



GOBIERNO DE CHILE
CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL

1

**RECUPERACIÓN HIDROLÓGICA Y FORESTAL
DE LA CUENCA PONIENTE DEL POBLADO DE
SIERRAS DE BELLAVISTA**

Autores :

Guillermo Navarro V.
Ingeniero Forestal

Mauricio Lemus V.
Ingeniero Forestal

Rodrigo Vásquez.
Ingeniero Forestal

Rubén Bravo.
Técnico Forestal

San Fernando, 2001

PRÓLOGO

El proyecto Restauración Hidrológica y Forestal llevado a cabo luego del gran incendio forestal ocurrido en Enero de 1999, representa un importante aporte como modelo de recuperación de ambientes degradados, utilizando técnicas enmarcadas en el nuevo Decreto Ley de Fomento, así como la mancomunidad de aportes privados y públicos, esfuerzos que resultan vitales en la recuperación de suelos y por ende en el mejoramiento de la calidad de vida de todas aquellas personas relacionadas con el recurso suelo.

De la masificación de las técnicas en construcción obras y tratamientos de conservación de suelo, así como de los beneficios económicos y para la plantaciones producto del uso de estas técnicas, dependerá que la nueva legislación forestal no sea letra muerta y resulte en un real aporte en la conservación de suelos degradados.

Importante resulta destacar además la valiosa cooperación prestada a Provincial Colchagua CONAF, por parte de Samuel Francke, Rodrigo Vargas, Enrique Wiliams, Mario Pinto, Beatriz Barria profesionales del Programa de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, tanto en labores de planificación como asesoramiento en las labores de conservación de suelo.

INDICE

1. INTRODUCCION

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3 ANTECEDENTES DEL LUGAR

3.1 SECTOR

3.2 UBICACIÓN ADMINISTRATIVA

3.3 VÍAS DE ACCESO

3.4 VEGETACIÓN

3.5 FISIOGRAFÍA

3.6 ALTITUD

3.7 GEOLOGÍA

3.8 SUELOS

3.9 CLIMA

4. METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1. CONCEPTUALIZACIÓN

4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

4.2.1 Topografía

4.2.2 Caracterización del Problema

4.2.3 Zonificación por grados y Procesos de deterioro

4.2.4 Priorización de los Trabajos y Zonas de Control

4.3. TRATAMIENTOS Y OBRAS DE CONSERVACIÓN

4.3.1 Tratamientos del Cauce

4.3.2 Tratamientos de Ladera

4.3.3 Obras de Conservación

4.3.3.1 Obras del Cauce

Diques de madera

Diques de gaviones

Limanés

4.3.3.2 Obras de Ladera*Zanjas de infiltración**Canales de desviación de agua**Curva de nivel con sacos**Muros de sacos**Empalizadas**Terrazas***4.3.4 Control Biológico****4.3.5 Representación Topográfica****4.4 EJECUCIÓN DEL PROYECTO****4.4.1 Módulos de Trabajo****4.4.2 Capacitación****4.4.3 Infraestructura****4.4.4 Exclusión y Acondicionamiento****4.4.5 Transferencia Técnica****5. ANALISIS DE OBRAS Y TRABAJOS****5.1 INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y COSTOS****6. CONCLUSIONES****7. ANEXOS**

1. INTRODUCCIÓN

En enero de 1999 en la precordillera de San Fernando, ocurrió uno de los incendios forestales mas devastadores de los que se tenga registro en el presente siglo, afectando las cuencas de los ríos Tinguiririca, Claro y Clarillo. En dicho incendio se destruyeron alrededor de 25.000 Ha de Cobertura Vegetal afectando pradera o pastizal andino, bosque esclerofilo, bosques de roble y ciprés.

Otro componente del Ecosistema que se vio fuertemente afectado por la alta intensidad del incendio es el suelo, el cual sufrió alteraciones en sus propiedades físicas y químicas, lo que sumado a la pérdida de cobertura vegetal generó un suelo altamente susceptible de sufrir erosión. Con las lluvias del periodo invernal del mismo año este fenómeno se hizo patente modificando profundamente el régimen hídrico de la cuenca (caudal y sedimentación). Estos efectos anteriormente mencionados, se evidenciaron de modo particular en el poblado de Sierras de Bellavista, el cual vio afectado el abastecimiento de agua potable de la población, además de presentarse un alto riesgo para el poblado, producto que las aguas de las quebradas fluyen hacia el centro del poblado. Ante esta realidad se dio paso a la elaboración del “Proyecto de Absorción de Mano de Obra para la Restauración Hidrológica y Forestal de la Cuenca Poniente del Poblado de Sierras de Bellavista”.

Para la restauración hidrológica y forestal de la cuenca se establecieron obras mecánicas para el control y la prevención de la erosión, posteriormente se realizó un control biológico por medio de siembra de pastos, manejo de la regeneración y reforestación.

