

INFORME FINAL

PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DEL CIPRÉS DE LA CORDILLERA



CENTRAL HIDROELECTRICA CHACAYES.
PACIFIC HYDRO CHACAYES S. A
Contrato CHAC.09.88
GUSTAVO CRUZ M.
Enero 2011

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ALCANCES	1
3	ACTIVIDADES REALIZADAS	2
4	PRODUCTOS DESARROLLADOS	7
5	PROYECCIONES	13
6	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	15

1 INTRODUCCIÓN

Pacific Hydro Chacayes S.A. (en adelante PHCH), ha iniciado un Programa de Recuperación del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), asociado al proyecto Central Hidroeléctrica Chacayes (Proyecto Chacayes), el cual se origina en una medida de compensación ambiental consignada en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del proyecto y considera una iniciativa de investigación y conservación de esta especie.

En su primera etapa, el programa tiene como objetivo generar información respecto de las comunidades de ciprés de la cordillera, su ecología, su singularidad y posibilidades de conservación y la identificación de sitios potenciales para la recuperación de la especie en la cuenca del Alto Cachapoal. Los resultados de esta primera etapa del programa, se espera estén disponibles a finales del año 2010.

De acuerdo con lo anterior, en este informe final, se expone los alcances, las actividades realizadas y los productos desarrollados, según el cronograma de actividades considerado en la propuesta correspondiente.

2 ALCANCES

Conforme a lo anteriormente señalado, el estudio contempló los siguientes alcances:

- a. Identificar las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.
- b. Caracterizar el ambiente, la estructura y la dinámica regenerativa de la especie en algunas de las comunidades del Alto Cachapoal.
- c. Analizar la singularidad e importancia para la conservación de las comunidades de la especie en el Alto Cachapoal.
- d. Identificar sitios potenciales y proponer una estrategia para la recuperación de la especie en el Alto Cachapoal, para la segunda etapa del programa de recuperación de PHCH.
- e. Difundir los resultados más relevantes del estudio realizado, a través de un documento que se hará disponible al público general y a la comunidad científica.

3 ACTIVIDADES REALIZADAS

A continuación se detallan las actividades realizadas.

3.1 Identificación de las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal

La identificación de las comunidades de la especie comprendió las siguientes etapas:

Recopilación de información cartográfica, aerofotográfica y satelital: Se utilizó información cartográfica proporcionada por PHCH e información específica desarrollada para el área de estudio. Entre estas se cuentan: Cartografía escala 1: 50.000, IGM, Ortofotos digitales (escala 1: 16.000/2006; PHCH); Imagen Quick Bird Color (resolución 0,6 m; 2006/2007; PHCH), mapa orotopográfico con curvas de nivel cada 2 m (PHCH). Modelo de elevación digital (ASTER Global DEM; resolución 30 m) Además, para las áreas sin cobertura de imágenes se elaboró una base basada en Imágenes Quick Bird Color (resolución 0,6 m; 2006-2008) CONAF.

Interpretación de fotos e imágenes satelitales: Se identificaron las formaciones vegetales dominadas por ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal, sobre la base de interpretación de imágenes, antecedentes cartográficos y bibliográficos.

Prospección y verificación en terreno: Durante el mes de abril se verificó la interpretación preliminar realizada y se incluyeron comunidades no detectadas en la etapa de interpretación. Además, se realizaron consultas a personas locales (arrieros, lugareños, guardaparques, etc.), respecto a la existencia de comunidades de ciprés de la cordillera en el área de estudio.

Digitalización y atribución de la información y edición cartográfica: Se generó una cobertura digital (formato *shape*) que identifica las diferentes comunidades de ciprés de la cordillera, la cuales se presentan en forma global a una escala 1:50.000. En forma complementaria, y para cada población de interés, se elaboró una cartografía local (zoom) de una escala 1: 5.000. Para esto se utilizó un Sistema de Información Geográfico (ARCGIS 9.1)

3.2 Caracterización del ambiente, la estructura y la dinámica de la especie

Se seleccionaron en el área de estudio 9 sitios (comunidades) con ciprés de la cordillera identificados en el punto 3.1 correspondientes a los diferentes valles en estudio. Los sitios se analizaron desde un punto de vista ecológico, considerando para estos efectos una caracterización ambiental, estructural (frecuencia, densidad, cobertura, área basal, estado sanitario, diagramas de perfil) y de la dinámica regenerativa de la especie. La selección de los sitios se basó en un criterio visual de representación de las diferencias estructurales, incluyendo todo el rango de alteraciones de los bosques de ciprés de la cordillera presentes en el área. Por otro lado, se consideró también la accesibilidad desde caminos o huellas. Esto último, con el fin de hacer factible una eventual restauración de los rodales o sitios adyacentes por medio de una reforestación y/o enriquecimiento de los rodales degradados.

