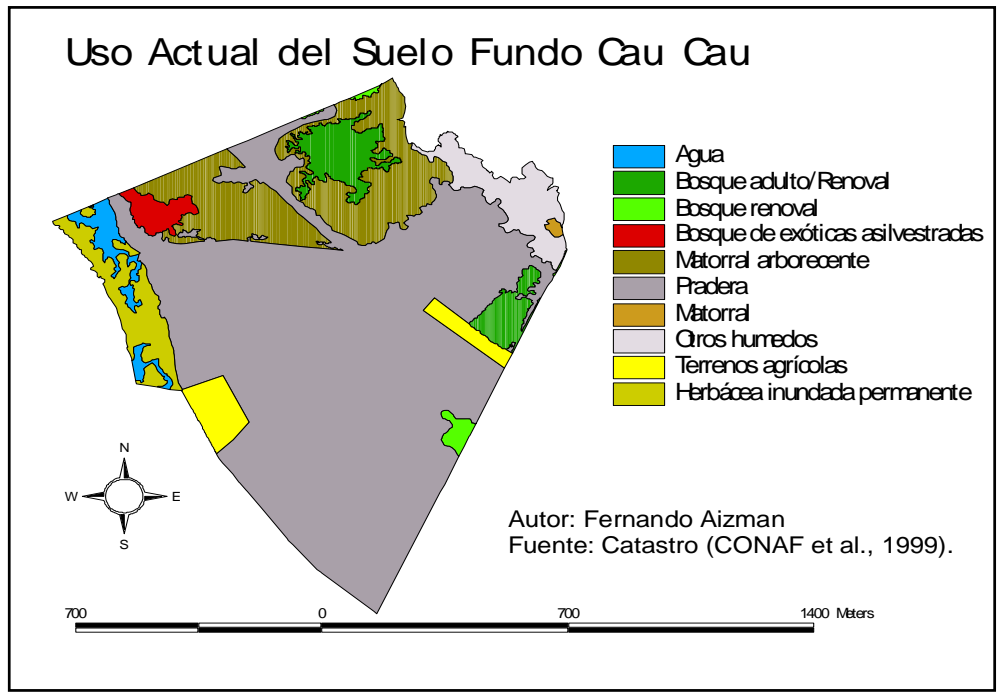
UCH 5. Esta unidad corresponde a toda el área de matorral compuesto de zarzamora y helecho costilla, lo que abarca una superficie de 26,48 ha. Se distribuye por debajo

de los 0,6 m s.n.m, desde la orilla del estero Santa Rosa hasta orillas del río Cau Cau. Posee acceso restringido, por lo que no se observa ganado ni otro tipo de uso. El área presenta zonas húmedas y otras sin vegetación leñosa. Existe abundante reclutamiento de especies de arrayán, maitén y maqui. Su origen es antrópico, relacionado a la construcción de un terraplén que atraviesa todo el predio, y que en este sector forma una perpendicular al flujo hidráulico del suelo (diferencia de cota desde el río Cau Cau al estero Santa Rosa).