Por otro lado y enmarcado en el D.L.701, se estableció un modulo demostrativo de los trabajos de conservación bonificados por la Ley, para enseñar e incentivar las forestaciones de los pequeños propietarios bajo normas de conservación de suelo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

“Proteger la calidad del abastecimiento de agua potable bajo la cuenca poniente del poblado de Sierras de Bellavista”

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Regular el flujo hídrico, frenar los procesos de erosión y mitigar la sedimentación.
2. Proteger la infraestructura urbana y reducir el riesgo de eventuales aluviones.
3. Recuperación de la cobertura vegetal y reducción del impacto visual y escénico dejado por el incendio.
4. Generar fuente de trabajo para las familias de Sierras de Bellavista y capacitación de obreros en labores de conservación de suelos.



Vista aérea de consecuencias del incendio forestal sobre la cuenca poniente del poblado de Sierras de Bellavista

3. ANTECEDENTES DEL LUGAR

3.1 **PREDIO** : Fundo Sierras de Bellavista

3.2 **UBICACIÓN ADMINISTRATIVA** :

- Región : Sexta
- Provincia : Colchagua
- Comuna : San Fernando
- Sector : Cuenca Poniente del Poblado de Sierras de Bellavista

3.3 **VÍAS DE ACCESO**: Se accede por camino San Fernando - Termas del Flaco al oriente de San Fernando, pasando por la localidad de Puente Negro hasta el sector del enganche, se toma el desvío hacia Sierras de Bellavista pasando por el sector de “Las Peñas” hasta llegar al poblado, recorrido aproximado 45 km.

3.4 **VEGETACIÓN**: la vegetación nativa del área corresponde al tipo esclerófilo de estructura matorral arborescente, con especies tales como: Quillay, Litre, Peumo, Espino, Maqui. También se observan presencia de renovales de Roble y de Pino radiata, además se constata presencia anterior al incendio de Ciprés de la Cordillera.

3.5 **FISIOGRAFÍA**: El sector del proyecto esta constituida por 4 microcuenca de lomajes convexa con pendientes suaves 0 – 15 % en la parte media de ladera y pendientes muy pronunciadas en lo alto y bajo de la ladera (15 – 30% y 30 – 40%)

3.6 **ALTITUD**: Las alturas de la zona seleccionada presenta una cota mínima de 800m.s.n.m y una máxima de 1200m.s.n.m.

3.7 **GEOLOGÍA** :El sector de Sierras de Bellavista se encuentra ubicado en el Batolito Andino de la Cordillera de los Andes. Al interior de este podemos encontrar dos formaciones geológicas bien marcadas, una correspondiente al cuaternario volcánico (QTv/Qv) de tipo lavas y piroclastos andesíticos-basalticos (Klohn, 1960; citado por CONAF 1999), característico en toda la rivera del Rio Claro. Mas al sur se encuentra la formación Coya-Machali y Farellones (Kcm-Tf) constituida por un conjunto de volcanitas piroclásticas y lavas de carácter porfírico, con interacción de sedimentitas clásticas continentales (andesíticas, basálticas y traquitas) de coloración gris verdoso y gris rojizo y con afloramientos internos de la formación Batolito Andino (Kgds) constituidas po tonalitas y granodioritas de grano fino a medio. (Guzmán et al, 1977; citado por CONAF 1999a)

