



FDI - CORFO



UNIVERSIDAD DE
TALCA



REVISIÓN Y ANÁLISIS DE PRÁCTICAS TRADICIONALES DE CONSERVACIÓN DE AGUAS Y SUELOS EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE CHILE CENTRAL



**Roberto Pizarro Tapia
Claudia Sangüesa Pool
Juan P. Flores Villanelo
Enzo Martínez Araya
Mauricio Ponce Donoso**

1. Introducción
2. Antecedentes Generales
 - 2.1. Descripción Biogeofísica de la Zona de Recopilación de Prácticas
 - 2.1.1. Características sociales generales de la zona en estudio
 - 2.1.2. Clima
 - 2.1.3. Vegetación
 - 2.1.4. Suelo
 - 2.2. Marco General de la Ejecución de las Obras
 - 2.3. Definición y Descripción de Obras de Conservación de Aguas y Suelos
 - 2.3.1. Bancales
 - 2.3.2. Bordos semicirculares o barreiros
 - 2.3.3. Canales de desviación
 - 2.3.4. Colectores de piedra
 - 2.3.5. Diques transversales
 - 2.3.6. Empalizadas
 - 2.3.7. Estanques de captación del agua
 - 2.3.8. Fajinas
 - 2.3.9. Limanes
 - 2.3.10. Muretes
 - 2.3.11. Surcos en contorno
 - 2.3.12. Terrazas (o Bancales, en España)
 - 2.3.13. Tratamiento lineal
 - 2.3.14. Zanjas de absorción o infiltración
3. Descripción de Prácticas Tradicionales de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, Aplicadas en la Zona Comprendida entre la Región de Coquimbo y la Región del Bío Bío
 - 3.1. Región de Coquimbo
 - 3.1.1. Provincia Limarí
 - 3.1.1.1. El Sauce
 - 3.1.1.2. La Muñozana

- 3.1.1.3. Cuenca Monte Patria
 - 3.1.2. Provincia Choapa
 - 3.1.2.1. Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile. Cuesta Cavilón.
 - 3.1.2.2. Cerro Pajaritos
 - 3.1.2.3. Cuz Cuz
 - 3.1.2.4. Proyecto de sabanización en Chile
 - 3.1.3. Fotografías de obras visitadas en la Región de Coquimbo
- 3.2. Región de Valparaíso
 - 3.2.1. Provincia Petorca
 - 3.2.1.1. Cerros Municipales La Ligua
 - 3.2.1.2. Centro demostrativo Altos de Carén
 - 3.2.1.3. Quebradas La Parra y Nazareto
 - 3.2.2. Provincia San Felipe de Aconcagua
 - 3.2.2.1. Proyecto cosecha de agua en Cuesta Las Chilcas
 - 3.2.3. Provincia de Valparaíso
 - 3.2.3.1. Proyecto de corrección de torrentes y recuperación de laderas en microcuenca Las Salinas
 - 3.2.3.2. Protección de la microcuenca Los Lúcumos, Playa Ancha, Valparaíso
 - 3.2.4. Fotografías de obras visitadas en la Región de Valparaíso
- 3.3. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins
 - 3.3.1. Manual para la aplicación de técnicas de captación de aguas lluvias en predios de secano para la forestación
 - 3.3.2. Provincia Colchagua
 - 3.3.2.1. Módulos hidrológicos La Gloria y Ranguilí
 - 3.3.2.2. Captación de agua y fertilización en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, secano interior provincia Colchagua
 - 3.3.2.3. Manual para el desarrollo de conservación de suelos. Canal de Desviación – Sistema de Zanjás de Infiltración
 - 3.3.2.4. Restauración hidrológica y forestal de la cuenca poniente del poblado Sierras de Bellavista

- 3.3.3. Provincia Cardenal Caro
 - 3.3.3.1. Obras mecánicas y biológicas en los predios demostrativos Manquehua, proyecto Facility 1B
 - 3.3.3.2. Proyecto de conservación de suelos degradados, predio Lagunillas
 - 3.3.3.3. Módulo demostrativo de conservación de suelos degradados, sector Cabeceras, Paredones
- 3.3.4. Fotografías de obras visitadas en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins
- 3.4. Región del Maule
 - 3.4.1. Módulos demostrativos de recuperación y conservación de suelos, Región del Maule
 - 3.4.2. Provincia Talca
 - 3.4.2.1. Llongocura
 - 3.4.3. Fotografías de obras visitadas en la Región del Maule
- 3.5. Región del Bío Bío
 - 3.5.1. Provincia Ñuble
 - 3.5.1.1. Área demostrativa comuna de Quirihue, predio Santa Isabel
 - 3.5.1.2. Coelemu
 - 3.5.1.3. Santa Sofía
 - 3.5.1.4. San José de Ninhue
 - 3.5.2. Provincia Bio Bio
 - 3.5.2.1. Área Demostrativa para la Conservación del Suelo y Agua, Tomeco, Lircay, Comuna de Yumbel
 - 3.5.3. Fotografías de obras visitadas en la Región del Bío Bío
- 3.6. Región Metropolitana
 - 3.6.1. Provincia Melipilla
 - 3.6.1.1. Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile, sector San Pedro, Alto Loica
 - 3.6.2. Fotografías de obras visitadas en la Región Metropolitana
- 4. Análisis de las Obras de Conservación de Aguas y Suelos
 - 4.1 Análisis Técnico
 - 4.2 Análisis de Costos y Rendimientos de las Obras

- 4.2.1. Análisis de zanjas de infiltración
 - 4.2.1.1. Costos de construcción de zanjas de infiltración
 - 4.2.1.2. Rendimientos de construcción de zanjas de infiltración
- 4.2.2. Análisis de canales de desviación
 - 4.2.2.1. Costos de construcción de canales de desviación
 - 4.2.2.2. Rendimientos de construcción de canales de desviación
- 4.2.3. Análisis de diques de mampostería gavionada
 - 4.2.3.1. Costos de construcción de diques de mampostería gavionada
 - 4.2.3.2. Rendimientos de construcción de diques de mampostería gavionada
- 4.2.4. Análisis de diques de polines
 - 4.2.4.1. Costos de construcción de diques de polines
 - 4.2.4.2. Rendimientos de construcción de diques de polines
- 4.2.5. Análisis de empalizadas
 - 4.2.5.1. Costos de construcción de empalizadas
 - 4.2.5.2. Rendimientos de construcción de empalizadas
- 4.2.6. Análisis de limanes
 - 4.2.6.1. Costos de construcción de limanes
 - 4.2.6.2. Rendimientos de construcción de limanes
- 4.2.7. Otras obras de conservación de aguas y suelos

4.3 Análisis de las Bonificaciones Legales a las Obras de Recuperación de Suelos Degradados

- 5. Conclusiones
- 6. Bibliografía

PRÓLOGO

Cuando en 2001 se dio inicio al proyecto “*Determinación de estándares de ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola*”, bajo el auspicio del Fondo de Desarrollo e Innovación de CORFO, uno de los elementos que surgió como producto del mismo, fue conocer el real estado del arte en el diseño y construcción de las obras de conservación de aguas y suelos en el país. Así, se formó la sociedad EIAS Limitada, con los aportes de la Universidad de Talca, las empresas Bosques de Chile, Forestal Millalemu y Bosques Villanueva, y la incorporación del Instituto Forestal como Centro Tecnológico asociado.

En este marco y como uno de los primeros frutos concretos de este proyecto, surge este libro que contiene una completa revisión de los distintos tipos de obras utilizados en el país, entre las regiones de Coquimbo y norte de la Región del Bío-Bío. En él se pasa revista a los esfuerzos desarrollados en las diversas zonas estudiadas del país, el contexto histórico y económico que le dieron vida, sus costos, los requerimientos que han demandado, junto a una serie de conclusiones que se desprenden del análisis efectuado. En este marco, se visualiza que los costos y rendimientos no han sido equivalentes entre regiones y, algunas veces, tampoco al interior de las mismas regiones; asimismo, éstos han variado conforme a los criterios de gestión de los recursos humanos.

Por otra parte, existen notables diferencias en la terminología utilizada, lo cual demanda un esfuerzo por uniformarla. Se hace evidente que las unidades que usa la actual ley forestal para este tipo de obras, no siempre son las más eficientes, dado que lo que debiese priorizarse es la capacidad de cortar la línea de escorrentía del agua, para evitar procesos erosivos y en ese contexto, las unidades de trabajo debiesen estar ligadas a unidades volumétricas, más que a unidades lineales o de superficie. Finalmente, surge como otro elemento relevante, que algunos valores económicos asociados al subsidio estatal - por obras de conservación de aguas y suelos en zonas forestales - parecen estar excedidos, toda vez que según el análisis hecho, dichos montos cubren los costos reales y generan excedentes.

Estos aspectos quedan de manifiesto en este documento y en la investigación llevada a cabo por los autores, a lo que se suma una completa descripción estandarizada de las obras existentes, lo que se apoya con fotografías de las distintas zonas visitadas. Este hecho, sin lugar a dudas, pone a este libro en un pie especial para ser un referente en materias de conservación de aguas y suelos ligadas al sector forestal del país. No obstante y como los mismos autores lo aseguran, este texto no representa todo el esfuerzo desarrollado en Chile, ya que parte de él se ha perdido en la noche de los tiempos, o bien se desconoce su ubicación actual.

Estamos ciertos que el documento que tenemos el agrado de presentar, es una contribución en el esfuerzo de consolidar un desarrollo forestal sustentable, ya que da indicios de los reales alcances ambientales de este tipo de obras, su impacto en la absorción de mano de obra rural y la incidencia en la restauración hidrológico-forestal del paisaje.

Estos hechos son de indudable valor en el objetivo de revertir los procesos erosivos, incrementar la productividad de los ecosistemas forestales y recuperar terrenos degradados, lo cual debe apuntar a una mejor gestión ambiental y económica, de las futuras generaciones.

Prof. Dr. Álvaro Rojas Marín
Presidente Sociedad EIAS

Pedro Sierra Bosch
Director Ejecutivo FDI-CORFO

“Ahora, a establecer raíces, a plantar la esperanza, a sujetar la rama al territorio. Es esa tu plenitud profunda de ingeniero.”

Pablo Neruda

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de obras de conservación de aguas y suelos en el país, ha estado marcada por procesos que están relacionados con la eventualidad de fenómenos o eventos aleatorios, bajo los cuales se producen pérdidas de infraestructura, erosión de suelos, interrupción de vías de tránsito e inclusive pérdidas de vidas humanas. Así, y a partir de estos eventos, normalmente se generan demandas sociales de la población o las autoridades locales, con el fin de mitigar las consecuencias de crecidas de ríos con sus correspondientes desbordes, inundaciones y socavación de riberas, movimientos en masa, como aludes y deslizamientos de tierra, cortes de caminos, procesos erosivos con pérdida de la fertilidad de los suelos, generación de cárcavas, etc.

Por otra parte, estas obras de conservación de aguas y suelos, se transforman en importantes absorbedores de mano de obra en épocas de alto nivel de cesantía, toda vez que la mayoría de ellas se llevan a cabo, generalmente, con personal y escasas herramientas. Por ello, cuando se advierten estas épocas de cesantía, no se duda en poner a funcionar programas de absorción de mano de obra, dirigidos principalmente a áreas rurales y a obras de conservación de aguas y suelos.

La institución que mayoritariamente asume este tipo de programas en el país, es la Corporación Nacional Forestal, CONAF, quien de esta forma lleva a cabo proyectos de corrección de torrentes, corrección de erosión, mitigación de desbordes de ríos, evacuación sin daño de caudales y torrentes indeseables, etc., aunque lo hace con un conjunto de trabajadores que, en muchos casos, dista de ser el más idóneo para estas actividades, ya que en su mayoría no posee experiencia en el tema y asumen estas tareas por la oportunidad de contar con un trabajo, lo que distorsiona los rendimientos de faenas y la efectividad de las obras. De igual forma, estas obras generalmente deben asumirse con el mismo personal técnico con que cuenta la Corporación Nacional Forestal, por lo cual éste se recarga de trabajo y no cuenta con el tiempo y los recursos para llevar a cabo diseños de ingeniería para este tipo de obras, salvo la experiencia que varios ingenieros ya poseen sobre el tema. Por ello, las obras se desarrollan en un contexto determinado más por la necesidad de absorber cesantía, como objetivo principal, que por la realización de una actividad sistemática y dirigida a promover un adecuado uso y conservación de los recursos agua y suelo.

En el mismo contexto, y analizando gran parte de las obras llevadas a cabo en el país, y dirigidas a la conservación de aguas y suelos, surge la pregunta acerca del diseño a que son sometidas estas obras, hecho que debería incluir aspectos ligados a la ingeniería hidrológica y a la ingeniería de suelos, derivado de que la erosión y sus procesos de cárcavas, movimientos en masa, erosión de manto, torrentes sin control, etc., están determinados por el comportamiento de las precipitaciones y específicamente, de la intensidad, por una parte; y a la proporción de escorrentía superficial que se genera en un suelo como producto del proceso precipitación-escorrentía. No obstante, estas prácticas no han sido masivamente incorporadas, a excepción de ciertas áreas de actuación de CONAF, como es la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Asimismo, otras instituciones del Ministerio de Agricultura, que en ocasiones trabajan con obras de conservación de aguas y suelos, tampoco incorporan el marco de ingeniería hidrológica definido, por lo cual el desarrollo de las obras se basa en consideraciones empíricas, más que en consideraciones de ingeniería.

Lo anterior no es el caso de las grandes obras de corrección de torrentes o de protección de riberas que lleva a cabo normalmente el Ministerio de Obras Públicas, dado que en esos casos las obras sí poseen un diseño de ingeniería y cumplen con los estándares internacionalmente aceptados, aunque algunos parámetros, como la determinación de las intensidades máximas, sea discutible a nivel país por la incompleta investigación que existe en estas materias.

En función de lo expuesto, se visualiza que principalmente, para las obras de conservación de aguas y suelos, obras que son de envergadura media a pequeña, se utilizan normalmente programas de absorción de cesantía, y no existen estándares de ingeniería para su diseño, ni tampoco se usan elementos de ingeniería hidrológica, y la ejecución de las mismas, normalmente pasa por criterios empíricos de indudable valor, pero que no siempre son suficientes para soportar las solicitaciones mecánicas que las obras demandan.

El proyecto “Determinación de Estándares de Ingeniería en Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, para la Mantención e Incremento de la Productividad Silvícola”, que cuenta con financiamiento del Fondo de Desarrollo e Innovación, FDI – CORFO, que es administrado por la Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos (EIAS), tiene como objetivo principal, la obtención de estándares de ingeniería hidrológica para la construcción de obras de conservación de aguas y suelos. Este diseño está basado en el análisis de variables hidrológicas y edáficas, con lo cual se espera incrementar la productividad de los suelos de aptitud preferentemente forestal de las Regiones VI, VII y norte de la VIII, mediante un diseño óptimo y al menor costo posible.

Entre los objetivos específicos del proyecto está transferir y difundir el diseño y uso de las obras de conservación, por lo que dentro de sus actividades, se encuentra la recopilación y sistematización de las experiencias desarrolladas por las diferentes instituciones involucradas en la zona árida y semiárida del país, esto es entre la IV Región y norte de la VIII.

Así, en este libro se muestra una descripción técnica y económica de las obras de conservación de aguas y suelos existentes al 2003 entre las regiones IV y VIII, (cuando ello sea posible, dado que no siempre la información ha estado disponible), y con el objetivo que sirva como referencia para futuras investigaciones y aplicaciones de dichas obras. Las descripciones están basadas en visitas a terreno y en los informes elaborados por las instituciones. Por otra parte, se incluye un análisis de la Ley de Fomento Forestal N° 19.561, dado que esta ley constituye el principal referente para la implementación de las obras, que aunque carece de los elementos hidrológicos para su diseño, sí ha logrado incentivar, eficientemente, el uso de las técnicas de conservación.

2. ANTECEDENTES GENERALES

El problema de la conservación de aguas y suelos es un aspecto que involucra a distintos sectores productivos como el agrícola, el forestal, el pecuario y el de infraestructura, entre otros. Ello es así, porque ambos recursos, suelo y agua, constituyen elementos fundamentales para la aplicación de esquemas productivos sustentables de desarrollo.

Según Conama 1994, la erosión es la forma más completa de degradación del suelo y la más común en Chile y a nivel mundial; asimismo, los procesos erosivos están asociados a importantes alteraciones físicas, químicas y biológicas de las propiedades del suelo, y entre ellos destacan la disminución en volumen y profundidad, la reducción de la capacidad de retención de agua, la pérdida de materia orgánica, la declinación y agotamiento de la fertilidad, la baja en el número de la diversidad y actividad de la flora y fauna del suelo, y el cambio en la textura del suelo superficial.

Por otra parte, la superficie continental del país alcanza las 75.707.366 ha, de las cuales sólo 5.271.580 (6,9 %) son arables, mientras que 26.393.219 ha (34,9 %) poseen potencial silvoagropecuario, como se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Capacidad de uso por tipo de suelo

Tipo de uso		Capacidad de uso	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Suelos Agrícolas Arables		I	90.846	0,1
		II	711.625	0,9
		III	2.195.439	2,9
		IV	2.273.670	3,0
Suelos Agrícolas No Arables	Ganadero	V	2.271.144	3,0
	Ganadero-Forestal	VI	6.510.613	8,6
	Bosques	VII	12.339.882	16,3
Suelos No Agrícolas	Conservación	VIII	14.200.000	18,8
Suelos Improductivos			35.114.147	46,4
TOTAL			75.707.366	100

Fuente: Santibáñez et al, 1996, en Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile, capítulo 5. Suelos, 2002.

De lo anterior, se desprende que los suelos susceptibles de ser utilizados productivamente, representan una importante proporción del territorio nacional. Sin embargo, esto se ve contrastado con las cifras de desertificación que se entregan primordialmente para la zona comprendida entre las regiones IV y VIII, en donde 45 comunas del país se encuentran afectadas por una desertificación grave y 52 por una erosión moderada, a lo que ha contribuido de forma primordial el mal uso de los recursos suelo y agua (Soto, 1997). El siguiente cuadro da cuenta de la situación de la desertificación del país a nivel de comunas.

Cuadro 2. Desertificación del país a nivel de comunas

Regiones	Comunas Analizadas	Grave	Moderada	Leve	No Afectada
I	10	2	5	2	1
II	9	4	2	2	1
III	9	2	7	0	0
IV	15	8	6	1	0
V (*)	35	14	19	2	0
RM (*)	10	3	2	5	0
VI	33	3	10	8	12
VII	29	8	5	13	3
VIII	49	9	10	30	0
IX	30	11	14	5	0
X	42	1	23	18	0
XI	10	6	2	0	2
XII	9	5	3	0	1
Totales	290	76	108	86	20
%	100	26	37	30	7

(*) No se incluyen comunas netamente urbanas: 2 en la V Región y 40 en la Región Metropolitana.

Fuente: Mapa Preliminar de la Desertificación en Chile (Soto, 1997)

Como una forma de revertir el proceso de degradación de los suelos, se han implementado varios programas en el país en las últimas décadas, algunos de los cuales están relacionados con los compromisos internacionales firmados por Chile. Dentro de éstos, se hallan el Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación (PANCD), el Programa de Control de Plaguicidas, el Programa para la Recuperación de Suelos Degradados, el Programa Social de Obras de Riego Medianas y Menores (PROMM), la Ley de Fomento al Riego y Drenaje y, jugando un rol fundamental, la ley de Fomento Forestal.

El conjunto de estos programas y leyes de fomento, ha permitido que en Chile existan herramientas eficientes para reducir los procesos erosivos, aunque la evaluación de los mismos no está disponible, salvo por la gran cantidad de plantaciones forestales que se han efectuado en el país. Estas plantaciones han generado una efectiva disminución de los procesos erosivos, reduciendo las pérdidas de suelo a niveles casi inexistentes, salvo en los períodos de explotación, aunque ello se produce en términos temporales muy restrictivos, lo que en promedio refleja una bajísima tasa de erosión.

En relación a la ley de Fomento Forestal, ésta, además de haber sido un vehículo eficiente para la plantación masiva del territorio, ha permitido adicionalmente y a partir del 2000, otorgar subsidios a las zonas más degradadas, que incentivan la construcción de obras de conservación de aguas y suelos, como se muestra en el Cuadro 3. Estas obras son de variados tipos y abarcan desde diques en gaviones, hasta zanjas de infiltración, pasando por canales de desviación, microterrazas, limanes, etc.

Cuadro 3. Bonificaciones otorgadas por actividades de recuperación de suelos degradados y forestación en el marco de la Ley de Fomento Forestal

Región	2000		2001		2002	
	Superficie (ha)	Monto (M\$)	Superficie (ha)	Monto (M\$)	Superficie (ha)	Monto (M\$)
IV			35,0	17.754	293,9	113.758
V					104,5	50.212
VI	44,0	20.333	238,8	104.241	580,7	320.898
VII					121,1	46.659
VIII			8,2	4.251	8,3	3.549
IX	7,7	2.666	341,9	142.938	1.206,9	559.843
Total	51,7	22.999	624,0	269.183	2.315,3	1.094.920

Fuente: CONAF, 2003, comunicación personal

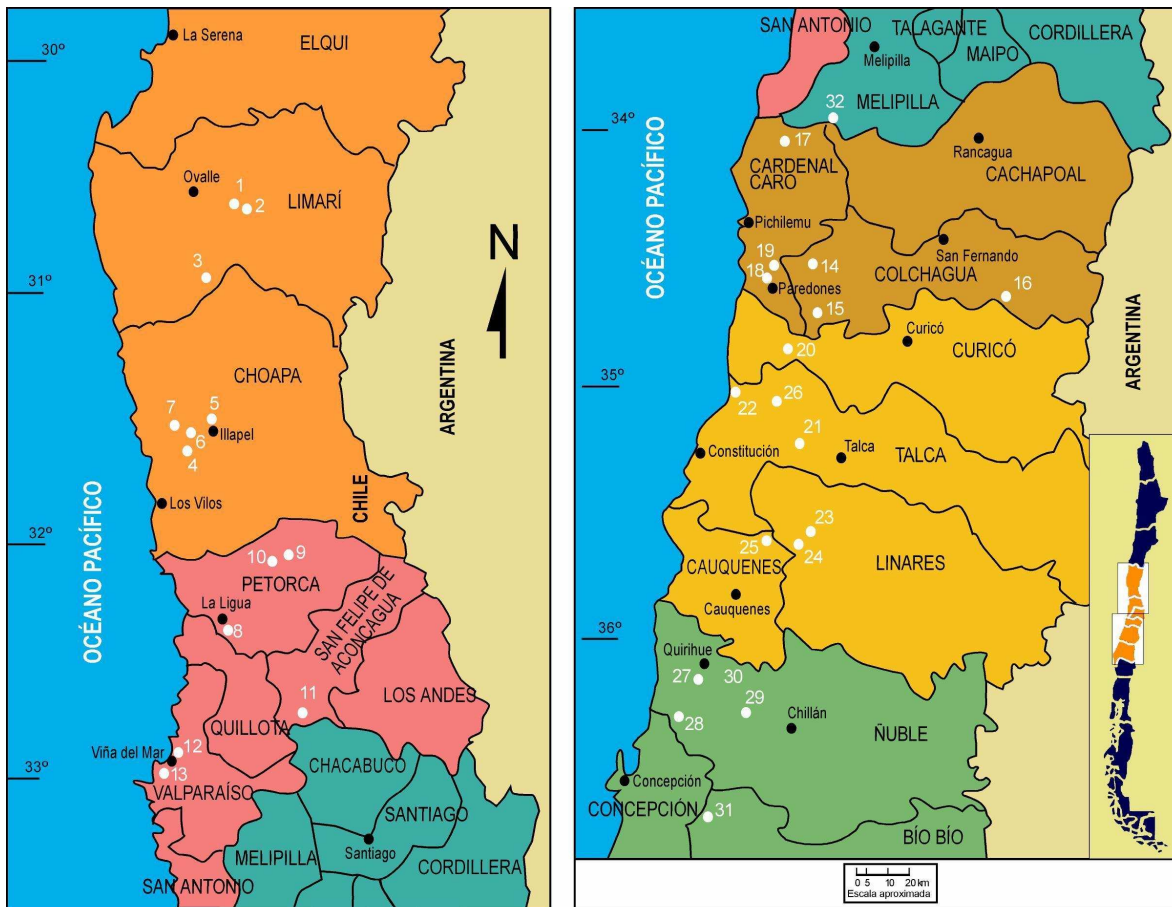
Las características técnicas de las obras que se encuentran subsidiadas por la Ley de Fomento Forestal se encuentran disponibles en las oficinas de CONAF a lo largo del país. Dichas características técnicas han sido determinadas por medio de ensayos experimentales hechos por la Corporación Nacional Forestal, en el marco del convenio de cooperación internacional suscrito entre los gobiernos de Chile y Japón, a través de la Corporación Nacional Forestal y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Este convenio surge en consideración a los procesos de erosión y desertificación existentes en la zona semiárida del país, desarrollándose el proyecto Manejo de Cuencas CONAF/JICA "Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile", el que se inicia a partir de marzo de 1993, con una duración de 6 años.

En este contexto, se puede señalar que el proceso de búsqueda e investigación de las tecnologías de conservación de aguas y suelos más eficientes, se ha caracterizado por la elaboración de pautas técnicas, pero, han sido abordadas sin incorporar elementos técnicos de ingeniería hidrológica. Por ello, este proceso permanece inconcluso, en términos de obtener recomendaciones de diseño, basadas en criterios de balances hídricos locales; así también, es necesario generar nuevas directrices apuntadas a la determinación de las condiciones que económicamente son más compatibles con la mantención y/o incremento de la productividad forestal.

2.1. Descripción Biogeofísica de la Zona de Recopilación de Prácticas

La recopilación de prácticas se enmarca en la zona comprendida entre la provincia de Limarí IV Región por el norte, y la provincia del Bío Bío, VIII Región por el sur, como se aprecia en la Figura 1.

La fisiografía de esta zona está representada por los valles transversales desde La Serena hasta La Ligua; desde La Ligua hacia el sur comienzan el Valle Longitudinal y la Cordillera de la Costa, esta última con elevaciones desde 4.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) en la V Región, decreciendo hacia el sur. El Valle Longitudinal se caracteriza por fuerte oscilaciones térmicas, debido a que la Cordillera de la Costa impide el paso del aire marino, dándole un carácter de clima mediterráneo, y por otra parte, da origen a una zona de sombra de lluvia denominada Secano.



EXPERIENCIAS NACIONALES

IV Región	V Región	VI Región	VII Región	VIII Región	Región Metropolitana
1 El Sauce	8 Cerros Municipales La Ligua	14 La Gloria	20 Fundo Santa Elena	27 Santa Isabel	32 Alto Loica
2 La Muñozana	9 Altos de Carén	15 Ranguilí	21 Parcela N° 7 Matancilla	28 Coelemu	
3 Cuenca Monte Patria	10 Quebradas La Parra y Nazareto	16 Sierras de Bellavista	22 Los Rábanos	29 Santa Sofía	
4 Cuesta Cavilólen	11 Cuesta Las Chilcas	17 Manquehua	23 La Puntilla	30 San José de Ninhue	
5 Cerro Pajaritos	12 Las Salinas	18 Lagunillas	24 El Hoyo	31 Tomeco - Lircay	
6 Cuz Cuz	13 Los Lúcumos	19 Cabeceras	25 Hijueta 13		
7 Tunga Norte (Sabanización)			26 Llongocura		

Figura 1. Mapa de la zona de estudio

2.1.1. Características sociales generales de la zona en estudio

Chile se caracteriza por presentar una alta densidad poblacional en la zona central del país. Así, el área de estudio, ubicada en esta zona, presenta una población de 11.754.533, que corresponde al 78 % del total del país, debido principalmente a la Región Metropolitana, que por sí misma concentra el 40 % de la población del país. Por otra parte, en esta zona se concentra el 56 % de la población rural del país, como se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Población urbana y rural por regiones según Censo de 2002

	Población Total	Población Urbana	Población Rural	% Rural
Región de Coquimbo	603.210	470.922	132.288	21,9
Región de Valparaíso	1.539.852	1.409.902	129.950	8,4
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	780.627	548.584	232.043	29,7
Región del Maule	908.097	603.020	305.077	33,6
Región del Bío Bío	1.861.562	1.528.306	333.256	17,9
Región Metropolitana de Santiago	6.061.185	5.875.013	186.172	3,1
Total Área de estudio	11.754.533	10.435.747	1.318.786	11,2
Total País	15.116.435	13.090.113	2.026.322	13,4

Fuente: Censo 2002 del Instituto Nacional de Estadística en <http://www.bcn.cl>

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un índice que pretende medir el nivel medio de capacidades humanas presentes en una sociedad y que permite contrastar esos logros con una meta, para definir cuánto se ha avanzado hacia ella y cuánto falta aún por avanzar. En este contexto, en el siguiente cuadro se muestra el IDH a nivel de cada una de las regiones involucradas en este trabajo.

Cuadro 5. Índice de Desarrollo Humano Regional: Año 2000

Región	Año	Promedio ingreso per cápita por hogar pesos año 2000	% de personas en situación de pobreza	IDH Regional
Coquimbo	2000	100.011	25	0,738
Valparaíso	2000	116.013	19	0,754
O'Higgins	2000	95.509	21	0,719
Maule	2000	103.615	25	0,707
Bío Bío	2000	107.169	27	0,718
Metropolitana	2000	158.935	16	0,780
País	2000	128.753	21	0,749

Fuente: Desarrollo Humano en Chile, PNUD, 2002

Como se aprecia en el cuadro anterior, las regiones estudiadas están por debajo de la media nacional en los temas de Ingreso per cápita por hogar; porcentaje de personas en situación de pobreza y del Índice de Desarrollo Humano Regional, a excepción de la Región Metropolitana, que es donde se ubica la mayor urbe del país y de la Región de Valparaíso.

Por otra parte, llama la atención la correspondencia entre el Índice de Desarrollo Humano Regional y la proporción de población rural, como es el caso de la Región del Maule, que representa la región con mayor porcentaje de población rural y a la vez el menor Índice de Desarrollo Humano Regional.

2.1.2. Clima

Esta vasta zona se caracteriza por tener diversos climas, pero en términos generales, posee un Clima Estepárico Interior en el norte (entre La Serena y La Ligua 30°S y 32,5°S), donde la precipitación es relativamente escasa y concentrada durante los meses de invierno, lo que define un paisaje natural caracterizado por vegetación arbustiva y en general por plantas resistentes a la sequía. Hacia el sur se puede observar un clima Mediterráneo que abarca gran parte de la región central de Chile y se caracteriza por la existencia de una estación lluviosa en el invierno (mayo-agosto) y de un periodo seco relativamente más prolongado entre septiembre y abril. Las relaciones entre precipitación y escorrentía, para la zona de estudio, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Balance hídrico nacional a niveles de regiones y para un año promedio

Región	Precipitación		Escorrentía	
	m ³ /s	mm	m ³ /s	mm
IV de Coquimbo	8,53	191	0,25	5,50
V de Valparaíso	9,71	344	1,34	47,5
VI del Lib. B. O'Higgins	14,0	560	3,40	136
VII del Maule	24,3	700	5,80	167
VIII del Bío Bío	252	1755	137	954

Fuente: Balance Hídrico de Chile 1987, Dirección General de Aguas.

2.1.3. Vegetación

Respecto a la vegetación, el área de estudio se ubica en la zona mesomórfica, caracterizada por una zona de aridez en la depresión intermedia y en donde se observan principalmente, matorrales relativamente densos y altos, que llegan a formar bosques en las partes con mayor precipitación. Dentro de las formaciones vegetales se encuentra la estepa con *Acacia caven* y el Bosque Esclerófilo, cuyas especies representativas son *Quillaja saponaria*, *Peumus boldus*, *Maytenus boaria* y *Lithraea caustica*, entre otras. Sin embargo, la vegetación natural se encuentra muy alterada y degradada por la acción humana; el matorral esclerófilo y la estepa de espinos han sido intensamente explotados para la fabricación de carbón, a la vez que se han introducido especies exóticas como el pino, álamo y eucaliptos, además de cultivos agrícolas.

CONAMA, 2003 (www.conama.cl) describe las formaciones vegetacionales existentes para las distintas regiones del país. A continuación se describen las relativas a este estudio:

En la IV Región, se puede observar la existencia de la estepa arbustiva abierta con predominio de la especie *Acacia caven* (espinos). Esta estepa varía por factores climáticos y topográficos, pudiendo observarse en las planicies litorales un matorral arbustivo costero poco denso con especies como cactáceas, espinos, y un tapiz herbáceo; mientras que al interior se presenta una estepa asociada a especies mesófilas como *Peumus boldus* (boldo), *Cryptocarya alba* (peumo), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Shinus molle* (molle) y *Prosopis chilensis* (algarrobo). En los cordones montañosos (valles

transversales) se presenta un matorral abierto andino entre aproximadamente los 1.000 y 2.000 m.s.n.m., de características bajas, cubierta de hierbas y arbustos muy dispersos con especies como la *Porlieria chilensis* (guayacán) y *Baccharis sp.* Por sobre los 2.000 m.s.n.m. se presentan especies xerófitas adaptadas especialmente a climas de altura como festucas, stipas y arbustos pequeños.

Ya en la V Región, terminan los valles transversales para dar paso a valles longitudinales, siendo considerada como el límite de la zona "mesomórfica". En la zona intermedia de la región sigue predominando la estepa donde destaca la *Acacia caven*. Luego, en los sectores más soleados, que miran al norte se encuentran arbustos como el *Porlieria chilensis*, *Prosopis chilensis*, *Quillaja saponaria* (quillay), *Shinus molle* y otros asociados a la *Acacia caven*. En la zona costera la vegetación consiste en un matorral arbustivo costero formado por especies como *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus*, *Maytenus boaria* (maitén), junto a hierbas y gramíneas. En las áreas más húmedas (como fondos de quebradas) se puede encontrar *Lithraea caustica* (litre), *Chusquea quila* (quila) y *Crinodendron patagua* (patagua). Asimismo, sobre los 400 y 1.000 m.s.n.m., existe el denominado bosque esclerófilo el que está formado por especies arbóreas como *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Shinus molle*, *Beilschmiedia miersii* (belloto), *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*.

La VI Región se caracteriza por un clima templado con amplias diferencias entre la costa y sus valles interiores, continuando el predominio de la estepa con *Acacia caven* en la depresión intermedia, y en los sectores más húmedos se observa la presencia de matorral esclerófilo con especies como *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*; en los sectores de la Cordillera de la Costa y de los Andes, debido a la mayor humedad, se desarrolla un bosque esclerófilo de *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*, el que sobre los 1400 m.s.n.m., da paso a bosques de roble (*Nothofagus obliqua*).

La VII Región, al igual que la VI Región, se caracteriza por un clima templado con amplias diferencias entre la costa y sus valles interiores. No obstante, debido al aumento de la precipitación respecto a las regiones de más al norte, la vegetación dominante registra variaciones, especialmente en sentido Oeste-Este, es decir, de mar a cordillera. Así se tiene que hacia la Cordillera de la Costa, en el margen oriental, domina la estepa de *Acacia caven* y un abundante matorral esclerófilo (*Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Peumus boldus* y *Cryptocarya alba*) en los sectores más húmedos. Luego, en los sectores de la Cordillera de la Costa se desarrolla el Bosque Esclerófilo (*Maytenus boaria*, *Chusquea quila*, *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba* y *Peumus boldus*) y en sectores de mayor humedad, se encuentran los bosques de *Nothofagus* denominado Bosque Maulino con especies como *Nothofagus glauca* (Roble Maulino), *Drimys winteri* (Canelo), *Persea lingue* (Lingue), *Aextoxicom punctatum* (Olivillo) y *Nothofagus dombeyi* (Coigüe).

La zona norte de la VIII Región presenta características similares a las de la VII Región, predominando una vegetación esclerófila con predominio de *Acacia caven* junto a *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus* y *Quillaja saponaria*. Más al sur, hasta el río Bío Bío, se encuentra el bosque esclerófilo, con especies como *Maytenus boaria*, *Chusquea quila*, *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba*; no obstante, hoy es posible apreciar el cambio que se ha producido en la vegetación natural por las plantaciones forestales de pinos y por cultivos agrícolas.