Caracterización ambiental:

La caracterización ambiental estuvo orientada hacia aquellas variables que permitieron establecer, de manera inicial, los requerimientos ecológicos y su incidencia en la dinámica regenerativa de la especie. Para estos fines se usó información general proporcionada por PHCH y además se generó información específica para el área de estudio. La caracterización ambiental consideró la recopilación, generación y análisis de las siguientes variables ambientales:

Climáticas: Temperatura (máxima, mínima y promedios mensuales), precipitación (tipo, monto, estacionalidad), en base a estaciones meteorológicas cercanas.

Geológicas y geomorfológicas: Sustratos geológicos en que se desarrolla la especie y unidades geomorfológicas asociadas.

Topográficas: Altitud; Pendiente; Exposición según normas NASIS¹

Edáficas:

- Descripción del sitio: Se realizó una descripción morfológica en el sitio donde crece la especie, considerando aspectos tales como profundidad de enraizamiento, horizontes diagnóstico (tipo, espesor, límites), agregación de partículas, pedregosidad superficial y en el perfil, color, drenaje, régimen de humedad y temperatura. Las descripciones fueron realizadas siguiendo las normas NASIS y complementadas con los criterios utilizados para la descripción de los suelos del país.
- Características físico-químicas de los suelos: Se obtuvieron muestras de suelo a diferentes profundidades en relación a sus horizontes, así como a la profundidad efectiva en las áreas consideradas más relevantes. Se determinaron propiedades físicas y químicas básicas potencialmente utilizables como indicadores de la calidad y estado actual del suelo y, por ende, de la calidad del sitio. En específico se determinó la distribución del tamaño de partículas por densitometría (método de Bouyoucos), acidez (pH H₂O 1:1) y por potenciometría. El contenido de carbono orgánico se estimó por digestión ácida y posterior titulación. Además, se midió el nitrógeno total y disponible, el P y K disponibles y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se dio un especial énfasis a las muestras de suelo superficiales (primeros 10 cm de suelo), de manera de relacionar las variables edáficas con la eventual regeneración de la especie en estudio y el efecto de la cobertura de ciprés en las propiedades edáficas antes mencionadas.

¹ NASIS: National Soil Information System USDA-NRCS. Criterio de homogeneización de códigos y herramienta que permite la creación y mantención de estudios de suelos a nivel mundial

- Actividad biológica del suelo: En cuanto a la actividad biológica en los suelos bajo estudio, se midió de manera discreta la respiración heterotrófica y autotrófica en forma conjunta -in situ- (flujo de CO₂ desde el suelo a la atmósfera en mg CO₂m⁻² h⁻¹) utilizando un analizador de gases infrarrojo (EGM-4 CO₂ Gas Analyzer and SRC-1 Soil Respiration Chamber, PP Systems, USA) en paralelo con el contenido de agua del suelo y temperatura del suelo (primeros 6 cm).
- Análisis foliar: Se extrajeron muestras foliares del tercio superior de la copa en ramas de segundo orden de individuos de categorías de vigor contrastante (alto y bajo vigor). Las muestras foliares fueron analizadas en cuanto a las concentraciones de nutrientes, comparando las concentraciones entre las categorías y correlacionando dichos valores con parámetros edáfico-ambientales.
- Índice de Área Foliar: Utilizando un ceptómetro (LP-80, Decagon Devices) se estimó el índice de área foliar (m² de hojas por m² de suelo) en las comunidades más relevantes. El anterior se correlaciona con la rigurosidad del ambiente, por lo cual se espera que comunidades más perturbadas, tanto como las en ambientes extremos se reflejen con valores bajos de área foliar.
- Determinación de la biomasa de litera: Esta actividad consistió en la cuantificación de la hojarasca en distintos estados de descomposición por unidad de superficie de suelo. Esta medida puede bien correlacionarse con las concentraciones de nutrientes en el follaje, y reflejar mayores tasas de mineralización que en aquellas comunidades con bajos contenidos de materia orgánica. Además, la cantidad de biomasa de la litera puede correlacionarse con la regeneración de la especie.

Perturbaciones antrópicas: Se registraron signos de pastoreo y/o ramoneo, incendios pasados, avalanchas, corta de árboles en los individuos y/o el rodal. Lo anterior con el fin de interpretar la estructura y dinámica regenerativa de la especie y su estado de conservación en la cuenca.