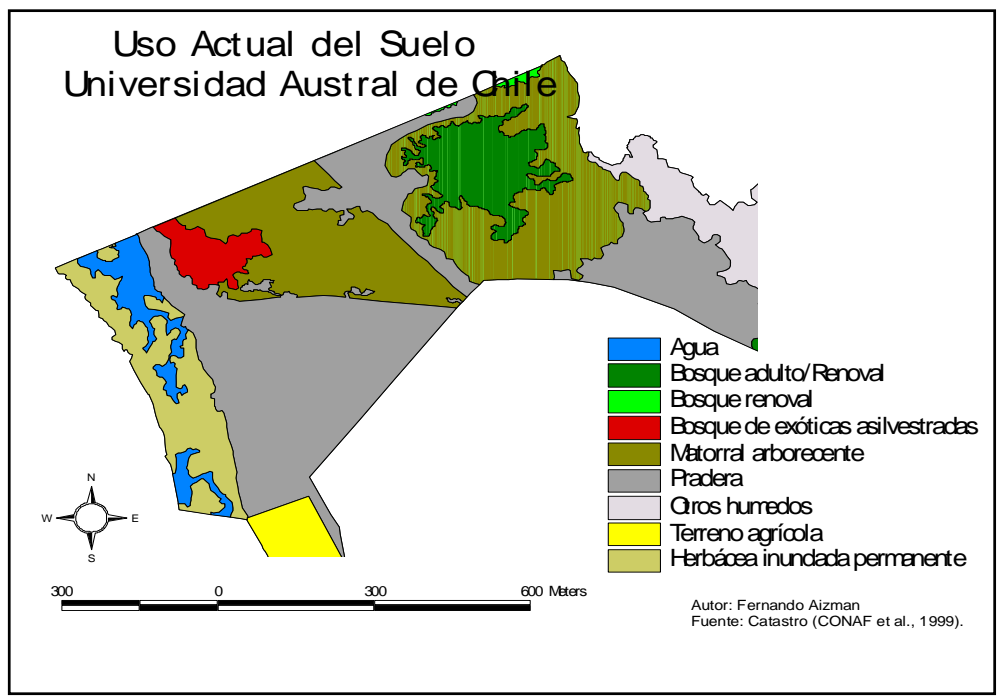
UCH 6. Comprende todo el sector del río Cau Cau, con una superficie de 7,93 ha. Se caracteriza por presentar agua superficial permanente y abundante total, formación que ha colonizado el área desde 1960.

ANEXO 8

Uso actual del suelo Fundo Cau Cau y Ecocentro



a) Mapa de uso actual del suelo FCC.



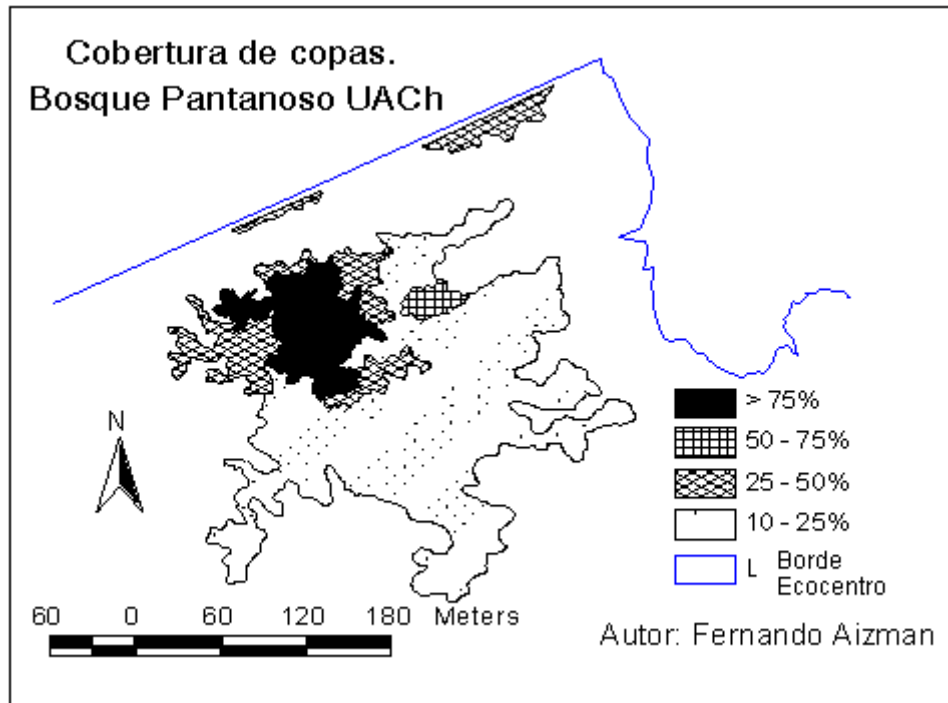
b) Mapa de uso actual del suelo Ecocentro.

c) Superficie por uso del suelo a nivel predial y en el área del Ecocentro.