2.1.4. Suelo

Existen diversas clasificaciones de suelos en el país, pero un factor considerable es la presencia de agua; así, se ha considerado que los suelos tienen deficiencia de agua en los procesos formativos desde el extremo norte hasta los 37 ° de latitud sur, y de acuerdo a esto se han distinguido suelos áridos y suelos húmedos. Asimismo, entre estas dos grandes categorías se encuentra una zona de transición.

Otra clasificación viene dada por las Regiones Naturales de Conservación, siendo éstas, zonas amplias del país, que aún cuando tienen suelos distintos, poseen aspectos comunes de manejo del suelo y del agua y en sus otros recursos naturales renovables (Peralta, 1976). Según esta clasificación, las zonas naturales pueden ser divididas de norte a sur de la siguiente forma:

- A. Zona Norte (Coquimbo al norte)
- B. Zona Central (Aconcagua a Bío Bío)
- C. Zona Central Sur (Malleco – Valdivia)
- D. Zona Sur (Osorno – Chiloé)
- E. Zona Austral

Entre la Zona Norte y la Zona Central se encuentra el Valle del Río Aconcagua, que se diferencia de ambas.

En este marco, el área de este estudio está conformada por la Zona norte, específicamente los Suelos de Praderas Temporales, el Valle del Río Aconcagua y la Zona Central, que comprende los tipos Secano Interior y Secano Costino, los que son descritos por Peralta (1976), de la siguiente forma:

Suelos de praderas temporales

En la zona que se extiende desde La Serena al sur predominan los suelos Pardos, cuya principal característica son sus horizontes calizos, mezclados con una gran abundancia de Litosoles (pedregosos y de escaso desarrollo). La faja de la costa de las praderas temporales de la provincia de Coquimbo difiere por la presencia de neblinas costeras permanentes, lo que permite un mayor desarrollo de pastos. En la zona comprendida entre Los Vilos y Huentelauquén, se encuentran antiguas dunas y suelos solodizados y algunos suelos delgados altamente pedregosos.

Valle del Río Aconcagua

Esta unidad se diferencia tanto de los valles del Norte de Chile, como de los suelos de la Zona Central. El paisaje geomorfológico donde se han formado estos suelos, son muy característicos. El Valle es relativamente amplio, los suelos aluviales recientes y los suelos Nogales y San Felipe, ocupan terrazas anchas. El constante relleno del curso de rodados del río ha originado un sollevamiento de su lecho, dejando depresiones ubicadas cerca de los cerros. En esta zona se

encuentran los suelos de materiales finos y orgánicos, como los suelos Las Vegas, Quillota, Panquehue, etc. Las altas pendientes de los cerros y el continuo desprendimiento de sus materiales, ha originado grandes formaciones de piedmont, a ambos lados del valle.

Secano Interior

En la Zona Central, desde Santiago al sur, se encuentra el Secano Interior, el que se puede dividir en dos zonas; la primera hasta el río Maule y, la segunda, desde el río Maule al Sur.

Así, la zona de secano interior hasta el río Maule, abarca desde la parte sur de Quillota, hasta el río Maule y está formada por materiales variables, pero existe un claro predominio de los materiales del tipo granitoídeo. Éstos cubren generalmente la parte oriental de la Cordillera de la Costa. En la parte sur de esta Cordillera se encuentran antepuestos a los materiales granitoídeos, cordones de materiales metamórficos, que constituyen los suelos llamados Asociación de Suelos Pocillas.

Desde el río Maule al río Bío Bío, hay predominio de los suelos originados de material granitoídeo. Empezando desde el Valle Central, se encuentran suelos formados con los materiales y sedimentos típicamente lacustres, generalmente arcillosos densos. Estos suelos son de colores oscuros, con muy mal drenaje, y en parte se ven cubiertos con materiales granitoídeos. Sigue a esta formación, el suelo Vaquería que se presenta en bolsones que se adentran en la Precordillera de la Costa y está formado sobre tobas volcánicas. Después siguen las lomas y cerros de los suelos derivados de materiales metamórficos, que son de colores pardo rojizo, de pendientes pronunciadas, moderados en profundidad y que han sufrido una fuerte erosión de manto, formando el suelo Constitución. Luego, se presenta en algunas áreas un gran llano aluvial, plano a moderadamente ondulado, sobre el que se ha desarrollado el suelo Maule, y sobre éste, se ha depositado una segunda capa de materiales graníticos, de los que verdaderamente se ha desarrollado el suelo Maule. A continuación, al poniente, se presenta el cordón montañoso de granito, en posición más alta, recibiendo por lo tanto, mayor precipitación y menor temperatura. En esta formación aparecen las rocas metamórficas típicas, principalmente esquitos y micaesquitos, que constituyen el material de origen del suelo Constitución.

Secano costino

Son suelos que derivan de materiales sedimentarios, con textura media en la superficie y pesada en profundidad. La mayor parte de estos suelos presentan gran cantidad de concreciones ferro manganésicas, son profundos, de fisiografía ondulada a quebrada, de drenaje externo medio a rápido, e interno, moderadamente lento.

2.2. Marco General de la Ejecución de las Obras

Como ya se ha señalado precedentemente, la ejecución de obras de conservación de aguas y suelos ha tenido lugar, normalmente, bajo situaciones de absorción de cesantía, y ello bajo distintos gobiernos y esquemas políticos.

Si se considera la década del 70, el gobierno militar utilizó mecanismos de absorción de cesantía denominados PEM (Programa de Empleo Mínimo) y POJH (Programa de Ocupación de Jefes de Hogar). Por intermedio de estos programas, la Corporación Nacional Forestal pudo iniciar tareas, por ejemplo, en zonas como la ciudad de Illapel, en el Cerro Pajaritos (IV R), en donde la escorrentía sólida y líquida proveniente de las zonas altas, se depositaba en los puntos más bajos de la ciudad que correspondían a las avenidas principales y sitios de interés público. Como las obras requerían principalmente de mano de obra y escasas herramientas (pala, chuzo y picota), los trabajos se desarrollaron de tal forma que permitieron incorporar gran cantidad de personas cesantes, aunque se trabajaba sin ninguna seguridad social y con sueldos por bajo los US\$ 100 mensuales.

Esta fórmula se repitió en los años siguientes, hasta la década de los 80, de tal forma que frente a cualquier contingencia de cesantía o bien frente a algún evento climatológico excepcional que provocara destrozos y deterioro de infraestructura civil, en muchos casos se recurría a los programas de absorción de cesantía.

La forma de trabajar bajo estos programas distó mucho de ser la más eficiente, dado que no se contaba con recursos para apoyar estas tareas con herramientas especializadas o mano de obra calificada. Así por ejemplo, se daba la situación en que los trabajadores tenían un muy bajo costo de oportunidad para cambiar de trabajo y, frente a cualquier oportunidad que se les ofrecía, lo dejaban. Ello determinaba que los trabajadores que iban quedando, eran aquellos que no podían ubicarse en otros trabajos, por lo cual su desánimo era importante y las motivaciones mínimas.

Frente a esta situación, las instituciones encargadas de estos trabajos como es el caso de CONAF, debían recurrir a estímulos como el trabajar a trato, es decir, si una faena medida en m³, m² o ml, por ejemplo, tenía un plazo y la meta se cumplía antes de ese plazo, entonces el tiempo ganado era aportado al obrero quien lo usaba como un lapso de descanso. Ello permitió establecer rendimientos muy por sobre la media que se encuentra en la literatura y documentos relacionados, aunque dicho rendimiento era imposible de ser mantenido, porque la motivación de los trabajadores estaba ligada a un mayor período de descanso. Luego, si se toma el periodo total de trabajo, incluido el de descanso, los rendimientos promedios decrecerían notablemente. Por otra parte, los rendimientos más bien habrían disminuido, si no se hubieran tomado estas medidas.

Con el advenimiento de la democracia han habido periodos durante los cuales nuevamente se han puesto en marcha programas de absorción de cesantía, los que nuevamente han sido utilizados por CONAF para desarrollar, entre otras, tareas de conservación de aguas y suelos. La situación, en este caso ha sido algo distinta, dado que los trabajadores han tenido contratos sujetos a leyes laborales, que incluyen imposiciones; no obstante, la motivación de ellos no siempre es óptima por una parte, y se produce una selección natural que nuevamente deja a los trabajadores con menores rendimientos, como los más demandantes de estos contratos de trabajo.

2.3. Definición y Descripción de Obras de Conservación de Aguas y Suelos

Las obras de conservación de aguas y suelos pueden ser clasificadas en dos grupos: Las primeras son aquellas cuya principal función es la protección del suelo de ladera, ya sea cortando la energía de la escorrentía superficial, o aumentando la infiltración de ésta en el suelo. Éstas se utilizan

generalmente en zonas áridas y semiáridas y favorecen la instalación de especies arbóreas y arbustivas, suscitando un aumento de la productividad de esos suelos. En este grupo están las zanjas de infiltración, los canales de desviación, las terrazas, los limanes, etc.

Las segundas son aquellas cuya principal función es la protección de cauces, ya sea de ríos o de cárcavas, y consisten en obras transversales que cortan la energía del agua, disminuyendo su velocidad y a la vez, favorecen la retención de sedimentos, con lo que se suaviza la pendiente del cauce y se retarda el tiempo de concentración de la cuenca. Generalmente, se utilizan en zonas de régimen pluvial torrencial, y son independientes del uso del suelo aledaño, es decir, no siempre están asociadas a especies vegetacionales. Su importancia radica, en que se usan para proteger de inundaciones a la infraestructura vial y sectores urbanos y agrícolas.

Desde un punto de vista forestal, ambos tipos de obras son utilizadas por separado o en forma complementaria, dependiendo de las condiciones ambientales.

Otro punto de consideración, es la variación en los nombres que reciben las técnicas, es decir, para una misma práctica existe más de un nombre, y éste dependerá del país y/o región en que se encuentre.

A continuación se describen las obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos que han sido usadas en el país.

2.3.1. Bancales

Consisten en una terraza semicircular, de tamaño pequeño, que se puede usar para plantaciones forestales o agrícolas. El diámetro es de 1,2 m, y el ancho del muro es de 50 cm, dispuestos en trespelillo, con separación de 5 m entre ellos. Se usan en sectores donde existe poco suelo, y dado el tamaño, se pueden establecer uno o dos árboles, dependiendo de la especie.

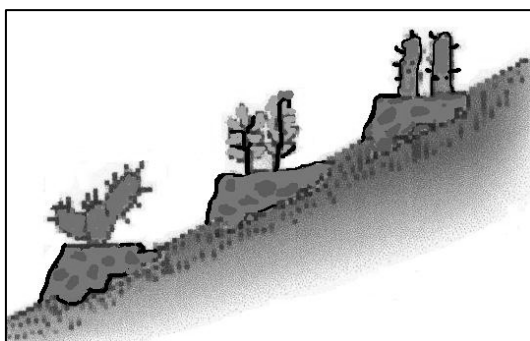


Figura 2. Esquema gráfico de bancales

Fuente: CONAF Región de Coquimbo, 1996

2.3.2. Bordos semicirculares o barreiros

Los bordos semicirculares son pequeños diques de tierra en forma de semicírculo, cuyos extremos terminan sobre una curva de nivel del terreno. Son utilizados, principalmente, para la rehabilitación de pastizales o producción de forraje. Esta técnica también es útil para el cultivo de árboles y arbustos en zonas semiáridas. Dependiendo de la ubicación y de la relación área de captación/área cultivada elegida, puede ser una técnica de captación tanto para pendientes cortas como largas. Los bordos se ubican en la curva de nivel en tresbolillo, y la separación entre ellos dependerá de su tamaño y del área de captación; el radio de los bordos puede variar entre 6 y 20 m. La altura del bordo se recomienda de 25 cm con pendiente lateral (taludes) de 1/1. Fuente: Critchley, W. y Siegert K, 1996.

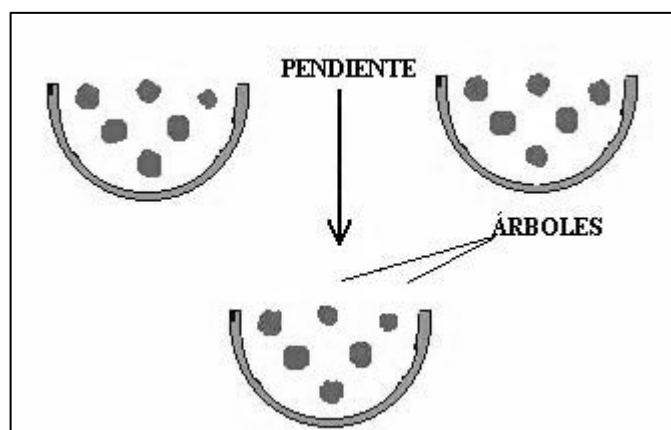


Figura 3. Esquema gráfico de bordos semicirculares en tresbolillo

2.3.3. Canales de desviación

También se les conoce como Zanjas de desviación. Son estructuras que tienen como objetivo interceptar, desviar y conducir el agua de escorrentía proveniente de las laderas altas, en las que no se han llevado a cabo medidas adecuadas de protección y conservación, hacia drenajes debidamente protegidos o hacia estructuras de almacenamiento de agua. Lo esencial para la construcción de un canal es su cálculo hidráulico, para lo que es preciso estimar, inicialmente, el caudal que se deberá evacuar, para posteriormente establecer las características que debe cumplir la sección de desagüe, tanto geométricas, como de rugosidad de sus contornos, además de la pendiente del perfil longitudinal del canal en cada sección. Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos de Perú, 1980 y Mintegui y López, 1990.

2.3.4. Colectores de piedra

Son obras ubicadas en zonas de concentración del flujo superficial, que tienen como propósito regular la velocidad de escurrimiento. Corresponden a un foso cilíndrico, relleno de bolones de piedra, con una vía de ingreso del agua y otra de evacuación ubicada aguas abajo. Fuente: CONAF Región Bío Bío, 2000.

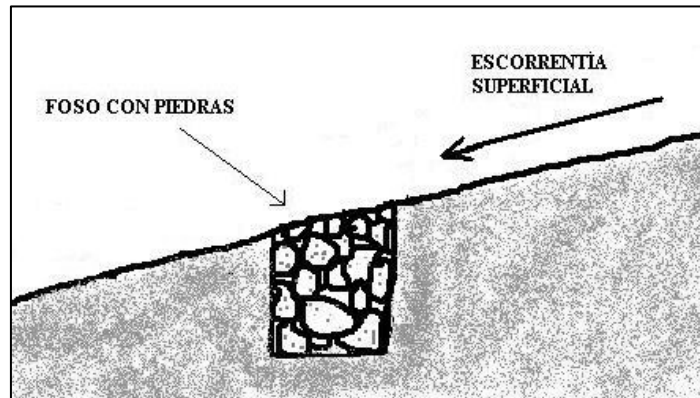


Figura 4. Esquema Gráfico de un Colector de Piedra

2.3.5. Diques transversales

Son estructuras ubicadas en forma perpendicular al eje del cauce y están orientadas a disminuir, anular o, al menos controlar los procesos de transporte sólido y de erosión en el lecho y sus márgenes, evitando que con los mismos se incorpore un considerable caudal sólido a las aguas circulantes. Estas estructuras deben estar debidamente ancladas y poseen vertedero de caudales en exceso y colchón amortiguador o dissipador de energía. Su diseño obedece a cálculos hidrológicos e hidráulicos y dependiendo del tamaño de la quebrada o cárcava y de acuerdo a los requerimientos hidráulicos, éstos pueden ser diques de gravedad o diques de anclaje.

Los diques transversales de gravedad actúan logrando el equilibrio de las sollicitaciones o fuerzas (desestabilizantes y estabilizantes) con su propio peso (Figura 5); según los materiales empleados para su construcción, se clasifican en diques de mampostería en seco, diques de mampostería gavionada, diques de mampostería hidráulica y diques de concreto armado. Éstos se usan en ríos y quebradas torrenciales.

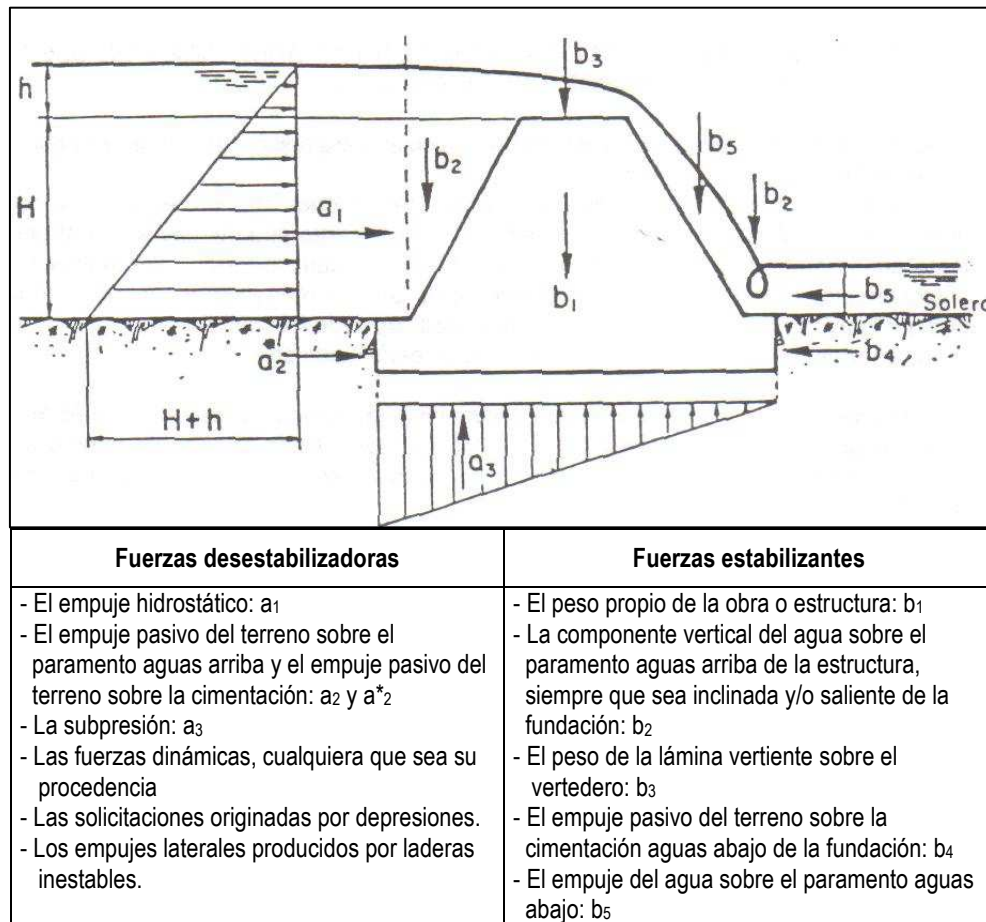


Figura 5. Solicitaciones de un dique de gravedad

Fuente: Mintegui y López, 1990

Por otra parte, existen otras estructuras hechas de postes, generalmente, impregnados (diques de postes o polines) y otras de sacos de tierra, que no responden a un diseño de mecánica y por lo tanto, se usan para cauces de poca envergadura como las pequeñas cárcavas y regueros.

2.3.6. Empalizadas

Son estructuras de polines generalmente impregnados, y pueden ser de dos tipos; por un lado, están las empalizadas longitudinales, cuya función es la protección de taludes en laderas y, por otro, las empalizadas transversales, cuya función es la protección de quebradas y cursos de agua. Estas últimas se diferencian de los diques de polines en que no presentan vertedero.

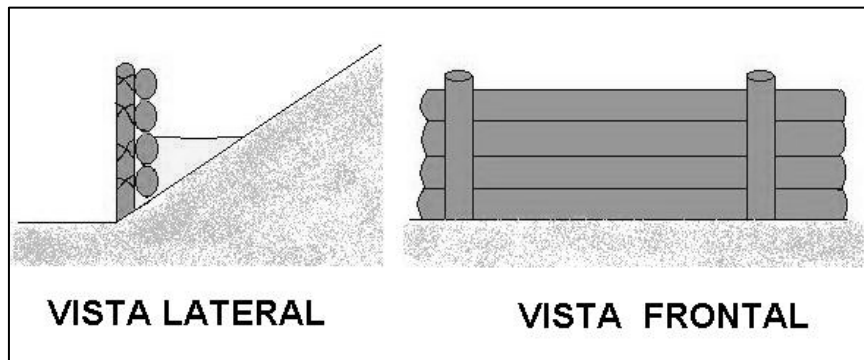


Figura 6. Esquema gráfico de una empalizada

2.3.7. Estanques de captación del agua

Son estructuras construidas para almacenar el agua superficial y subsuperficial captada y conducida por drenes subterráneos. Éstos permiten la acumulación en épocas de lluvia, producto de la mayor escorrentía superficial y subterránea y su fin es un uso posterior en épocas de mayor demanda.

2.3.8. Fajinas

Las fajinas consisten en cuerpos cilíndricos de 10 a 40 cm de diámetro que contienen ramillas lo menos ramificadas posible, atadas con alambre. Se pueden utilizar para la regeneración de vegetación ripícola, por lo que se colocan en la orilla del cauce de tal forma que las partes que deben enraizar, estén fuera del agua y en contacto con el suelo, las que se cubren con tierra (López, 1984).

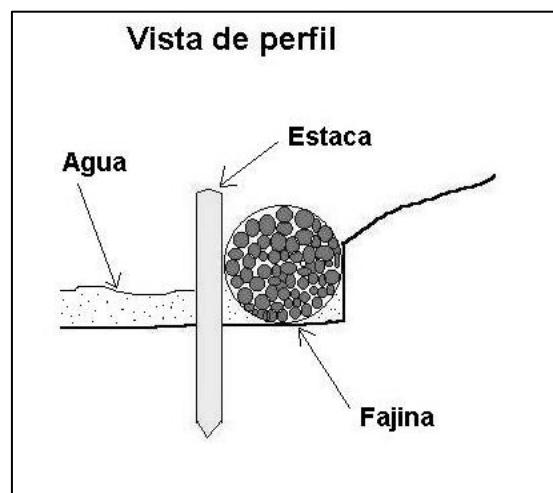


Figura 7. Esquema gráfico de una fajina

Por fajinas también se entiende a una capa o manto de ramas atadas que se colocan sobre las taludes, protegiéndolos del impacto directo de la lluvia.

2.3.9. Limanes

El limán es una terraza semicircular que consiste en un semicírculo o sector circular plano, con un murete de piedras. Normalmente la pared de los bordes tiene entre 50 y 70 cm en la base, mientras que el diámetro puede ser de 10 a 20 m.

Debido a la superficie del limán, normalmente mayor a 80 m², es apto solamente para lugares de poca pendiente (hasta 8%) y para captación externa o de avenidas de agua. En la construcción se debe hacer un desagüe a partir de la cota máxima de colección de agua, para evitar rupturas en la pared en casos de grandes escorrentías. Generalmente, un limán es útil para establecer un conjunto de más de 30 árboles, considerando 3 m² por cada árbol (Infor, 2000).

2.3.10. Muretes

Se les llama muretes a diques que no presentan vertedero, y al igual que éstos, se ubican perpendicular al eje hidráulico y su objetivo es presentar un obstáculo a la escorrentía superficial, disminuyendo de esta forma, el transporte de material sólido. Son de menores dimensiones que los diques, con una altura no mayor a 1 m y largo variable. Pueden ser hechos de diferentes materiales, como mampostería en seco, polines o de sacos rellenos con tierra.

2.3.11. Surcos en contorno

Esta práctica consiste en el trazado de surcos en sentido transversal a la pendiente, ya sea en curvas de nivel o dándoles un ligero declive longitudinal (generalmente del 0,5%). De este modo, se consigue retener el agua de escorrentía, facilitando su infiltración y favoreciendo la conservación del suelo.

2.3.12. Terrazas (o Bancales, en España)

Una terraza es una plataforma formada artificialmente, que interrumpe la pendiente del terreno, permitiendo al mismo tiempo que en estas plataformas se cultive o se planten especies forestales. Su finalidad es la defensa del suelo contra la erosión hídrica, provocada por la lámina de escurrido. La clasificación más usual de las terrazas es la que las divide en terrazas de talud y terrazas con muro. En las primeras es el talud natural el que define el escalón en el terreno y sólo debe aplicarse a pendientes relativamente bajas; mientras que en las segundas, el talud natural queda protegido por un muro de contención, normalmente de mampostería en seco. El ancho de la terraza está determinado tanto por la naturaleza del suelo y su profundidad, como por la pendiente del terreno.

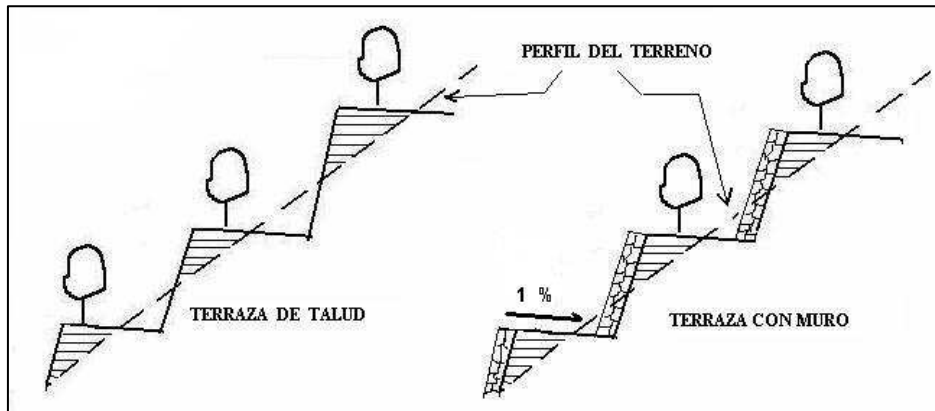


Figura 8. Esquema gráfico de terrazas de talud y con muro

2.3.13. Tratamiento lineal

Son obras de control de taludes y laderas; según CONAF (1998), este tipo de obra resulta muy adecuado en laderas de pendientes moderadas, medianas y escarpadas. No resulta recomendable en taludes de derrubios o de suelos de alta pedregosidad. Se pueden construir de diversos materiales como postes de pino impregnados, sacos de tierra, fajinas de ramas o sarmientos, o ramas trenzadas.

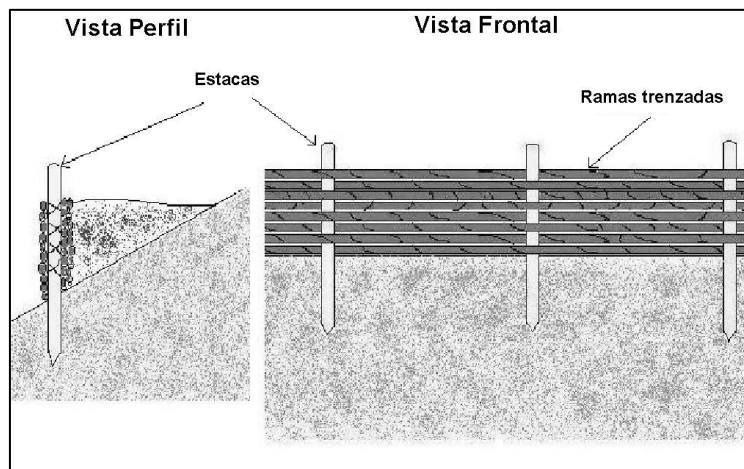


Figura 9. Esquema gráfico de un tratamiento lineal con ramas trenzadas

2.3.14. Zanjas de absorción o infiltración

Son obras de recuperación de suelos que comprende un conjunto de zanjas, construidas de forma manual o mecanizada, cuyo objetivo es capturar y almacenar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Se construye transversalmente a la pendiente, sin desnivel y la sección puede ser trapezoidal o rectangular, aunque se aconseja la primera para evitar derrumbes indeseables.

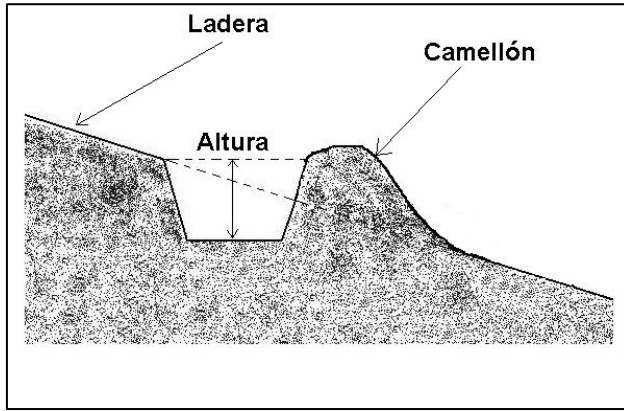


Figura 10. Esquema gráfico de una zanja de infiltración

3. DESCRIPCIÓN DE PRÁCTICAS TRADICIONALES DE CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y SUELOS, APLICADAS EN LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LA REGIÓN DE COQUIMBO Y LA REGIÓN DEL BÍO BÍO

A continuación, se entrega una breve descripción de una serie de obras de conservación de aguas y suelos desarrolladas en el país, entre la Región de Coquimbo y norte de la Región del Bío Bío. Asimismo, las obras reseñadas corresponden a aquellas que fue posible visitar, con el apoyo de la Corporación Nacional Forestal y de otras instituciones.

Por otra parte, es importante destacar que no todas las obras llevadas a cabo en este amplio territorio están incorporadas a esta reseña, dado que muchas de ellas han sido destruidas por el tiempo y por las solicitaciones hidráulicas a las que han sido sometidas.

Además de las experiencias registradas en este libro, existen plantaciones forestales que han incorporado obras de conservación de aguas y suelos, en el marco de la Ley de Fomento Forestal. Estas plantaciones son hechas a una escala productiva y realizadas por particulares, quienes han recibido los beneficios de dicha ley a partir del año 2000. Aunque son una aplicación práctica de dicha ley, no han sido incluidas en esta reseña, ya que no responden a su objetivo.

3.1 Región de Coquimbo

3.1.1. Provincia Limarí

3.1.1.1. El Sauce

j) Marco General

La localidad El Sauce se ubica 75 km al Sureste de la ciudad de Ovalle, en la Comunidad Agrícola Jiménez y Tapia de 30.000 ha. Durante los años 1998 y 1999 se realizó un proyecto que consideró intervenciones en una superficie de 100 ha, de las cuales 75 ha se ubican en sectores de microcuencas tributarias a la localidad de El Sauce. Las otras 25 ha se trabajaron en lomajes de cerros (secano arable) ubicados en zonas aledañas al poblado. Según esto, puede considerarse como área de influencia todo el poblado, puesto que los trabajos ejecutados tendrán un impacto positivo sobre la disponibilidad de agua en la localidad, y por otro lado, promoverán el desarrollo de una conciencia ambiental en todas las familias del sector.

Para el desarrollo del proyecto se contó con un presupuesto de M\$ 31.000, los que fueron aportados en su totalidad por PRODECOP (Programa de Desarrollo de Comunas Pobres, INDAP) y de los cuales M\$ 10.690 corresponden a Jornales, M\$ 970 a viáticos y M\$ 19.340 a Operaciones.

Como se indicó anteriormente, el proyecto comprendió la intervención de 100 ha, sin embargo, la intensidad de los trabajos no fue homogénea en toda la superficie, por lo que la relación entre el costo total y la superficie involucrada sólo puede tomarse como referencia para el desarrollo de proyectos de similares características.

Así, de las 100 ha trabajadas, es posible reconocer 2 sectores bien diferenciados con respecto a la intensidad del trabajo. El primero corresponde a 25 ha de microcuenca que no fueron cercadas y por lo tanto tampoco forestadas, y que se recuperaron parcialmente con la construcción de un sistema de diques de control. El segundo sector corresponde a 50 ha de microcuenca y 25 ha de secano arable, ambas superficies excluidas, intensamente recuperadas y forestadas a una densidad de 400 pl/ha.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Canales de desviación** (Fotografía 1)
Dimensión: $h^{(*)} = 50$ cm; $a = 80 - 100$ cm; $b = 30$ cm; $l = 900$ m
Costo unitario: 703 \$ / m
Rendimiento: 8 m / j
Especie Asociada: forestación en faja de *Atriplex nummularia* y *Gleditsia triacantho* (tres espinas) en el camellón
- Obra: **Minilimanos o Bancales** (Fotografía 2)
Dimensión: Semicircular, $\varnothing = 0,6$ m; 289 unidades total construido
Costo unitario: 1.413 \$ / u
Rendimiento: 4 u / j
Especie Asociada: *Opuntia sp*
- Obra: Plantación con **Taza colector** de quillay, **Hoyadura**
Dimensión: Semicircular $\varnothing = 0,5$ m, aproximadamente 400 tazas construidas
Costo unitario: 229 \$ / u
Rendimiento: 25 u / j
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*
- Obra: **Tratamiento lineal con sacos de arena** (Fotografía 3)
Dimensión: 980 m
Costo unitario: 283 \$ / m
Rendimiento: 20 m / j
Especie Asociada: *Atriplex nummularia* y *Atriplex semibaccata*
- Obra: **Diques de postes o polines**
Dimensión: $h = 1$ m; $l = 4$ m aprox.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: no hay

(*) h : Alto; a : Ancho superior; b : Base; l : Largo; u : Unidad; ha: hectárea; m² : Metro cuadrado; m³ : Metro cúbico;
j : Jornadas hombre; \varnothing : Diámetro; hr : Hora; d : distanciamiento horizontal; a* : promedio entre espesor de corona y base.

- Obra: **Diques de mampostería en seco**
Dimensión: 410 m³
Costo unitario: 7.000 \$ / m³
Rendimiento: 0,8 m³/j
Especie Asociada: no hay
- Obra: **Bordos**
Dimensión: 50 Bordos construidos
Costo unitario: 3.804 \$ / u
Rendimiento: 1,5 u / j
Especie Asociada: *Olea europaea*
- Obra: **Zanjas de infiltración** (Fotografía 4)
Dimensión: h = 30 cm; a = 30 cm; b = 30 cm; l = 4 m; d = 5 m entre líneas de zanjas
Costo unitario: 466 \$ / m
Rendimiento: 12 m / j
Especie Asociada: *Quillaja saponaria* y *Atriplex nummularia*
- Obra: **Muros de infiltración**
Dimensión: h = 30 cm; a = 30 cm; b = 30 cm; l = 4 m.
Costo unitario: 606 \$ / m
Rendimiento: 15 m / j
Especie Asociada: *Acacia saligna*

iii) Resultados

Los resultados a la fecha han demostrado que los trabajos realizados han permitido el desarrollo de la vegetación introducida; además se han visto aminorados los efectos negativos de la escorrentía superficial. De acuerdo a lo manifestado por los pobladores del sector, se ha advertido que las napas de sus pozos han perdurado más tiempo en comparación a otros años. Un efecto directo y no menos importante, es que el camino que pasa por la parte baja de la microcuenca ha permanecido transitable en los días de lluvia.

En relación con las posibilidades de éxito del proyecto, se debe considerar que éste se implementó en un sector que si bien es cierto, presenta mejores condiciones pluviométricas que otras zonas de la provincia, el fuerte carácter continental produce la existencia de una alta evapotranspiración potencial, por lo que resulta trascendente el establecimiento de las plantaciones bajo un sistema eficiente de captación del agua lluvia, que optimice la capacidad de infiltración del suelo. El desarrollo de técnicas de recuperación de suelos como las que aquí se han descrito, no sólo persigue disminuir los efectos negativos de la escorrentía superficial, sino que favorecer el desarrollo de la vegetación introducida; prueba de ello es la alta sobrevivencia de las plantas lograda durante el primer año (más del 80%).

3.1.1.2. La Muñozana

i) Marco General

Esta quebrada de aproximadamente 2 km² de cuenca se encuentra en la Cuenca Monte Patria y pertenece a la Comunidad Agrícola del mismo nombre. Desemboca directamente en el Embalse Paloma, por lo que aporta sedimentos al embalse. En este marco, se realizó este proyecto que consistió en ensayar una serie de trabajos tendientes a la restauración hidrológico-forestal, con el objetivo de disminuir la producción de sedimentos en laderas tributarias al embalse Paloma.