Todas estas variables se recopilaban sistemáticamente en forma codificada, en un formulario elaborado para estos efectos. La información ambiental recolectada se relacionó con el estado actual de la especie en estudio. En este sentido la información de análisis morfológico, químico, físico y nutricional se considera como indicadora de la calidad del medio edáfico y por corolario de ciprés de la cordillera. Los antecedentes y resultados de actividad biológica del suelo, análisis, índice de área foliar y biomasa de litera serán complementados y servirán de base para las siguientes fases del proyecto, así como también para probar hipótesis de trabajo en futuras publicaciones. El análisis de esta información trasciende los alcances de esta etapa del proyecto.

Caracterización estructural: La caracterización estructural de las comunidades de la especie comprendió los siguientes atributos: Estructura vertical, horizontal, cuantitativa y etárea del rodal, regeneración natural, y composición florística del rodal.

Para determinar la estructura vertical, horizontal y cuantitativa del rodal, se distribuyeron en cada rodal a estudiar, tres parcelas de 1.000 m² (20x50 m), de manera tal de capturar la heterogeneidad de éste. A excepción de las comunidades en Vega chica, en la cual se realizó un censo de los individuos y en caso de Urriola oeste, que dada su homogeneidad y semejanza con Urriola este, se realizó sólo una parcela. En cada una de estas parcelas, se midieron todos los individuos vivos o muertos > a 5 cm de DAP (diámetro a 1,3 m). A cada individuo de ciprés de la cordillera se le registró la siguiente información: Sexo (determinación indirecta en base a la presencia de semillas y/o estructuras reproductivas), Estrato (1 = bajo, 0 a 5 m de altura; 2 = medio, 5,1 a 10 m de altura; 3 = alto, 10,1 o más metros de altura). Tendencia social (1= mejoramiento, 2= mantención, 3= descenso y 4= muerte), Sanidad (S= sano, E1= daño menores a 25 % del la copa , daño locales , E2 = daño de 25- 50 % de la copa, E3= desde 50 a 75 % de la copa, E4= 75- 100% de la copa, M= muertos), diámetro a la altura del pecho DAP (cm), diámetro basal (cm), altura de copa (m) altura total (m), fuste sin ramas (m), número de fustes en los individuos plurifustales.

Además, en la parcela principal (una por rodal) de cada población se midió a todos los árboles su coordenada X e Y, los radios de copa (m) (en las coordenadas cardinales) y las alturas totales, de fuste y de copa (m). También, se registraran los tocones de individuos cosechados en el pasado. Así, se tomó información respecto a la presencia de herbivoría y/o la eventual presencia del “mal del ciprés” (El Mujtar y Andenmatten, 2007).

A todas las especies arbustivas acompañantes se les registró la siguiente información: especie, diámetro a la altura del pecho DAP (cm); diámetro basal y altura total. En cada parcela se extrajeron tarugos de incremento de 6 individuos de los distintos estratos antes definidos. Además, se obtuvo un número variable de rodela de individuos muertos. En todas las parcelas, se registraron y midieron la altura y diámetro de cuello (DAC) de todas las plantas de regeneración de las especies arbóreas. Aquellas plantas de regeneración recién germinadas, que presentan los cotiledones en la fecha de muestreo, se consideraron como plántulas. Toda planta < 5 cm de DAP se consideró parte del estrato de plantas de regeneración. Además, se registró para cada una de las plantas de regeneración el micrositio donde crece (suelo mineral, roca, litter, madera en descomposición, plantas facilitadoras, etc.). También se registro la presencia de plantas que presentaron algún signo de ramoneo o problema sanitario.

La composición florística del rodal, fue medida al interior de las parcelas, cuyo tamaño fue determinado mediante el uso del método del área mínima (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). En éstas se identificaron las especies y cobertura porcentual correspondiente a cada una de ellas, basándose en la escala de Braun-Blanquet modificada (Londo, 1984; Glavac y Hakes, 1996). Cada especie fue clasificada según su origen y forma de crecimiento.

Determinado la siguiente información para cada rodal de ciprés de la cordillera estudiado en el Alto Cachapoal:

- Estructura diamétrica por especie para cada sitio de estudio,
- Densidad, Área basal, DMC y volumen por ha, para cada rodal,
- Estado de desarrollo de los árboles y estructura etárea de los rodales,
- Calidad del sitio para el desarrollo de ciprés de la cordillera.
- Composición y abundancia de especies del sotobosque según origen y forma de crecimiento
- Riqueza de especies por sector de estudio.