USO DEL SUELO	Sup. Predial (ha)	Proporción (%)	Sup. UACH (ha)	Proporción (%)
Agua	2,4	1,8	2,4	3,5
Bosque adulto / Renoval	6,7	5,1	4,5	6,6
Bosque de exóticas asilvestradas	1,8	1,4	1,8	2,6
Bosque renoval	0,9	0,7	0,2	0,3
Matorral arborecente	18,4	14,0	17,9	26,2
Matorral	0,2	0,2	0,2	0,3
Otros húmedos	5,7	4,4	5,7	8,4
Pradera	86,1	65,5	27,5	40,3
Terrenos agrícolas	3,8	2,9	2,5	3,7
Herbácea inundada permanente	5,4	4,1	5,4	8,0
Total	131,6	100	68,1	100

ANEXO 9

Cobertura de copas bosque pantanoso sector Ecocentro



a) Segregación del bosque pantanoso en categorías de cobertura de copas

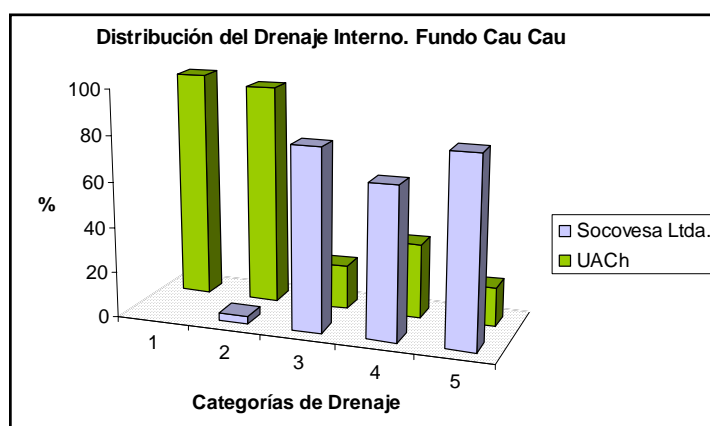
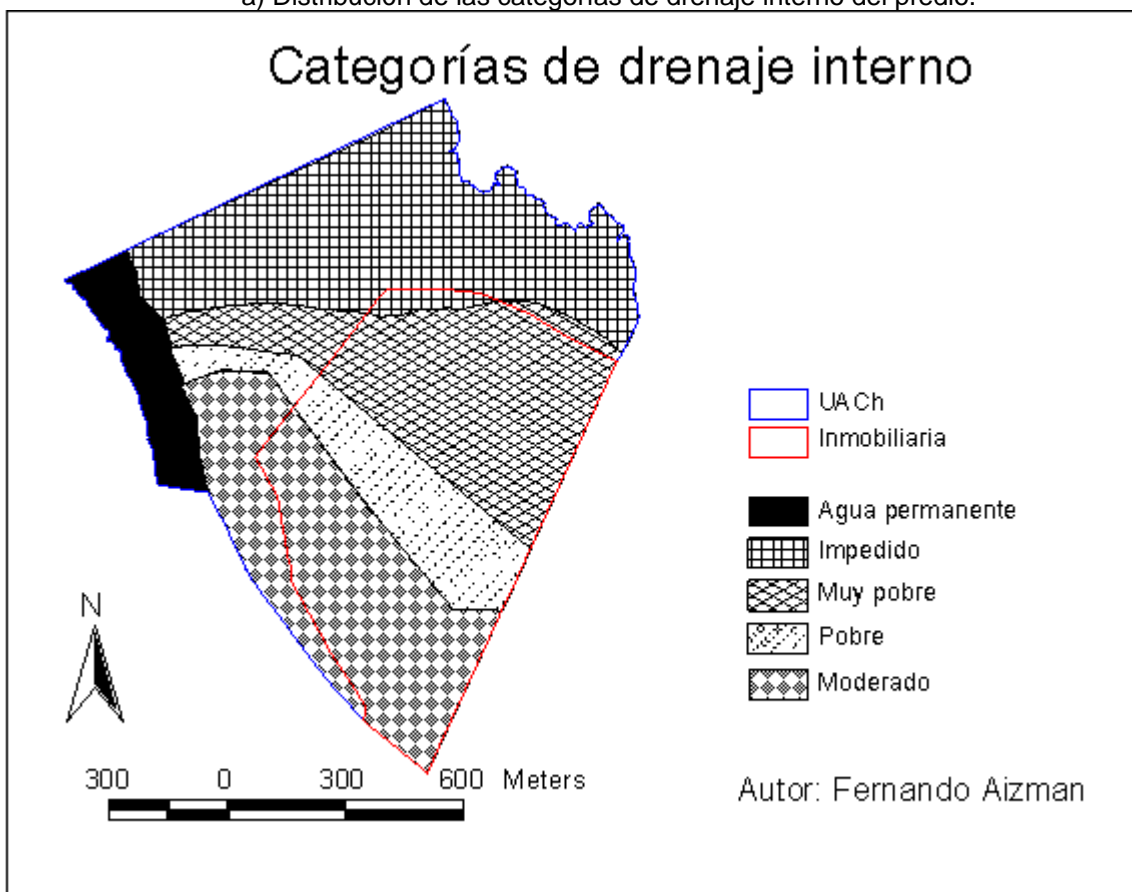
b) Superficies y representatividad de cada categoría de cobertura de copas.