Los trabajos se realizaron durante los años 1974 y 1975, y en 1976 se hizo mantenciones y replante en los lugares donde fue necesario. Los trabajos fueron financiados por los programas especiales de empleo, como el Programa de Empleo Mínimo (PEM) y el Programa de Ocupación de Jefes de Hogar (POJH); asimismo, este proyecto fue dirigido por profesionales de CONAF.

Posteriormente, en el año 1997, se construyeron otras obras de conservación de suelo, las que consistieron en minilimanes o bancales, en las que se plantaron especies de zonas áridas, como cactus y tunas, además de construirse diques en quebradas, en base a distintos materiales.

ii) Descripción de Obras

- **Obra: Diques de mampostería en seco** (Fotografía 5)
Dimensión: variable
Costo unitario: no hay información
Rendimiento: entre 0,6 y 1,2 m³ / j
Especie Asociada: *Atriplex nummularia*, en el cono de depositación.
- **Obra: Diques de mampostería gavionada** (Fotografía 6)
Dimensión: variable
Costo unitario: no hay información
Rendimiento: 0,3 a 0,5 m³ / j
Especie Asociada: no hay
- **Obra: Zanjas de infiltración**
Dimensión: h = 30 cm; a = 30 cm; b = 30 cm; l = 30 m; d = 20 a 30 m.
Costo unitario: 218 \$ / m
Rendimiento: 20 m / j
Especie Asociada: *Schinus molle*, *Prosopis chilensis*, *Atriplex nummularia*.
- **Obra: Minilimanes o Bancales**
Dimensión: Semicircular $\varnothing = 0,6$ m
Costo unitario: 1.413 \$ / u
Rendimiento: 4 u / j
Especie Asociada: *Echinopsis coquimbana*, *Eulychnia acida*, *Opuntia ovata*

iii) Resultados

Esta fue la primera experiencia que se hizo en estas zonas, en donde además se excluyó la zona de animales para proteger a la vegetación; más tarde se hicieron mediciones de la escorrentía sólida en instalaciones destinadas para estos fines. Así, en mediciones de sedimentos efectuadas en cuencas hermanadas (o limítrofes), se midieron en la cuenca sin tratamientos, cifras de erosión de alrededor de 24-30 m³ / ha año, mientras que en la cuenca La Muñozana, la erosión solo alcanzó a 2-4 m³ / ha año. Esta cuenca se mantuvo sin ingreso de animales por alrededor de 13 años, y el desarrollo de la vegetación es bueno, inclusive hasta el año 2002.

3.1.1.3. Cuenca Monte Patria

i) Marco General

Esta cuenca pertenece a la Comunidad Agrícola del mismo nombre; desemboca directamente en el Embalse Paloma, por lo que el aporte de sedimentos era importante. Esta experiencia se realizó posterior a la de La Muñozana, entre los años 1983 y 1985 y la idea era aprovechar la experiencia que se había obtenido en las laderas tributarias al embalse La Paloma (que incluyen además sectores como Mal Paso); por otra parte, se buscó masificar los trabajos hechos con anterioridad, propendiendo a la regulación de los cauces principales tributarios a la Quebrada Grande, mediante diques en mampostería en seco y a la regulación del escurrimiento superficial mediante zanjas de infiltración. Estas últimas ya no es posible distinguirlos. Además se forestó con *Schinus molle* y otras especies arbóreas, pero no hizo exclusión, es decir, no se aisló la zona de ganado.

Los trabajos se realizaron entre los años 1983 y 1985. Los trabajos fueron financiados por los programas especiales de empleo, como el Programa de Empleo Mínimo (PEM) y Programa de Ocupación de Jefes de Hogar (POJH); asimismo, los trabajos fueron dirigidos por profesionales de CONAF. En las quebradas se construyeron diques de mampostería en seco, mientras que en la zonas aledañas se plantaron *Schinus molle*, los que no prosperaron por la existencia de animales, ya que el área no fue excluida.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Dique de mampostería en seco** (Fotografías 7 y 8)
Dimensión: h = 4 m; a* = 3,5 m; l = 20 – 50 m.
Costo unitario: 5.313 \$ / m³
Rendimiento: entre 0,97 m³ / j
Especie Asociada: *Schinus molle*

iii) Resultados

En la actualidad, prácticamente no se aprecian las zanjas de infiltración, ya que están colmatadas; por otra parte, las plantaciones no tuvieron buen resultado, ya que en su gran mayoría fueron consumidas por los animales. No obstante, los diques que aún funcionan, han generado una gran terraza de depósito de materiales, que requiere mantención para un funcionamiento adecuado en el tiempo.

3.1.2. Provincia Choapa

3.1.2.1. Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile. Cuesta Cavilolén.

i) Marco General

Desde el año 1995, CONAF se encuentra desarrollando el Proyecto “Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de las Zonas Semiáridas de Chile, Convenio CONAF – JICA”, en el sector denominado Cuesta Cavilolén de propiedad de la Comunidad Campesina Las Cañas de Choapa. Este sector se encuentra ubicado a 25 km al oeste de Illapel.

En una superficie de 53 ha, que se encontraba severamente degradada, se han desarrollado trabajos que han permitido su recuperación. Dentro de las acciones ejecutadas, se encuentran la forestación con obras de recuperación de suelo.

Las principales acciones realizadas se muestran a continuación:

- exclusión del área
- forestación con más de 33 especies con distintos fines (cortaviento, forraje, energía, recuperación de especies nativas, protección de riberas, etc.)
- obras de conservación de suelo y agua (diques gavionados 278,2 m³, diques de piedra 54,9m³, muretes de sacos 78,6 m³, diques de polines 23,7m², zanjas de infiltración 1.620 m, canales de desviación 470 m, limanes 4 u).
- difusión y transferencia técnica.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanja de infiltración (3)**
Dimensión: h = 40 cm; a = 60 cm; b = 20 cm; l = 3 m; 1 m de taco entre zanjas, 1.800 m construido.
Costo unitario: 595 \$ / m
Rendimiento: 20 m / j
- Obra: **Dique de polines**, 1998 (Fotografía 9)
Dimensión: l = 3 m; h = 1,50 m en promedio; 24 m² construidos.
Costo unitario: 21.333 \$ / m²
Rendimiento: 2 m² / j
- Obra: **Limán de piedra** (Fotografía 10)
Dimensión: Ø = 6 m; h = 40 cm; 70 cm de alto del muro; 5 limanes construido.
Costo unitario: 59.511 \$ / u
Rendimiento: 0,1 u / j
- Obra: **Canal de desviación (2)** (Fotografía 11)
Dimensión: h = 30 cm; b = 20 cm; a = 60 cm; l = 70 m. 740 m total construido.
Costo unitario: 536 \$ / m
Rendimiento: 15 m / j

Observación: Los canales están revestidos cada 1 m con sacos de tierra, lo que presenta problemas porque el suelo sale por las aberturas

- Obra: **Dique de mampostería en seco 1995**
Dimensión: $a^* = 1$ m y $h = 1,3$ m. 55 m³ total construido.
Costo unitario: 19.589 \$ / m³
Rendimiento: $0,4$ m³/j
- Obra: **Dique de mampostería en seco 2001** (Fotografía 12)
Dimensión: $a^* = 1$ m y $h = 1,3$ m. 300 m³ total construido.
Costo unitario: 15.799 \$ / m³
Rendimiento: $0,3$ m³/j
- Obra: **Dique con gaviones**
Dimensión: $a^* = 1$ m y $h = 1,3$ m. Total construido 53 m³
Costo unitario: 31.678 \$ / m³
Rendimiento: $0,4$ m³/j
- Obra: **Muro de infiltración**
Dimensión: $h = 40$ cm; $b = 40$ cm; $a = 50$ cm; 52 m total construido.
Costo unitario: 1.400 \$ / m
Rendimiento: 8 m / j
- Obra: **Murete de sacos**
Dimensión: $h = 40$ cm; $b = 40$ cm; $a = 50$ cm; 52 m total construidos.
Costo unitario: 1.400 \$ / m
Rendimiento: 8 m / j

iii) Resultados

Dentro de los logros de este proyecto, está la validación de las técnicas de preparación de suelo, recuperación de praderas y disminución de los efectos erosivos por medio del uso de prácticas de conservación de suelos y aguas. Además, ha sido una Área Demostrativa que ha permitido difundir las diferentes técnicas de recuperación de suelos degradados con un enfoque de microcuencas, basado en un sistema productivo silvopastoril.

3.1.2.2. Cerro Pajaritos

i) Marco General

Frente a la ciudad de Illapel, en el Cerro Pajaritos, se está desarrollando desde el año 1975, un proyecto de Control de Erosión, el cual es administrado por CONAF y ha sido ejecutado por los programas de absorción de empleo (Plan de empleo mínimo - PEM). Mediante este proyecto se ha disminuido el arrastre de material en los eventos de lluvia desde la parte alta del cerro hacia las calles y casas de la ciudad.

La superficie intervenida es de 154 ha, entre los 300 y 760 m.s.n.m., y los trabajos realizados a la fecha, son los siguientes:

- cercado de 6 km.
- diques de piedra: 88
- muretes: 214
- zanjas de infiltración: 106 km.
- forestación: 120 ha.

ii) Descripción de Obras

- **Obra : Dique de mampostería en seco (de piedra) entre 1975 y 1985 (Fotografía 13)**
Dimensión: 1.448 m³ total construidos.
Costo unitario: 26.243 \$ / m³
Rendimiento: 0,2 m³ / j
Especie Asociada: no hay
- **Obra : Zanja de infiltración (Fotografía 14)**
Dimensión: h = 40 cm; a = 60 cm; b = 20 cm; l = 3 m; d = 6 m entre líneas. 840 m total construidos.
Costo unitario: 451 \$ / m
Rendimiento: 17 m / j
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Schinus molle*, *Eucalyptus sp.*
- **Obra : Surco de infiltración o en contorno (entre 1975 y 1983)**
Dimensión: h = 30 cm, a = 60 cm, b = 20 cm, l = 70 m.
Costo unitario : 228 \$ / m
Rendimiento: 20 m / j
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Schinus molle*, *Eucalyptus sp.*
- **Obra : Canal de desviación**
Dimensión: 130 m total construidos.
Costo unitario: 662 \$ / m
Rendimiento: 15 m / j
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Acacia clossiana*
- **Obra : Muretes de piedra**
Dimensión: h = 1,2 m; a* = 1,0 m; l = 2,0 m; con vertedero. 220 m³ total construidos.
Costo unitario: 187.291 \$ / m³
Rendimiento: 0,5 m³ / j
Especie Asociada: no hay

iii) Resultados

Los efectos han sido muy benéficos; por un lado está la detención del arrastre de sedimentos, dando mayor seguridad a la población en época de lluvia, principalmente a la que habita sobre las vías naturales de evacuación de las quebradas. En este sentido, la construcción de diques da una mayor seguridad a los habitantes y a la vez se aprecia una menor cantidad de sedimentos en las calles. Por otro lado, al favorecer el crecimiento de vegetación, se produce un embellecimiento del paisaje.

3.1.2.3. Cuz Cuz

i) Marco General

Este trabajo está inserto en el programa Desarrollo de la Cuenca Piloto del Cuz Cuz, el cual fue ejecutado por la Corporación Nacional Forestal entre 1984 y 1989, que tuvo por objetivo mejorar la calidad de vida de la comunidad del Cuz Cuz.

Las obras visitadas corresponden a las construidas en la cuenca El Peral, inserta dentro de esta comunidad, mediante el programa de absorción de mano de obra, específicamente Programa de Ocupación de Jefes de Hogar (POJH).

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Barreiro o Bordo** (Fotografía 15)
Dimensión: muro en semicírculo; $l = 40$ m; $h = 80$ cm; $b = 1$ m y $a = 0,6$ m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: $1 \text{ m}^3 / \text{j}$
Especie Asociada: *Eucalyptus camaldulensis*
- Obra: **Terraza** (Fotografía 16)
Dimensión: $l = 30$ m, $b = 6$ m y superficie cultivable de 175 m^2 .
Costo unitario: $475 \text{ \$/m}^2$.
Rendimiento: $1 \text{ m}^3 / \text{j}$
Especie Asociada: Cultivo agrícola

iii) Resultados

Los resultados en términos técnicos fueron óptimos, ya que permitieron habilitar $0,5$ ha de terrazas para cultivo agrícola, con un aporte continuo de riego, e inclusive, se probaron con éxito tecnologías de riego a bajo costo.

Desde un punto de vista social y económico, el proyecto fue un fracaso, debido a la escasa organización para el uso de las obras, que se produjo al interior de la Comunidad Agrícola de Cuz-Cuz; no obstante, actualmente existe algún nivel de utilización mínimo.

3.1.2.4. Proyecto de sabanización en Chile

i) Marco General

El Proyecto de Sabanización, desarrollado por el Instituto Forestal y financiado por el Fondo Judío Nacional, consiste en establecer una unidad demostrativa de las bases científicas que sustentan la Teoría de la Sabanización y su utilidad en la recuperación de la vegetación en ambientes áridos y semiáridos, con el propósito de dar a conocer y difundir a científicos, estudiantes y propietarios, las técnicas de manejo del suelo, para reducir las pérdidas de agua y nutrientes, a fin de restaurar la vegetación original o crear nuevos recursos forestales.

El objetivo de este proyecto es mostrar cómo el conocimiento de la ecología, de las estructuras y el funcionamiento de los ambientes desertificados, son aplicables para la restauración de las áreas degradadas y el aumento de la productividad y la diversidad biológica del ambiente

La zona de estudio se ubica en una cuenca de la Comunidad Agrícola de Tunga Norte, localizada entre las ciudades de Los Vilos e Illapel, en la comuna de Illapel. En esta cuenca, la quebrada principal es afluente de la quebrada "Quelón". Sus coordenadas geográficas son 31°37'35" de latitud sur y 71°19'30" de longitud oeste. Corresponde a un área con una utilización intensiva en ganadería caprina y en producción de trigo, con una mínima cubierta vegetal y de fuertes pendientes. Este proyecto se desarrolló a través de cuatro módulos; los tres primeros muestran las distintas fases que estructuran la teoría de la sabanización, mientras que el cuarto, muestra los tratamientos del suelo u obras más adecuadas para la zona en estudio, según los resultados de los tres primeros.

El módulo IV (que está más relacionado con el tema de esta publicación), tiene una superficie de 5 ha, de las cuales 3,8 fueron intervenidas con 46 obras. Las especies plantadas fueron *Acacia saligna*, *Prosopis chilensis* y *Eucalyptus cladocalyx* las que suman 408 árboles; además, se plantaron otras diversas especies, que en total suman 148 árboles.

Por ser éste un módulo demostrativo, no hay constancia de costos ni rendimientos.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Colector individual**
Dimensión: Semicircular, $\varnothing = 4,5$ m
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Acacia saligna*, *Cassia clossiana*, *Eucalyptus sideroxylon*
- Obra: **Miniterraza de piedra** (Fotografía 17)
Dimensión: Surcos, a = 2 m; l = 21 m, camellón de 60 cm de alto con soporte en piedra, en forma de medialuna a rectangular.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Eucalyptus cladocalyx*, *Prosopis chilensis*, *Acacia saligna*, *Schinus molle*

- Obra: **Limán** (Fotografía 18)
Dimensión: Semicircular, $\varnothing = 20$ m, formando un muro de tierra
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Eucalyptus cladocalyx*, *Acacia saligna*, *Prosopis chilensis*
- Obra: **Miniterraza en tierra**
Dimensión: Surcos $b = 2$ m, $l = 21$ m, camellón de 60 cm de alto, con capacidad de 20 plantas en forma de medialuna.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Eucalyptus cladocalyx*, *Prosopis chilensis*, *Acacia saligna*, *Schinus molle*

iii) Resultados

Lo esencial de la esta técnica de sabanización, es que se determina el uso de cada tratamiento del suelo para cada microtopografía existente; en este sentido, los tratamientos elegidos han mostrado su eficiencia al favorecer el establecimiento de vegetación en esta zona, ya que el prendimiento de los árboles fue de 92 % para las especies *Acacia saligna*, *Prosopis chilensis* y *Eucalyptus cladocalyx*, mientras que para las otras especies fue de 62 %. No obstante, se debe destacar que la muerte de las plantas se debió en su mayoría, al ataque de roedores, más que a las condiciones de humedad.

En cuanto al desarrollo de las plantas, los principales resultados se refieren al desarrollo alcanzado por las especies *Acacia saligna* y *Eucalyptus cladocalyx*. Las variables evaluadas son diámetro de cuello y altura de las plantas y el periodo de evaluación fue desde agosto del año 2000, a junio del año 2001. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Crecimiento de *Acacia saligna* y *Eucalyptus cladocalyx* según técnica de preparación de suelo

Obra	Año de establecimiento	Acacia saligna		Eucalyptus cladocalyx	
		DAC cm	Altura cm	DAC cm	Altura cm
Limán	1999	1,4	30,5	1,5	61
Miniterrazas en tierra o Surcos en media luna	2000	1,1	34,8	0,9	29,1
Colector individual	2000	0,7	30,4	0,6	21,7
Miniterrazas en piedra	2000	1,3	88,7	0,9	28,1

Estas dos especies son las que han mostrado mejor adaptabilidad y productividad para esta zona y por lo mismo, en este momento son las que el Instituto forestal está promoviendo para esta región.

3.1.3. Fotografías de obras visitadas en la Región de Coquimbo



Fotografía 1. Canal de desviación con plantación de *Atriplex nummularia* en el camellón. El Sauce, IV Región



Fotografía 2. Bancal con plantación de *Opuntia* sp. (tuna) El Sauce, IV Región



Fotografía 3. Tratamiento lineal con bolsas de arena El Sauce, IV Región



Fotografía 4. Zanja de infiltración con plantación de *Prosopis chilensis*. El Sauce, IV Región



Fotografía 5. Dique de mampostería en seco.
La Muñozana, IV Región



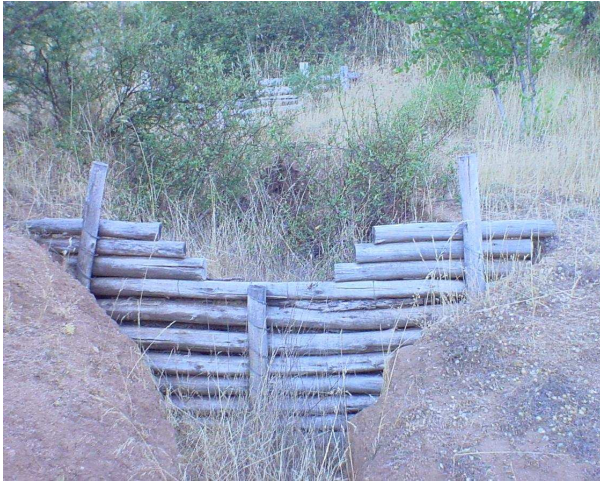
Fotografía 6. Dique de mampostería gavionada con
empotramiento de mampostería hidráulica
La Muñozana, IV Región



Fotografía 7. Crecimiento de *Schinus molle* aguas
abajo de un dique de mampostería en seco, de 4 m
de altura, Cuenca Monte Patria, IV Región



Fotografía 8. Dique de mampostería en seco
Cuenca Monte Patria, IV Región



Fotografía 9. Dique de polines
Cuesta Cavilolén, IV Región



Fotografía 10. Limán de piedra
Cuesta Cavilolén, IV Región



Fotografía 11. Canal de desviación revestido con
sacos con arena. Cuesta Cavilolén, IV Región



Fotografía 12. Dique de mampostería en seco
colmatado. Cuesta Cavilolén, IV Región



Fotografía 13. Batería de diques de mampostería en seco. Cerro Pajaritos, IV Región



Fotografía 14. Zanjas de infiltración. Cerro Pajaritos, IV Región



Fotografía 15. Barreiro utilizado para cultivo agrícola Cuz Cuz, IV Región



Fotografía 16. Terraza con talud de piedras. Cuz Cuz, IV Región



Fotografía 17. Miniterraza de piedra, Proyecto de Sabanización, Tunga Norte, IV Región
Fuente: INFOR



Fotografía 18. Limán con colectores individuales. Proyecto de Sabanización, Tunga Norte, IV Región
Fuente: INFOR

3.2. Región de Valparaíso

3.2.1. Provincia Petorca

3.2.1.1. Cerros Municipales La Ligua

j) Marco General

La Corporación Nacional Forestal y la I. Municipalidad de La Ligua, en el mes de diciembre de 1997 firmaron un convenio – comodato por terrenos municipales ubicados al sur de La Ligua, en cerros adyacentes a la ciudad. Este comodato tiene una vigencia de 10 años y abarca una superficie de 150 ha. No obstante, se han realizado trabajos desde 1985.

El objetivo central de este convenio es realizar trabajos de conservación y recuperación de suelos, para así restablecer el equilibrio ecológico alterado en el tiempo por el fuego, la corta de árboles para ser usados como leña, el sobrepastoreo, etc. Lo anterior se ve agravado en los eventos torrenciales, produciéndose erosión de manto y de canal, lo que repercute negativamente en el casco urbano de la ciudad, con embancamiento de calles y alcantarillas, lo que dificulta además, el tránsito vehicular.

Otro beneficio buscado es la generación de un lugar de esparcimiento para los pobladores, para lo cual se han habilitado senderos y lugares para esparcimiento y recreación.

Durante el año 1999 se forestaron 17 ha, para lo cual se trabajó con 10 jornales, realizando diversos trabajos como hoyadura, terraceo y cercado. Se plantaron 11.050 árboles de las especies Algarrobo (*Prosopis chilensis*), Pimiento (*Schinus molle*), Alcaparra (*Capparis spinosa*) y Quillay (*Quillaja saponaria*). Los trabajos se han realizado a través de los programas especiales de empleo.

Los tratamientos están concentrados en cauces y laderas y consisten en:

- Control de torrentes al construir diques de gaviones para disminuir la velocidad del agua y detener el sedimento arrastrado por ésta.
- Manejo de laderas basado en terrazas y zanjas de infiltración en curvas de nivel.
- Repoblación vegetal del área, mediante plantaciones y regeneración natural de las especies presentes.

El tratamiento mecánico se plantea como actividad ligada y complementaria del trabajo biológico; los tratamientos mecánicos propuestos para el proyecto son:

- Zanjas de infiltración.
- Zanjas de evacuación.
- Terrazas.
- Hoyadura con colector.

Adicionalmente, se realizó un mejoramiento de aguadas en el sector, denominadas El Chivato (Fotografía 20) y El Peumo. Estas vertientes entregan un caudal que puede ser almacenado y utilizado en el riego y otros usos que demande el recinto. Así, se realizaron trabajos de protección en ambas aguadas, como también labores de limpieza e impermeabilización del lugar donde se acumulará el

agua. Asimismo, se construyeron estanques acumuladores con una capacidad de 600 m³, revestidos con geomembranas, para asegurar el riego de la forestación.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Empalizada** (Fotografía 19)
Dimensión: l = 1,5 - 4,8 m; h = 0,8 m - 1,70 m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: en los diques colmatados se ha sembrado *Acacia caven*
- Obra: **Microterrazza** (Fotografía 21)
Dimensión: b = 40 cm, en una superficie de 50 ha
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Prosopis chilensis*, *Schinus molle*, *Capparis spinosa* y *Quillaja saponaria*
- Obra: **Fajinas** (Fotografía 22)
Dimensión: sin información
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Alcantarillas**
Dimensión: Largo variable entre 2 y 4 m de largo, diámetro 50 cm aprox.
Costo unitario: sin información
Rendimiento : sin información
Especie Asociada: no hay
La función de estas alcantarillas es la protección de los senderos

iii) Resultados

Si bien se ha observado la disminución de sedimentos en las calles de la ciudad, en la comunidad no hay percepción de los beneficios. En los últimos 2 años, estos trabajos se han difundido más a la comunidad, a través de la creación de senderos internos y habilitación de zonas de picnic. No obstante, el principal problema existente en cuanto a la mantención de las obras, está dado por el ingreso de caballos a la zona protegida, quienes atraviesan los cercos (rotos por terceros) y dañan las plantaciones realizadas y las fajinas. Esto, sumado a la escasa vigilancia, no ha permitido el desarrollo de las plantaciones, y en estos momentos, es un problema sin solución. No obstante, se está recuperando un terreno actualmente degradado, incorporándolo como área verde en beneficio de toda la comunidad de la zona.

3.2.1.2 Centro demostrativo Altos de Carén

j) Marco General

Las permanentes dificultades para establecer plantaciones en terrenos degradados y el constante déficit hídrico, dada la falta de riego y escasas precipitaciones anuales, y adicionalmente los rendimientos bajo el nivel de subsistencia de estos suelos en los cultivos agrícolas de secano, llevó a la Oficina Provincial Petorca de CONAF a establecer un Centro Demostrativo para estudiar y proponer soluciones a los problemas antes indicados.

Para estos fines, el año 1994 se firmó un Convenio – Comodato entre CONAF y la Municipalidad de Petorca, por una extensión de terreno de 15 ha de propiedad de esta última. Este terreno se ubica en el sector Los Comunes, localidad de Chicolco, en la zona alta de la Provincia, a 70 km de la Ligua.

El objetivo de este proyecto es realizar ensayos con plantaciones de uso forestal forrajero, huertos frutales y actividades de captura y manejo de agua, todos los cuales tendrán como fin servir de guía y ejemplo a pequeños propietarios de la zona. Lo anterior, con el objetivo de lograr, a futuro, la incorporación al desarrollo productivo familiar, de grandes extensiones de tierra subutilizadas y contribuir así a mejorar la calidad de vida de la población rural.

El terreno (15 ha) es un sector de valle abierto ubicado a 750 m.s.n.m. con exposición sur y pendiente media del 25%; antiguamente fue utilizado en siembras de secano. El suelo presenta alto porcentaje de arcilla (tipo vertisoles) y rocas propias de los planos de coluvios de las áreas montañosas (Gajardo, 1983).

Los trabajos comenzaron en noviembre de 1994; así, se cercó con malla hexagonal (1 m alto) y postes de pino impregnado a 3 m de distancia. Luego se construyeron diques (de piedras y sacos), muretes y limanes. Asimismo, se subsoló con tractor y se realizó hoyadura con chuzo. Las especies de uso forestal forrajero utilizadas fueron *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *Acacia saligna*, *Acacia caven*, *Schinus molle*, *Prosopis chilensis*, *Leucaena leucocephala* (total: 2.500 ejemplares). Entre los frutales se están probando *Prunus amygdalus*, *Malus communis*, *Ficus carica*, *Citrus limon*, *Citrus aurantium*, *Prunus domestica*, *Junglans regia*, *Olea europea* (total: 200 ejemplares).

Sistemas de captación de aguas de escorrentía

El área de captación de aguas es una cuenca de 196 ha. En la garganta de la cuenca se construyó un dique para detener las aguas y de ahí derivarlas con manguera plansa de 2" al terreno de ensayos, distante 500 m aguas abajo. Esta cuenca no siempre aporta el agua esperada, la cual depende además de la distribución de la lluvia, intensidad y duración.

Dada la situación anterior, se recurrió a un segundo sistema, que consistió en impermeabilizar un terreno (3.200 m²) con un cobertor asfáltico (este tratamiento incluye sacar las piedras superficiales y cubrir la superficie con un cobertor asfáltico mediante una motobomba) (Fotografía 23). Este sistema tiene la ventaja que con precipitaciones pequeñas, como son la mayoría de las que ocurren en la zona, se puede captar agua. Luego, éstas se canalizan y se llevan a estanques acumuladores que están revestidos con una geomembrana de 1 mm de espesor (Fotografía 24). La capacidad de acumulación que existe en el terreno es de 650 m³. Es fundamental contar con este reservorio, para

poder regar los árboles en el período seco. Las quebradas aportantes, se eligen mediante el uso de SIG (IDRISIS).

Los recursos hasta ahora invertidos, alcanzan aproximadamente a M\$ 15.000, aportados por CONAF V Región, Oficina Central, la Comisión Provincial de Sequía y la I. Municipalidad de Petorca.

ii) Descripción de Obras

- **Obra: Limanes de piedras**
Dimensión: h = 0,6 m; Ø = 12 m; ancho de pared = 0,4 m.
Costo unitario: 1.492 \$ / m³
Rendimiento: 0,8 m³ / j
Especie Asociada: frutales
- **Obra: Muretes de piedra**
Dimensión: sin información
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: varias
- **Obra: Subsulado y taza cubierta con piedras**
Dimensión: profundidad de 35 cm, superficie de 300 m².
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus cladocalyx*.
La taza cubierta con piedras permite que se mantenga por mayor tiempo la humedad.

iii) Resultados

Luego de tres años de ensayos, los resultados son esperanzadores, ya que la mortalidad ha sido menor al 10% de los ejemplares plantados. Asimismo, el agua almacenada en estanques permite entregar riegos suplementarios a los árboles, en cantidades de 5 l mensuales a los árboles forestales y 25 – 30 l cada 15 días a los frutales. Los eucaliptos plantados en algunas paños, superan los 4 m de altura.

Algunas restricciones detectadas del sistema de captación de agua

- Requiere precipitaciones iguales o superiores a 120 mm anuales.
- Los suelos donde se capta el agua de escorrentía debe ser arcilloso o pesados y ojalá presenten superficie sellada por líquenes y otra microflora.
- Las lluvias más productivas son aquellas que tienen características torrenciales (alta intensidad).

3.2.1.3. Quebradas La Parra y Nazareto

j) Marco General

Las quebradas La Parra y Nazareto se localizan inmediatamente al norte de la ciudad de Petorca y escurren directamente a esta ciudad. En situación de lluvias torrenciales, las quebradas tributarias del río Petorca se activan y en poco tiempo aumentan su caudal, produciéndose obstrucción de acueductos e inundaciones en las poblaciones cercanas.

Frente a este escenario, la Oficina Provincial Petorca de la Corporación Nacional Forestal, formuló un proyecto, a través del Programa de Apoyo al Desarrollo Forestal PADEF, conducente a llevar a cabo obras que regulen los flujos hídricos de estas quebradas en los períodos invernales, el cual se ejecutó durante el año 2001. Estas labores estuvieron divididas en dos obras específicas; una es la construcción de diques de piedra en la línea de drenaje de las quebradas La Parra, Nazareto, y en una de menores dimensiones que fue denominada Intermedia, situada entre las dos primeras. La segunda obra es un canal que desvía las aguas desde la quebrada Nazareto a la quebrada La Parra, recorriendo 475 m.

Este programa tuvo como objetivo general, ejecutar obras de regulación de flujos hídricos en las quebradas La Parra, Nazareto e Intermedia.

Construcción de los diques

En la quebrada La Parra se construyeron 23 diques; en la fase media de la línea de drenaje se levantó un primer conjunto de 20 diques consecutivos, separados por una distancia media de 32,17 m; en la desembocadura del canal que conduce las aguas desde la quebrada Nazareto, se edificó un segundo conjunto de 3 diques, los cuales reciben las aguas del primer grupo de diques, después de recorrer 326 m.

En la quebrada Nazareto se construyeron 2 diques en el punto donde confluyen 3 tributarias del cauce principal. Esta microcuenca está intervenida por un camellón de tierra, el cual forma el canal que desvía las aguas a la quebrada La Parra.

Por último, en la quebrada Intermedia, se construyeron 3 diques en la fase media de la longitud de ésta.

De esta manera, se levantaron 28 diques que suman 943,33 m³ y el movimiento total de material, ya sea en piedra o tierra necesario para construir las obras, fue de 1.438,45 m³ (Fotografías 25 y 26). Las dimensiones de éstos se presentan a continuación:

ii) Descripción de Obras

Cuadro 8. Dimensiones de los diques construidos

Dique N°	Ubicación	Volumen construido (m ³)	Altura (h) (m)	Largo (l) (m)	Ancho (a) (m)
1	Q. La Parra	40,2	2,4	6,7	2,5
2	Q. La Parra	48,8	3,1	6,3	2,5
3	Q. La Parra	34,2	2,9	5,9	2,0
4	Q. La Parra	57,5	2,5	9,2	2,5
5	Q. La Parra	29,8	2,2	7,7	1,8
6	Q. La Parra	49,9	1,6	15,5	2,0
7	Q. La Parra	22,8	1,4	10,2	1,6
8	Q. La Parra	25,4	1,4	10,5	1,8
9	Q. La Parra	20,6	1,6	7,7	1,7
10	Q. La Parra	11,4	1,6	4,6	1,5
11	Q. La Parra	20,7	1,5	8,0	1,8
12	Q. La Parra	33,6	1,5	14,7	1,5
13	Q. La Parra	31,1	1,2	15,0	1,7
14	Q. La Parra	57,7	1,6	21,0	1,8
15	Q. La Parra	32,0	1,4	17,3	1,3
16	Q. La Parra	33,6	1,4	17,7	1,4
17	Q. La Parra	54,0	1,4	21,2	1,9
18	Q. La Parra	30,8	1,9	8,1	2,0
19	Q. La Parra	30,2	2,1	8,0	1,8
20	Q. La Parra	47,6	2,4	9,7	2,0
21	Q. La Parra	21,9	2,1	5,8	1,8
22	Q. La Parra	27,6	2,5	5,8	1,9
23	Q. La Parra	43,2	2,7	8,0	2,0
24	Q. Nazareto	54,0	2,7	10,0	2,0
25	Q. Nazareto	20,7	1,8	6,4	1,8
26	Q. Intermedia	23,7	2,2	5,5	2,0
27	Q. Intermedia	13,4	1,4	4,0	2,4
28	Q. Intermedia	27,0	1,8	7,5	2,0

La construcción de diques se realizó con cuatro cuadrillas de 10 trabajadores cada una, y cada cuadrilla se demoró entre 7 y 10 días por dique (entre 10 y 14 semanas en total, a partir de marzo del 2001).

Construcción del canal de desviación

Se construyó un canal que desvía las aguas desde la quebrada Nazareto hacia la quebrada La Parra, con una pendiente de 1 %, y un recorrido de 475 m. Este trazado se ha definido con la intención de que el canal reciba las aguas provenientes de las laderas de los cerros y de la quebrada Intermedia, en un punto de mayor altura, para de esta manera liberar un terreno de 43.200 m² aprox., que será utilizado para uso residencial y para una cancha de fútbol. Este nuevo canal reemplaza a uno construido después del aluvión de 1987.

El canal tiene 1,5 m como profundidad media y 1 m de ancho; fue excavado en un suelo aluvial que corresponde a los conos de deyección de las quebradas La Parra e Intermedia. La excavación se llevó a cabo sin maquinaria, a excepción de la utilización de tiros de dinamita en algunos puntos para reducir la roca intrusiva, bloques y rocas depositadas en el cono; y del uso de una retroexcavadora para abrir un tramo del canal que corresponde a un camino, punto en donde se instaló un tubo corrugado que habilitara el canal y el camino. El resto del canal lo cavaron los trabajadores, sólo con chuzos, picotas y palas.

Se hicieron trabajos en los bordes del canal en toda su extensión, a excepción de los cruces de camino; en el lado norte, por donde recibe las aguas de ladera, se hizo un talud para aminorar el desprendimiento de tierra en el canal. En la parte sur, se formó una vereda entre el canal y el camellón, con el objeto de transitar por ella y evitar la caída de grandes rodados en el interior.

Por otro lado, se construyeron cuatro obras de arte:

- Muro que cierra el canal en desuso y desvía las aguas hacia el nuevo canal. Se excavó una fundación de 0,50 m de altura, 7,0 m de largo y un ancho de 0,6 m. Además se recubrió con cemento el piso y las paredes inmediatas al muro.
- Muro que recibe las aguas de la quebrada Intermedia, levantado en concreto y cara a la vista; sus dimensiones son 1,25 m de altura, 5,80 m de largo y 0,40 m de ancho.
- Muro que recibe las aguas de una quebradilla en formación ubicada entre las quebradas Intermedia y La Parra, levantado en concreto y cara a la vista; sus dimensiones son 1,60 m de altura, 7,30 m de largo y 0,70 m de ancho. Además se elaboró una loza de cemento en el piso.
- Instalación de un tubo corrugado de 1 m de diámetro por 4 m de largo. Se construyó sobre el tubo una loza de cemento de 0,30 m de espesor, con una malla de fierro incorporada a la mezcla; además, se revistió la entrada y la salida del tubo.