Las existencias en volumen (m^3/ha) de cada rodal, se estimó a partir de la función de volumen desarrollada por Chauchard (1991), cuyos parámetros son los siguientes:

$$\text{Volumen bruto } (m^3) = 0,000072045 * ((DAP^2) * HT)^{0,922728}$$

Donde:

DAP: diámetro a la altura del pecho (1,3 m)

HT: altura total (m)

La estructura etárea del rodal se estimó a partir de las rodelas y tarugos de incremento, estableciendo correlaciones entre los diámetros basales y la cantidad de anillos de las rodelas y/o tarugos.

La calidad del sitio para ciprés de la cordillera se estimó a partir de la altura de los 3-5 individuos más altos del estrato superior, dentro o en las inmediaciones de cada una parcelas de estructura.

Caracterización de la dinámica regenerativa: La caracterización de la dinámica regenerativa se basó en el análisis de la densidad y desarrollo en altura de la regeneración, según micrositio. También se consideran aspectos de perturbaciones naturales o antrópicas, las cuales podrían estar o haber incidido en el éxito regenerativo de la especie. Estas variables están siendo analizadas en conjunto con las variables estructurales y ambientales de los rodales estudiados, de manera de interpretar la dinámica regenerativa de la especie. Esto permitió evaluar las posibilidades de autoreemplazo de las comunidades en forma natural y por ende las posibilidades de su permanencia en el área. Por otro lado, constituye información relevante para la aplicación práctica en las propuestas de recuperación de la especie (micrositios de plantación, técnicas de plantación, enriquecimiento, siembra, etc.).

4 PRODUCTOS DESARROLLADOS

A continuación se exponen los productos desarrollados, según los alcances del estudio realizado.

Alcance	Productos desarrollados
a. Identificar las comunidades de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal.	4.1 Mapa con distribución de las comunidades, grupos e individuos aislados a escala 1:50.000 en el Alto Cachapoal (Formato impreso y digital).
b. Caracterizar el ambiente, la estructura y la dinámica regenerativa de la especie en algunas de las comunidades del Alto Cachapoal.	4.2 Capítulo 4 del libro de divulgación científica (Apéndice N° 3).
c. Analizar la singularidad e importancia para la conservación de las comunidades de la especie en el Alto Cachapoal.	4.3 Capítulo 5 del libro de divulgación científica (Apéndice N° 3).
d. Identificar sitios potenciales y proponer una estrategia para la recuperación de la especie en el Alto Cachapoal, para la segunda etapa del programa de recuperación de PHCH.	4.4 Capítulo 6 del libro de divulgación científica (Apéndice N° 3). 4.5 Informe "Sitios potenciales para la recuperación de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal" (Apéndice N° 4).
e. Difundir los resultados más relevantes del estudio realizado, a través de un documento que se hará disponible al público general y a la comunidad científica.	4.6 Charlas de difusión (2) en Oficinas y Campamento PHCH (Julio 2010) (Apéndice N° 5). 4.7 Manuscrito preliminar de Libro de divulgación científica (Apéndice N°3)

4.1 Mapa con distribución de las comunidades, grupos e individuos aislados a escala 1:50.000 en el Alto Cachapoal

En el apéndice N° 1 se presenta un mapa escala 1: 50.000 con la distribución de las zonas donde se desarrolla de ciprés de la cordillera en Alto Cachapoal. En el mapa se han segregado tres grupos:

- **Comunidades:** Corresponde a agrupaciones de individuos de ciprés de la cordillera en rodales abiertos o semidensos, que ocupan un área definida y se asocian a un ambiente particular. Se han identificado por el nombre geográfico más cercano de las cartas IGM escala 1:50.000 y se ha estimado su superficie (Figura 4.1a).
- **Pequeñas agrupaciones:** Corresponde pequeños grupos e individuos de ciprés de la cordillera, que se asocian a un ambiente particular. Se presentan en laderas asociados a derrumbes y/o en sectores con alteraciones hidrotermales de las rocas, al interior de la R. N. Rio de los cipreses. Se han ubicado espacialmente sin un nombre geográfico y la estimación de su superficie es sólo referencial (Figura 4.1b).
- **Individuos aislados:** Corresponde a individuos aislados de ciprés de la cordillera. En general se asocian a roqueríos en las parte más altas de la cuenca y/o se presentan en las partes bajas de las laderas cercanos a los curso de agua. Se han ubicado espacialmente sin un nombre geográfico y la estimación de su superficie es sólo referencial (Figura 4.1c).



Figura 4.1. Fisonomía general de las formaciones vegetales dominadas por de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Comunidades (izquierda), Pequeñas agrupaciones (centro), e Individuos aislados (derecha).