COBERTURA (%)	Sup. Predial (ha)	Sup. UACH (ha)	Proporción (%)	Sup. Socovesa soco	Proporción (%)
> 75	2,3	0,6	24,8	1,7	75,2
50-75	0,3	0,1	30,6	0,2	69,4
25-50	0,8	0,7	86,4	0,1	13,6
10-25	3,9	3,2	81,7	0,7	18,3
Total	7,2	4,5		2,7	

ANEXO 10

Categorías de drenaje interno del suelo

a) Distribución de las categorías de drenaje interno del predio.

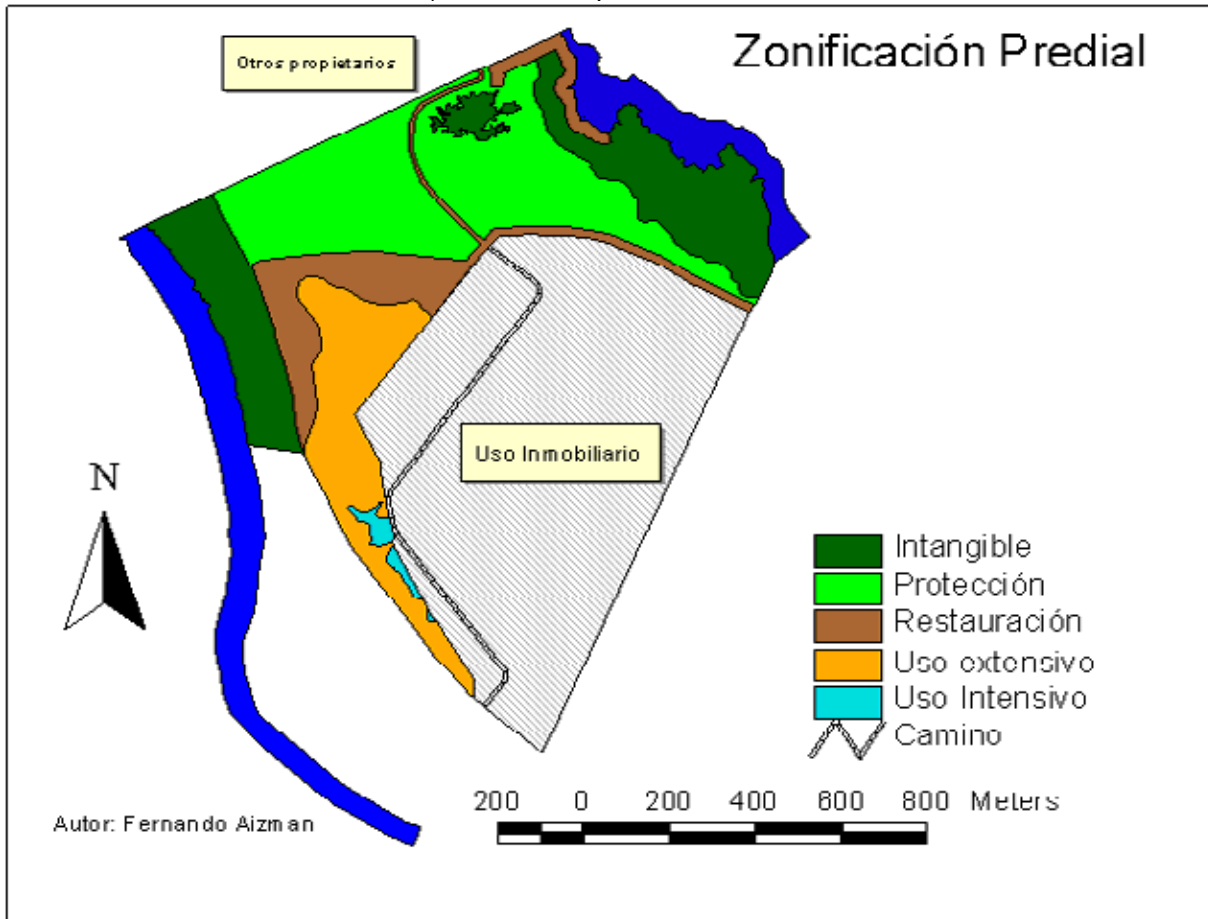


b) Distribución predial de las categorías de drenaje interno.