El canal tiene una longitud de 475 m y se removieron para construirlo, 825 m³.

iii) Resultados

Las obras construidas resistieron bien la alta precipitación ocurrida en el año 2002 y no ha sido necesario reparar diques, aunque algunos de ellos se colmataron. Respecto a los diques colmatados, es importante hacer un seguimiento de ellos y planificar la construcción de otros complementarios, para lo cual se requiere recursos.

En cuanto al canal de desviación, éste tampoco presentó problemas durante el año 2002, pero sólo como medida preventiva, se realizó una limpieza de la sedimentación que tenía.

En definitiva, las obras construidas sirvieron a su propósito, ya que no hubo inundaciones ni obstrucción de acueductos.

3.2.2. Provincia San Felipe de Aconcagua

3.2.2.1. Proyecto cosecha de agua en Cuesta Las Chilcas

i) Marco General

El proyecto de captación de agua en la Cuesta Las Chilcas (V Región), fue planteado por CONAF como un desafío para abordar la mitigación de los procesos de desertificación en el interior de la V Región. Este desafío fue abordado por la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal, a cuyo efecto se diseñó un sistema de captura de aguas lluvias, en base al conocimiento existente sobre el tema a nivel mundial y en Chile, así como la experiencia de CONAF nacional en el tema de la conservación de suelos y aguas.

De esta manera, se seleccionó una área de trabajo de 11,5 ha correspondiente a la cuesta Las Chilcas ubicada en el kilómetro 75 de la Carretera 5 Norte, comuna de Llay-Llay, V Región. Su objetivo es ser un centro demostrativo de técnicas de recuperación de esta área desertificada, restituyendo la cobertura vegetal y aprovechando eficientemente las aguas lluvias, mediante la habilitación de diversas obras captadoras en el suelo. El área seleccionada presenta un grado extremo de desertificación, debido a sobrepastoreo caprino sobre un matorral muy pobre que se desarrollaba sobre suelos muy delgados. Al inicio del proyecto se observaban muestras de erosión de manto y zanjas. El área posee un microclima caracterizado por escasas precipitaciones producto del efecto de sombra de lluvia (Föhnn) que sobre esta área ejercen las más altas cumbres de la Cordillera de la Costa en la Zona Central, como el Cerro El Roble y Cerro La Campana.

En el año 1998 se construyeron las obras de conservación de suelos, descritas en el siguiente punto. Adicionalmente, se implementaron tres tipos de ensayos de plantación, correspondiente a uno de adaptación de especies, otro de plantación de *Schinus molle* y el tercero de un establecimiento de alrededor de 76 plantas de diferentes especies que son de interés y que no contaban con un número suficiente para su inclusión en un ensayo estadístico. Las especies utilizadas son *Schinus molle*, *Schinus latifolius*, *Maytenus boaria*, *Acacia saligna*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Schinus molle*, *Pinus halepensis*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus macrocarpa*, *Senna clossiana* y *Eucalyptus cladocalyx*.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Subsolado bajo camellón individual**
Dimensión: 0,44 ha, 634 m construidos, 50 cm de profundidad
Costos: 28,2 hr de tractor
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Subsolado bajo camellón continuo**
Dimensión: 4,36 ha, 4.372 m
Costos: 28,2 hr de tractor
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información

- Obra: **Subsolado sin camellón**
Dimensión: 3,64 ha.
Costos: 28,2 hr de tractor
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Canal de Desviación con retroexcavadora**
Dimensión: 115,5 m construidos
Costos: sin información
Rendimiento: 25 m / hr de retroexcavadora
Especie Asociada: no hay
- Obra: **Canal de Desviación manual** (Fotografía 27)
Dimensión: 519,6 m construidos
Costos: sin información
Rendimiento: 26 m / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Estanque**
Dimensión: 3,3 m³ de concreto, para un volumen de acumulación de 40 m³, 10 x 7 x 0,57 m.
Costos: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Cisterna de acumulación**
Dimensión: 8,0 m³ de acumulación máx. de agua.
Costos: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Limán 1**
Dimensión: 5 m de radio y 0,67 m de altura máxima de murete.
Costos: (*)
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Limán 2**
Dimensión: 10 m de radio y 1,45 m de altura máxima de murete
Costos: (*)
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información

(*) : Para la construcción de los tres limanes se utilizaron 29,5 hr de retroexcavadora, 22,1 hr de tractor y 53 j.

- Obra: **Limán 3** (Fotografía 28)
 Dimensión: 10 m de radio y 0,90 m de altura máxima de murete
 Costos: (*)
 Rendimiento: sin información
 Especie Asociada: sin información

iii) Resultados

En esta área antiguamente se sembraba trigo, y las obras y la plantación realizadas han provocado un impacto visual en la gente.

Se diseñó un sistema basado en las 3 modalidades clásicas de sistemas de captación de aguas lluvias, para la restauración hidrológico-forestal, lográndose excelentes resultados en materia de sabanización de esta área desertificada. Las especies forestales que lograron mejor desarrollo en las estructuras de captación de aguas lluvias corresponden a *Eucalyptus camaldulensis*, con un desarrollo máximo en altura de 6 metros en 2 años, algo muy excepcional para la especie en Chile y en el mundo. Asimismo, *Schinus latifolius*, especie nativa, alcanzó un desarrollo máximo en altura de 2,5 m en 2 años, lo cual también es excepcional para la especie.

3.2.3. Provincia de Valparaíso

3.2.3.1. Proyecto corrección de torrentes y recuperación de laderas en microcuenca Las Salinas

i) Marco General

La Microcuenca Las Salinas, tributaria de la cuenca del mismo nombre, se ubica dentro de la zona urbana de la ciudad de Viña del Mar, en la subida Avenida Jorge Alessandri, colindante con el sector llamado Gómez Carreño, desembocando sus aguas en el mar en el sector Playa Salinas. Esta microcuenca, presenta desequilibrios hidrológicos profundos, producto de diversos trabajos de movimiento de tierra y eliminación de la vegetación, para el desarrollo de un proyecto inmobiliario, pero que finalmente no prosperó. Dados estos desequilibrios, y la acumulación de tierra removida en el mismo cauce de las diferentes quebradas, se analizó la posibilidad de que estas condiciones pudieran dar origen a diversos procesos de arrastre de sedimentos de gran magnitud, producto de eventuales fenómenos torrenciales, que amenazaran con destrucción, o daños severos, las diversas instalaciones presentes en el sector bajo del sector Salinas. Los posibles fenómenos torrenciales, que pueden afectar a esta microcuenca, se ven afectados por diversas situaciones presentes en ella, que se indican a continuación:

- La microcuenca, ha sido afectada por la remoción de la vegetación natural protectora del suelo, tanto en los sectores planos, como en laderas y en el cauce de las quebradas.
- Dado que su condición natural ha sido afectada, la cuenca de recepción actual de las aguas, al presentar suelos desnudos altamente erosionables y lluvias muy intensas de periodos muy cortos, puede dar origen a altos caudales de crecidas en corto tiempo de duración.

- La presencia de diversos movimientos de suelos en laderas, como por ejemplo, los caminos de maquinarias, los depósitos de tierra, las hoyaduras y la acumulación de tierra suelta en diversos sectores del cauce, hacen de este sector un lugar potencial para la presencia de avalanchas, que podrían afectar instalaciones militares y civiles.
- Los procesos erosivos, tanto a nivel de laderas como de cauce, se activan y profundizan al presentarse caudales de crecidas, lo que posibilita el transporte de estos materiales en grandes volúmenes, el que en las condiciones actuales y sin tratamiento, se depositará en lugares bajos de alto valor económico.

Dado lo anterior, el desarrollo de este programa tuvo por objetivo:

- Retener en el cauce la casi totalidad de los aportes sólidos, de manera que se eviten problemas de depósitos masivos de materiales, los que pueden dañar la infraestructura presente aguas abajo.
- Suprimir todo tipo de aporte de materiales de los taludes y vertientes, que pudieran dañar la infraestructura en la zona de influencia de esta cuenca.

Para controlar los eventuales arrastres de sedimentos, se planteó la construcción de 14 diques de piedra (mampostería seca), para la contención del material de arrastre. Los diques presentaban en su diseño una altura de 2,5 m y se ubicaron en tres quebradas de la cabecera de la microcuenca. No obstante, los solicitantes construyeron sólo 6 diques de gaviones de 3 m de altura, pero que resultaron socavados lateralmente debido a la falta de empotramiento, ya que no contaban con vertedero.

Para el tratamiento de laderas se construyeron surcos en contorno con retroexcavadora, en un área aproximada de 5 ha en los interfluvios de las quebradas a tratar con diques. Adicionalmente, en el suelo entre surcos se sembró con gramíneas estacionales y permanentes.

ii) Descripción de Obras

- **Obra: Diques de mampostería gavionada** (Fotografía 29)
Dimensión: 58 m³ cada dique, 6 diques, total construido: 348 m³
Costos: 22.407 \$ / m³
Rendimiento: 0,1 m³ / j
Especie Asociada: no hay
- **Obra: Surcos en contorno** (Fotografía 30)
Dimensión: h = 30 – 40 cm; a = 60 – 70 cm; d = 4 m; 18.750 m total construido
Costo unitario: 156 \$ / m
Rendimiento: 1.250 m / j de retroexcavadora
Especie Asociada: no hay

iii) Resultados

El sistema de surcos ejerció todo el control sobre la escorrentía del lugar, impidiendo eventos de avalanchas de barro y piedras sobre las partes bajas. A la fecha, el sistema ha operado durante 3 inviernos sin problemas y los diques, aunque no han trabajado eficientemente, han sido apoyados eficazmente por el sistema de surcos.

3.2.3.2. Protección de la microcuenca Los Lúcumos, Playa Ancha, Valparaíso.

i) Marco General

La microcuenca o quebrada Los Lúcumos, se ubica dentro de la zona urbana de Valparaíso, en el sector de Playa Ancha. Su nacimiento está en la Avenida Quebrada Verde, a la altura de la población Marina Mercante. El cauce principal de la quebrada tiene 1.100 metros de largo, hasta desembocar sus aguas en el mar.

Presenta el tercio superior de la ladera norte plantada de Eucalipto. El tercio medio de la misma ladera presenta un vertedero de basura y, el tercio inferior cercano al mar, está desprovisto de plantaciones o vegetación arbustiva o arbórea nativa. La ladera sur presenta vegetación de pradera altamente degradada y áreas con basura de las casas aledañas.

No se evidencian fenómenos de tipo torrencial en el cauce de la cuenca por la escasa longitud de este, pero sí arrastre de sedimentos que llegan al mar, el cual es posible contener con obras transversales en el cauce.

Objetivos del proyecto

- Propender a la protección y conservación de esta microcuenca urbana, que en el pasado tenía importantes poblaciones de *Lucuma valparadisea*, además de otras especies nativas amenazadas.
- Construir surcos en contorno para disminuir el efecto del escurrimiento superficial, captar agua de lluvia y preparar suelos para la plantación forestal.
- Reforestar las laderas con la finalidad de revegetar artificialmente la cuenca y formar un pequeño bosque urbano en Playa Ancha, que permita a futuro su uso en recreación.
- Controlar los escurrimientos del cauce de la quebrada y retener el arrastre de sedimentos, mediante la construcción de dos diques de mampostería hidráulica para la retención de sedimentos.

Para la ejecución de los trabajos se realizó un proyecto pro-empleo, para lo cual se firmó un convenio con la intendencia regional. Por otra parte, para el control del cauce de la quebrada, se construyeron diques transversales de mampostería hidráulica, los cuales fueron diseñados por profesionales de CONAF, a partir del cálculo de caudales máximos y la posterior determinación de la precipitación máxima en 24 hrs para distintos períodos de retorno, obtenidas por ajuste de la función de Gumbel.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Diques en mampostería hidráulica** (Fotografías 31, 32 y 33)
Dimensión: se dan a conocer en el cuadro 9
Costos: 169.183 \$ / m³
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: no hay

Cuadro 9. Dimensión y Volumen total construido de mampostería (*)

Tipo	Dique 1	Dique 2
Vol. cuerpo, m ³	31,7	68,1
Disipador, m ³	1,3	1,3
Herido, m ³	20,2	41,6
Total, m ³	53,2	111,0
Altura del piso al coronamiento, m	2,2	3,2
Espesor en la coronación (e)	0,34	0,34
Ancho del vertedero, m	2,4	3,6 ⁽¹⁾
Profundidad del vertedero, m	0,4	0,4
Profundidad de la fundación	0,85	1,1

(¹) se amplió el ancho del vertedero en 1,2 m, considerando que la quebrada importa escurrimiento del exterior de los límites de la cuenca, por aportes de áreas urbanizadas aledañas.

- Obra: **Surcos en contorno** (Fotografía 34)
Dimensión: a = 30 cm; b = 30 cm; d = 4 m; superficie de 12 ha.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*, *Cryptocarya alba*, *Beilschmiedia miersii*, *Crinodendron patagua*, *Schinus molle* y *Lucuma valparadisea*

ii) Resultados

Los dos diques construidos han mostrado su eficacia en el control del cauce de la quebrada y en la retención de sedimentos, aunque han presentado algunos problemas derivados de la construcción de ellos. El Dique 1 presenta un vertedero de menor tamaño que el especificado en el diseño, producto de la falta de control durante la construcción de esta parte del dique. En este sentido, se hace evidente la falta de personal capacitado. No obstante, gracias al buen empotramiento logrado, el dique no ha sufrido socavaciones, funcionando bien en la retención de sedimentos. En cambio, el Dique 2, no se construyó todo el empotramiento necesario por la falta de recursos, estimándose la falencia de 4 m³ de material.

Por otra parte, en ambos diques hubo ruptura del disipador de energía debido, nuevamente, a la falta de cemento para hacer una mezcla de buena calidad. Sin embargo, la existencia de rocas bajo los disipadores ha evitado el socavamiento de los diques aguas abajo.

En resumen, el diseño de los diques ha sido el adecuado, pero, la construcción presentó problemas tanto por la falta de recursos para materiales, como por la falta de personal capacitado.

En cuanto a la plantación realizada, ésta sufrió daño por un incendio y además varias plantas fueron sustraídas por personas, por lo que en la actualidad sobrevive cerca de 10 % de la población inicial.

3.2.4. Fotografías de obras visitadas en la Región de Valparaíso



Fotografía 19. Empalizada de polines y bajada de agua revestida con cemento. Cerros Municipales La Ligua, V Región



Fotografía 20. Aguada El Chivato. Cerros Municipales La Ligua, V Región



Fotografía 21. Microterrazas; la plantación ha sido consumida por animales. Cerros Municipales La Ligua, V Región



Fotografía 22. Fajina utilizada para la protección de taludes. Cerros Municipales La Ligua, V Región



Fotografía 23. Área de captación de aguas lluvias
Altos de Carén, Petorca, V Región



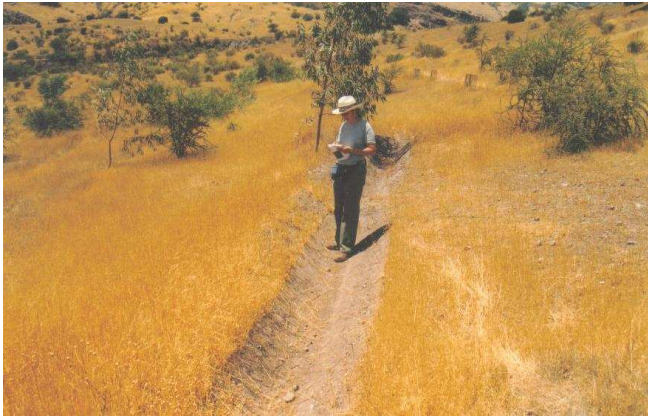
Fotografía 24. Cisterna de acumulación de agua
Altos de Carén, Petorca, V Región



Fotografía 25. Dique de Mampostería en seco
Quebradas La Parra y Nazareto, V Región



Fotografía 26. Batería de diques de mampostería en seco,
Quebradas La Parra y Nazareto, Petorca
V Región



Fotografía 27. Zanja de Infiltración. Cuesta Las Chilcas. V Región



Fotografía 28. Limán de piedra. Cuesta Las Chilcas V Región



Fotografía 29. Dique de gaviones. Cuenca Las Salinas, V Región
Fuente: Patricio Novoa



Fotografía 30. Surcos de Infiltración Cuenca Las Salinas, V Región
Fuente: Patricio Novoa



Fotografía 31. Diques de mampostería hidráulica en microcuenca Los Lúcumos, V Región
Fuente: Patricio Novoa



Fotografía 32. Dique de mampostería hidráulica colmatado en microcuenca Los Lúcumos, V Región
Fuente: Patricio Novoa



Fotografía 33. Herido para diques de mampostería hidráulica en microcuenca Los Lúcumos, V Región
Fuente: Patricio Novoa



Fotografía 34. Surcos en contorno en microcuenca Los Lúcumos, V Región
Fuente: Patricio Novoa

3.3. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

3.3.1. Manual para la aplicación de técnicas de captación de aguas lluvias en predios de secano para la forestación

i) Marco General

Este manual entrega antecedentes de diversas experiencias desarrolladas, entre las regiones VI y VIII, por el Instituto Forestal en el marco del Proyecto de Desarrollo de las Comunas Pobres de la Zona de Secano, PRODECOP-Secano. Dicho manual se publicó en agosto de 2000 y contó con el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, del Ministerio de Agricultura.

Las experiencias de forestación pretenden analizar las posibilidades y limitaciones del uso de la técnica de captación de agua lluvia, en comparación con las plantaciones con riego ocasional, aprovechando aguas de vertiente.

Este manual describe cinco técnicas de captación de aguas lluvias aplicadas dentro del país. Los colectores son los siguientes:

- Surcos en media luna.
- Trincheras o surcos.
- Terrazas con muro de piedra, de forma rectangular o de semicírculo.
- Canaletas de desviación.
- Limán.

La característica que describe a cada una de las técnicas, se basa principalmente en la captación de la escorrentía en ladera, considerando las siguientes variables:

- Agua requerida: es el agua necesaria a captar por el colector, estando relacionada con la especie que se va a plantar y la precipitación anual.
- Precipitación estimada: es la precipitación media anual, aconsejándose el uso de una media anual con una probabilidad del 67 % de ocurrencia.
- Coeficiente de escorrentía: es la proporción de la lluvia que escurre en el área de captación.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Surcos en media luna**
Dimensión: $\varnothing = 4$ m, para 1 planta
Costo unitario: 3.102 \$ / u
Rendimiento: 0,40 u / j
Especie Asociada: sin información

- **Obra: Surcos en media luna**
 Dimensión: $\varnothing = 5$ m.
 Costo unitario: 3.876 \$ / u
 Rendimiento: 0,50 u / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Surcos en media luna**
 Dimensión: $\varnothing = 6$ m, con una superficie de 10 m², 34 u / ha.
 Costo unitario: 6.613 \$ / u
 Rendimiento: 0,85 u / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Canal de desviación**
 Dimensión: h = 30 cm y a = 50 cm.
 Costo unitario: 593 \$ / m
 Rendimiento: 10 m / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Zanjas manuales de sección rectangular**
 Dimensión: superficie rectangular de 10 m²
 Costo unitario: 593 \$ / m²
 Rendimiento: 10 m / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Terrazas**
 Dimensión: 10 m², 20 u / ha
 Costo unitario: 518 \$ / m²
 Rendimiento: 1,3 m² / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Limán construido en forma manual**
 Dimensión: 20 m², 6 u / ha
 Costo unitario: 6.380 \$ / m
 Rendimiento: 1,3 m² / j
 Especie Asociada: sin información
- **Obra: Limán construido en forma mecanizada**
 Dimensión: 80 m², 1 u / ha
 Costo unitario: 2.661 \$ / m
 Rendimiento: 0,2 m² / j más 20 m² / hr de tractor agrícola con retroexcavadora
 Especie Asociada: sin información

iii) Resultados

Este manual, entrega interesantes aportes referentes al tipo de obras que pueden ser utilizadas en zonas áridas y semiáridas.

Para seleccionar la ubicación de los colectores se deberán considerar las restricciones de pendiente para cada tipo de colector y el tipo de captura de escorrentía que se desea hacer, desde laderas o quebradas. De esta manera se puede anotar la siguiente distribución en una microcuenca:

- a) En sectores de mayor pendiente, hasta un 25%: surcos en media luna.
- b) En sectores de pendiente intermedia 10 a 15%: surcos en media luna, trincheras o surcos, canaletas de desviación, terrazas con muro de piedra.
- c) En sectores con pendientes de hasta 10%: terrazas con muro de piedra, trincheras o surcos, y canaletas de desviación.
- d) En sectores de pendiente menor y hasta un 8%: limán, surcos en media luna, trincheras o surcos, canaletas de desviación, terrazas con muro de piedra.

3.3.2. Provincia Colchagua

3.3.2.1. Módulos hidrológicos La Gloria y Ranguilí

i) Marco General

La oficina provincial de Colchagua de la Corporación Nacional Forestal, implementó los módulos La Gloria y Ranguilí para estudiar el comportamiento de la humedad edáfica en plantaciones forestales y de cómo influye la humedad en el crecimiento de estas plantaciones. En este marco, el objetivo de este módulo es definir las curvas de tensión de la humedad edáfica y relacionarlas con la sobrevivencia y desarrollo de plantas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Para tal efecto, en el año 2001, se implementaron ensayos en dos sectores de la provincia de Colchagua, uno en el sector de Ranguilí, comuna de Lolol y otro en el sector La Gloria, de la comuna de Pumanque.

En los dos sectores mencionados se implementó un módulo de 0,5 ha cada uno, definiéndose tres ámbitos de estudio:

- a) Determinación de los efectos de diferentes tratamientos de preparación de suelo y captación de aguas lluvias, en la sobrevivencia y crecimiento de dos especies forestales: *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. En este marco, se implementaron parcelas con los siguientes tratamientos:
 - Testigo (Fotografía 35)
 - Zanjas de infiltración (Fotografías 36 y 37)
 - Microterrazas
 - Microterrazas y zanjas de infiltración
 - Barbecho
 - Barbecho y zanjas de infiltración

- b) Determinación de las curvas de humedad edáfica a través de la instalación de tensiómetros en las distintos tratamientos ya mencionadas y a dos profundidades diferentes: a 30 cm y a 60 cm. Por otra parte, en el tratamiento con zanjas de infiltración se instalaron tensiómetros a tres diferentes distancias de las zanjas, a saber, 0,6 m, 3 m y 5 m aguas abajo de ellas.
- c) Determinación del efecto de fertilización en las plantas y para los distintos tratamientos de preparación de suelo y captura de aguas lluvias.

En la cota superior de la parcela se construyó un canal de desviación el que permite homogeneizar las condiciones de la humedad en el suelo ((Fotografía 38).

ii) Descripción de Obras

- **Obra: Zanja de infiltración**
Dimensión: h = 30 cm; a = 60 cm; 20 cm de base.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*
- **Obra: Terraza forestal**
Dimensión: b = 50 cm; con una pendiente de 1 % hacia la ladera
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*

iii) Resultados

A través de ambos módulos, se espera por una parte, tener una inferencia a cerca del comportamiento de la humedad en el suelo para los tratamientos implementados, y por otra parte, se espera definir qué tratamiento favorece más a cada una de las especies. El informe de estos resultados está en etapa de elaboración.

Por otra parte, ambos sectores se han utilizado para la difusión de las técnicas de conservación de aguas y suelos, y de fertilización de plantaciones, dirigida a propietarios y a operadores.

3.3.2.2. Captación de agua y fertilización en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, secano interior provincia de Colchagua

i) Marco General

Este proyecto surge como respuesta a la creciente demanda de actividades silviculturales en las plantaciones forestales de pequeños propietarios acogidos a los beneficios del D.L.701 de 1974. Así, con los Programas de Apoyo al Desarrollo Forestal (PADEF) de la temporada 2001, se crearon varias opciones de trabajo en el sector, como el Programa de Mejoramiento en la Productividad de Plantaciones establecido por la Corporación Nacional Forestal, Provincia0 Colchagua. Este programa se desarrolló en las comunas de Santa Cruz, Lolol y Pumanque, con una duración de 10 meses, dirigido a la transferencia y ejecución de actividades silviculturales, como técnicas de captación de agua a través de zanjas de infiltración, el uso de fertilizantes, la aplicación de podas y raleos, etc. Con el objetivo de evaluar más adelante los resultados de estas actividades, se instalaron módulos con parcelas experimentales

El trabajo se realizó en una superficie total de 900 ha de Plantaciones de Pequeños Propietarios, establecidas por CONAF desde 1991 a 2000. En cada predio se trabajó en uno o más bosquetes de eucalipto, seleccionando rodales de distintas edades (con el fin de abarcar todo el espectro de edades de plantación), la condición de desarrollo y el tipo de suelo.

Los sectores de trabajo comprendieron las comunas de Santa Cruz, Pumanque y Lolol, distribuyéndose de la siguiente forma:

Cuadro 10. Ubicación de los módulos experimentales

COMUNA	SECTOR
PUMANQUE	Pumanque Hacienda Pumanque Rincón La Gloria Rincón El Sauce Colgué La Palmilla El Cerillo Camarico Rincón La Mina
LOLOL	Ranguili Nilahue Alto La Esperanza
SANTA CRUZ	Los Maitenes

Las actividades desarrolladas contemplan:

- Capacitación y transferencia
- Captación de agua
- Fertilización
- Poda, Raleo sanitario, Desbroce y Ordenamiento
- Módulo Experimental Zanja – Fertilización

Para la captación de agua se construyeron zanjas de infiltración, canales de desviación y empalizadas. Para la construcción de zanjas de infiltración se utilizó el manual de diseño elaborado en la oficina provincial de Colchagua, en el cual se consideran las siguientes variables:

- Precipitación máxima en 24 horas, con un periodo de retorno de 10 años
- Pendiente del terreno y largo de la pendiente
- Tipo de vegetación existente
- Especificaciones técnicas del DL 701 de 1974

ii) Descripción de Obras

Las zanjas se distribuyeron en tresbolillos, con tabiques de 3 a 7,5 m y con distanciamiento entre 3 a 6 m entre líneas de zanjas. Asimismo, las obras construidas son las siguientes:

Cuadro 11. Obras construidas en los módulos experimentales

Año de plantación	Canal de desviación (m)	Zanja de infiltración (m)	Empalizada (m)
1993	6	609	----
1994	33	1417,5	----
1995	75	703	----
1996	299	2970	----
1997	142	465	----
1998	----	135	13,7
1999	88	591	----
2000	145,2	900	----
Total (m)	788,2	7.790,5	13,7

Fuente: Navarro *et al*, 2002

iii) Resultados

Este proyecto presenta la virtud de utilizar un diseño con bases hidrológicas, para la construcción de zanjas de infiltración, que aunque es susceptible de ser mejorado, representa una muy buena aproximación a un diseño óptimo.

Asimismo, resulta interesante y novedosa la aplicación de técnicas de conservación de aguas y suelos en plantaciones ya establecidas (entre 3 y 9 años de edad), ya que ha mostrado buenos resultados que se expresan en el importante crecimiento de las plantas. El informe de estos resultados está en elaboración.

Por otra parte, mediante este programa, se ha transferido el uso de técnicas silviculturales y de captación de aguas lluvias a 50 propietarios, quienes además fueron capacitados para la aplicación de las mismas.

3.3.2.3. Manual para el desarrollo de conservación de suelos. Canal de Desviación – Sistema de Zanjas de Infiltración

i) Marco General

Este manual surge de la necesidad de entregar una metodología en la elaboración de proyectos de conservación de suelos, en aspectos tales como la recolección de datos, el procesamiento de la información, los métodos de diseño de obras de conservación y los aspectos legales, poniendo especial énfasis en el diseño de obras de conservación de suelos que controlen la escorrentía superficial.

El objetivo de este trabajo, es desarrollar una metodología de aplicación de técnicas de conservación de suelos, para profesionales del sector forestal y en terrenos susceptibles de acogerse a los subsidios que otorga el D.L. 701.

La metodología utilizada se basa en un análisis de precipitaciones, para la obtención de las intensidades y magnitudes en tiempos pequeños (menores a 24 horas, generalmente menor o igual a 1 hora); posteriormente, se diseñan y dimensionan canales de desviación y zanjas de infiltración para la desviación y captación de la escorrentía superficial.

Luego, en base a la metodología propuesta, se incorporaron tres predios al sistema del D.L. 701, a saber, Lote C, El Quillay e Hijueta D, Lote N°1, ubicados en la comuna de Pumanque, provincia de Colchagua. En el siguiente cuadro, se caracterizan los trabajos efectuados en cada uno de estos predios:

Cuadro 12. Trabajos realizados en tres predios de la comuna de Pumanque, en el marco de la Ley de Fomento Forestal

	Predio Lote C	Predio El Quillay	Hijueta D, Lote N°1
Superficie afecta	1,2	2,1	2,2
Tipo de erosión	Muy severa	Muy severa	Muy severa
Monto Bonificable (\$) (*)	480.630	841.103	881.155
Obras Bonificadas			
Zanjas de Infiltración (m)	81	513	339
Canales de desviación (m)	----	32	----
Diques de postes (m)	8,5	6,6	11,6
Empalizada (m)	16,25	----	----
Obras no bonificadas (**)			
Canales de desviación (m)	121,8	32,7	38
Zanjas de Infiltración (m)	335	231	----
Diques de postes (m)	----	----	2,4

(*): Monto obtenido de la Tabla de Costos para la temporada 2000.

(**): Se estimó necesario construir obras de conservación de suelos en zonas aleñañas a la superficie afecta, sin que sean bonificadas.

Este manual tiene la particularidad de estimar las dimensiones de las obras a través de un análisis hidrológico, basándose en las características del suelo y las condiciones climáticas. Asimismo y a modo de ejemplo, se presenta un estudio de caso en un predio de Lolol.

ii) Descripción de Obras

Cuadro 13. Dimensionamiento del canal de desviación

	Dimensiones
Área	0,114 m ²
Altura	0,3 m
Base	0,2 m
Pendiente	1 %
Talud superior	0,6
Talud inferior	0,6
Perímetro mojado,	0,9 m
Radio hidráulico	0,1237 m
Coefficiente de rugosidad (n)	0,035

Fuente: Manual para el desarrollo de obras de conservación de suelos. 2001

Cuadro 14. Dimensionamiento de zanjas de infiltración:

a) con el diseño predeterminado y, b) con distanciamiento predeterminado

	Diseño de zanja predeterminado (a)	Distanciamiento predeterminado (b)
Base (m)	0,2	0,2
Altura de zanja (m)	0,3	0,35
Talud inferior	0,6	0,7
Talud superior	0	0,7
Área sección transversal (m ²)	0,087	0,156
Largo de zanja	0,3	0,3
Capacidad de almacenamiento (m ³)	0,261	0,467
Distanciamiento (m)	4,62	8

Fuente: Manual para el desarrollo de obras de conservación de suelos. 2001

iii) Resultados

Esta metodología plantea el análisis de precipitación máxima en 24 hrs., lo que desde un punto de vista hidrológico es discutible, ya que los eventos de mayor intensidad de precipitación difícilmente duran tanto tiempo.

En términos generales, la aplicación de la metodología propuesta no ha presentado mayores inconvenientes, lográndose los objetivos de los trabajos, que es establecer una plantación y aumentar la disponibilidad de humedad para las plantas. Por otra parte, esta metodología presenta la ventaja de ser dúctil, ya que el caso de las zanjas de infiltración, por ejemplo, se puede definir, en forma previa, el distanciamiento entre líneas de zanjas y acomodarlas a las líneas de plantación, o definir con anterioridad la sección de las zanjas, de acuerdo a las herramientas (ancho de la pala) que se utilizarán.

3.3.2.4. Restauración hidrológica y forestal de la cuenca poniente del poblado Sierras de Bellavista

i) Marco General

En enero de 1999 se quemaron 25.000 ha de bosque nativo y plantaciones de *Pinus radiata* en Sierras de Bellavista, devastando las cuencas de los ríos Claro, Clarillo y Tinguiririca. La pérdida de la cobertura vegetal y las alteraciones del suelo producto de la alta intensidad del fuego, ha provocado una alta susceptibilidad del suelo a la erosión. Con las lluvias del período invernal del mismo año, este fenómeno se hizo patente modificando profundamente el régimen hídrico de la cuenca, con lo que se afectó de modo particular, el abastecimiento de agua potable del poblado de Sierras de Bellavista.

Para tratar esta problemática, surgió el proyecto “Restauración hidrológica y forestal de la cuenca poniente del poblado Sierras de Bellavista”, el que a su vez aprovechó las instancias de generación de empleo, a través del Plan de Absorción de Mano de Obra Regional, figura que se concretó por un convenio entre la Intendencia Regional, la Municipalidad de San Fernando y CONAF. En este acuerdo, también se incorporó a Sociedad Inmobiliaria de Sierras de Bellavista y la Empresa Celulosa Constitución (Celco).

Este proyecto representa un aporte como modelo de recuperación de ambientes degradados, ya que utiliza técnicas enmarcadas en la nueva Ley de Fomento Forestal, y tiene como objetivo general, proteger la calidad del abastecimiento de agua potable en la cuenca poniente del poblado de Sierras de Bellavista.

En este marco, el plan de contingencia diseñado tuvo por finalidad controlar la agresividad de las precipitaciones, el desorden en el escurrimiento superficial, el acarreo de sedimentos, los deslizamientos y los derrumbes de tierra, todos procesos susceptibles de producirse en los siguientes años de ocurrido el incendio, debido a las características del lugar.

Para llevar a cabo la restauración hidrológico-forestal se requirió la construcción de un conjunto de obras, para el tratamiento del cauce y para el tratamiento de laderas. Entre las primeras, se construyeron diques de polines, diques de gaviones y limanes; mientras que para el tratamiento en laderas, se construyeron curvas de nivel, empalizadas, muros de sacos rellenos con tierra, canales de desviación de agua, terrazas y zanjas de infiltración.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Canal de desviación**
Dimensión: $h = 50 \text{ cm}$, $a = 105 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$.
Costo unitario: 1.579 \$ / m
Rendimiento: 3,4 m / j
Especie Asociada: no hay

- Obra: **Zanjas de infiltración**
Dimensión: $h = 50 \text{ cm}$, $a = 105 \text{ cm}$, $b = 25 \text{ cm}$.
Costo unitario: $1.863 \text{ \$ / m}$
Rendimiento: $2,9 \text{ m / j}$
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- Obra: **Terrazas (revestidas con sacos)**
Dimensión: $b = 40 \text{ cm}$, más el ancho del saco de 40 cm
Costo unitario: $972 \text{ \$ / m}$
Rendimiento: $5,52 \text{ m / j}$
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- Obra: **Dique de polines de pino impregnado**
Dimensión: $h = 90 \text{ cm}$, $l = 4,4 \text{ m}$
Costo unitario: $18.942 \text{ \$ / m}^2$
Rendimiento: $0,5 \text{ m}^2 / \text{j}$
Especie Asociada: no hay
- Obra: **Dique de polines de ciprés**
Dimensión: $h = 80 \text{ cm}$, $l = 5,2 \text{ m}$
Costo unitario: $32.021 \text{ \$ / m}^2$
Rendimiento: $0,5 \text{ m}^2 / \text{j}$
Especie Asociada: no hay
- Obra: **Empalizada de pino impregnado**
Dimensión: $h = 29 \text{ cm}$, $l = 13,18 \text{ m}$
Costo unitario: $5.955 \text{ \$ / m}$
Rendimiento: $1,7 \text{ m / j}$
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- Obra: **Empalizada de polines de ciprés**
Dimensión: $h = 57 \text{ cm}$, $l = 12 \text{ m}$
Costo unitario: $15.653 \text{ \$ / m}$
Rendimiento: $0,7 \text{ m / j}$
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- Obra: **Empalizada de pino quemado**
Dimensión: $h = 32 \text{ cm}$, $l = 10,41 \text{ m}$
Costo unitario: $4.980 \text{ \$ / m}$
Rendimiento: $1,3 \text{ m / j}$
Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- Obra: **Dique de gaviones**
Dimensión: $h = 1,12 \text{ m}$; $a^* = 1 \text{ m}$; $l = 4,75 \text{ m}$; disipador de $0,88 \text{ m}^3$
Costo unitario: $49.365 \text{ \$ / m}^3$
Rendimiento: $0,3 \text{ m}^3 / \text{j}$
Especie Asociada: no hay

- **Obra: Limán de estructura gavionada**
 Dimensión: h = 88 cm; a* = 1 m; l = 4,33 m; disipador de 1,29 m³
 Costo unitario: 44.757 \$ / m³
 Rendimiento: 0,3 m³ / j
 Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*
- **Obra: Limán**
 Dimensión: h = 60 cm; a = 80 cm; l = 2,6 m.
 Costo unitario: 77.444 \$ / m³
 Rendimiento: 0,1 m³ / j
 Especie Asociada: *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*

iii) Resultados

La restauración hidrológico forestal planteada inicialmente se ha alcanzado, lográndose el objetivo relacionado con el funcionamiento del abastecimiento del agua potable del poblado de Sierras de Bellavista. En este sentido, se pone en evidencia la eficiencia de las obras de conservación implementadas en el proyecto, ya que resultaron eficaces en el control de la escorrentía superficial, la regulación del flujo hídrico y la retención de sedimentos en las obras construidas.