Gran parte de los individuos de ciprés de la cordillera se distribuyen en forma aislada en el área de estudio, siendo sólo una baja proporción, los que conforman pequeños grupos y comunidades (cuadro 4.1).

Cuadro N° 4.1 Superficie de las zonas con ciprés de la cordillera, según nivel de agrupamiento

Tipo de agrupamiento	Rango de densidad estimado (N° individuos/ha)	Superficie (ha)	(%)
Comunidades	73-699	92,7	5,9
Pequeñas agrupaciones	12-46	161,5	10,3
Individuos aislados	<12	1.319,1	83,8
Total		1.573.3	100,0

Es importante mencionar, que la superficie estimada para las pequeñas agrupaciones e individuos aislados representa el área total del polígono en que se distribuyen en forma dispersa los individuos. Los rangos de densidad se estimaron mediante un muestreo aleatorio a partir de la imagen satelital y por lo tanto son valores aproximados de la densidad real de los individuos.

En la figura 4.2 se presenta la distribución de las comunidades de ciprés de la cordillera estudiadas en el sector de Alto Cachapoal. En el Apéndice 2 se entrega una descripción de la estructura de cada comunidad en particular.

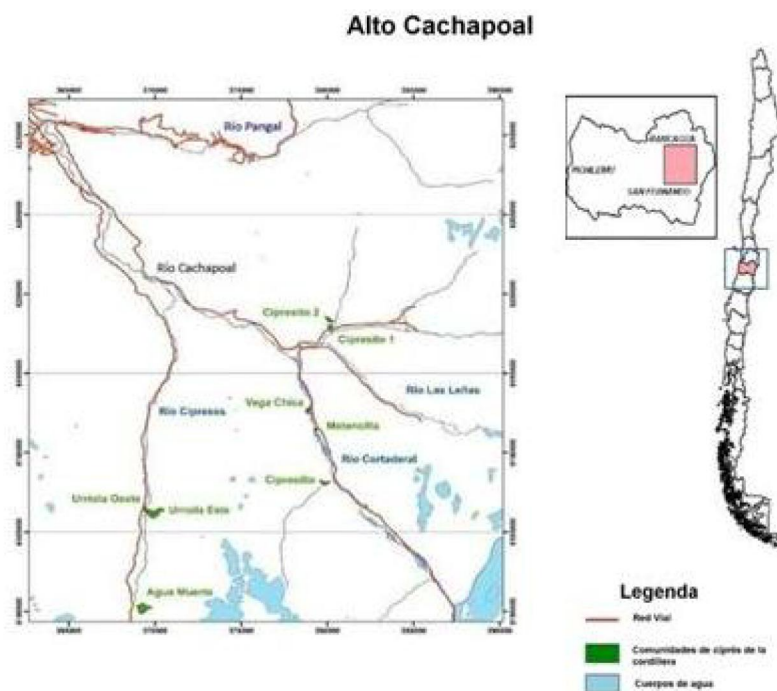


Figura 4.2 Distribución de las comunidades de ciprés de la cordillera estudiadas en el Alto Cachapoal.

4.2 CAPÍTULO 4 DEL LIBRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

En el capítulo 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 del libro de divulgación científica se abordan las características ambientales y estructurales de las comunidades dominadas por ciprés de la cordillera; la dinámica regenerativa de la especie, la composición y singularidad florística de sus comunidades en el alto Cachapoal. Se trata en su totalidad de información inédita generada por el proyecto, la cual puede seguir siendo analizada y complementada de manera de contar con un mayor conocimiento científicos del área del Alto Cachapoal, de manera de apoyar futuros proyectos y la gestión ambiental y de conservación del área, por parte de la gerencia ambiental de PacificHydro y la oficina regional de CONAF (Apéndice N°3).

4.3 CAPÍTULO 5 DEL LIBRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

En el capítulo 5 del libro de divulgación científica se analizan las características peculiares que presentan las comunidades vegetales dominadas por esta especie en el alto Cachapoal, que justifican la recuperación de la especie. Para estos fines, la singularidad e importancia para la conservación de las comunidades de la especie se derivaron del análisis de: la historia evolutiva

de la especie; la situación actual de las poblaciones a nivel nacional y local; las características vegetacionales y florísticas y la vulnerabilidad de las comunidades dominadas por la especie. En virtud del análisis realizado en el capítulo se puede considerar tanto a ciprés de la cordillera como a las comunidades vegetacionales en su distribución septentrional, singulares y bajo un estado de gran vulnerabilidad y requieren ser priorizadas en planes de conservación (Apéndice N°3).