 (1 Agua permanente) (2 Impedido) (3 Muy pobre) (4 Pobre) (5 Moderado)

ANEXO 11

Zonificación predio Ecocentro

a) Zonificación predial Ecocentro



b) Superficie predial para cada uso

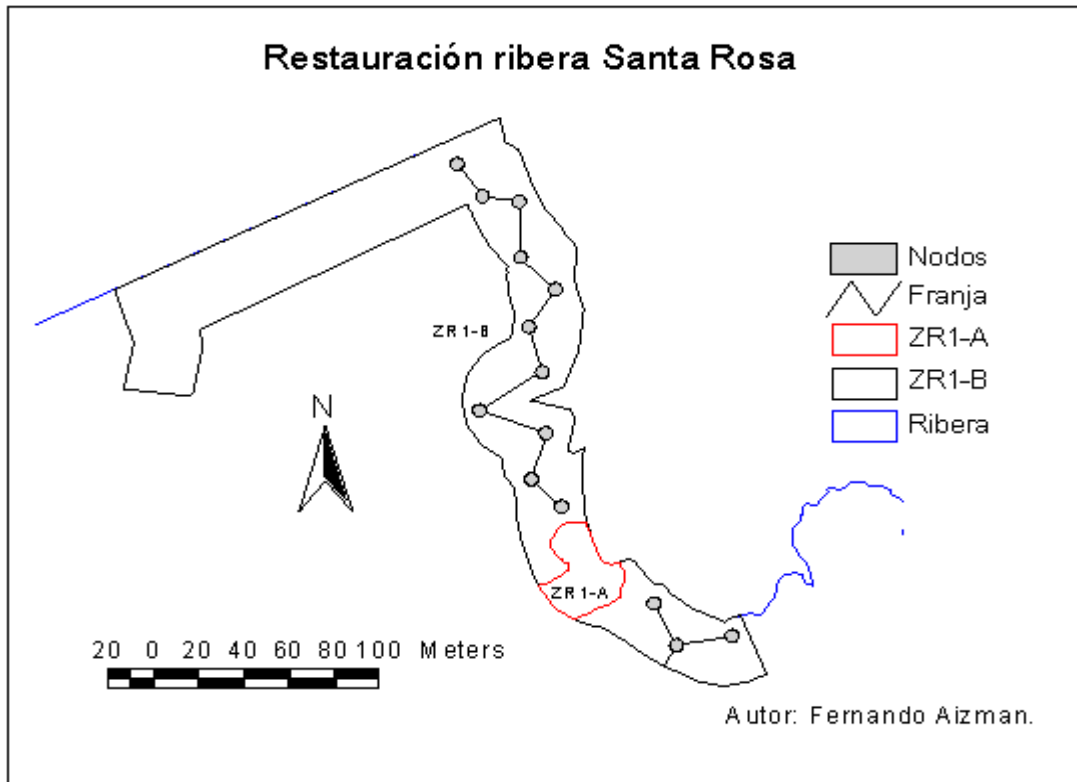
Zona	Superficie (ha)	%
Uso Intangible	20,7	29,9
Uso Protección	25,8	37,3
Uso Restauración	10,64	15,4
Uso Extensivo	11,3	16,3
Uso Intensivo	0,78	1,1
Total	69,2	100

c) Distribución del Uso actual del suelo según zona de restauración.