Por otra parte, la vegetación ha logrado restaurarse, contando en este momento con una cobertura vegetal entre 80 y 90 %. Esta cobertura está conformada por especies del bosques esclerófilo, como *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*, y por la especie *Pinus radiata*, la cual se ha regenerado naturalmente, constituyéndose en un importante aporte para la cobertura vegetal.

3.3.3. Provincia Cardenal Caro

3.3.3.1. Obras mecánicas y biológicas en los predios demostrativos Manquehua, proyecto Facility 1B

i) Marco General

La Municipalidad de Litueche se encuentra desarrollando el proyecto, con financiamiento FAO, titulado "Obras Mecánicas y Biológicas en los Predios Demostrativos Manquehua, Proyecto Facility 1B". Para el desarrollo de este proyecto, el sector elegido correspondió a Manquehua, de la comuna Litueche, específicamente el predio Hijueta Santa Julia Lote 1, ubicado a 7 km desde la ciudad de Litueche.

El predio cuenta con una superficie de 7,29 ha, la que se dividió en 2 parcelas. En ambas se realizaron trabajos de conservación de suelos, específicamente zanjas de infiltración, y adicionalmente, se construyeron muretes de piedra, empalizadas y fajinas. Junto a los trabajos de conservación realizados, fueron plantadas especies de uso forestal y forrajero, con el propósito de medir el comportamiento de las especies con las obras de conservación.

Cuadro 15. Obras construidas, especies utilizadas y objetivos de cada rodal

Rodal N°	Superficie afecta (ha)	Especies Forestales y Forrajeras	Año de forestación	Sistema de Forestación	Densidad inicial (árboles/ha)
1	0,79	Quillay	2002	Forestación	667
2	3,69	Acacia, Algarrobo, Atriplex	2002	Silvopastoral	400, 200, 200
3	0,36	Quillay	2002	Forestación	1.600
4	0,12	Robinia	2002	Forestación	1.600
5	0,22	Acacia, Atriplex	2002	Silvopastoral	400, 200
6	0,56	Algarrobo, Atriplex	2002	Silvopastoral	400, 200
7	0,45	Robinia	2002	Forestación	1.000
Total	6,41				

ii) Descripción de Obras

- **Obra: Empalizada (Parcela N° 1)** (Fotografía 39)
 Dimensión: h = 57 cm; l = 3,43 m; en promedio para 26 empalizadas construidas, con un total de 51,53 m²
 Costos: sin información
 Rendimiento: 20,8 m²/ jornada (*)
 Especie Asociada: (**)
- **Obra: Zanja de infiltración (Parcela N° 1)** (Fotografía 40)
 Dimensión: h = 30 cm; b = 20 cm; l = 5 m; pendiente de talud 9,5°. 510 m construidos en 7,3 ha. d = 7 m (mínimo); el tabique de separación es de 2 a 4 m
 Costos: sin información
 Rendimiento: 100 m / jornada(*)
 Especie Asociada: (**)
- **Obra: Muretes de piedra (Parcela N° 1)** (Fotografía 41)
 Dimensión: h = 65 cm; b = 53 cm; l = 4,22 m; en promedio para 17 muretes construidos con un total de 24,66 m³
 Costos: sin información
 Rendimiento: 5,51 m³/ jornada (*)
 Especie Asociada: (**)
- **Obra: Fajina (Parcela N° 1)**
 Dimensión: h = 33 cm; l = 2,1 m; en promedio para 2 fajinas construidas con un total de 4,2 m²
 Costos: sin información
 Rendimiento: 488 m / jornada (*)
 Especie Asociada: (**)

(*) : Se desconoce el número de trabajadores por día

(**) : La forestación se realizó con las especies descritas en el cuadro anterior, en forma independiente de las obras

- **Obra: Muretes de piedra (Parcela N° 2)**
 Dimensión: h = 45 cm; a = 54 cm; l = 2,77 m; en promedio para 3 muretes construidos con un total de 2,01 m³.
 Costos: sin información
 Rendimiento: 5,51 m³ / jornada (*)
 Especie Asociada: (**)
- **Obra: Empalizada (Parcela N° 2) (Fotografía 42)**
 Dimensión: h = 49 cm; l = 3,59 m; en promedio para 15 empalizadas construidas con un total de 26,63 m².
 Costos: sin información
 Rendimiento: 20,8 m² / jornada (*)
 Especie Asociada: (**)

iii) Resultados

Con la ejecución de este proyecto se está transfiriendo a los propietarios de la zona, la forestación de especies arbóreas forrajeras junto a las técnicas de conservación de aguas y suelos, prácticas que no son comunes en esos lugares. Asimismo, se está recuperando un terreno actualmente degradado, incorporándolo como posible área verde en beneficio de toda la comunidad de la zona.

3.3.3.2. Proyecto de conservación de suelos degradados, predio Lagunillas

i) Marco General

La comuna de Paredones presenta cerca del 95 % de su superficie con algún grado de erosión, la que ha sido causada, principalmente, por las prácticas de la agricultura tradicional, que durante años han empobrecido la calidad de los suelos. Para revertir este proceso, la Corporación Nacional Forestal, en el año 2002, a través de su oficina de Paredones, desarrolló este módulo demostrativo de técnicas de conservación de suelos degradados, en el marco de la ley de fomento forestal, con el objetivo de transferirlas a propietarios y consultores.

El módulo demostrativo comprende una superficie de 4,0 ha y se implementó en el predio Lagunillas, de la Comuna de Paredones, Provincia Cardenal Caro, donde se construyeron las siguientes obras de recuperación de suelos degradados: canales de desviación, zanjas de infiltración, diques de postes impregnados, empalizadas, microterrazas manuales, fajinas, muretes de sacos y forestación con diversas especies nativas y exóticas. Estas especies se plantaron en forma independiente de las obras, a una densidad de 1.350 arb/ha.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanja de infiltración** (Fotografía 43)
Dimensión: h = 30 cm; a = 76 cm; b = 20 cm; l = entre 4 y 8 m. Se construyeron 277,5 m / ha
Costos: 408 \$ / m
Rendimiento: 26 m / j
Especie Asociada: (*)
- Obra: **Canales de desviación**
Dimensión: h = 20 cm; a = 60 cm; b = 20 cm; l = 50 m; se construyeron 4 canales, con vertederos entre 10 y 12,5 m. 50 m / ha
Costos: 408 \$ / m
Rendimiento: 20 m / j
Especie Asociada: (*)
- Obra: **Diques de polines** (Fotografía 44)
Dimensión: h = 0,7 - 1,2 m; l = 2,1 - 3,2 m; con un promedio de 2,4 m², 18 diques construidos
Costos: 27.201 \$ / m²
Rendimiento: 2,5 m / j
Especie Asociada: (*)
- Obra: **Microterrazza manual** (Fotografía 43)
Dimensión: b = 0,5 - 1,0 m; l = 30 - 45 m; d = 3 m; base inclinada 1 % hacia el cerro
Costos: 204 \$ / m
Rendimiento: 35 m / j
Especie Asociada: (*)
- Obra: **Empalizadas**
Dimensión: h = 0,35 m; l = 3 - 10 m; 50 empalizadas construidas, equivalentes a 34,2 m / ha
Costos: 14.295 \$ / m
Rendimiento: 4 m / j
Especie Asociada: (*)
- Obra: **Muretes de sacos**
Dimensión: h = 0,8 - 1,5 m; l = 0,5 - 1 m; se construyeron 25 muros de sacos, equivalentes a 10 m / ha
Costos: 1.225 \$ / m
Rendimiento: 50 m / j
Especie Asociada: (*)

(*)Se forestó con varias especies: *Eucalyptus globulus*, *Quillaja saponaria*, *Cryptocarya alba*, *Peumus boldus*, *Jubaea chilensis*, *Acacia melanoxylon*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus radiata*, *Maitenus boaria*, *Cupressus macrocarpa*, *Shinus molle* y *Grevillea robusta*.

- Obra: **Obras Lineales (Fajinas)**
Dimensión: h = 50 - 90 cm; l = 0,5 - 1,1 m; se construyeron 5 líneas de fajinas
Costos: 460 \$ / m
Rendimiento: 6 m / j
Especie Asociada: (*)

iii) Resultados

A través de este módulo se han transferido diferentes técnicas de conservación de suelos degradados a propietarios y consultores, todas ellas enmarcadas en la Ley de Fomento Forestal.

3.3.3.3. Módulo demostrativo de conservación de suelos degradados, sector Cabeceras, Paredones

i) Marco General

El sector Cabeceras está ubicado a 12 km aproximadamente de Paredones, comuna Paredones, presentando una fuerte erosión de los suelos. En este marco, se elaboró el proyecto Transferencia Tecnológica y Capacitación Forestal de Pequeños Propietarios de la comuna de Paredones, el que consideró el establecimiento de un módulo demostrativo de actividades de conservación y forestación de suelos degradados. Este proyecto fue ejecutado por profesionales de CONAF Paredones y financiado por el Gobierno Regional, a la vez que se espera sea de utilidad para propietarios y profesionales, para difundir el subsidio que otorga la Ley de Fomento Forestal. El módulo cuenta con una superficie de 1 ha.

Antes de su establecimiento, el sitio fue caracterizado y clasificado de acuerdo a las categorías de erosión establecidas por la ley. Luego, se definió la construcción de 4 obras, las cuales son diques de polines, empalizadas de polines, canales de desviación y zanjas de infiltración. Cabe destacar que las dos últimas fueron diseñadas en base a las características hidrológicas del sitio, utilizando los datos aportados por la estación meteorológica de Paredones (Fazzi *et al*, 2001).

En este marco, se calculó la intensidad de precipitación máxima en una hora, mediante la ecuación de Grunsky; luego se obtuvo la escorrentía superficial, mediante la Ecuación Racional. Una vez conocido el volumen de la escorrentía superficial, se definieron 2 tamaños de sección de zanjas, eligiendo la de mayor tamaño, ya que el número de zanjas a construir es menor (Fazzi *et al*, 2001).

Para el caso del diseño de los canales de desviación se determinaron, previamente, las dimensiones de la sección, corroborando a través de la ecuación de Manning, que la velocidad del flujo sea la adecuada para minimizar la erosión dentro del canal (Fazzi *et al*, 2001).

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanja de infiltración**
Dimensión: $h = 30$ cm; $a = 40$ cm; $b = 20$ cm; $l = 3$ m; $d = 5,8$ m
Costos: 216 \$ / m
Rendimiento: 25 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Quillaja saponaria*
- Obra: **Canal de desviación**
Dimensión: $h = 20$ cm; $a = 60$ cm; $b = 20$ cm; $l = 3$ m; $d = 5,8$ m
Costos: 216 \$ / m
Rendimiento: 25 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Quillaja saponaria*
- Obra: **Diques de polines**
Dimensión: $h = 1,1$ m; $a^* = 12$ cm; $l = 2,6 - 3,5$ m; 3 diques construidos, largo total de 9,7 m
Costos: 8.552 \$ / m² (no está incluida la mano de obra, por no tener la información)
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Quillaja saponaria*
- Obra: **Empalizada**
Dimensión: $h = 0,35$ m; $l = 3,0$ y $2,3$ m; 2 empalizadas construidas
Costos: 15.026 \$ / m² (no está incluida la mano de obra, por no tener la información)
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Quillaja saponaria*

iii) Resultados

En este módulo se construyeron zanjas de infiltración de acuerdo a un diseño con bases hidrológicas, siendo una buena aproximación al diseño óptimo. En general, las obras construidas han respondido bien a las solicitudes hídricas, demostrando que el método aplicado es efectivo, en cuanto a la retención de la escorrentía superficial. En este mismo sentido, la plantación presentó un buen prendimiento.

3.3.4. Fotografías de obras visitadas en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins



Fotografía 35. Puntos de control de humedad edáfica, zona testigo. Módulo hidrológico La Gloria, VI Región



Fotografía 36. Puntos de control de humedad edáfica, zona testigo y zanjas de infiltración. Módulo hidrológico La Gloria, VI Región



Fotografía 37. Puntos de control de humedad edáfica, zona zanjas de infiltración. Módulo hidrológico La Gloria, VI Región



Fotografía 38. Canal de desviación construido en la cota superior del módulo hidrológico La Gloria, VI Región



Fotografía 39. Batería de empalizadas
Proyecto Facility 1B, VI Región



Fotografía 40. Zanjas de Infiltración
Proyecto Facility 1B VI Región



Fotografía 41. Muretes de piedra.
Proyecto Facility 1B, VI Región



Fotografía 42. Batería de empalizadas de bambú.
Proyecto Facility 1B, VI Región



Fotografía 43. Líneas de microterrazas y batería de zanjas de infiltración. Lagunillas, VI Región



Fotografía 44. Batería de diques de polines Lagunillas, VI Región

3.4. Región del Maule

3.4.1. Módulos demostrativos de recuperación y conservación de suelos, Región del Maule

i) Marco General

La Corporación Nacional Forestal, Región del Maule, en el marco del Programa Combate Contra la Desertificación, está desarrollando una línea de trabajo que comenzó en 1997 con un estudio de la susceptibilidad a la desertificación y su estado actual en la región; luego, en 1998 se focalizó el diagnóstico en las áreas que se presentaban como críticas, obteniéndose mapas a escala 1:50.000; después, en 1999, se propusieron tratamientos para la conservación del suelo en las áreas estudiadas, y en el año 2000 se establecieron 6 módulos demostrativos de obras de conservación y recuperación de suelos degradados, los cuales incluyeron las obras consideradas en los incentivos dispuestos por el D.L 701, modificado en 1998 por la Ley 19.561.

De los seis módulos, en cinco se construyeron obras simples, en una superficie que varía entre 1 y 2 ha, mientras que en el sexto, se incluyó una mayor diversidad y complejidad de obras, distribuidas en una superficie de 11 ha.

A continuación, se describen los seis módulos demostrativos implementados en la Región del Maule; asimismo, los módulos se instalaron en toda la región, como muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 16 . Módulos demostrativos de recuperación y conservación de suelos en la Región del Maule

Predio	Ubicación	Superficie (ha)
Fundo Santa Elena	Sector Las Higuillas, comuna Licantén, provincia de Curicó	1,5
Parcela N° 7 Matancilla	Sector Cuesta Chépica, comuna Penciahue, provincia Talca	1,0
Los Rábanos	Sector La Trinchera, comuna Curepto, provincia Talca	1,0
La Puntilla	Sector Arbolillo – La Puntilla, comuna San Javier, provincia Linares	1,5
El Hoyo	Sector Arbolillo, comuna San Javier, Provincia Linares	11,4
Hijuela 13	Sector Sauzal de la comuna de Cauquenes, provincia Cauquenes	1,3

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de infiltración, Fundo Santa Elena**
Dimensión: h = 30 cm; a = 50 cm; b = 30 cm; l = 3 – 3,6 m; se construyeron 75 ml, separadas por un tabique de 1 m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*

- **Obra: Terraza Forestal, Fundo Santa Elena**
Dimensión: b = 60 cm; con un camellón de 60 cm de ancho. Se construyeron 122 m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*
 - **Obra: Zanjas de infiltración, Parcela N° 7 Matancilla** (Fotografías 45 y 46)
Dimensión: h = 40 cm; a = 30 - 50 cm; b = 30 - 40 cm; l = 3 - 4 m; d = 6 - 10 m; se construyeron 398 m, separadas por un tabique de 0,4 a 0,5 m.
Costo unitario: 597 \$/ m (*)
Rendimiento: 20,9 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*
- Como preparación del terreno se realizó un subsolado con camellón en curvas de nivel a 0,50 m de profundidad y distanciamiento de 4 m entre líneas de subsolado.
- **Obra: Zanjas de Infiltración, Los Rábanos** (Fotografías 47 y 48)
Dimensión: h = 40 cm; a = 50 cm; b = 30 cm; l = 3 m; se construyeron 165 m, separadas por un tabique de 0,5 m.
Costo unitario: 360 \$ / m (*)
Rendimiento: 20,6 m / j
Especie Asociada: *Eucalyptus globulus*
 - **Obra: Zanjas de Infiltración, La Puntilla** (Fotografía 49)
Dimensión: h = 20 cm; a = 50 cm; b = 20 cm; l = 3 m; se construyeron 617 m separadas por tabiques de 2 m.
Costo unitario: 461 \$ / m (*)
Rendimiento: 18 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*
 - **Obra: Diques de mampostería gavionada El Hoyo** (Fotografía 50)
Dimensión: h = 1 m; l = 5 y 6 m; ancho de vertedero 1 m; se construyeron 2 diques que suman 11 m³.
Costo unitario: 38.526 \$ / m³ (*)
Rendimiento: 1,28 m³ / j
Especie Asociada: (**)
 - **Obra: Empalizadas, El Hoyo** (Fotografía 51)
Dimensión: l = 5 - 21 m; se construyeron 99 m.
Costo unitario: 2.889 \$ / m (*)
Rendimiento: 4,4 m / j
Especie Asociada: (**)

(*): no considera costo de nivelación ni preparación de terreno

(**): Este módulo se forestó con varias especies: *Pinus radiata*, *Cryptocarya alba*, *Eucalyptus globulus*, *Quillaja saponaria* y *Peumus boldus*, con un espaciamento de 2 x 4 m

- Obra: **Diques de postes de madera, El Hoyo** (Fotografías 52 y 53)
 Dimensión: Ver cuadro 17. El ancho del vertedero corresponde a 1/6 del ancho superior del dique. Se utilizó un empotramiento del dique en el talud de 40 cm.
 Costo unitario: 37.711 \$ / m² (*)
 Rendimiento: 1,5 m² / j
 Especie Asociada: (**)

Cuadro 17. Dimensiones de los diques construidos en el predio El Hoyo

Diques	Ancho Superior (m) (a)	Altura del Dique (m) (h)	Ancho del Vertedero (m)
1	3,9	1,3	0,65
2	3,2	1,3	0,53
3	3,7	1,3	0,62
4	3,4	1,3	0,57
5	3,5	1,3	0,58
6	3,0	1,3	0,50
7	3,3	1,2	0,55
8	3,1	0,9	0,52
9	3,1	1,3	0,52
10	3,2	1,2	0,53
11	3,1	1,5	0,52
12	3,0	1,0	0,50
13	2,4	1,2	0,40
14	2,5	0,8	0,42
15	2,4	0,7	0,40
16	2,4	0,8	0,40

- Obra: **Tratamiento lineal con sacos rellenos de tierra, El Hoyo** (Fotografías 54 y 55)
 Dimensión: sacos de 60 x 30 cm, dispuestos en líneas sobre los bordes de las cárcavas. Se colocaron 3.500 sacos en el módulo
 Costo unitario: 141 \$ / u (*)
 Rendimiento: 66 u / j
 Especie Asociada: (**)
- Obra: **Zanjas de Infiltración, El Hoyo** (Fotografía 56)
 Dimensión: h = 30 cm; a = 73 cm; b = 23 cm; l = 3 - 3,6 m; d = 8 – 20 m; se construyeron 1.679 m.
 Costo unitario: 841 \$ / m (*)
 Rendimiento: 23 m / j
 Especie Asociada:

- Obra: **Terraza Forestal, El Hoyo**
Dimensión: b = 60 cm; l = 2 – 14 m; d = 2 m; pendiente 1 % hacia el interior del talud; se construyeron 455 m.
Costo unitario: 841 \$ / m (*)
Rendimiento: 28 m / j
Especie Asociada: (**)
- Obra: **Canal de Desviación o Difusión de aguas El Hoyo**
Dimensión: h = 30 cm; a = 67 cm; b = 23 cm; la pendiente longitudinal es menor a 2 %. Cada canal posee un vertedero. Las dimensiones se presentan en la siguiente tabla.
Costo unitario: 841 \$ / m (*)
Rendimiento: m / j
Especie Asociada: (**)

Cuadro 18. Dimensiones de los canales de desviación construidos en El Hoyo

Canal	Longitud Canal (m)	Longitud Vertedero (m)	Longitud Total (m)
1	44,18	6,30	50,48
2	26,99	9,10	36,09
3	68,05	12,20	80,25
Total	139,22	27,6	166,82

- Obra: **Zanjas de Infiltración, Hijuela 13** (Fotografía 57)
Dimensión: h = 30 cm; a = 73 cm; b = 23 cm; l = 3 - 3,6 m; se construyeron 550 m de zanjas.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*

iii) Resultados

Las obras construidas han mantenido su funcionamiento, soportando bien la alta precipitación ocurrida en el 2002, por lo que no ha sido necesario hacer reparaciones. Asimismo, en todos los módulos se observó un alto prendimiento, llegando las especies exóticas como el *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp.*, al 90 % promedio, mientras que las especies nativas, presentaron menor prendimiento.

Por otra parte, los módulos demostrativos han cumplido con su objetivo de transferencia, ya que han sido visitados por propietarios, por funcionarios de servicios públicos (INDAP, SAG, CONAF de las regiones VI hasta la IX), por estudiantes universitarios, por profesionales de las empresas forestales y por consultores forestales, los que en el año 2002 sumaron 360 visitantes.

3.4.2. Provincia Talca

3.4.2.1. Llongocura

i) Marco General

En 1990 la Corporación Nacional Forestal Región del Maule inicia el Proyecto de Recuperación de Suelos en la comuna de Curepto. El objetivo es asociar prácticas de conservación de suelos con el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata*.

Esta experiencia se desarrolló en la microcuenca del Estero Barroso, en predios pertenecientes a pequeños propietarios, ubicados en la localidad Llongocura, distante a 55 km al poniente de Talca, por el camino que va a Curepto. Esta zona está caracterizada por presentar una fuerte erosión, tanto de manto como de cárcavas, siendo de clase VII de capacidad de uso. Entre las técnicas usadas se puede señalar las zanjas de infiltración y subsolado.

Una investigación asociada a esta experiencia es la desarrollada por Saavedra (1999), donde se compara el crecimiento del pino en una situación con zanja de infiltración v/s el crecimiento en una zona alemana de características similares, sin zanjas de infiltración, y señala que existe una diferencia a favor de la primera situación de cuatro veces más en el crecimiento de las plantas, a los 7 años de edad.

Posteriormente, en el año 2002, nuevamente se realizaron mediciones comparativas del bosque de *Pinus radiata*, entre las situaciones con zanjas y sin zanjas de infiltración, en el marco del proyecto "Determinación de Estándares de Ingeniería en Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, para la Mantención e Incremento de la Productividad Silvícola", FDI – CORFO. Este análisis indica que el sector con zanjas de infiltración posee un mayor crecimiento, 2,2 veces más volumen que el sector sin zanjas.

Por otra parte, Pérez (2001) realizó un estudio que tuvo como objetivo la evaluación del impacto de las zanjas de infiltración en la productividad de *Pinus radiata*, comparando las situaciones con zanjas y sin zanjas. Dicha evaluación se hizo mediante la proyección de los volúmenes de ambos rodales (simulando esquemas de manejo) a edades de cosecha, considerando los siguientes valores: volumen total, volumen aserrable sin nudos, volumen aserrable país y volumen pulpable; así, proyectan para el final de la rotación, un crecimiento mayor en un 61 % en la situación con zanjas de infiltración, respecto a la zona testigo.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de Infiltración** (Fotografías 58, 59 y 60)
Dimensión: h = 30 cm; a = 30 cm; b = 30 cm; l = 3 m; d = 20 a 25 m; separadas por un tabique de 20 cm.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: *Pinus radiata*

iii) Resultados

En la primera medición que se hizo, cuando la plantación tenía 7 años de edad, la diferencia volumétrica entre ambas situaciones fue de 400 % a favor de la situación con zanjas de infiltración. Luego, según las mediciones realizadas durante 2002, esta diferencia disminuyó a 220%. Si bien la diferencia es menor, esto se puede explicar por el hecho de que cualquier tratamiento a la plantación tendrá mayor impacto en los primeros años, cuando la tasa de crecimiento es mayor. Aún así, y según la proyección del crecimiento hecha por Pérez (2001), se demuestra que al final de la rotación, es decir entre los 18 y 21 años de edad, la situación con zanjas mostrará un crecimiento mayor, de un 61 %, respecto a la situación sin zanjas.

Estos resultados corroboran la efectividad y los beneficios de las zanjas de infiltración en el mejoramiento de la calidad de los suelos, ya que aumenta su productividad, y por ende, se incrementa su valor comercial.

3.4.3. Fotografías de obras visitadas en la Región del Maule



Fotografía 45. Subsolado con plantación de *Quillaja saponaria*, Parcela N° 7 Matancilla. VII Región



Fotografía 46. Zanjas de infiltración en plantación de *Pinus radiata*, Parcela N° 7 Matancilla. VII Región



Fotografía 47. Vista panorámica módulo Los Rábanos, VII Región



Fotografía 48. Zanjas de infiltración en plantación de *Eucalypts globulus*, Los Rábanos, VII Región



Fotografía 49. Zanjas de infiltración en plantación de *Pinus radiata*. Módulo La Puntilla, VII Región



Fotografía 50. Dique de mampostería gavionada. Módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 51. Empalizada con polines impregnados en módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 52. Batería de diques de polines en módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 53. Dique de polines trabajando en módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 54. Tratamiento lineal con bolsas de arena en módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 55. Obras lineales con bolsas de arena en módulo El Hoyo VII Región



Fotografía 56. Zanjas de infiltración en módulo El Hoyo, VII Región



Fotografía 57. Subsulado con camellón y Zanjas de Infiltración en una plantación de *Pinus radiata*. Módulo Hijuela 13, VII Región



Fotografía 58. Zanjas de infiltración sedimentadas en plantación de Pino Insigne, Llongocura, VII Región



Fotografía 59. Zanjas de infiltración en plantación de Pino Insigne. Llongocura, VII Región



Fotografía 60. Zanjas de infiltración colmatadas Llongocura, VII Región

3.5. Región del Bío Bío

3.5.1. Provincia Ñuble

3.5.1.1. Área demostrativa comuna de Quirihue, predio Santa Isabel

i) Marco General

El establecimiento de esta área demostrativa se enmarca dentro del programa de mejoramiento de gestión del año 2000 de la Corporación Nacional Forestal VIII Región, y en ella se ejecutaron en forma práctica y a escala operacional obras de conservación de suelo, teniendo como marco restrictivo los costos establecidos en la tabla de costos para la temporada 2000.

El predio seleccionado es perteneciente a un pequeño propietario que ya había participado en el Programa de Forestación en Pequeñas Propiedades y se encuentra ubicado a 7 km del pueblo de Quirihue en dirección a Trehuaco. El financiamiento, tanto de la actividad de recuperación de suelos como de forestación, se obtuvo por intermedio de un crédito de enlace de INDAP.

Este proyecto tuvo como objetivo general, lograr la ejecución de las actividades de recuperación de suelos y de forestación, utilizando las herramientas de fomento e incentivo consideradas en la ley 19.561 que modifica el D.L. 701 en el predio de un pequeño propietario forestal, siendo el primer predio de la provincia en obtener la bonificación por obras de conservación de aguas y suelos.

La superficie a intervenir se rodalizó en 2 sectores, según el grado de erosión: uno de 5,6 ha y otro más pequeño de 2,9 ha, que sólo fue plantado. Asimismo, los trabajos realizados en el predio corresponden a Zanjas de Infiltración.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de Infiltración**
Dimensión: $h = 40 \text{ cm}$; $a = 70 \text{ cm}$; $b = 22 \text{ cm}$; $l = 3 \text{ m}$. El total de zanjas construidas 2.685 m, equivalentes a aproximadamente a 537 m / ha.
Costo unitario: 623 \$ / m
Rendimiento: 23,1 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*

Adicionalmente a las zanjas, se hicieron surcos en contorno que están considerados como una obra de apoyo a la plantación, y cuyo fin es mejorar la infiltración. El surcado se hizo con animal y con tres pasadas de arado.

Los trabajos realizados comprendieron la nivelación y construcción de zanjas, los cuales fueron desarrollados por dos personas. Cabe señalar que el tiempo de trabajo efectivo de los trabajadores equivalía a 5,5 hr / j, ya que se comenzaba a trabajar a las 10:30 hr y se retiraban a las 17:00 hr, existiendo 3 horas de desplazamiento por jornada.

Los rendimientos alcanzados por las cuadrillas del contratista se obtuvieron en suelo húmedo y la variación que hubo se debió, principalmente, a las condiciones del suelo. De esta forma, el mayor rendimiento obtenido es de 30 m / j, mientras que el menor fue de 12,0 m / j, en tanto que el promedio del grupo es de 23,1 m / j.

Considerando que el metro lineal de zanjas, según la tabla de costos correspondiente, se valora en 972 \$ / m, se consideró que el máximo valor que se podía pagar no podía superar el máximo financiamiento que entregaría INDAP y que corresponde al 90% del subsidio que se recibiría.

Así, se construyeron 695 zanjas de tres metros equivalentes a un costo de \$ 1.148.140, más \$200.000 que se gastaron a fines de noviembre en la construcción de, aproximadamente, 120 zanjas adicionales en sectores que presentaron problemas.

iii) Resultados

Producto de las lluvias tan concentradas (la precipitación del invierno del año 2000 resultó ser bastante superior a la de un año normal), las zanjas de infiltración no fueron capaces de retener la totalidad de la lluvia escurrida; no obstante, las zanjas mostraron su eficiencia como captadoras de agua.

3.5.1.2. Coelemu

i) Marco General

La ciudad de Coelemu, se encuentra emplazada en la línea costera de la Región del Bío Bío, zona que se caracteriza por una alta pluviometría y condiciones edáficas muy particulares, que hacen de ésta, un área muy peligrosa para los emplazamientos urbanos. Es el caso de la población 11 de septiembre en la misma ciudad de Coelemu, donde históricamente se han producido aludes y daños por constituir un punto de evacuación natural de aguas en periodos de invierno. Es por esto, que la Ilustre Municipalidad de Coelemu y CONAF, desarrollaron este proyecto enmarcado en el Programa PADEF en el año 2001, con el propósito de resguardar la seguridad de la población contra aludes e inundaciones en periodos invernales.

Los trabajos realizados corresponden a zanjas de infiltración, diques de polines, de neumáticos y de cemento. Adicionalmente, se construyeron canales de desviación perpendiculares a la pendiente, los que evacuan el agua cerro abajo, a través de un canal relleno con piedras, construido en el mismo sentido de la pendiente, el cual está revestido con mampostería hidráulica en los puntos críticos (Fotografías 67 y 68).

Las especies utilizadas son, entre otras, *Quillaja saponaria*, *Nothofagus alpina* y *Castanea sativa*, las que se plantaron en forma aislada, no existiendo una ordenación de las mismas.

Por las características de este proyecto, no existen registros acerca de las características técnicas de las obras construidas, como de las dimensiones, los costos y los rendimientos, ya que involucraba objetivos netamente sociales, como lo es la absorción de mano de obra.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de Infiltración** (Fotografía 61)
Dimensión: h = 40 cm; a = 100 cm; b = 60 cm.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Diques de concreto** (Fotografías 62 y 63)
Dimensión: variable
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Diques de polines** (Fotografía 64)
Dimensión: variable
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Diques de madera (tabla 2 x 6 ")**
Dimensión: variable
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Muros de neumáticos** (Fotografía 66)
Dimensión: h = 3 m; l = 45 m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: no hay

iii) Resultados

Los trabajos realizados en el cerro aledaño a la población 11 de septiembre, han permitido disminuir los procesos erosivos y con ello, la inundación de las calles y el arrastre de sedimentos, lo que ya es un mejoramiento para sus habitantes. No obstante, en algunas de las obras construidas, principalmente los diques, se aprecia claramente que éstos no son adecuados en cuanto a sus dimensiones, ya que algunos han sufrido daños, por lo que se hace necesaria una continua supervisión y mantención. En cuanto a la forestación realizada, ésta tuvo un prendimiento no mayor al 50 % en el primer año, destacando la *Quillaja saponaria* con 50 % y el *Nothofagus alpina* con 40 %. Los principales problemas que ha tenido la forestación, tienen que ver con el tránsito continuo de personas, produciendo pisoteo de las plantas y daños mecánicos.

3.5.1.3. Santa Sofía

i) Marco General

Santa Sofía es un predio perteneciente a Forestal CELCO, ubicado en la comuna Portezuelo. La superficie total del predio es de 193,2 ha y la empresa implementó un módulo demostrativo de control de erosión, en una superficie de 36 ha, las que fueron plantadas en el año 2001, mientras que la obras se construyeron en el año 2002. Se instalaron estacas en el perímetro de las cárcavas, para medir el avance de ellas.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de infiltración** (Fotografía 69)
Dimensión: h = 40 cm; a = 50 – 70 cm; b = 20 cm; d = 6,5 m; se construyeron 4.326 m
Costo unitario: 340 \$ / m
Rendimiento: 37 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*
- Obra: **Canales de desviación** (Fotografía 70)
Dimensión: h = 40 cm; a = 50 – 70 cm; b = 20 cm; l = 12 m; 1.854 m construidos
Costo unitario: 340 \$ / m
Rendimiento: 37 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*
- Obra: **Diques de sacos** (Fotografía 71)
Dimensión: 67 diques construidos
Costo unitario: 5.017 \$ / m²
Rendimiento: 1,5 dique/ j
Especie Asociada: *Pinus radiata*
- Obra: **Líneas de sacos** (Fotografía 72)
Dimensión: 989 m construidos
Costo unitario: 419 \$ / m
Rendimiento: 29 m / j
Especie Asociada: *Pinus radiata*

iii) Resultados

Para ver los efectos de las obras en el control de los procesos erosivos, se realizarán las mediciones del avance de las cárcavas y de sedimentación a través de la medición de la calidad de agua.

3.5.1.4. San José de Ninhue

i) Marco General

El proyecto CADEPA (Conservación de Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo en el Secano Mediterráneo de Chile), es un programa de desarrollo rural integral que se desarrolla en la comuna de Ninhue (VIII Región), con una duración de 6 años, (1999-2005). El proyecto es administrado por el INIA (Quilimapu) y cuenta con la colaboración de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Comisión Nacional de Riego (CNR) y el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR VIII Región).

Este sector se encuentra ubicado a 10 km al sur del pueblo de Quirihue, el cual a su vez, es paso obligado al momento de dirigirse hacia Chillán por medio de la Ruta los Conquistadores.

El objetivo general es mejorar la calidad de vida de los productores del secano interior, desarrollando programas de promoción de agricultura conservacionista. De esta forma incorpora el concepto de manejo de microcuencas como unidad de trabajo, lo que significa que deben integrarse todos los productores y usuarios de esa unidad geográfica, con el fin de trabajar coordinadamente por la mejora integral de la microcuenca y de la calidad de vida de los habitantes.