4.4 CAPÍTULO 6 DEL LIBRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA.

En el capítulo 6 del libro de divulgación científica se abordan la estrategia de conservación de las comunidades dominadas por la especie en el alto Cachapoal. Se entregan los lineamientos estratégicos, los cuales deberán considerar un enfoque orientado a procesos, buscar iniciar la reparación autogénica y considerar en la restauración las interacciones con el paisaje. También se plantean 5 objetivos generales cada uno con objetivos específicos:

- Reducir presiones antrópicas actuales sobre las comunidades de ciprés de la cordillera en Alto Cachapoal
- Proteger las comunidades actuales en el Alto Cachapoal
- Restaurar comunidades actuales de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal
- Establecer un banco de germoplasma donde conservar la diversidad genética de ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal
- Establecer conectividad entre comunidades actuales.

Finalmente se propone y discute como sistema de restauración, la técnica de plantación en grupos (clusters), para el establecimiento de ciprés de la cordillera, tanto en las comunidades existentes, como en aquellas destinadas a aumentar la conectividad (Apéndice N°3).

4.5 INFORME SITIOS POTENCIALES PARA LA RECUPERACIÓN DE LA ESPECIE.

En el marco de la medida de compensación ambiental consignada en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) del proyecto Central Hidroeléctrica Chacayes, la cual una iniciativa de conservación de esta especie y en base a la estrategia general propuesta en el capítulo 6, se proponen sitios para la recuperación del ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Para la segregación de estos sitios se consideraron variables ambientales, así como también de accesibilidad y factibilidad práctica para realizar las labores de establecimiento de la especie. Además, se discuten las técnicas a considerar en la plantación y se describen los sitios potenciales, entregando la cartográfica detallada correspondientes (Apéndice N° 4).

4.6 CHARLAS DE DIFUSIÓN EN OFICINAS Y CAMPAMENTO PHCH.

Se realizaron dos charlas de difusión del proyecto. La primera realizada el 29 de julio de 2010, en las oficinas de PacificHydro. Esta tuvo como audiencia a profesionales de las distintas gerencias de empresa y los relatores fueron los investigadores Gustavo Cruz y Juan Pablo Fuentes de la Facultad de Ciencias Forestales y de Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Una segunda charla fue realizada el 10 de agosto de 2010, en el campamento de PacificHydro en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Esta tuvo como audiencia a profesionales que laboran en terreno y los relatores fueron los investigadores Gustavo Cruz y Alvaro Promis del mismo estamento universitario. La charla realizada se adjunta en el Apéndice N° 5).

4.7 MANUSCRITO PARA IMPRENTA DE LIBRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Con el objeto de difundir los resultados más relevantes del estudio realizado a público profesional general y a la comunidad científica, se preparo un manuscrito de un libro de divulgación científica, el cual se propone a la gerencia ambiental de PHCH para su publicación. Además, de un prólogo y una introducción el manuscrito aborda en un primer capítulo la importancia ecológica de los ecosistemas de montaña, el cual tiene por objetivo familiarizar al lector con la importancia de los ecosistemas de montaña, su conservación y los servicios que proveen a la sociedad, dando el marco geográfico general para entender donde se insertan las actividades que PHCH está realizando y cuales son las condiciones en que se emprende la recuperación de ciprés de la cordillera. En un segundo nivel de integración plasmado en el capítulo 2, se ubica a lector con el paisaje del Alto Cachapoal y con la Georgia particular donde se desarrollan las actividades de PHCH y la conservación de la especie en cuestión. Este capítulo pretende poner a disposición del lector en forma sintética, parte de los antecedentes sobre el medio natural y cultural volcados en los estudios de línea asociado al proyecto Central Hidroeléctrica Chacayes, aprovechando y dándole un uso alternativo a la información generada con un alto costo. En un tercer capítulo, se describe a la especie objeto de las actividades de conservación en base a la información extractada de artículos de revistas científicas de corriente principal. En el capítulo En el capítulo 4 se ubican las formaciones vegetales dominadas por ciprés de la cordillera en el alto Cachapoal y se abordan las características ambientales y estructurales de ésta; la dinámica regenerativa de la especie y la composición y singularidad florística de sus comunidades en el alto Cachapoal (ver 4.2). En el capítulo 5, se analizan las características singulares que presentan las comunidades vegetales dominadas por esta especie en el alto Cachapoal, que justifican su conservación (ver 4.3). En el capítulo 6, se presenta la estrategia de conservación del comunidades dominadas por la especie en el alto Cachapoal (ver 4.4).

A continuación se presenta el índice preliminar del libro de divulgación científica elaborado.