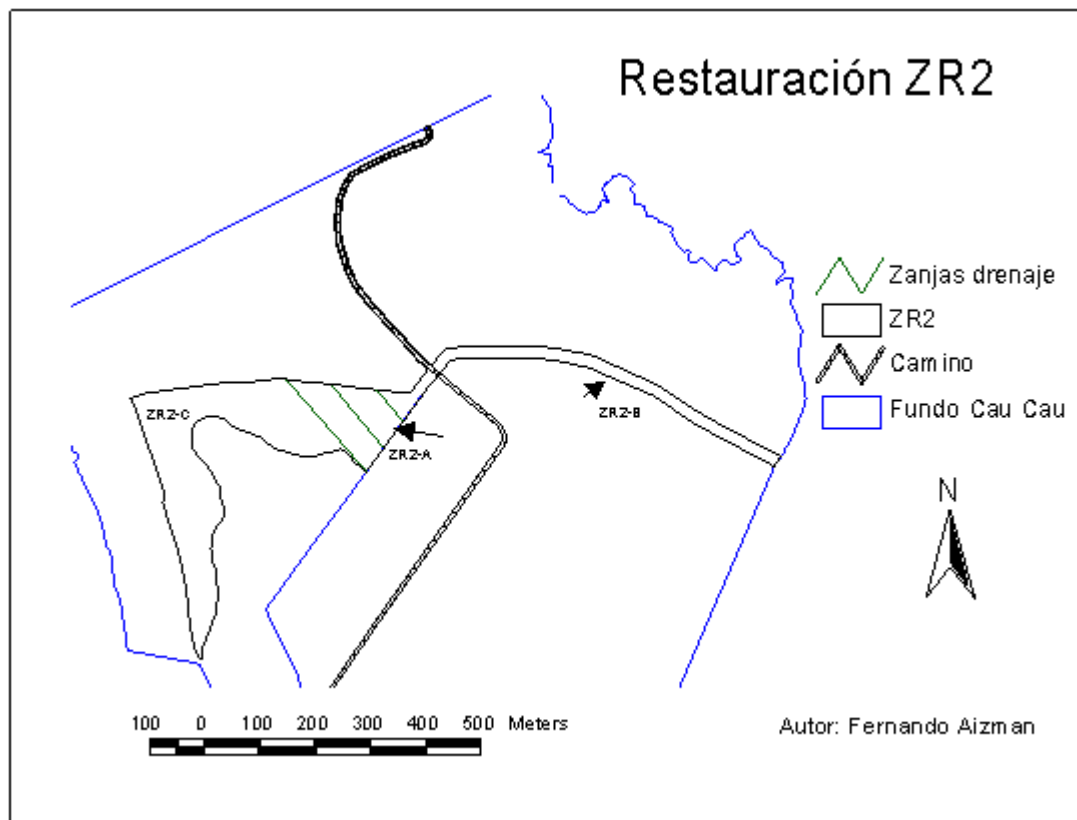
Uso del Suelo	Restauración	%
Bosque adulto / Renoval	0,11	1,0
Bosque renoval	0,13	1,2
Matorral arborecente	1,69	15,9
Otros húmedos	0,10	1,0
Pradera	8,61	80,9
Total (ha)	10,64	100
% Predial	15,4	

ANEXO 12

Zonas de restauración ecológica Ecocentro



a) Ubicación espacial del módulo ZR1



b) Ubicación espacial del módulo ZR2

ANEXO 13

Costos y cronograma área de restauración ZR1-A y ZR1-B

a) Presupuesto restauración ZR1-A y ZR1-B.