En este marco, el proyecto CADEPA, unido al programa de empleo PADEF, desarrolló esta experiencia en el sector San José de Ninhue, administrado por CONAF. Los trabajos realizados en el predio corresponden a Fajinas recubiertas con malla, Canales de desviación y Zanjas de Infiltración, los que se instalaron en el año 2001. Además, se realizaron trabajos de estabilización de camellones por medio de la plantación de Rosa Mosqueta, y en las cabeceras de las cárcavas se sembraron arvejas. Como especies forestales se utilizó *Pinus radiata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus negrori* y *Quillaja saponaria*.

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de Infiltración** (Fotografía 73)
Dimensión: h = 40 cm; a = 100 cm; b = 60 cm; d = 8 m.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Fajinas recubiertas con malla** (Fotografía 74)
Dimensión: h = 30 cm.
Costo unitario: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información

- Obra: **Canal de desviación** (Fotografía 75)
 Dimensión: h = 40 cm; a = 100 cm; b = 60 cm;
 Costo unitario: sin información
 Rendimiento: sin información
 Especie Asociada: sin información

iii) Resultados

El suelo del lugar es muy arcilloso, lo que implica una muy baja infiltración; esto provoca que las zanjas, si bien capturan la escorrentía superficial, no cumplen con la función de infiltración. En cuanto al prendimiento de las plantas, las especies de eucaliptos presentaron un prendimiento de 95 %; el quillay, 40 %; y el pino sólo un 25 %. El principal problema fue el alto contenido de arcilla del suelo, y en menor medida, la existencia de animales dentro del ensayo.

No obstante, se cumplió con el objetivo de detención de procesos erosivos, por la efectiva acción mecánica de las obras construidas.

3.5.2. Provincia Bío Bío

3.5.2.1. Área demostrativa para la conservación del suelo y agua, Tomeco, Lircay, Comuna de Yumbel

i) Marco General

La zona de Tomeco, se encuentra localizada a aproximadamente 40 km de Concepción, por el camino a Cabrero. Esta zona presenta un acelerado proceso de erosión, debido principalmente al intenso uso agropecuario. El suelo es de poco espesor, perteneciente a la serie Cauquenes, clase VIII de capacidad de uso, con un alto nivel de erosión.

El área demostrativa para la conservación de suelos y aguas, fue implementada por la Corporación Nacional Forestal, en el año 2000, en el predio Lircay hijuela 1. Para efectos de materializar la habilitación del área demostrativa, se suscribió un Contrato de Comodato con el propietario, por 5 años, sobre una superficie de 2 ha.

Paralelamente se firmó un Convenio de investigación con la Universidad de Concepción, para efectos de conocer el comportamiento del agua en terrenos con zanjas de infiltración.

Las actividades de conservación de suelos fueron desarrolladas por personal contratado y con experiencia en la construcción de obras de recuperación de suelo. Las especies utilizadas en este módulo fueron especies multipropósito, como *Robinia pseudoacacia*, *Quillaja saponaria*, *Acacia melanoxylon*, *Juglans sp.*, y *Castanea sativa*. Las obras son:

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Zanjas de infiltración**
Dimensión: h = 60 cm; a = 50 cm; b = 20 cm; se construyó un total de 486 m.
Costo unitario: 1.472 \$ / m
Rendimiento: 10,5 m / j (*)
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Diques de polines**
Dimensión: l = 2,1 m; h = 0,8 m; empotrado lateral: 0,2 m a cada lado; ancho del vertedero 0,5m; dissipador de energía de 2,5 m²; total dique 1,5 m².
Costo unitario: 17.367 \$ / m².
Rendimiento: 0,375 m² / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Colectores de piedra**
Dimensión: h = 1 m; Ø = 1,5 m.
Costo unitario: 13.603 \$ / m³.
Rendimiento: 0,9 m³ / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Fajinas**
Dimensión: h = 30 cm, la distancia entre estaquillas es de 1 a 1,5 m.
Costo unitario: 1.073 \$ / m.
Rendimiento: 17,5 m / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Empalizadas**
Dimensión: h = 70 cm, preterrados 15 cm.
Costo unitario: 33.844 \$ / m².
Rendimiento: 4,5 m² / j
Especie Asociada: sin información

iii) Resultados

El trabajo desarrollado permitió aplicar la Ley de Fomento Forestal, en algunas obras de recuperación de suelos, en los inicios de la entrada en vigencia de la ley; en este sentido ha servido como guía para los profesionales de CONAF y para los operadores forestales. De esta forma, en este módulo se abordó desde el reconocimiento de los indicadores de erosión, hasta la construcción de las obras conforme a la magnitud de los procesos erosivos presentes.

(*) el rendimiento baja a 7,9 m / j si se incluye nivelación y camellón

3.5.3. Fotografías de obras visitadas en la Región del Bío Bío



Fotografía 61. Zanjas de infiltración. Coelemu, VIII Región



Fotografía 62. Diques de concreto colmatados. Coelemu, VIII Región



Fotografía 63. Diques de concreto. Coelemu, VIII Región



Fotografía 64. Batería de diques de polines. Coelemu, VIII Región



Fotografía 65. Diques de madera (tabla 2x6 “).
Coelemu, VIII Región



Fotografía 66. Muros de neumáticos.
Coelemu, VIII Región



Fotografía 67. Canales de desviación con revestimiento de piedra y cemento en los puntos de evacuación
Coelemu, VIII Región



Fotografía 68. Punto de evacuación de canal de desviación revestido de piedra y cemento en
Coelemu, VIII Región



Fotografía 69. Zanjas de infiltración.
Predio Santa Sofia, VIII Región



Fotografía 70. Canal de desviación.
Predio Santa Sofia, VIII Región



Fotografía 71. Diques de sacos. Predio Santa Sofia,
VIII Región



Fotografía 72. Obras lineales con bolsas de tierra
Predio Santa Sofia, VIII Región



Fotografía 73. Zanjas de infiltración.
Predio San José de Ninhue, VIII Región



Fotografía 74. Tratamiento lineal con ramas
trenzadas y cubierta con malla rachel en predio
San José de Ninhue, VIII Región



Fotografía 75. Canal de desviación.
Predio San José de Ninhue, VIII Región

3.6. Región Metropolitana

3.6.1. Provincia Melipilla

3.6.1.1. Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile, sector San Pedro, Alto Loica

i) Marco General

Este proyecto se enmarca en el convenio de cooperación internacional suscrito entre los gobiernos de Chile y Japón, a través de la Corporación Nacional Forestal y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Este convenio surge en consideración a los procesos de erosión y desertificación existentes en la zona semiárida del país, para los cual se lleva a cabo el proyecto Manejo de Cuencas CONAF/JICA “Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile”, el que se inicia a partir de marzo de 1993, con una duración de 6 años. La institución ejecutora del proyecto es la Corporación Nacional Forestal.

El objetivo del proyecto es contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y el ambiente de los habitantes de la zona semiárida de Chile, a través del desarrollo y demostración tecnológica en temas de control de erosión, forestación y viverización, e incorporar al desarrollo las actividades agrícolas de los habitantes rurales (CONAF, 1998).

Asimismo, para llevar a cabo el proyecto se implementaron 3 áreas demostrativas (Cuadro 19); y una de ellas está ubicada en el sector Alto Loica en San Pedro, a 120 km al sur poniente de Santiago. En este sector se estudiaron 3 microcuencas, a saber, Cuenca N° 1 (28 ha), Cuenca N° 2 (17 ha) y Cuenca N° 3 (38 ha), a la vez que se desarrollaron tres temáticas, éstas son: Conservación de Suelo, Forestación y Viverización, estando el primero relacionado con los objetivos de esta publicación (CONAF, 1998).

Cuadro 19. Áreas demostrativas relativas al Proyecto Cuencas CONAF – JICA

Región	Comuna	Sector
Región Metropolitana	Melipilla	San Pedro, Alto Loica
Región Metropolitana	Santiago	Lo Barnechea, Yerba Loca
IV Región	Choapa	Illapel, Las Cañas

En el marco de la especialidad de conservación de suelos, se realizó un diagnóstico del suelo degradado y en base a éste, se desarrollaron métodos de conservación y forestación, algunos de los cuales se señalan en el Cuadro 20.

Durante la duración del proyecto se midió el efecto de las obras de conservación de suelos y de la forestación sobre el flujo superficial de las aguas, a través de 2 aforadores instalados en la parte superior de 2 microcuencas; uno de ellos se ubicó en la microcuenca N°2, donde se construyeron obras de conservación de suelos, y el otro en una microcuenca colindante utilizada como testigo, ya que no presenta obras de conservación de suelos ni forestación (CONAF, 1998).

Adicionalmente, para determinar la magnitud de la degradación del suelo, se instalaron seis parcelas de escorrentía (tres parcelas ubicadas en la microcuenca N°2 y tres en la microcuenca N°3), utilizando la metodología de medición de pérdida de suelos del Departamento de Conservación de Suelos de

E.E.U.U., y según los estándares de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE); así, en estas parcelas se realizaron mediciones del volumen de sedimentos acarreados por cada evento de precipitación (CONAF, 1998).

Cuadro 20. Obras construidas en el área demostrativa San Pedro, Alto Loica entre los años 1993 y 1997

	Unidad	Cuenca N°1	Cuenca N°2	Cuenca N°3
Diques de polines	u		5	23
Diques de gaviones en cauce	u		2	
Terracita (Terraza forestal)	m		747	
Muretes de rollo	m			23
Muretes de ramas de romerillo	m			3
Muretes de saco de tierra	m	7,6	68	11
Muros de neumáticos	m			19
Canales de difusión (desviación)	m	495	345	248
Canales de sacos de tierra	m			182
Canales transversal (madera)	m		6	71
Líneas de saco de tierra	m		24	51
Líneas de ramas de romerillo	m			147
Líneas de cañas de maíz	m		77	17
Líneas trenzadas de sarmiento	m			85
Líneas de neumáticos	m			15
Líneas de postes de madera	m	69		
Zanjas de infiltración	m	171	278	
Zanjitas de infiltración	m		878	19
Zanjas con muro de infiltración	m		178	
Superficie forestada	ha	17,02	33,10	27,00

ii) Descripción de Obras

- Obra: **Canales de desviación** (Fotografía 76)
Dimensión: h = 40 cm; a = 55 cm; b = 20 cm
Costos: sin información
Rendimiento: sin información
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Zanjas de infiltración**
Dimensión: h = 30 cm; a = 1 m; b = 30 cm; l = 6,5 m; d = 5 m
Costos: sin información
Rendimiento: 7 m / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Muros de neumáticos**
Dimensión: h = 1 m
Costos: 8.549 \$ / m
Rendimiento: 1,04 m / j
Especie Asociada: sin información

- Obra: **Empalizada o líneas de postes de madera** (Fotografías 78 y 79)
Dimensión: sin información
Costos: 8.794 \$ / m
Rendimiento: 1,1 m / j
Especie Asociada: sin información
- Obra: **Canales transversales de madera**
Dimensión: sin información
Costos: 11.227 \$ / m 1997
Rendimiento: 1,4 m / j
Especie Asociada: sin información

iii) Resultados

Los resultados obtenidos con los aforadores, indican que las obras de conservación de suelos y la forestación en la microcuena N°2, han disminuido el escurrimiento directo, aumentando el volumen de agua infiltrada. Por otro lado, en las parcelas de escorrentía superficial instaladas en las microcuencas experimentales, se comprobó el beneficio del tratamiento integral de cuencas, en la disminución de la erosión (CONAF, 1998).

Respecto a la difusión y transferencia, se puede mencionar que entre los años 1996 y 1997, este módulo demostrativo ha sido visitado por 440 personas de diferentes instituciones gubernamentales, como CONAF, INFOR, INDAP y universidades, además de las municipalidades cercanas, de organizaciones no gubernamentales, consultoras privadas y propietarios de la zona (CONAF, 1998).

3.6.2. Fotografías de obras visitadas en la Región Metropolitana



Fotografía 76. Canal de desviación
Alto Loica, San Pedro, Región Metropolitana



Fotografía 77. Dique de polines impregnados y dissipador de energía de piedras. Alto Loica, San Pedro, Región Metropolitana



Fotografía 78. Canal recubierto con empalizada Alto Loica, San Pedro, Región Metropolitana



Fotografía 79. Canal recubierto con empalizada (otra vista) Alto Loica, San Pedro, Región Metropolitana

4. ANÁLISIS DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE AGUAS Y SUELOS

4.1. Análisis Técnico

Las obras de conservación de aguas y suelos visitadas, en general muestran los beneficios de cada una de las técnicas, en el sentido que se han reducido procesos de erosión y con ello se han revertido los procesos de degradación del suelo, permitiendo la recuperación de este recurso. El objetivo central de estas técnicas es la disminución de la escorrentía superficial (incluido el arrastre de sedimentos) y el aumento de la infiltración, lo cual es aplicable con diferentes fines, como por ejemplo, el aumento de la productividad forestal y agrícola, la protección de la infraestructura vial y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

En este sentido es destacable el caso de la localidad El Sauce (Región Coquimbo), en que las obras fueron establecidas con el objetivo de aumentar la disponibilidad de napas subterráneas, que proveen de agua a los habitantes de esta localidad.

Otra aplicación observada fue en el Cerro Pajaritos, en la ciudad de Illapel (Región de Coquimbo), Cerros Municipales de la Ligua en la ciudad del mismo nombre (Región de Valparaíso), Quebradas La Parra y Nazareto de la ciudad de Petorca (Región de Valparaíso) y Cerro de Coelemu en Coelemu (Región Bío Bío), en que el objetivo de la implementación de obras fue retener el sedimento producto de la erosión y evitar que éste inundara las zonas urbanas más cercanas a los cerros.

Otras experiencias han sido realizadas con fines demostrativos en el marco de la Ley de Fomento Forestal, las cuales han servido fuertemente en la transferencia técnica de las obras, tanto a los propietarios como a los profesionales.

Por otra parte e independiente del objetivo de las técnicas, se han realizado trabajos enmarcados en programas de absorción de cesantía, lo que distorsiona los rendimientos y costos.

En términos generales, se puede decir que las obras han cumplido su función, no obstante, éstas carecen de diseño hidrológico, lo que permite pensar que son mejorables, tanto en su funcionalidad como en la optimización de todo tipo de recursos disponibles.

Otro punto que se destaca, es que las experiencias recorridas responden al trabajo y preocupación de profesionales en particular, y no responden a un objetivo global de cada institución, ni menos a nivel de país. Esto se ve reflejado en la discontinuidad de los trabajos, ya que se asignan recursos muchas veces insuficientes y con objetivos a veces distintos a los que demandan un buen diseño de construcción, lo que provoca que las tareas no se realicen según los requerimientos técnicos, por una parte, y por otra, no sean mantenidas de buena forma las obras, una vez construidas.

Esta situación ha sido revertida a partir de 1999, en que el Estado asume dentro de su política, la recuperación de suelos degradados a través la ley 19.561 que modifica al D.L.701; esta ley, mediante un subsidio, fomenta la construcción de obras de recuperación de suelos degradados. En este marco, por primera vez el Estado ha asumido un rol proactivo frente a la problemática de la

degradación de suelos, asignando recursos a todos los propietarios que realicen estas obras en las comunas con mayor grado de desertificación, situación altamente favorable y que genera oportunidades para trabajar con este tipo de obras y posibilitar un mejor uso de los recursos agua y suelo.

De lo anterior, surge como un elemento medular, la optimización de los recursos económicos que el Estado está proveyendo para subsidiar las obras de conservación de suelos y aguas, y para ello es preciso que éstas sean bien dimensionadas (que no sean sobrepasadas por solicitudes hidráulicas, ni queden sobredimensionadas), y que se establezcan patrones económicos que efectivamente subsidien, sin que sean un problema por el bajo aporte del subsidio, o bien que no se transformen en un diferencial positivo de ganancias, que promuevan la construcción de obras sólo por la rentabilidad económica. Así, es en este marco, donde se desarrolla el proyecto FDI-CORFO 00C7FT-08, "Determinación de estándares de ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola", el cual deberá recomendar estándares eficientes y efectivos en zanjas de infiltración, subsolado y canales de desviación, en lo que respecta al diseño de ingeniería y los recursos económicos que debiesen ser aportados para subsidiar en términos óptimos, la construcción de dichas obras.

4.2. Análisis de Costos y Rendimientos de las Obras

En el marco de la evaluación económica de las obras de conservación de aguas y suelos construidas en el país, para el período comprendido entre 1975 y 2002, es prioritario conocer los costos y beneficios de éstas; así también, cabe mencionar, que la mayoría de éstas, se concentran con posterioridad al año 1997, dada la vigencia de las bonificaciones establecidas en la ley 19.561, para la recuperación y conservación de suelos degradados.

A continuación, se mostrarán los costos y rendimientos de construcción de 23 tipos de obras recopiladas entre la Región de Coquimbo y la Región del Bío-Bío, las que fueron ejecutadas en veintidós sitios diferentes, en su gran mayoría por la Corporación Nacional Forestal. Así y para mejorar el análisis, se ha considerado incluir el subsidio que entrega el Estado a través de CONAF, para la ejecución de obras de conservación de suelos.

Asimismo, se debió actualizar los datos de costos, y se inflataron los costos de ejecución, convirtiendo los datos monetarios a valores en Unidades Tributarias Mensuales (UTM). Para los casos en que se desconocían los meses en los que habían sido ejecutadas las obras, se consideró el mes de julio como el mes de ejecución. Luego, todos los valores fueron transformados a pesos, inflactando los valores hasta el mes de marzo del año 2003.

En todos los casos se intentó llevar el valor unitario a metro cúbico o metro cuadrado, dependiendo esto del tipo de obra, de la información de que se dispusiera para cada obra y lugar de ejecución. Los casos en que no se pudo unificar criterios respecto de la unidad, se trataron como datos aparte, dentro del mismo tipo de obra, al igual que los casos entre obras manuales y mecanizadas. Se graficaron datos de costos y rendimientos, para aquellas obras en que se dispusiera de, por lo menos, 4 datos comparables.

Finalmente, en los resúmenes de costos y rendimientos, se utilizó la media aritmética, como estadígrafo de tendencia central y el coeficiente de variación como medida de dispersión.

4.2.1. Análisis de zanjas de infiltración

4.2.1.1. Costos de construcción de zanjas de infiltración

En el siguiente cuadro se muestran los costos de construcción de zanjas de infiltración en diferentes sitios ubicados entre la IV y VIII regiones del país (incluida la metropolitana), así como las principales características de éstas.

Cuadro 21. Características de las zanjas de infiltración

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Tabla de costos CONAF	2003	b= 0,2, a=0,2; h=0,2 (mínimo)	29.125	m ³	-
Cerro Pajaritos (IV)	1997	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,4; l= 3	3.350	m ³	2,7
Cerro Pajaritos (IV)	2001	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,4; l= 3	2.819	m ³	2,7
Cuesta Cavilolén (IV)	1996	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,4; l= 3	5.144	m ³	3,2
Cuesta Cavilolén (IV)	1997	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,4; l= 3	3.219	m ³	3,2
Cuesta Cavilolén (IV)	1998	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,4; l= 3	2.800	m ³	3,2
La Muñozana (IV)	1997	b= 0,3; a= 0,3; h= 0,3	2.422	m ³	1,8
El Sauce (IV)	1998	b= 0,3; a= 0,3; h= 0,3; l= 4	5.178	m ³	1,1
Alto Loica (RM)	1993	b= 0,3; a= 1; h= 0,3; l= 6,5	s/i	m ³	1,4
Cabeceras (VI)	2000	b= 0,2; a= 0,4; h= 0,3; l= 3	2.404	m ³	2,2
Sierras de Bellavista (VI)	2000	b= 0,25, a= 1,05; h= 0,5	5.732	m ³	0,9
Lagunillas (VI)	2002	b=0,2; a= 0,76; h= 0,3	2.833	m ³	3,6
El Hoyo (VII)	2000	b= 0,23; a= 0,73; h= 0,3	5.840	m ³	3,3
La Puntilla (VII)	2000	b= 0,2; a= 0,5; h= 0,2; l= 3	6.586	m ³	s/i
Los Rábanos (VII)	2000	b= 0,3; a= 0,5; h= 0,4; l= 3	2.250	m ³	3,3
Matancilla (VII)	2000	b= 0,3 – 0,4; a= 0,3 – 0,5; h= 0,4; l= 3	3.980	m ³	3,1
Santa Sofía (VIII)	2002	b= 0,2, a= 0,5 – 0,7; h= 0,4	2.129	m ³	5,9
Tomeco-Lircay (VIII)	2000	b= 0,2; a= 0,5; h= 0,6	7.010	m ³	2,2
Santa Isabel (VIII)	2000	b= 0,22; a= 0,7; h= 0,4	3.386	m ³	4,3

b= base (m); a= ancho (m); h= altura (m); l= largo (m); s/i= sin información

* valores inflactados a marzo del 2003

Al analizar las dimensiones de las zanjas se puede observar la variabilidad existente, por lo tanto, los costos de construcción fueron hechos en base al volumen de tierra removido en metros cúbicos (m³); en este contexto fue posible obtener un costo medio país de 3.946 \$/m³ (Cuadro 22). Este valor dista bastante del costo establecido por la tabla de costos de CONAF del año 2003, con un costo mínimo estandarizado de 29.125 \$/m³ (b= 0,2 m; a= 0,2 m; h= 0,2 m).

Cuadro 22. Resumen estadístico para la zona de estudio (costos \$/m³)

Número de datos	17
Media	3946,0
Desviación estándar	1619,93
Error estándar	392,89
Valor mínimo	2129,0
Valor máximo	7010,0
Rango	4881,0
Coefficiente de variación	41,1%
Suma	67082,0

El coeficiente de variación bordea el 41 %, valor que debería disminuir al incorporar un mayor número de experiencias en obras de conservación, dado que al crecer el tamaño de la muestra, la dispersión de los datos tiende a disminuir. Asimismo, se verificó que los valores más bajos corresponden a trabajos realizados con programas de absorción de mano de obra, mientras que, valores de rendimientos altos se encontraron en sectores productivos de propiedad privada (Santa Sofía – Forestal Celco S.A.).

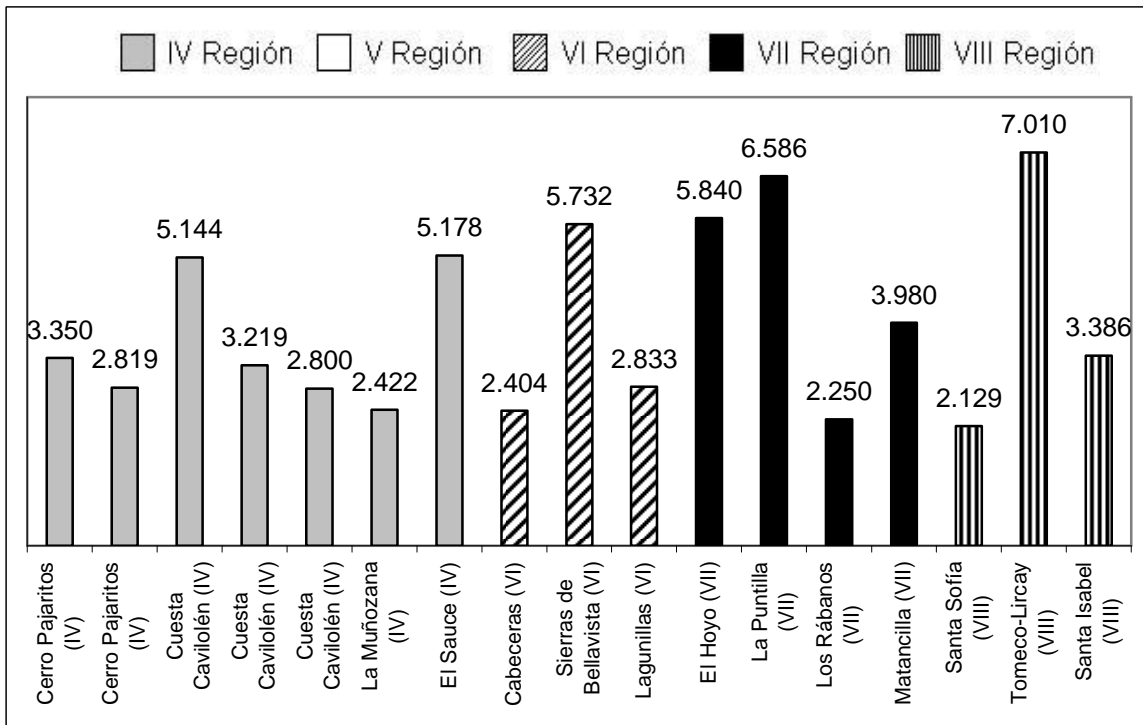


Gráfico 1. Costo promedio del metro cúbico de la zanja de infiltración (\$ / m³)

En el Gráfico 1, se observa que la VIII Región presenta una mayor variabilidad, encontrándose aquí el menor y el mayor valor entre el total de los datos (en Santa Sofía y Tomeco-Lircay).

Si se analizan los promedios por región (Cuadro 23), se puede ver que el promedio menor corresponde a la VI Región (3.656 \$/m³), coincidiendo que en estas zonas semiáridas han ingresado numerosos operadores forestales que optimizan sus recursos y rendimientos de construcción, en

pos de obtener una mayor rentabilidad en el establecimiento de las obras, acompañado, además, de programas de capacitación a agricultores y profesionales. Por el contrario, la Séptima Región, posee los costos por metro cúbico más altos del país, alcanzando valores de 4.892 \$/m³.

Cuadro 23. Promedios regionales de construcción de zanjas de infiltración

	Costo promedio de construcción de zanjas (\$/m ³)	Rendimiento promedio de construcción de zanjas (m ³ /j)
IV Región	3.771	2,9
V Región	s/i	s/i
RM	s/i	1,4
VI Región	3656	2,2
VII Región	4.892	3,2
VIII Región	4.175	4,1

4.2.1.2. Rendimientos de construcción de zanjas de infiltración

Resulta interesante destacar situaciones de rendimiento (Gráfico 2), donde diferencias de dimensiones (base b, altura h, ancho a) presentan valores similares, como es el caso de Cuesta Cavilolén y Matancilla, IV y VII Región respectivamente, con lo cual es posible disminuir la influencia del ancho o la profundidad de la zanja en el costo y rendimiento. En cuanto al rendimiento en metros cúbicos por jornada, los valores en general se mantienen cercanos al promedio, (2,8 m³/j), salvo por el mínimo, que se encuentra en Sierras de Bellavista (VI Región), y el máximo, que se registró en Santa Sofía (VIII Región). Los valores similares de rendimiento en Cuesta Cavilolén (IV Región) para tres años diferentes, permiten suponer que el cálculo se hizo conjuntamente para los tres años y no separadamente, como sería lo correcto.

Cuadro 24. Rendimiento estadístico de la zona de estudio (m³/j)

Número de datos	17
Media	2,8
Desviación estándar	1,22
Error estándar	0,29
Valor mínimo	0,9
Valor máximo	5,9
Rango	5,0
Coefficiente de variación	43,1%
Suma	48,1

Así, el rendimiento en sectores de Cerro Pajaritos, Cuesta Cavilolén y La Muñozana de la Cuarta Región, parece ser más regular (2,9 m³ / j); en cambio, en otras regiones los rendimientos son disímiles entre cada sector, resultando ser más sensibles, al parecer, a la capacitación de los trabajadores en este tipo de obra, condiciones de terreno, condiciones contractuales, etc. En promedio, la VIII región posee el mayor rendimiento de construcción con 4,1 m³/j.

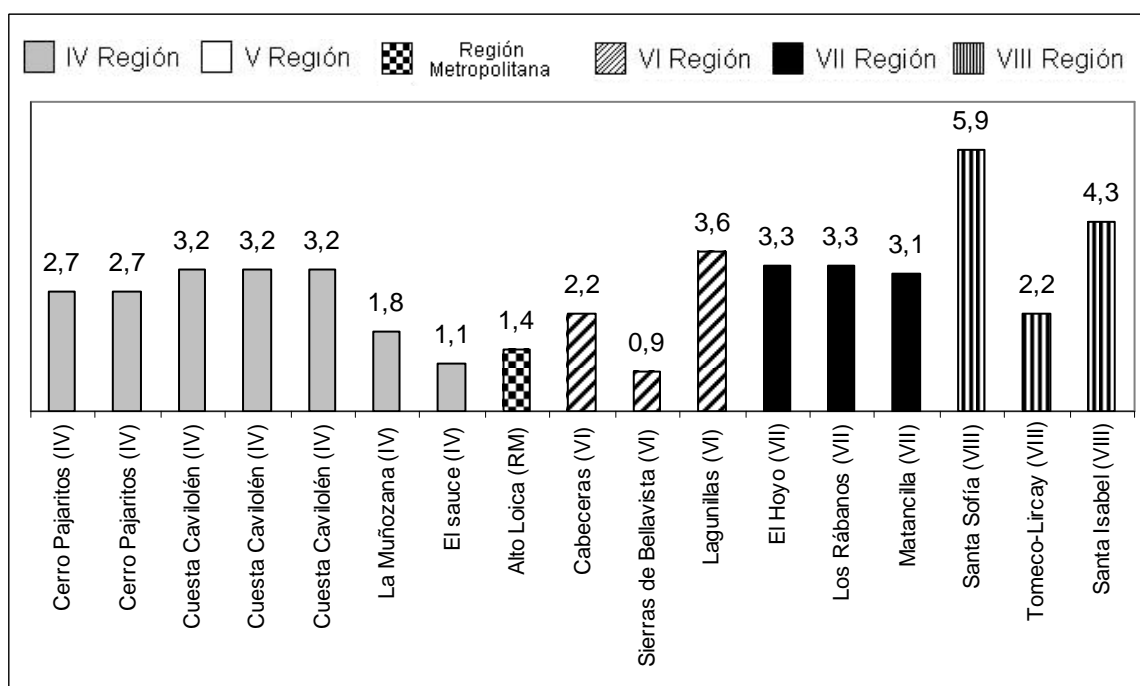


Gráfico 2. Rendimientos de construcción en zanja de infiltración (m³/j)

Al comparar los Gráficos 1 y 2, puede observarse que el mínimo valor de costo y el mayor rendimiento coinciden para el caso de Santa Sofía; es lógico pensar que ante un buen rendimiento, el trabajo se hace en menor tiempo, incurriendo en menores gastos por concepto de mano de obra. De forma similar, el máximo valor de costos para zanjas, registrado en Tomeco - Lircay, corresponde a un valor de rendimiento bajo la media. Dado lo anterior, se destaca la diferencia en costo y rendimiento de ambas experiencias, la que es atribuible a la naturaleza de los proyectos, ya que el primero, Tomeco – Lircay, se trata de un módulo demostrativo realizado por una institución pública, mientras que el segundo, Santa Sofía, fue hecho por una empresa privada. Sin embargo, debe ser consignado que en el análisis no han sido consideradas otras características como la pendiente, las cuales influyen directamente con el costo y rendimiento.

4.2.2. Análisis de canales de desviación

4.2.2.1. Costos de construcción de canales de desviación

Los canales de desviación estudiados se presentan en el Cuadro 25, incluyendo el costo de su construcción y sus características técnicas. El análisis se establece para obras realizadas entre 1998 y 2002, en las regiones IV, VI, VII y VIII.

Cuadro 25. Característica de los canales de desviación

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Tabla de costos CONAF	2003	b= 0,2; a= 0,2; h= 0,2 (mínimo)	27.225	m ³	-
Cuesta Cavilón (IV)	1998	b= 0,2; l= 0,6 – 0,7; h= 0,3	3.807	m ³	2,3
Cuesta Cavilón (IV)	2001	b= 0,2; l= 0,6 – 0,7; h= 0,3	3.340	m ³	2,3
El Sauce (IV)	1998	b= 0,3; a= 0,8 - 1; h= 0,5	2.343	m ³	2,4
Sierras de Bellavista (VI)	2000	b= 0,25; a= 1,05; h= 0,5	4.858	m ³	1,1
Prodecop - Secano (VI)	2000	h= 0,3; a= 0,5	3.953	m ³	1,5
Cabeceras (VI)	2000	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,2	2.705	m ³	2,0
Lagunillas (VI)	2002	b= 0,2; a= 0,6; h= 0,2	5.100	m ³	1,6
El Hoyo (VII)	2000	b= 0,23; a= 0,67; h= 0,3	6.230	m ³	3,1
Santa Sofía (VIII)	2002	b= 0,2; a= 0,5- 0,7; h= 0,4	2.129	m ³	5,9

b= base (m); a= ancho (m); h= altura (m); l= largo (m); s/i= sin información

* valores inflactados a marzo del 2003

Del Cuadro 26, se desprende que el costo promedio de construcción de canales de desviación, alcanza los 3.829 \$/m³, evidenciando un valor mucho más bajo que 27.225 \$/m³, el cual es estimado en la tabla de costos de CONAF (2003).

Así también, la variabilidad de los costos es más bajo que en el caso de las zanjas, alcanzando un coeficiente de variación cercano al 36 %.

El costo de construcción más alto corresponde a la localidad de El Hoyo (VII Región), lo cual se explica porque pertenece a un módulo demostrativo, y generalmente, los costos se elevan, mientras que, el más bajo se presenta en el predio Santa Sofía, en la VIII Región. En la IV Región, no hay una gran variabilidad, encontrándose valores de construcción cercanos a los 3.000 \$/m³.

Cuadro 26. Resumen estadístico de la zona de estudio

	Costos (\$/m ³)	Rendimientos (m ³ /J)
Número de valores	9	9
Promedio	3.829,44	2,5
Desviación estándar	1371,84	1,41
Error estándar	457,3	0,47
Valor mínimo	2.129,0	1,1
Valor máximo	6.230,0	5,9
Rango	4101,0	4,8
Coefficiente de variación	35,8%	57,4%
Suma	34465,0	22,2

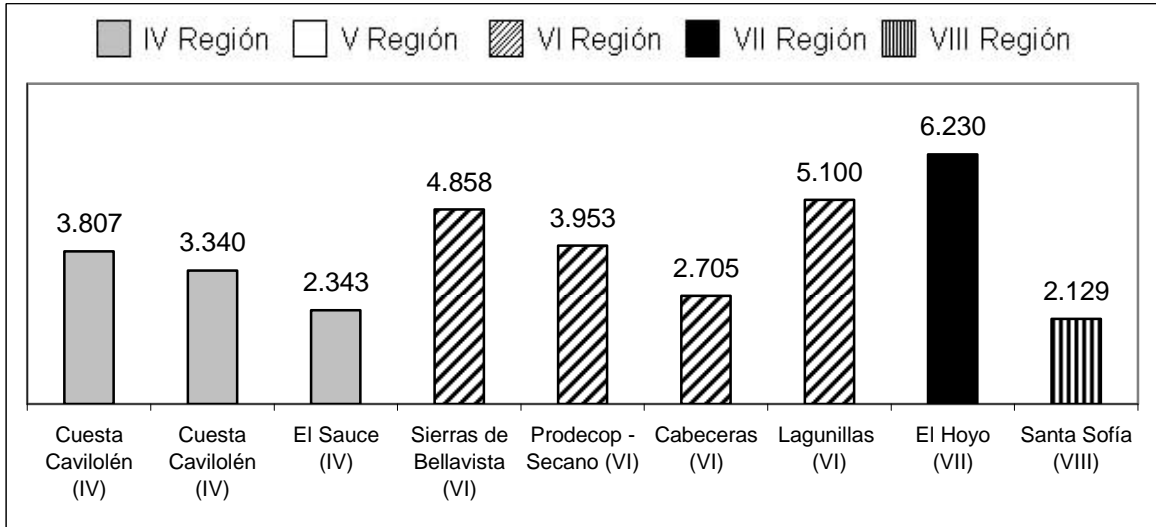


Gráfico 3. Costo promedio del metro cúbico (\$ / m³) de canales de desviación de aguas lluvias

4.2.2.2. Rendimientos de construcción de canales de desviación

Los rendimientos más altos se registraron en El Hoyo (VII Región) y Santa Sofía (VIII Región). De la misma forma, los rendimientos de Cuesta Cavilolén (IV Región), para años diferentes son iguales (2,3 m³/j), y están muy cercanos a los obtenidos en El Sauce (2,4 m³/j). Sin embargo, en el sector de Santa Sofía, los rendimientos de construcción alcanzan valores de 5,9 m³/j, por lo que esta alta variabilidad estaría correlacionada a la experiencia y eficiencia del operador forestal y a las condiciones de pendiente, la vegetación, el terreno o las características geomorfológicas que presentaría cada una de las localidades.