TITULO TENTATIVO: ANTECEDENTES ECOLOGICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS COMUNIDADES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA (*AUSTROCEDRUS CHILENSIS*) EN EL ALTO CACHAPOAL

CONTENIDO

- I. PRÓLOGO
- II. PRESENTACIÓN
- III INTRODUCCIÓN
- 1. IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA
 - 1.1. AMBIENTES MONTAÑOSOS
 - 1.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS MONTAÑAS
 - 1.3. RECURSOS HÍDRICOS
 - 1.4. RECURSOS FORESTALES
 - 1.5. DIVERSIDAD BIOLÓGICA
 - 1.6. POBLACIÓN HUMANA
 - 1.7. PRESIONES Y PERTURBACIONES
- 2. PAISAJE NATURAL DEL ALTO CACHAPOAL
 - 2.1. CLIMA
 - 2.2. GEOLOGÍA
 - 2.3. GEOMORFOLOGÍA
 - 2.4. HIDROLOGÍA
 - 2.5. SUELOS
 - 2.6. FLORA Y VEGETACIÓN
 - 2.7. FAUNA
 - 2.8. USO ANTRÓPICO DEL ÁREA
- 3. ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE
 - 3.1. TAXONOMÍA
 - 3.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA
 - 3.3. DISTRIBUCIÓN Y HABITAT DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA
 - 3.4. AUTOECOLOGÍA DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA
 - 3.5. VARIACIÓN GENÉTICA
 - 3.6. ENFERMEDADES
 - 3.7. USO DE LOS BOSQUES
 - 3.8. ESTADO DE CONSERVACIÓN
- 4. COMUNIDADES VEGETACIONALES ESTUDIADAS DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL
 - 4.1. DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE LAS COMUNIDADES ESTUDIADAS
 - 4.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LAS COMUNIDADES ESTUDIADAS
 - 4.3. ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES
 - 4.4. DINÁMICA REGENERATIVA DE LAS COMUNIDADES
 - 4.5. CARACTERÍSTICAS VEGETACIONALES Y FLORÍSTICAS
- 5. SINGULARIDAD E IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL
 - 5.1. HISTORIA EVOLUTIVA DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA
 - 5.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS COMUNIDADES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA A NIVEL NACIONAL Y LOCAL
 - 5.3. SINGULARIDAD VEGETACIONAL Y FLORÍSTICA DE LAS COMUNIDADES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA
 - 5.4. VULNERABILIDAD DE LAS COMUNIDADES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA
- 6. ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LAS COMUNIDADES DOMINADAS POR CIPRÉS DE LA CORDILLERA EN EL ALTO CACHAPOAL
 - 6.1. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS
 - 6.2. OBJETIVOS DE LA RESTAURACIÓN
 - 6.3. SISTEMA DE RESTAURACIÓN
- BIBLIOGRAFIA
- GLOSARIO
- APÉNDICES
 - MAPA ADJUNTO Escala 1:50.000 (Tipo poster tamaño aproximado 65 X 90 cm)
 - LISTA DE PLANTAS VASCULARES DE LAS COMUNIDADES VEGETACIONALES DOMINADAS POR CIPRES DE LA CORDILLERA (*Austrocedrus chilensis*) EN EL ALTO CACHAPOAL

5 PROYECCIONES

Con el desarrollo del proyecto se determinó la distribución de las formaciones vegetacionales dominada por ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Además, se investigaron las características ambientales y estructurales; la dinámica regenerativa de la especie y la composición y singularidad florística de sus comunidades. Si bien estos resultados dan cuenta de una serie de interrogantes sobre estas comunidades, generan al mismo un sinnúmero de nuevas preguntas respecto de la autoecología y sinecología de la especie. Para afrontar estas interrogantes, mucha de la información generada, puede complementarse y analizarse desde otra perspectiva en el futuro, de manera de generar un mayor conocimiento científicos para apoyar la gestión ambiental y de conservación del área por parte de PacificHydro y las entidades gubernamentales sectoriales. Entre los posibles estudios complementarios factibles de realizar en el futuro se encuentran:

Singularidad genética: En base a los antecedentes revisados se infiere que existiría una singularidad en las comunidades septentrionales de ciprés de la cordillera, dado que éstas serían refugios de las glaciaciones y por tanto conservarían características genéticas de las poblaciones originales de la especie. En virtud de lo anterior, resulta de interés verificar la diversidad genética de las poblaciones y las relaciones de parentesco entre las poblaciones del Alto Cachapoal y otras poblaciones del área septentrional y/o austral de distribución de la especie en Chile.