Presupuesto ZR1-A y ZR1-B

Materiales	Cantidad	Costo c/iva (\$)	Gasto total c/iva (\$)
Costo producción vivero	362	500	181000

Mano de Obra	Días	Valor día	Valor
Desbrozadora*	3	12000	36000
Recolección de frutos**	2	16000	32000
Repique helecho costilla***	6	16000	96000
Plantación***	3	16000	48000
Transporte (10% del total)	-	39300	39300

Total ZR1-A y ZR1-B			\$ 432.300
Valor (ha)			\$ 270.188

*: Considera el arriendo de una desbrozadora (\$ 4000/día) y un operario (\$ 8000/día)

** : Considera una brigada de 2 personas y un rendimiento de 4 Kg/día/hombre

***: Considera una brigada de 2 personas (rendimiento 20 pl/día/hombre) y un sueldo de \$8000/día

b) Cronograma implementación ZR1-A y ZR1-B.

Actividad	2007				2009				2010			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección de frutos	■	■										
Abastecimiento viveros						■						
Repique y plantación de helecho						■	■					
Plantación ZR1-A							■					
Abertura faja y claros						■						
Plantación ZR1-B						■						
Limpieza de faja y claros						■		■		■		
Supervisión técnica	■				■	■				■		
Primer control ZR1										■		

* 1, 2, 3 y 4 = Cuatrimestres

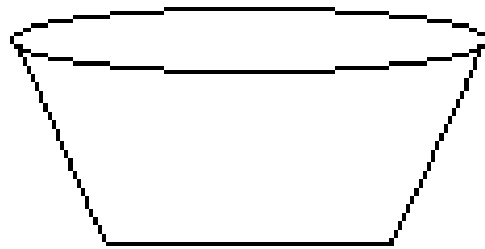
ANEXO 14

Posadero restauración ZR2-A y ZR2-B

Tornillo tirafondo.
Traspasa platina
y se atornilla en
el polín o estaca.

Recipiente de frutos

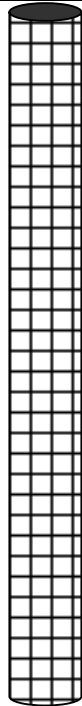
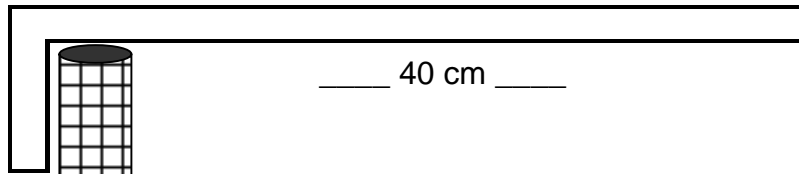
20cm



Platina

40 cm

Polín o
estaca



ANEXO 15

Costos y cronograma área de restauración ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C

a) Presupuesto restauración ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C.

Presupuesto ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C

Materiales	Cantidad	Costo c/iva (\$)	Gasto total c/iva (\$)
Platinas 5x20x6	4	664	2656
Recipiente plástico	30	200	6000
Tornillo tirafondo	60	37	2220
Tornillo	1 Kilo	900	900
Disco de corte	1	904	9004
Broca 6mm	1	660	660
Plantas vivero ZR2-C	1120	500	560000

Mano de Obra	Valor		
Hechura posadero*	114	400	45600
Limpieza zanjas**	3	16000	48000
Recolección frutos***	6	16000	96000
Instalación posaderos y frutos**	3	16000	48000
Marcado ZR2-C	3	16000	48000
Plantación	3	16000	48000
Transporte (10% del total)	-	91504	91504

Total ZR2-A y ZR2-B	\$ 350.544
Kilómetro lineal	\$ 291.634
Total ZR2-C	\$ 656.000
Hectárea	\$ 468.571

- *: Considera la hechura y montaje de recipiente de plástico
 **: Considera una brigada de 2 personas y un sueldo de \$8000/día
 ***: Considera una brigada de 2 personas y un rendimiento de 4 Kg/día/hombre

Actividad	2007				2008				2009			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección frutos ZR2-A, ZR2-B y ZR2-C												
Confección posaderos y recipientes ZR2-A y ZR2-B												
Extracción y colocación de estacas ZR2-A												
Marcación B _i y preparación sustrato ZR2-A y ZR2-B												
Instalación posaderos												
Colocación de frutos ZR2-A y ZR2-B												
Preparación sitio y marcación ZR2-C												
Plantación ZR2-C. Año 1												
Supervisión ZR2												

* 1, 2, 3 y 4 = Cuatrimestres

b) Cronograma implementación ZR2.