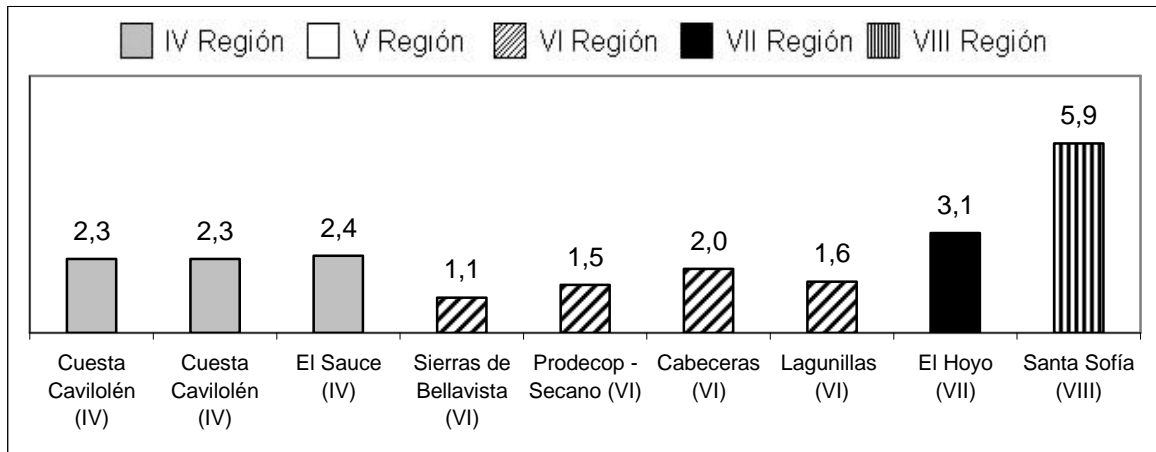


Gráfico 4. Rendimientos de construcción en canales de desviación (m³ / j)

4.2.3. Análisis de diques de mampostería gavionada

4.2.3.1. Costos de construcción de diques de mampostería gavionada

A continuación se presenta información referida a la construcción de diques de gaviones. En el Cuadro 27, se muestran las características de los diques.

Cuadro 27. Características de los diques de gaviones

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Tabla de costos CONAF	2003	h: 2 – 3; t= 0,4 - 0,6 d= 1,4 – 1,7	41.776	m ³	-
Cuesta Cavilolén (IV)	1995	a*= 1; h=1,3	31.678	m ³	0,4
Las Salinas (V)	1999	58 m ³	22.407	m ³	0,1
Sierras de Bellavista (VI)	2000	h=1,1, a*= 1,0; l= 4,8 (con dissipador)	49.365	m ³	0,3
El Hoyo (VII)	2000	a*= 1,0; l= 5 - 6; h= 20 (bolones 4" a 6")	57.956	m ³	1,3

b= base (m); a*= ancho del vertedero (m); h= altura (m); l= largo (m); t= taludes (m); d= dissipador de energía (m); s/i= sin información
* valores inflacionados a marzo del 2003

La variabilidad en el costo de construcción de diques de gaviones es relativamente baja, aunque debe tenerse en consideración que sólo se tiene un dato por región. Así el menor costo por metro cúbico se registró en Las Salinas (V Región), y el mayor en el módulo demostrativo El Hoyo (VII Región). Estos costos se incrementarán, a medida que, la calidad de la arquitectura y construcción del dique y las condiciones del terreno lo permitan. Así también, es relevante mencionar, que el factor relevante en los costos de estas estructuras es la cercanía de la principal materia prima, es decir, de las piedras o bolones, ya que su transporte es costoso, elevando considerablemente los costos de construcción, como lo ocurrido en Sierras de Bellavista y El Hoyo.

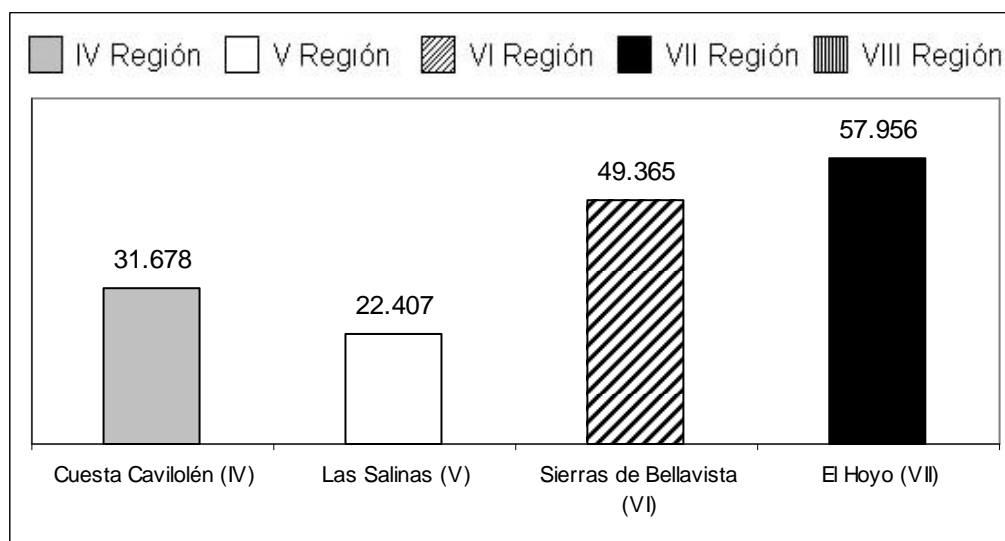


Gráfico 5. Costo de diques de gaviones (\$/m²)

4.2.3.2. Rendimientos de construcción de diques de mampostería gavionada

Los niveles de dificultad e ingeniería de los diques gavionados, pone de manifiesto que los rendimientos de construcción de estas obras son menores que los registrados en zanjas y canales de desviación. En este sentido, se destaca el rendimiento de 1,3 m³/j, obtenido en el ensayo demostrativo El Hoyo (VII Región), como el único rendimiento, por sobre el promedio (0,5 m³/j).

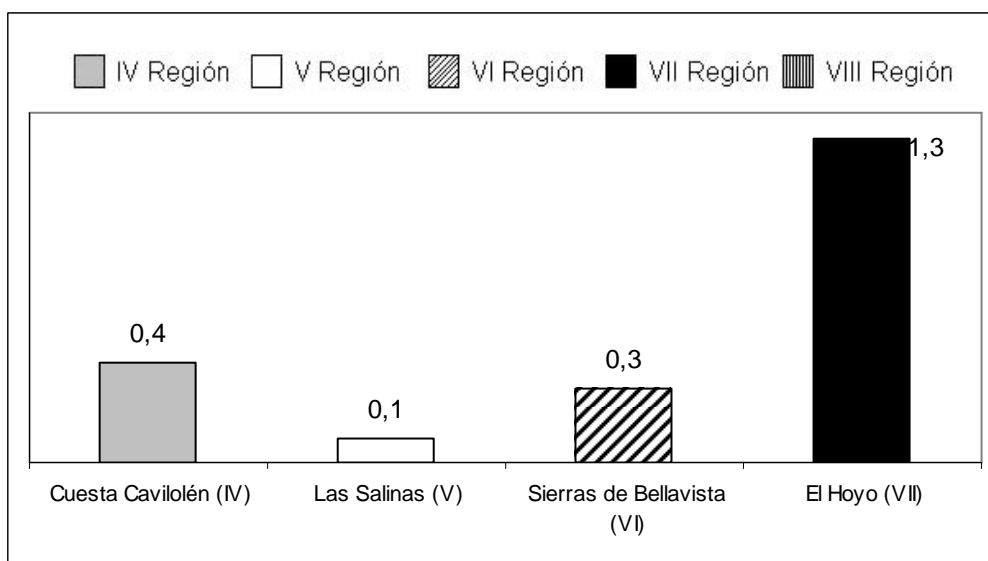


Gráfico 6. Rendimiento de construcción de diques de gaviones (m³/j)

El menor rendimiento se dio en Las Salinas (V Región), alcanzando sólo 0,1 m³/j, y coincidiendo también, con el menor costo de construcción. En términos absolutos, la variabilidad de los rendimientos responde a las condiciones particulares de cada sector, la ejecución y la capacitación de los jornales.

4.2.4. Análisis de diques de polines

4.2.4.1. Costos de construcción de diques de polines

Al igual que los diques de gaviones, la construcción de los diques de postes involucra una mayor dificultad e ingeniería de diseño, sujetas a las condiciones propias del lugar de establecimiento de la obra. A continuación se presenta el análisis correspondiente a diques de polines; los datos generales de las obras se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 28. Características de los diques de polines

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ² /j)
Tabla de costos CONAF	2003	h= 0,5-1,5	33.426	m ²	-
Cuesta Cavilolén (IV)	1998	l= 3; h=1,5	21.333	m ²	2,0
Sierras de Bellavista (VI)	2000	l= 4,4; h= 0,9	18.942	m ²	0,5
Sierras de Bellavista (VI)	2000	l= 5,2; h= 0,8 m (ciprés)	32.021	m ²	0,5
Lagunillas (VI)	2002	l= 2,1 - 3,2; h= 0,7 - 1,2 (2,4 m ²)	26.180	m ²	2,3
El Hoyo (VII)	2000	l= 3; h= 1 (con dissipador)	37.711	m ²	1,5
Tomeco-Lircay (VIII)	2000	l= 2,1; a*= 0,5; h= 0,8 (1,5 m ²)	17.367	m ²	0,4

b= base (m); a*= ancho del vertedero (m); h= altura (m); l= largo (m); s/i= sin información

* valores inflactados a marzo del 2003

Como es posible observar en el Cuadro 28, los datos están referidos a cuatro regiones. El costo declarado en las obras por m² es, en la mayoría de los casos, menor que el subsidio entregado por CONAF, que es de 33.426 \$/m². Así, el promedio país es de 25.592,3 \$/m² y su desviación típica es de 7.981,9 \$/m².

El coeficiente de variación (31,2%) de los costos no puede considerarse alto para este tipo de obra, dada la incorporación de elementos de diseño (ejemplo: dissipador) y de construcción (pino, pino quemado, ciprés), que no permiten la homogeneización total de las características de los diques.

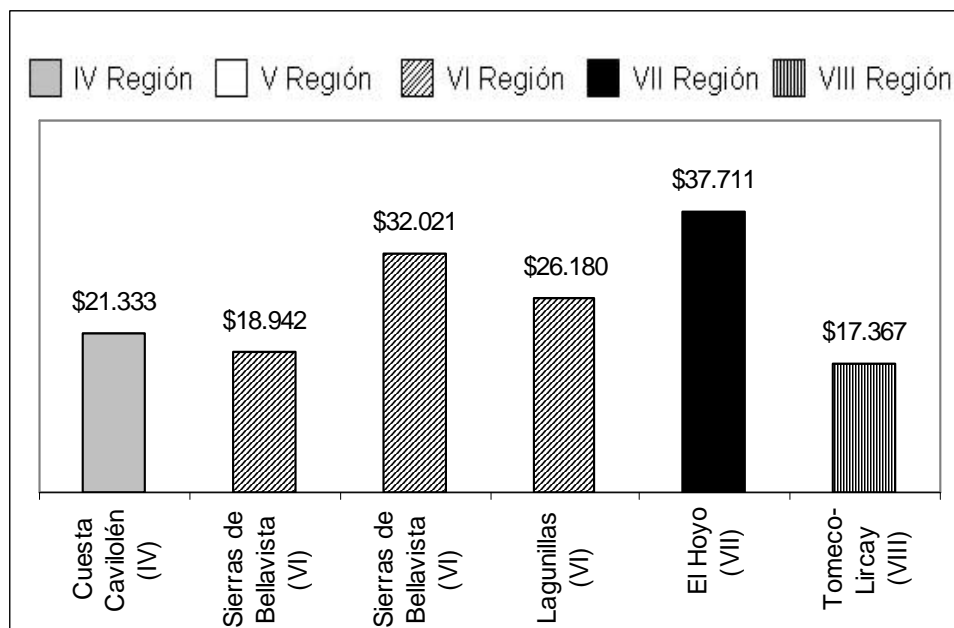


Gráfico 7. Costo del m² de dique de polines (\$/m²)

Nuevamente, el módulo demostrativo El Hoyo registra el mayor valor de costo (37.711 \$/m²), el cual se mide en esta ocasión por metro cuadrado, mientras que, el menor costo de construcción se observa en Tomeco-Lircay (VIII Región), con 17.367 (\$/m²).

4.2.4.2. Rendimientos de construcción de diques de polines

De acuerdo al Gráfico 8, el mayor rendimiento registrado en la construcción de los diques de polines corresponde al sector de Lagunillas (VI Región), con un avance de 2,3 m²/j. Este valor se considera excesivamente alto, dado los rendimientos de las restantes experiencias nacionales que no superan los 2 m²/j, ya que normalmente este valor varía entre 0,5 – 1,0 m²/j.

Por otra parte, se puede observar tres rendimientos similares a 0,5 m²/j, y otros valores como Cuesta Cavilólén (IV Región) y El Hoyo (VII Región) que triplican y cuadriplican a los anteriores, respectivamente. Por ello, en este tipo no habría una relación aparente entre los costos y rendimientos de construcción.

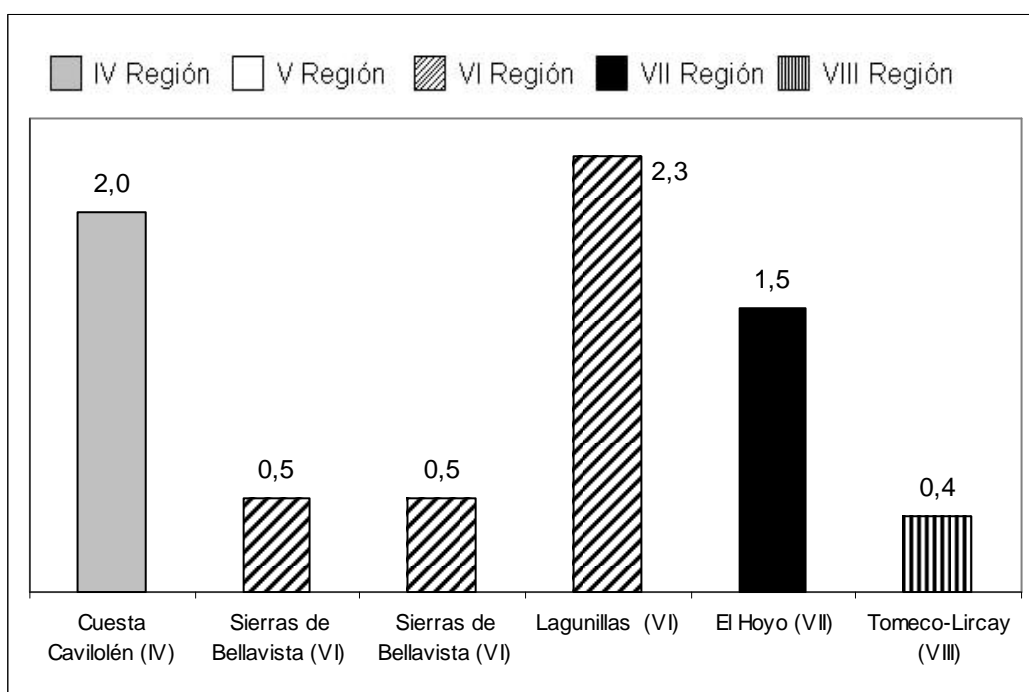


Gráfico 8. Rendimiento de construcción de dique de polines (m²/j)

Es preciso señalar que la capacitación de los obreros es fundamental para lograr una eficiente labor. Así también, los costos de transporte, especialmente de los postes, constituye uno de los factores más restrictivos al momento de la toma de decisiones.

4.2.5. Análisis de empalizadas

4.2.5.1. Costos de construcción de empalizadas

A diferencia de los diques de madera o gavionados, la construcción de las empalizadas está enfocada principalmente a la estabilización de la ladera, a través del aterramiento aguas arriba del empotramiento vertical de los postes, lo que determina que su diseño e instalación no tenga una mayor dificultad.

La cantidad de materiales por unidad de construcción en las empalizadas es mucho menor que las utilizadas en los diques de polines. Sin embargo, el costo total de obra por m², estará diferenciado por el largo de las empalizadas.

En términos generales, el costo de construir una empalizada varía entre los 17.817 y 40.843 \$/m². Estos valores no incluyen el transporte de polines, al lugar de establecimiento de la obra. La variabilidad de los costos por m² en las obras de empalizada es baja, a pesar que se puede considerar mayor si se compara con las otras obras analizadas anteriormente.

Uno de los mayores valores de costo coincide con el mayor valor de rendimiento y, corresponde a Tomeco-Lircay (VIII Región), tal como se muestra en los Gráficos 9 y 10.

Cuadro 29. Características de las empalizadas

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ² /j)
Tabla de costos CONAF	2003	h= 0,25 - 0,8	25.323	m ²	-
Sierras de Bellavista (VI)	2000	l=13,2; h= 0,3	19.850	m ²	0,5
Sierras de Bellavista (VI)	2000	l= 12; h= 0,6 (ciprés)	26.088	m ²	0,4
Sierras de Bellavista (VI)	2000	l=10,4; h= 0,3 (pino quemado)	17.817	m ²	0,4
Cabeceras (VI)	2000	h= 0,35; l= 2,3 - 3	15.026	m ²	-
Lagunillas (VI)	2002	l=3 - 10; h= 0,35	40.843	m ²	1,4
El Hoyo (VII)	2000	l= 2,44; h= 0,3	29.745	m ²	0,9
Tomeco-Lircay (VIII)	2000	h= 0,7 (incluye herramientas)	33.844	m ²	3,2

b= base (m); a= ancho (m); h= altura (m); l= largo (m); s/i= sin información

* valores inflacionados a marzo del 2003

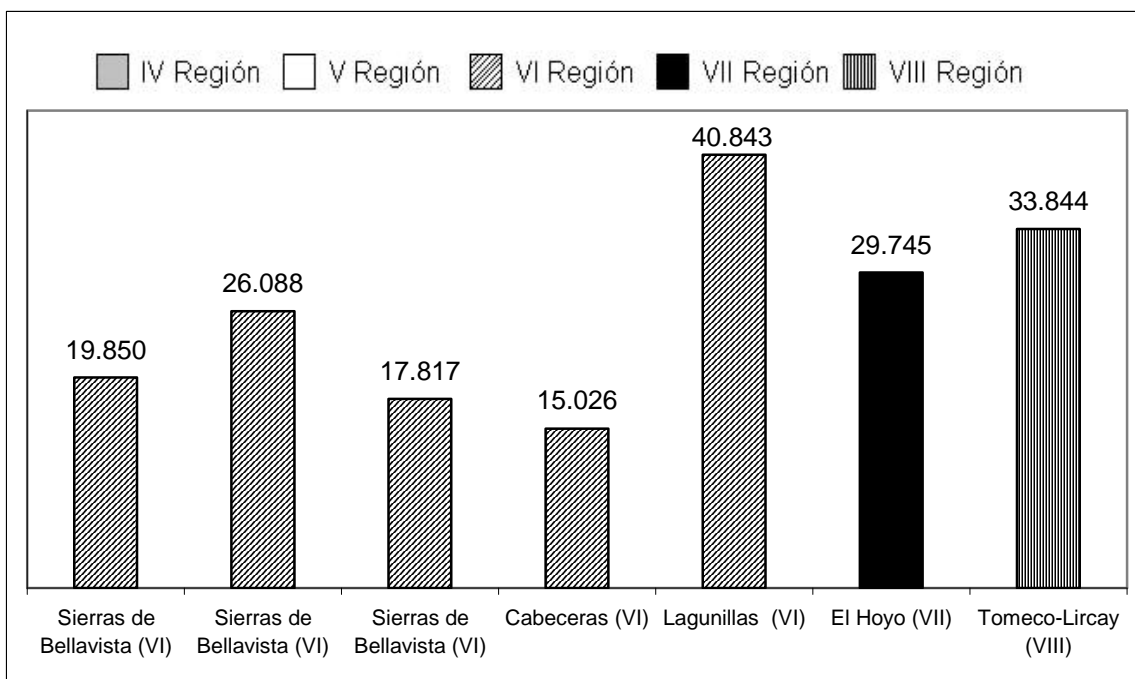


Gráfico 9. Costo del m² de empalizada (\$/m²)

El costo promedio y su desviación típica de construcción de empalizada en las distintas experiencias en el país, alcanza los 26.173,3 y 9317,4 \$/m² respectivamente. Este valor está muy cercano a los 25.323 \$/m², calculados en la tabla de costos de CONAF (año 2003).

4.2.5.2. Rendimientos de construcción de empalizadas.

Por su parte, el rendimiento en el ensayo demostrativo El Hoyo y en la localidad de Tomeco – Lircay, alcanza un excesivo valor de 3,2 m²/j, superando los valores de otras experiencias con empalizada, lo que aumenta mucho la variabilidad de los rendimientos, manifestándose ello en un coeficiente de variación 89,5%.

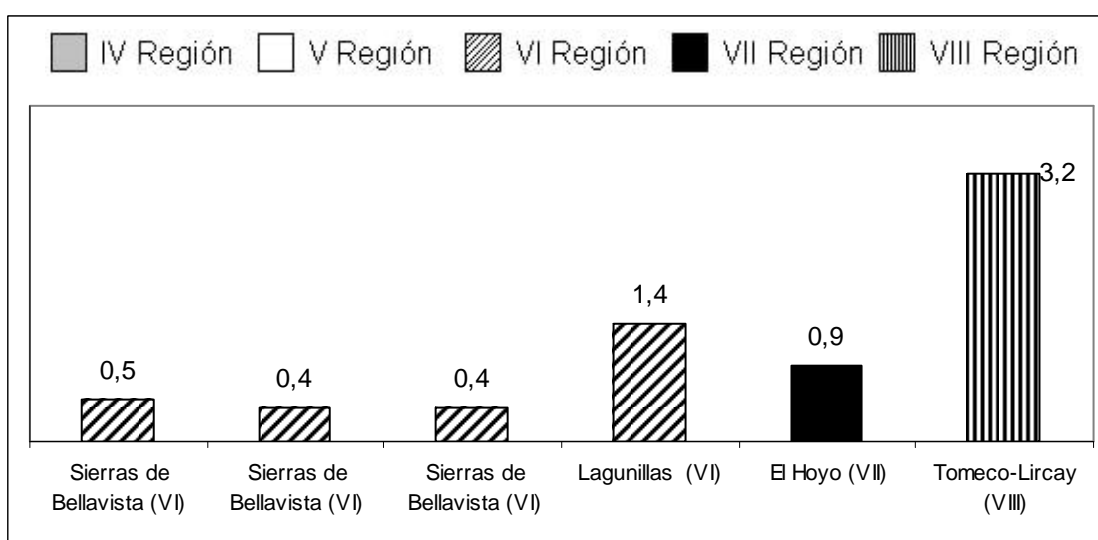


Gráfico 10. Rendimiento de construcción de empalizada (m²/j)

En términos prácticos, los rendimientos de construcción de las empalizadas están en relación inversa con el grado de inclinación de la pendiente, y los obstáculos físicos y/o biológicos que presenta el terreno.

4.2.6. Análisis de limanes

4.2.6.1. Costos de construcción de limanes

El análisis correspondiente a los limanes, muestra una alta variabilidad en los costos declarados, inclusive en el mismo sector; así, se pueden observar costos de construcción que duplican a otras acciones similares en el mismo lugar. El Cuadro 30 muestra los lugares que fueron evaluados.

Cuadro 30. Características de los limanes

Sector	Año	Dimensiones (m)	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Cuesta Cavilolén (IV)	1998	∅= 6; h= 0,7	59.511	m ³	0,1
Altos de Carén (V)	1996	a= 0,4; h= 0,6; l= 12	1.492	m ³	0,8
Sierras de Bellavista (VI)	2000	h= 0,6; a= 0,8; l= 2,6	77.444	m ³	0,1
Sierras de Bellavista (VI)	2000	h=0,9; a= 1,0; l=4,3 (gavionado)	44.757	m ³	0,3

b= base (m); a= ancho de la pared (m); h= altura (m); l= largo (m); ∅= diámetro (m); s/i= sin información
* valores inflactados a marzo del 2003

El costo promedio de hacer limanes es de 60.570 \$/m³, y presentan un coeficiente de variación aceptable (27 %) entre los distintos tipos de obra analizados. El bajísimo valor que se registra en Altos de Carén (V Región) parece poco real, ya que representa sólo un 3,3% del siguiente valor más bajo y, podría deberse a un error en los datos entregados. Por otra parte, el costo más alto se observa en Sierras de Bellavista (VI Región). En el Gráfico 11, es posible identificar estas variaciones.

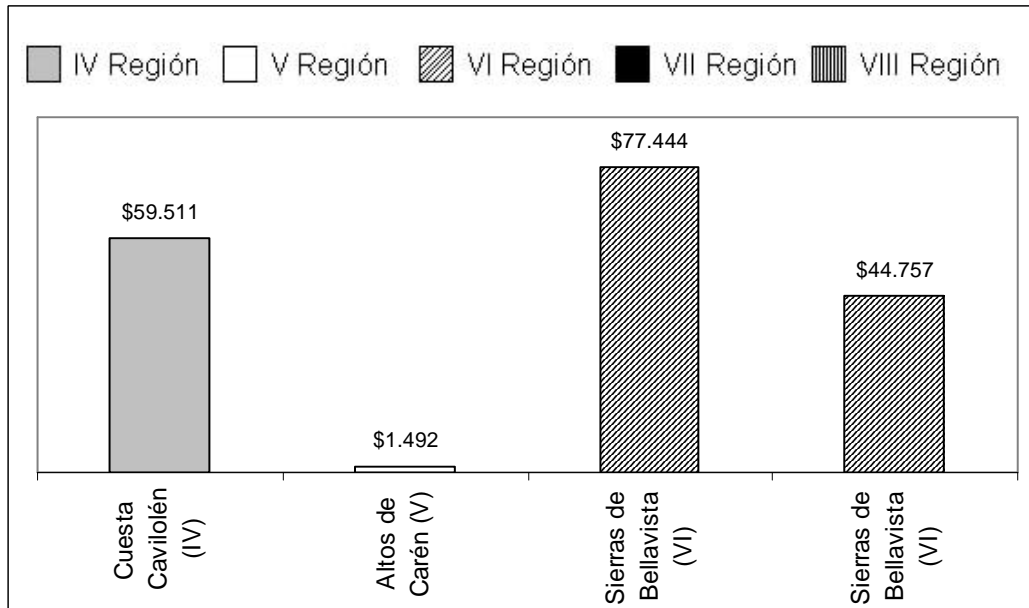


Gráfico 11. Costo de construcción de limanes (\$/m³)

4.2.6.2. Rendimientos de construcción de limanes

Con relación a los rendimientos en los limanes, éstos no superan los 0,3 m³/j, a excepción de la localidad de Altos de Carén, donde se registran 0,8 m³/j; lo que determina un incremento del coeficiente de variación, pero responde a valores normales de rendimiento por jornales.

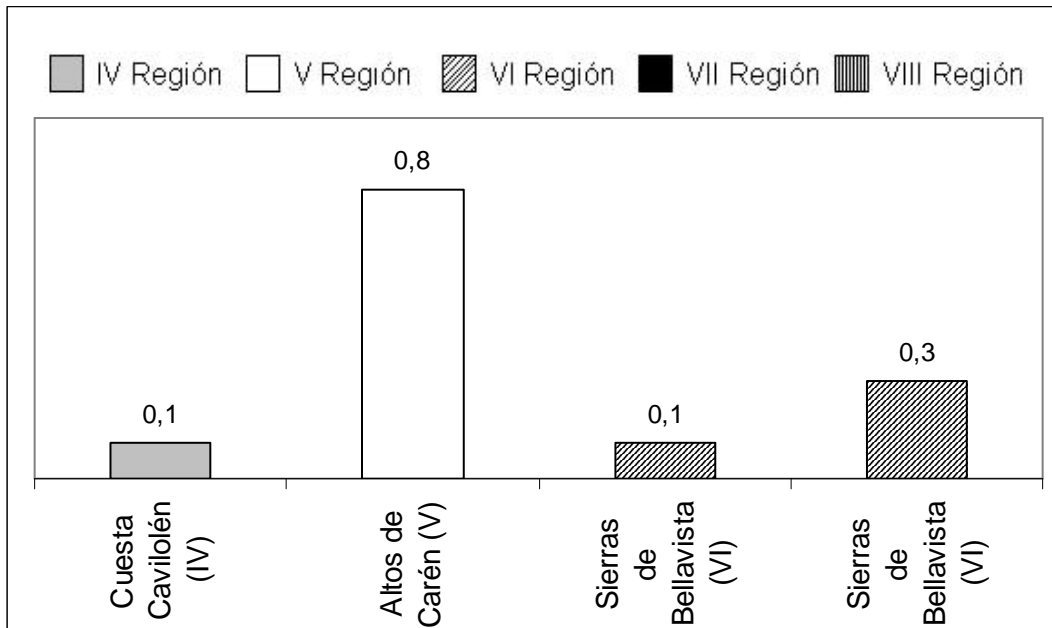


Gráfico 12. Rendimiento en la construcción de limanes (m³/j)

4.2.7. Otras obras de conservación de aguas y suelos

A continuación se presenta una serie de cuadros que tienen por finalidad mostrar otra variada gama de obras de conservación de suelos y aguas. Con ellas ha sido imposible realizar un análisis más detallado, por la carencia de información. Por ello, los datos generados deben ser considerados sólo como información de referencia, que permite mostrar los costos de diversas obras con sus características de construcción, así como el lugar de ubicación de las mismas.

En este contexto, y para una mayor y mejor comprensión de la información presentada en los siguientes cuadros (31 al 47), la simbología en las dimensiones de las obras son: b= base (cm); a= ancho (cm); h= altura (cm); l= largo (m); p = profundidad (m); Ø = diámetro (m); s/i= sin información. Asimismo, los valores de los costos están inflactados a marzo del 2003.

Fajinas

Cuadro 31. Características de fajinas

Sector	Año	Dimensiones	Costo (\$)	Unidad	Rendimiento (m/j)
Tabla de costos CONAF	2003	h= 0,2 - 0,4	3.071	ml	-
Tomeco-Lircay (VIII)	2000	h= 0,3; a= 1 - 1,5; l= 0,5	1.073	ml	17,5
Lagunillas (VI)	2002	h= 0,5 - 0,9; l= 0,5 - 1,1	460	ml	6,0

Muretes de sacos

Cuadro 32. Características de murete de sacos

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento
Tabla de costos CONAF	2003	h= 1,2	5.899	m ²	-
Cuesta Cavilolén (IV)	1997	h=0,4; b= 0,4; a=0,5	9.762	m ³	8,0 m/j
Lagunillas (VI)	2002	l= 0,5 - 1; h= 0,8 - 1,5	1.420	m ²	43,0 m ² /j

Muretes de Bolsas

Cuadro 33. Características de muretes de bolsas

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
El Sauce (IV)	1998	s/i	283	ml	20,0

Diques de mampostería en seco

Cuadro 34. Características de diques de mampostería en seco

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Cuesta Cavilolén (IV)	1995	a= 1; h= 1,3	19.589	m ³	0,4
Cuesta Cavilolén (IV)	2001	a= 1; h=1,3	15.799	m ³	0,3
El Sauce (IV)	1998	s/i	7.000	m ³	0,8
Monte Patria	1983	h=4; a=3,5; l= 20 - 50	5.313	m ³	0,97

Diques de mampostería hidráulica

Cuadro 35. Características de diques en mampostería hidráulica

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Los Lúcumos (V)	2001	Obras = 31,7 y 68,1 m ³	169.183	m ³	s/i
Cerro Pajaritos (IV)	1975	s/i	623.527	m ³	0,2

Obras lineales con sacos y bolsas

Cuadro 36. Características de tratamientos lineales con sacos y bolsas

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m/j)
Santa Sofía (VIII)	2002	s/i	5.017	m ²	s/i
Santa Sofía (VIII)	2002	-	419	ml	29,0
El Hoyo (VII)	2000	sacos de 0,35 X 0,65 m	496	ml	39,6
El Sauce (IV)	1998	s/i	283	ml	20,0

Líneas de piedras

Cuadro 37. Características de líneas de piedras

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
El Sauce (IV)	1998	s/i	281	m	19,8

Terrazas

Cuadro 38. Características de terrazas

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento
Cuz Cuz (IV)	1988	l= 30; b= 6	475	m ²	1,0 m ³ /j
Sierras de Bellavista (VI)	2000	b =0,4 (con revestimiento)	972	m	5,5 m/j
El Hoyo (VII)	2000	b= 0,6; l= 2 - 14	841	m	28,0 m/j
Tunga Norte (IV)	1998	10 m ² (con muro de piedra)	518	m ²	s/i
Lagunillas (VI)	2002	b= 0,5 - 1,0 ; l=30 - 45	204	m	35,0 m/j

Muros de infiltración

Cuadro 39. Características de muro de infiltración

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Cuesta Cavilolén (IV)	1999	a= 0,5; b= 0,4; h= 0,4	7.788	m ³	1,4
El Sauce (IV)	1998	h= 0,3; a=0,3; b=0,3; l= 4	6.733	m ³	1,4

Colectores de piedra

Cuadro 40. Características de colectores de piedra

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Tomeco-Lircay (VIII)	2000	P = 1; Ø = 1,5 (1,8 m ³)	13.603	m ³	0,9

P= profundidad (m)

Cisternas de acumulación

Cuadro 41. Características de cisternas de acumulación

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Altos de Carén (V)	1996	Manga Geomembrana 7 m ancho	10.000	m ³	s/i

Bancales

Cuadro 42. Características de bancales

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (unidades/j)
El Sauce (IV)	1998	semicircular, Ø = 0,6	1.413	U	4,0
La Muñozana (IV)	1997	semicircular, Ø = 0,6	1.413	U	4,0

Control de taludes

Cuadro 43. Características de control de taludes

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Alto Loica (RM)	1997	s/i	10.167	ml	1,1

Estabilización de cauces y riberas

Cuadro 44. Características de estabilización de cauces y riberas

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Alto Loica (RM)	1997	s/i	13.142	ml	1,1

Surcos

Cuadro 45. Características de surcos

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
Las Salinas (V)	1999	mecanizados, a= 0,6 – 0,7; h= 0,3 - 0,4	156	ml	1250,0 retroexcavadora
Cerro Pajaritos (IV)	1975	b= 0,2; h= 0,3; a= 0,6; l= 0,7	1.900	m ³	2,4

Bordos semicirculares

Cuadro 46. Características de bordos semicirculares

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (unidades/j)
El Sauce (IV)	1998	s/i	3.804	U	1,5

Hoyaduras

Cuadro 47. Características de hoyaduras

Sector	Año	Dimensiones	Costo* (\$)	Unidad	Rendimiento (m ³ /j)
El Sauce (IV)	1998	Semicircular, $\varnothing = 0,5$	2.333	m ²	2,5

4.3 Análisis de las Bonificaciones Legales a las Obras de Recuperación de Suelos Degradados

La Ley N° 19.561 de 1998, que modifica el D.L. 701 de 1974, sobre fomento forestal, deja de manifiesto su interés en beneficiar y estimular a los pequeños propietarios rurales, quienes en conjunto representan una superficie de 2 millones de hectáreas y que en su mayoría tienen suelos de aptitud forestal. El objetivo que se persigue es forestar e incorporar obras físicas y biológicas de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos, orientadas hacia la recuperación de terrenos degradados y a la lucha contra la desertificación.