Hábitat de la especie: Determinar las principales variables abióticas que influyen en la distribución de las comunidades de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en el Alto Cachapoal. Existen una serie de variables ambientales, que es el estudio realizado se analizaron en términos globales, debido a que su análisis en profundidad trascendía los alcances del estudio realizado. En particular la modelación de las variables climáticas, geomorfológicas e edafológicas permitiría desarrollar un modelo de hábitat potencial para la especie. Además, si la forma de crecimiento guardan relación con el ambiente en que se desarrolla la especie a lo largo de su distribución.

Dinámica regenerativa: En la mantención y recuperación de las comunidades de ciprés de la cordillera, tiene una gran relevancia sus posibilidades de regeneración natural. En este sentido cobra interés el evaluar más intensivamente la cantidad y calidad del reclutamiento de ciprés de la cordillera en poblaciones presentes en el Alto Cachapoal. También sería adecuado estudiar los patrones en la regeneración de la especie y el efecto de la radiación solar, la humedad y otras variables meteorológicas en la supervivencia y crecimiento de las plantas. Por otro lado, sería necesario verificar si la regeneración por rebrote (acodo), en vez de la natural por semillas, constituye una estrategia para la mantención de la especie en su área de distribución septentrional (xérica) o mediterránea.

Singularidad estructural. Los resultados del estudio realizado indican un patrón estructural particular para las comunidades dominadas por ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. Sin

embrago, surge la interrogantes si existen diferencias en éstos patrones (árboles muertos en pie, caídos, número de árboles individuales, número de cepas, árboles por cepas, etc.) y de flora entre las comunidades de cipreses septentrionales, del centro y del sur de su distribución en Chile. De manifestarse más claramente estas diferencias, se contribuiría a dar un mayor sustento a la necesidad de conservar estas comunidades septentrionales de especie y que algunos autores las consideran como relictos.

Micorrizas: Desde el punto de vista edáfico, se demostró la gran plasticidad de la especie y su carácter de pionera, capaz de crecer en condiciones edáficas con grandes limitantes, tales como suelos con altos contenidos de gravas y piedras. Para entender mejor el comportamiento de la especie en estas condiciones, así como también el balance de nutrientes, se plantea estudiar si la presencia de micorrizas, incide positivamente en el establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de la especie estos suelos.

Balance de carbono: En la primera etapa del proyecto se colectaron algunos datos de carácter exploratorio, como análisis químicos de suelos y follaje, flujos de CO₂ desde los suelos e índice de área foliar, entre otros. Estas medidas fueron adicionales a las de flora y vegetación, composición y estructura, crecimiento, etc. Para una segunda etapa se plantea estimar acumulación y secuestro de carbono en ciprés de la cordillera en el Alto Cachapoal. También se plantea entender mejor el balance de agua en el suelo y en la planta, así como también el balance de nutrientes, para entender de mejor forma como estos factores afectan el secuestro de carbono, establecimiento y sobrevivencia de la especie.

Restauración: De acuerdo a los resultados, en ciertas área del Alto Cachapoal, puede implementarse una restauración pasiva, razón por la cual debiera evaluarse este tipo de restauración como una estrategia para recuperar la composición florística y la estructura de la vegetación en comunidades vegetales de ciprés de la cordillera y de las especies de la región del bosque y el matorral esclerófilo de la precordillera andina. Esto podría ser implementado en la Reserva Nacional Río de los Cipreses. Como una manera de ganar experiencia en las labores de restauración de la especie, se deben estudiar y efectuar ensayos de plantación e inicia el monitoreo de estas (o de aquellas realizadas) a largo plazo.

6 BIBLIOGRAFÍA CITADA

Chauchard L, Rey M. y M. Peñalba 1991. Funciones de volumen de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*, (Don) Flor. et Boul. Actas VI Jornadas Técnicas: Inventarios – Modelos de Producción y Crecimiento. Eldorado, Misiones, pgs: 40-48.

El Mujtar, V. y Andenmatten, E. 2007. "Mal del ciprés": búsqueda de la causa más probable de daño mediante un análisis deductivo y comparativo. *Bosque* 28(1): 3-9.

Glavac, V. y Hakes, W. 1996. *Vegetationsökologie. Grundfragen, Aufgaben, Methoden.* Gustav Fischer. Stuttgart. Germany 368 p.

Londo, G. 1984. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. In: Knapp, R. (Ed.), *Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Handb. Veg. Sci. 4*, The Hague, pp. 45-49.

Mueller-Dombois, D. y Elleberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* John Wiley & Sons. New Cork 547 p.

APÉNDICES