ANEXO 16

Normas legales vigentes. Plan de restauración predial

En materia de legislación ambiental, la ley 19300 sobre Bases del Medio Ambiente establece en su Artículo 11 que “Requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aquellos proyectos o actividades que generen o presenten” “b) efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, el agua y aire”.

El D.S. N°. 95 (2001) del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), artículo 3, establece “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (aplicables al FCC), son:

a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas. Letra a.2

g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico.

Respecto al recurso agua, podemos considerar El Código de Aguas (CA) como el documento legal más importante en Chile. El artículo 5° del CA dispone que “las aguas son bienes nacionales de uso público”, así también el suelo que el agua ocupa o desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas (artículo 30), lo que se denomina álveo o cauce natural.

Respecto al mantenimiento de la calidad del agua, el CA en su artículo 92° señala que: “se prohíbe botar a canales sustancias, basuras, desperdicios y otros objetos que alteren la calidad de las aguas”.

En esta línea, el Ministerio de Salud, a través del DFL 725 (1968), artículo 73, y DFL 754 (1993), prohíben descargar o incorporar a napas subterráneas de agua o arrojar a cursos de agua, aguas servidas, residuos industriales o mineros o aguas contaminadas con productos tóxicos (en el artículo 19° se enumeran 35 substancias o compuestos considerados peligrosos).

El DS 475 (1994), que establece la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República; define “Playa de río o lago como la extensión de suelo que bañan las aguas en sus crecidas normales hasta la línea de las aguas máximas”. Además establece como terreno de playa una “Faja de terreno de propiedad del Fisco sometida al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio, de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de la playa de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos o lagos.

Más localmente el anteproyecto del Plan Regulador de la Comuna de Valdivia define Borde Fluvial como la “Faja longitudinal que recorre ambos lados de los ríos, medida entre la línea de más alta marea, definida para estos efectos en la Cota 2, y la línea oficial de cierre o fachada según corresponda. Esta faja tiene como sentido establecer una reserva para el acceso y uso público de los bordes de río dentro del área urbana de la comuna. Además define el borde interior: como una faja de

transición entre las áreas húmedas de interior (humedales, hualves y vegas) y las plataformas urbanas, orientado a la protección de este sistema natural y a la protección ante el riesgo por inundación, saturación o remoción. Se orienta al uso público y puede albergar vialidad, senderización, áreas verdes e infraestructura recreativa liviana.

Un concepto importante y en la mayoría de los casos confuso en términos legales es el de Humedal. En este sentido La Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional como Hábitat de las Aves Acuáticas, suscrita en la ciudad de Ramsar, Irán (1971), promulgada y ordenada a cumplir como ley de la República por D.S. N1 771/81 del Ministerio de Relaciones Exteriores, define como Humedal "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

Si bien el álveo y las áreas de agua están claramente definidos en la ley, el dominio de las zonas riberañas se presta a confusión. En este sentido hay que distinguir si constituye un propietario riberaño particular o no y si constituye un humedal de agua corriente o de agua detenida.

Para el caso de propietarios privados y de humedales de agua corriente, el área delimitada como agua será de bien nacional o uso público, el área de álveo será de bien nacional y el terreno riberaño de propiedad particular. Para el caso de aguas detenidas, el área delimitada como agua será un bien nacional o de uso público y el álveo y la ribera de uso particular.

Ahora bien, un propietario riberaño no podrá usar, gozar y disponer en forma arbitraria de los terrenos de un Humedal porque existe una primera y gran limitación de rango constitucional: el concepto de Función Social de la Propiedad del Artículo 19 N° 24 y el Art. 19 N° 8, pero además existen limitaciones de rango legal en áreas colocadas bajo protección oficial por ley y limitaciones de rango infralegal cuando existan instrumentos de planificación territorial vigentes, como es el caso de Valdivia.