Asimismo, dicha iniciativa legal permite bonificar hasta un valor que alcanza el 90 % de los costos de forestación y de recuperación de suelos degradados, por las primeras 15 hectáreas de una propiedad rural pequeña (definida en la ley), mientras que para los otros propietarios bonifica el 75 % de dichos costos. En el caso de los pequeños propietarios, el Estado establece a través del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), líneas de crédito especiales para financiar la forestación y las actividades de recuperación de suelos degradados. Estas líneas de crédito tienen tasas preferenciales y son cubiertas, una vez realizada la forestación, por las bonificaciones entregadas por la Tesorería General de la República (Valencia, 2000). En este mismo contexto, el Bancoestado es otra institución que apoya a los propietarios a través de créditos para la forestación y obras de recuperación de suelos degradados.

Así CONAF, a través de las Tablas de Costos, cada año establece un costo máximo bonificable por hectárea, tanto para la forestación (la que depende de la especie y densidad entre otros aspectos), como para la conservación de suelos degradados, la que dependerá del grado de erosión que presente el terreno, pudiendo ser considerada una erosión Moderada, Severa y Muy Severa.

Ahora bien, parece interesante revisar la evolución de las tablas de costos para cada categoría de erosión, entre los años 2000 – 2003, y a su vez, contrastarlas con los costos de cada obra de recuperación de suelos definidas por la ley, ya que permite generar una visión globalizada del fomento a la recuperación de suelos degradados. En este marco, el Gráfico 13, muestra una tendencia creciente y correlativa al grado de erosión, explicada por el reajuste legal establecido en la Ley sobre Impuesto a la Renta.

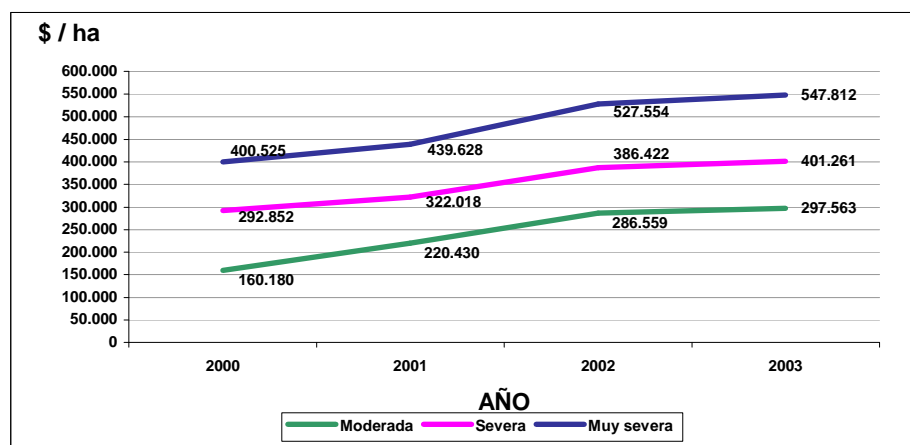


Gráfico 13. Evolución de las bonificaciones (en pesos / hectárea), según grado de erosión.

De la misma forma, los costos por obra de recuperación de suelos degradados se incrementan todos los años según la Ley sobre Impuesto a la Renta, como se muestra en el Gráfico 14.

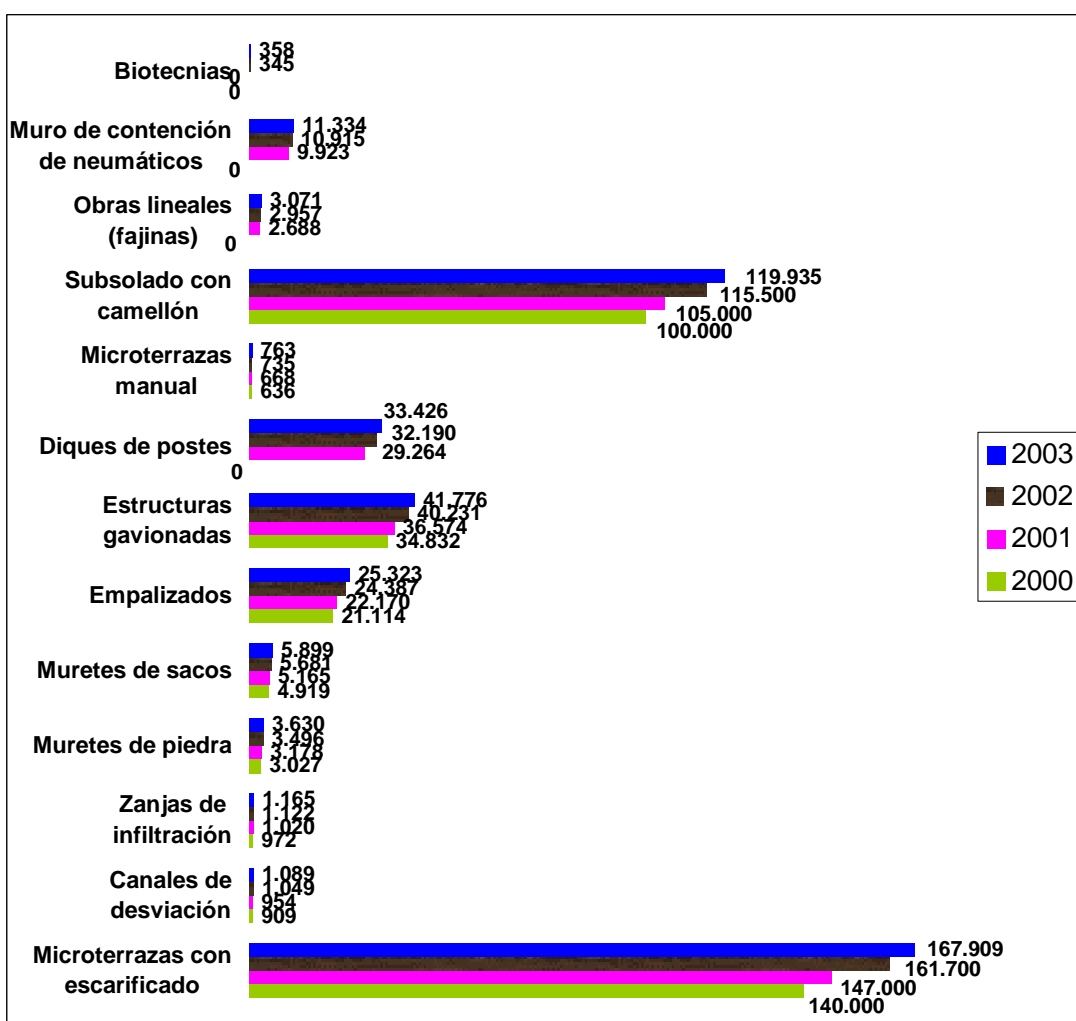


Gráfico 14. Evolución de la tabla de costos (años 2000 – 2003), según obra de recuperación de suelos, en \$/unidad

Cabe destacar, que las obras que presentan menor costos, son aquellas de construcción manual, como las zanjas de infiltración y los canales de desviación, las que no requieren materiales de construcción, sólo mano de obra. A su vez, estas obras, especialmente las zanjas de infiltración, han mostrado ser altamente eficientes en la conservación de suelos y aguas.

A partir de estos montos, es posible revisar los las bonificaciones cursadas, en cuanto al monto, a la superficie y a las comunas del país para los años 2000, 2001 y 2002.

Así, en el año 2000, las bonificaciones por actividades de recuperación de suelos degradados y forestación alcanzaron una superficie de 51,7 hectáreas, con un monto bonificado de \$ 22.999.022, lo que se considera un valor incipiente, debido a la reciente entrada en vigencia de la ley de fomento para dichas prácticas forestales.

Cuadro 48. Bonificación por actividades de recuperación de suelos degradados y forestación – Año 2000

Región	Provincia	Comuna	Número Bonificaciones otorgadas	Superficie Beneficiada (ha)	Monto (\$)
VI	Cardenal Caro	Paredones	2	44	20.333.256
IX	Cautín	Gorbea	1	7,7	2.665.766
TOTAL			3	51,7	22.999.022

Fuente: Corporación Nacional Forestal, CONAF

Por otra parte, aunque se construyeron numerosas obras de recuperación de suelos, ellas están enmarcadas en módulos experimentales o en programas de absorción de mano de obra, y por lo tanto, no se acogieron a los beneficios de la ley.

Para las bonificaciones del año 2001, existe un cambio positivo en cuanto a los montos y superficies bonificadas, superando 10 veces lo conseguido en el año 2000, como se aprecia en el Cuadro 49. De esta forma, se puede evidenciar el mayor conocimiento de la ley, lo que se genera a partir de los programas de difusión por parte de las instituciones responsables, dirigidos a los propietarios y a consultores forestales.

Cuadro 49. Bonificación por actividades de recuperación de suelos degradados y forestación – Año 2001

Región	Provincia	Comuna	Número Bonificaciones otorgadas	Superficie Beneficiada (ha)	Monto (\$)
IV	Limarí	Ovalle	1	22	11.502.808
		Punitaqui	1	13	6.250.934
VI	Cardenal Caro	Marchigüe	2	81,7	32.360.254
		Paredones	10	97,7	52.314.135
	Colchagua	Lolol	1	48,16	14.373.216
		Peralillo	1	7,56	3.173.114
	Pumanque	2	3,7	2.020.206	
VIII	Ñuble	Quirihue	1	8,2	4.250.655
IX	Cautín	Cunco	5	73,5	26.653.832
		Galvarino	1	3	1.563.917
		Gorbea	14	41,72	19.983.985
		Loncoche	3	20,2	9.159.446
		T. Schmidt	1	15,6	7.414.422
	Malleco	Angol	1	6	2.806.003
		Los Sauces	4	123,12	54.220.485
	Lumaco	2	58,8	21.135.987	
TOTAL			50	623,96	269.183.399

Fuente: Corporación Nacional Forestal, CONAF

Como se observa en el cuadro anterior, durante 2001 se amplía la cobertura de la ley de fomento tanto en superficie y montos bonificados, como en extensión geográfica, ya que se incluyen otras comunas y regiones, como son la IV, V y VIII.

Las bonificaciones del año 2002, evidenciaron un nuevo crecimiento respecto del año anterior, alcanzando una superficie y monto bonificado de 2.194,23 hectáreas y 1.048.260.674 pesos, respectivamente, como se aprecia en el Cuadro 50, tendencia que con los años debería incrementarse, a medida que estas prácticas se masifiquen y transfieran a los propietarios, a través de la actuación de ingenieros, agentes de desarrollo y operadores forestales ligados a estas temáticas.

Cuadro 50. Bonificación por actividades de recuperación de suelos degradados y forestación – Año 2002

Región	Provincia	Comuna	Número Bonificaciones otorgadas	Superficie Beneficiada (ha)	Monto (\$)
IV	Limarí	Ovalle	2	240,4	84.766.883
		Punitaqui	1	18,5	8.484.056
	Choapa	Canela	1	35	20.507.046
V	Valparaíso	Casablanca	2	104,5	50.212.363
VI	Cardenal Caro	Litueche	4	71,5	35.012.216
		Marchigüe	1	5	2.251.795
		Paredones	39	226,58	125.651.757
		Pichilemu	3	35	18.560.512
	Colchagua	Lolol	3	158,46	91.135.734
		Peralillo	1	15,88	8.159.742
Pumanque		5	68,25	40.126.322	
VII	Curicó	Vichuquén	3	3,60	1.925.466
		Licantén	1	33,56	16.858.011
	Linares	San Javier	2	48,79	18.254.339
		Retiro	1	35,16	9.621.537
VIII	Concepción	Tomé	1	8,3	3.549.331
IX	Cautín	Carahue	2	11,7	5.541.390
		Cunco	14	167,93	77.886.150
		Curarrehue	2	6,78	4.125.747
		Galvarino	32	111,53	55.562.308
		Gorbea	10	37,1	21.759.285
		Imperial	6	18,25	10.279.040
		Lautaro	1	0,43	361.700
		Loncoche	15	80,4	43.782.322
		Melipeuco	1	7,4	4.478.630
		P. Las Casas	3	7,45	4.586.442
		Pitrufquén	1	4,45	1.602.755
		Temuco	10	59,19	29.133.459
		Toltén	1	2,2	1.023.001
		Vilcun	2	3,7	1.522.661
	Villarrica	1	3,08	1.878.389	
	Malleco	Angol	3	65,34	29.651.058
		Collipulli	1	29,45	14.661.950
		Los Sauces	3	440,03	180.132.218
		Lumaco	13	94,65	46.585.010
		Traiguén	2	12,25	6.600.323
Victoria		1	43,55	18.689.079	

TOTAL			187	2.194,23	1.048.260.674
--------------	--	--	------------	-----------------	----------------------

Fuente: Corporación Nacional Forestal CONAF

El análisis discriminante entre los costos de cada obra, con respecto a la Tabla de Costos de la CONAF, exige un análisis o ajuste de mercado sobre los montos bonificables para las actividades de recuperación de suelos, ya que existen divergencias notorias, en la mayoría de las obras, entre los

costos incurridos por los propietarios y los costos establecidos por ley, siendo el primero mucho menor, como se aprecia en el Cuadro 51.

Cuadro 51. Comparación de costos promedios de experiencias nacionales y la tabla de costo por obra de recuperación (CONAF) – año 2002

Tipo de obra	Lugar	Costo promedio \$/ m ³	Tabla de Costos CONAF \$/ m ³
Zanjas de infiltración	Cerro Pajaritos (IV Región)	2.288	29.125
Canales de desviación	Cuesta Cavilolén (IV Región)	3.340	27.225

Esto pone en evidencia el objetivo de la ley de, por un lado, promover mediante un incentivo generoso el uso de obras de conservación de suelos degradados y, por otro, beneficiar a los pequeños propietarios.

En este marco, las bonificaciones han cumplido un rol significativo para las propiedades rurales, consolidándose en el tiempo como una sustantiva herramienta de financiamiento y a la vez, como un elemento efectivo de protección de suelos frágiles o en procesos de erosión. En este contexto, se pueden observar los siguientes resultados en el Gráfico 15.

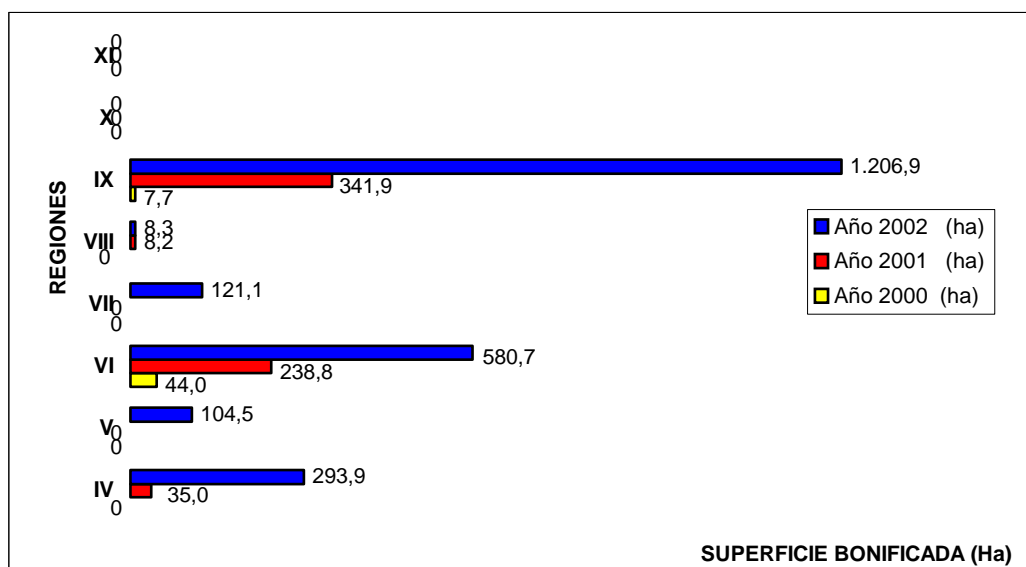


Gráfico 15. Superficie bonificada por D.L. 701, recuperación de suelos degradados y forestación

En resumen, la Región de La Araucanía, el año 2002, registra las mayores superficies bonificadas del país con 1.206,9 hectáreas, seguida muy atrás por la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins (580,7 ha), la IV Región de Coquimbo (293,9 há), y la VII Región del Maule (121,1 ha).

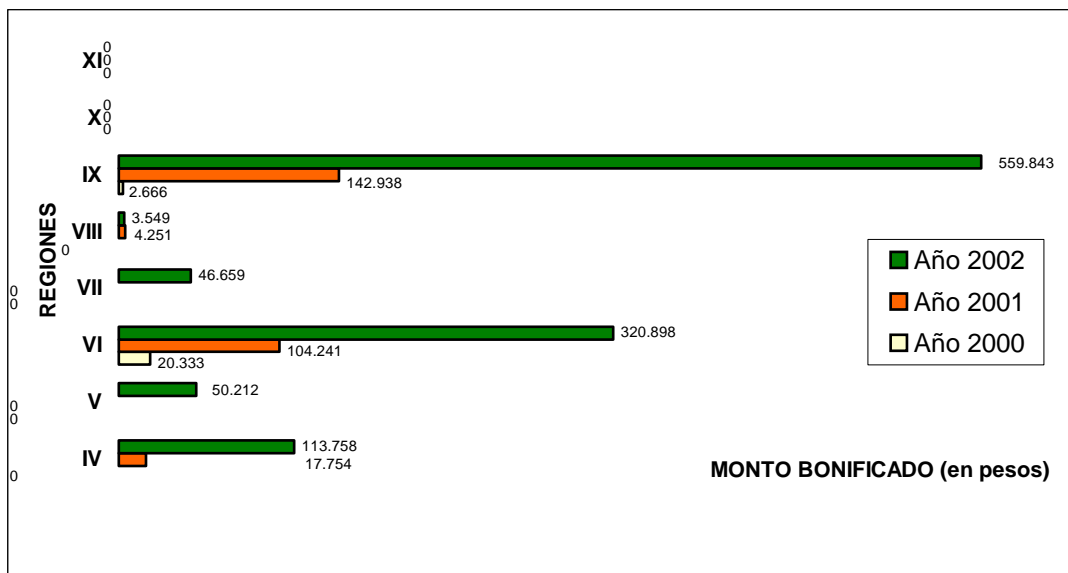


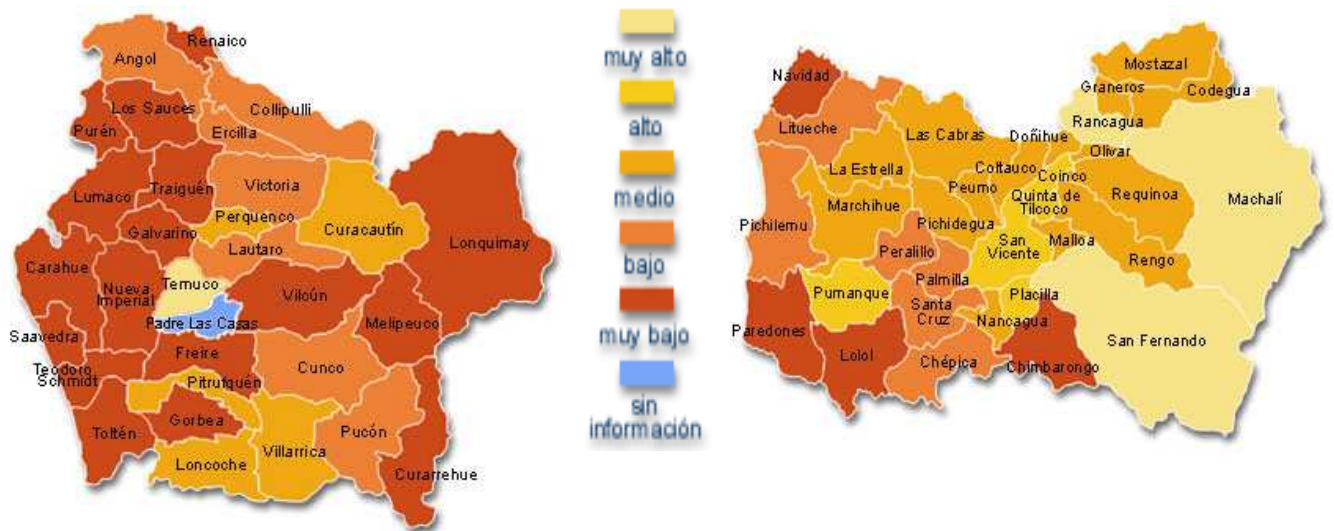
Gráfico 16. Montos bonificados por D.L. 701, recuperación de suelos degradados y forestación

El Gráfico 16, muestra la evolución creciente de los montos durante el período 2000 – 2002, por concepto de la recuperación de suelos degradados y forestación. En particular, las regiones IX y VI, poseen los mayores montos bonificados con 559,8 y 320,9 millones de pesos, respectivamente.

Análogamente, un punto esencial es que los instrumentos del Estado (bonificaciones) se utilice en zonas que presentan degradación de sus recursos naturales y la consiguiente precariedad en las condiciones de calidad de vida de los habitantes. Por ello, al revisar los indicadores de desarrollo humano, elaborado por el PNUD (2000), y la información del Cuadro 52, se revela que las comunas de mayor monto de subsidio percibido, por concepto de la recuperación de suelos y forestación, son las comunas Los Sauces de la IX Región y Paredones de la VI Región, coincidiendo con los valores más bajos del Indicador de Desarrollo Humano, es decir, éstas corresponden a las comunas más pobres de dichas regiones.

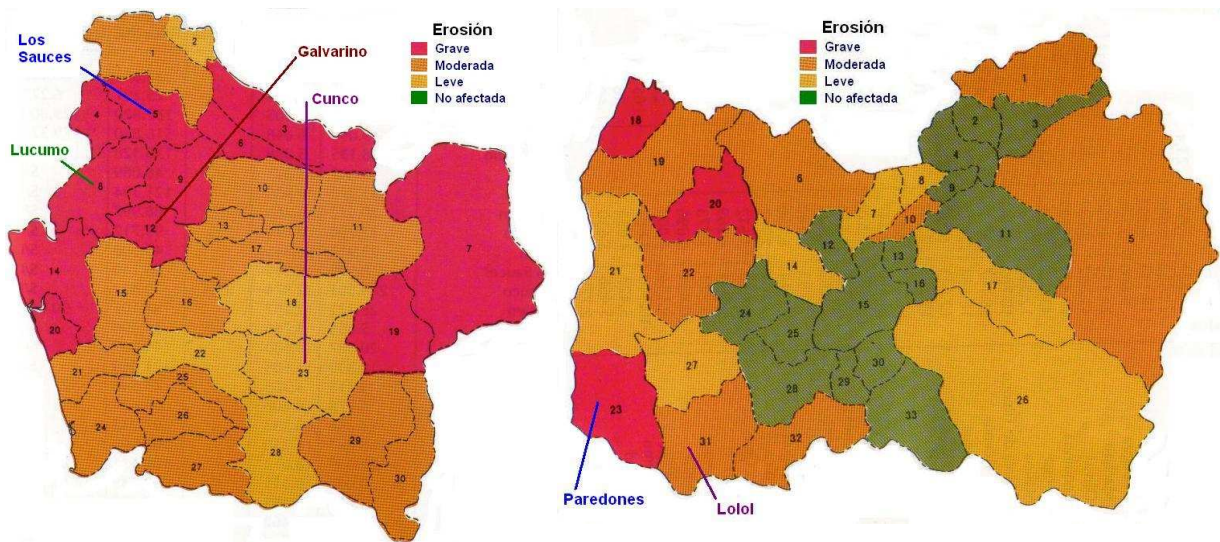
Cuadro 52. Comunas con mayor monto bonificado por concepto de recuperación de suelos degradados, entre los años 2000 y 2002

REGIÓN	COMUNA	MONTO (\$)	SUPERFICIE (ha)
IX	Los Sauces	234.352.703	563,2
VI	Paredones	198.299.148	368,3
VI	Lolol	105.508.950	206,6
IX	Cunco	104.539.982	241,4
IV	Ovalle	96.269.691	262,4
IX	Lumaco	67.720.997	153,5
IX	Galvarino	59.791.991	122,2
IX	Loncoche	52.941.768	100,6
V	Casablanca	50.212.363	104,5



IX Región VI Región
Figura 11 . Mapa Índice de desarrollo humano de la IX y VI regiones
 Fuente: PNUD 2000

En este contexto, es prioritario que este instrumento sea una herramienta eficaz en la superación económica, social y ambiental de estas comunas. Así, el “*Mapa preliminar de la desertificación en Chile – por comunas –*”, elaborado por la Corporación Nacional Forestal, el año 1997, muestra, según los antecedentes del Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación (PANCD), que las comunas mencionadas presentan graves problemas de erosión. Y por ello, se destaca la asociación directa que se produce entre pobreza y ruralidad, como también con el grado de deterioro del recurso suelo, lo que induce a encontrar una salida agrícola y/o forestal, mediante el uso de los instrumentos estatales, tal que permita mejorar la calidad del recurso suelo y de esta forma aumentar su productividad.



IX Región VI Región
Figura 12. Mapa preliminar de la desertificación en Chile, regiones IX y VI
 Fuente: Programa PANCD, 1997

Finalmente, un elemento fundamental para lograr una aplicación exitosa de esta política de desarrollo y fomento de la forestación y la recuperación de suelos degradados, es el apoyo del Estado en materia del financiamiento y de la transferencia tecnológica de las prácticas de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos, que permitan una adecuada rentabilidad económica y la vez, actuaciones más acordes con el medio ambiente físico y social, sobre el cual, estas prácticas tomen lugar.

5. CONCLUSIONES

El proyecto “Determinación de estándares de ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola”, estableció que un primer aspecto importante de desarrollar era conseguir un adecuado conocimiento de lo realizado en el país, en materias relativas a la conservación de aguas y suelos, y de ahí la importancia de los antecedentes recopilados. En este marco y en función de los antecedentes con que hoy se cuenta, las principales conclusiones que se pueden obtener son:

- Se ha constatado el importante esfuerzo realizado por las instituciones y sus profesionales en el ámbito de la conservación de aguas y suelos, ya que como se pudo observar, no siempre se contó con la mano de obra adecuada ni con los recursos materiales mínimos para enfrentar desafíos de grandes proporciones. Asimismo, estos esfuerzos, en un principio correspondieron a trabajos aislados y no a una planificación que le diera continuidad en el tiempo, por lo que las obras muchas veces han quedado sin mantención y por lo mismo, algunas de ellas ya no existen.
- Un segundo aspecto importante de destacar, es que existe una considerable experiencia acumulada en la construcción de este tipo de obras, la que se transforma en un referente de relevancia a la hora de transferir dichas técnicas. Sin embargo, esa experiencia no se encontraba sistematizada, y ello ha confabulado para que no se cuente con parte importante de la misma.
- Las obras de conservación de aguas y suelos, no han respondido en su ejecución a una planificación institucional o sectorial, con fines ambientales, de protección o producción. Más bien han sido un eficaz absorbedor de mano de obra en condiciones de cesantía importante de la población, por lo cual sus objetivos han sido más bien sociales que técnicos.
- En general, las obras han mostrado su efectividad en la conservación de suelos y aguas, lo que se refleja en un establecimiento importante de vegetación en condiciones áridas y semiáridas primordialmente; asimismo, han probado su eficacia al disminuir el arrastre de sedimentos en laderas cercanas a centros urbanos.
- Asociado a la conclusión anterior, surge la gran destrucción que sufren estas obras frente a eventos torrenciales y con solicitaciones que exceden sus capacidades, lo cual es atribuible a un deficiente diseño de ingeniería y al tipo de material con que son construidas. Asimismo, se desprende de los resultados alcanzados, que la relación costo-beneficio no siempre ha sido la adecuada, ya que en muchos casos sus diseños son exagerados, o en la mayoría de las situaciones, éstos son subdimensionados.
- Un elemento primordial y determinante para el desarrollo forestal del país, es que a partir de 1999, se ha observado un importante aumento en el uso de las obras de conservación de aguas y suelos, como resultado de la modificación de la Ley de Fomento Forestal, la que incentiva estas técnicas en plantaciones forestales. Lo principal es que se está promoviendo el uso de las prácticas de conservación de suelos y aguas como política gubernamental, lo que no existía

anteriormente, hecho sin parangón en la gestión histórica de los recursos suelo y agua en el país.

- Finalmente, si se cuenta con un importante acervo experiencial; con ingenieros y técnicos que pueden ser capacitados en nuevas tecnologías; con una ley forestal que promueve el uso de las técnicas de conservación de aguas y suelos; y con buenos equipos de investigación en las Universidades e institutos ligados, es necesario alcanzar una segunda etapa de desarrollo. Ésta debe consistir en optimizar los recursos financieros y económicos aportados por el Estado, para la construcción de estas obras, consiguiendo mejores diseños, que incorporen aspectos de ingeniería hidrológica, y permitan ofertar obras con adecuados dimensionamientos, que respondan eficientemente a las demandas físicas, sociales y ambientales de los sitios en que son emplazadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- CONAF. 1988. Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile. Proyecto cuencas CONAF-JICA. Informe Final. Ministerio de Agricultura. Chile. 161 p.
- CONAF - JICA. 1998. Manual de control de erosión. Proyecto Cuencas CONAF-JICA. Corporación Nacional Forestal. Santiago. Chile. 73 p.
- CONAF Región Bío Bío. 2000. Áreas demostrativas para la Conservación del Suelo y Agua en la Región del Bío Bío. Corporación Nacional Forestal. Concepción. Chile. p.i.
- CONAF Provincial Colchagua. 2000. Restauración hidrológica y forestal de la cuenca poniente del poblado Sierras del Bellavista. Corporación Nacional Forestal. San Fernando. Chile. p.i.
- CONAF Región Coquimbo. 2001. Manual de Conservación de Suelo, Agua y Vegetación. Corporación Nacional Forestal. Ovalle. Chile. p.i.
- CONAF Oficina Provincial Petorca. 2001. Obras para la regulación de flujos hídricos de las Quebradas La Parra y Nazareto. Corporación Nacional Forestal. La Ligua. Chile. 54 p.
- CONAF VII Región. 2002. Módulos Demostrativos de Recuperación y Conservación de Suelos. Corporación Nacional Forestal. Talca. Chile. p.i.
- CONAMA. 1994. Propuesta, plan nacional de conservación de suelo. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile. 119 p.
- CONAMA 2003, Comisión Nacional del Medioambiente, julio de 2003. Recursos Naturales de las regiones IV, V, VI, VII y VIII de Chile. www.conama.cl
- Díaz B., Ricardo. 1986. Sistemas de Protección fluvial en el manejo de cuencas hidrográficas. Manual Técnico N° 4. Programa de Manejo de Cuencas de la Corporación Nacional Forestal. Chile. 143 p.
- Dirección General de Aguas. 1987. Balance Hídrico de Chile. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago. Chile. 24 p.
- Dirección General de Aguas y Suelos de Perú. 1980. Clasificación y codificación de prácticas de conservación de aguas y suelos. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú. 40 p.
- EIAS. 2003. Manual de diseño de obras de conservación de aguas y suelos. Módulos 1 al 5, Instructivos 1 al 4. http://eias.utralca.cl/permanentes/inicio_publicaciones.htm
- Gobierno de Chile. 2000. Desarrollo Humano en las Comunas de Chile. Programas de las Naciones Unidas para el desarrollo PNUD - Ministerio de Planificación y Cooperación. Chile. 102 p.

- Critchley, W. y Siegert K. 1996. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua Lluvia. Tomo I: Bases técnicas de experiencias en África y Asia. FAO-PNUMA. Santiago. Chile. 161 p.
- INFOR. 2000. Aplicación de técnicas de captación de aguas lluvia en predios de Secano para Forestación. Manual 25. Proyecto de desarrollo de las comunas pobres de la zona de secano (Prodecop-Secano). Santiago. Chile. 45 p.
- Fazzi U., J. y Miquel W., R. 2001. Módulo demostrativo de conservación de suelos degradados. Proyecto de transferencia tecnológica y capacitación forestal para pequeños propietarios de la comuna de Paredones. Corporación Nacional Forestal. Paredones. Chile. 31 p.
- López C., Filiberto. 1984. Corrección de torrentes y estabilidad de cauces. Universidad Politécnica de Madrid. Manuscrito enviado a FAO para su publicación. Madrid. España. 169 p.
- Mintegui A., Juan; López, F. 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Servicio Central del Gobierno Vasco. Vitoria. España. 306 p.
- Miquel, R. 2003. Obras de recuperación y conservación de suelos degradados en el secano costero de la Sexta Región, a través de la creación de un módulo demostrativo. Seminario presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero de Ejecución Forestal en la modalidad de Postítulo. Universidad Católica del Maule. Talca. Chile. 31 p.
- Navarro G., Lemus M., Vásquez R. 2001. Manual para el desarrollo de obras de conservación de suelo. Corporación Nacional Forestal Provincia de Colchagua. San Fernando. Chile. 71 p.
- Navarro G., Vásquez R. 2002. Cosecha de agua y fertilización en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, secano interior provincia Colchagua. Instalación de módulos demostrativos. Corporación Nacional Forestal Provincia de Colchagua. San Fernando. Chile. p.i.
- Pérez H. 2001. Evaluación de la productividad de *Pinus radiata* D. Don asociado a zanjas de infiltración. Llongocura. VII Región del Maule. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Talca. Chile. 41 p.
- Pizarro T., R., Abarza M., Flores V., J. 2003. Análisis Comparativo de las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en 6 Estaciones Pluviográficas (VII Región del Maule - Chile) Universidad de Talca. <http://www.unesco.org.uy/phi/bibli.htm>
- Pizarro R., Hernández I., Muñoz J., Torres H., Torres G. 1988. Elementos Técnicos de Hidrología II. Corporación Nacional Forestal. UNESCO. La Serena. Chile. 81 p.
- Pizarro R., Novoa P. 1986. Elementos Técnicos de Hidrología I. Corporación Nacional Forestal. La Serena. Chile. 81 p.
- Peralta, Mario. 1976. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Chile. 340 p.

PNUD. Desarrollo Humano en Chile 2002. Nosotros los Chilenos: un desafío cultural. PNUD. Santiago. Chile. 357 p.

Saavedra J. 1999. Análisis comparativo de técnica de recuperación de suelo en áreas degradadas; efecto en la humedad del suelo la supervivencia y crecimiento de *Pinus radiata* D.don. Microcuenca del Estero Barroso, VII Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Talca. Chile. 35 p.

Santibáñez *et al.* 1996. En Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile. 1999. Capítulo Suelos. Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile. Editado por el Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile. Editorial LOM. Santiago. Chile. 409 p.

Soto, G. 1997. Mapa Preliminar de la Desertificación en Chile – por comunas: Corporación Nacional Forestal CONAF. Ministerio de Agricultura. Chile. 88 p

Valencia, Alejandra. 2000. Las bonificaciones forestales en el texto modificado del Decreto Ley N° 701. Tesis de grado. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Valparaíso. Chile. 147 p.

<http://www.bcn.cl>

<http://www.conaf.cl>

<http://www.conama.cl>

<http://eias.otalca.cl>

<http://www.gestionforestal.cl/>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de las siguientes personas:

Wilfredo Alfaro Catalán, CONAF Oficina Central

Feliciano Araya Órdenes, CONAF VI Región

Jorge Arriagada González, CONAF VI Región

Alejandro Bórquez Orrego, CONAF Región Metropolitana

Javier Briceño Araya, CONAF IV Región

Waldo Canto Vera, CONAF IV Región

Luis Carrasco Bravo, CONAF VII Región

Francisco Castillo Espinoza, CONAF VIII Región

Renato Castro Hernández, CONAF V Región

Marcelo Cerda Berríos, CONAF IV Región

Juan Cerda Osorio, CONAF IV Región

Bernardo Contreras Arellano, CONAF IV Región

Iván Flores Matus, CONAF Región Metropolitana

Mario Gálvez Fernández, CONAF IV Región

Fernando Hurtado Torres, CONAF V Región

Danila Lazo González, CONAF V Región

Remberto Lisboa Donoso, CONAF VI Región

Carlos Lorenzo González, CONAF VI Región

Guillermo Navarro Vidal, CONAF VI Región

Manuel Negrete Negrete, CONAF Región Metropolitana

Patricio Novoa Quezada, CONAF V Región

Jorge Peña González, CONAF VI Región

Carlos Salazar Tapia, CONAF V Región

Jorge Silva Cabello, CONAF IV Región

Liliana Yáñez Portilla, CONAF IV Región