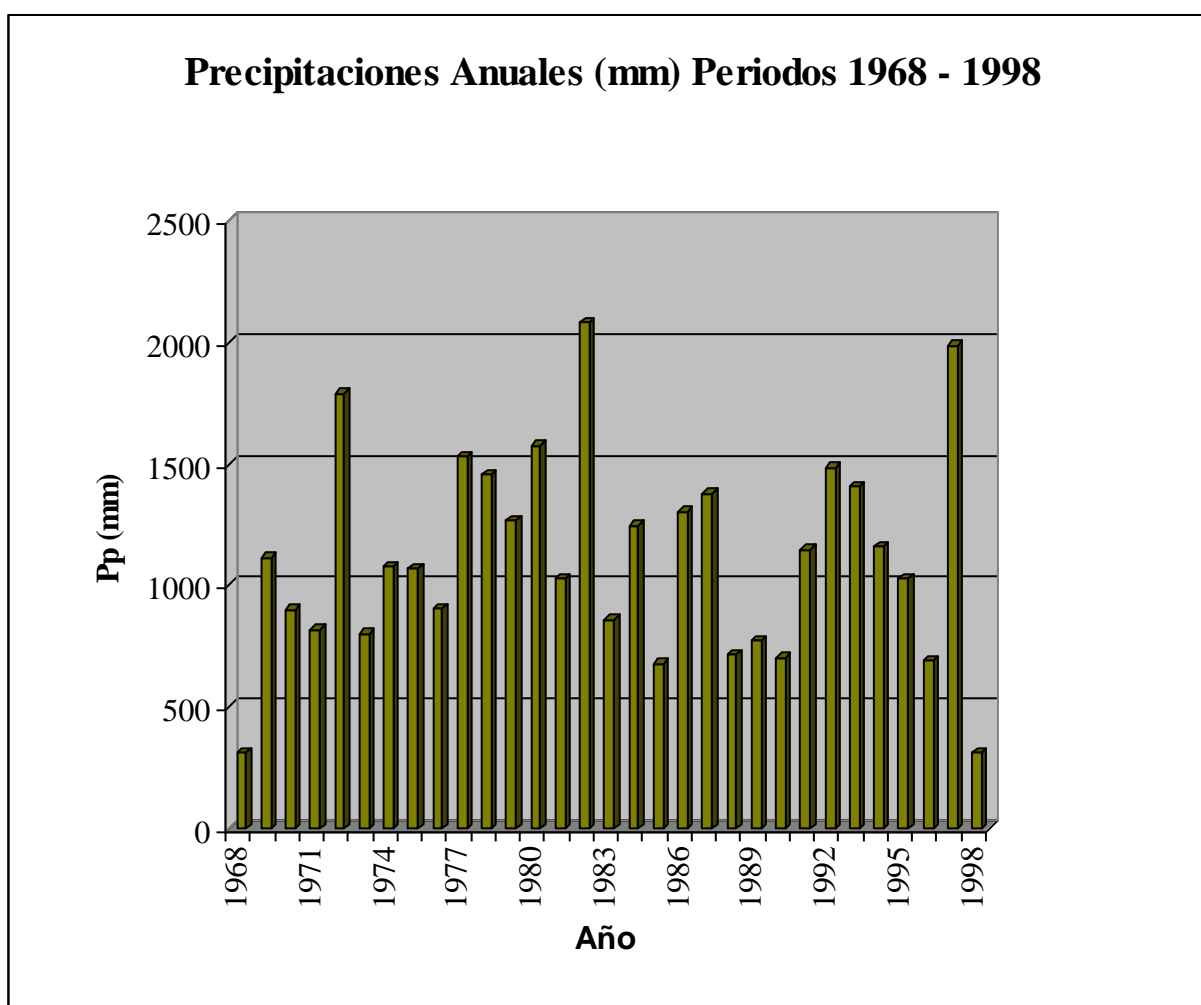
3.8 **SUELOS** : Son suelos derivado del batolito andino, ubicado en la Cordillera de los Andes de la VI Región. Suelos moderadamente profundos, de texturas francas en la superficie, y franca arenosas en profundidad. Presentan colores que varían entre el pardo oscuro al pardo amarillento. Son de estructura

bloques angulares, muy suelto. El substrato esta constituido por material batolítico meteorizado.

3.9 **CLIMA** : Aplicando la clasificación de Kooppen (Fuenzalinda, 1965) citado por Novoa et al (1989) el área seleccionada corresponde a una zona de clima templado cálido, con estaciones secas (4-5meses).

Sin embargo, tomando como base los principios de Emberger, el área se encuentra clasificada dentro de la zona bioclimática Mediterranea Subhúmeda (Di Castri y Hayeck, 1976; citado por Novoa et al 1989)

Gráfico N ° 1: Medición de precipitaciones anuales (mm) de la estación de la Rufina en un periodo de 30 años



4. METODOLOGIA DE TRABAJO

4.1. CONCEPTUALIZACIÓN

Antes de describir el método de trabajo, es importante aclarar una serie de conceptos que se describen a continuación:

Suelos degradados: Suelos que presentan categorías de erosión moderada o muy severa, susceptibles de ser recuperados mediante actividades, prácticas u obras conservacionistas del uso del suelo (CONAF, 1998; Citado por CONAF 1999 b).

Suelos frágiles: Suelos susceptibles de sufrir erosión severa debido a factores limitantes intrínsecos y de usos tales como: pendiente, textura, estructura, profundidad, drenaje, pedregosidad u otras (CONAF, 1998; Citado por CONAF 1999 b).

Criterios para determinar fragilidad de los suelos: Según el artículo 22°, la fragilidad de los suelos esta determinada por:

- Suelos ubicados en pendientes superiores a 45°.
- Suelos de textura arenosa o no estructurados.
- Suelos de profundidad menor o igual a 0,5 metros.
- Suelos con pedregosidad sobre 30%.
- Suelos con alto riesgo de deslizamiento o remoción en masa.
- Suelos con alto riesgo de erosión superficial.

Desertificación : Proceso de degradación de los suelos en zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas, resultante de la influencia de factores tales como variaciones climáticas, actividades humanas y otros (CONAF, 1998; Citado por CONAF 1999 b).

Impactos del mal manejo de los suelos : La degradación ambiental resulta común en áreas de ladera, debido a la combinación de factores socioeconómicos propios del subdesarrollo con un recurso suelo en franco deterioro. Los cambios en la vegetación o en el uso de la tierra, pueden derivar en lo siguiente (CONAF, 1998; Citado por CONAF 1999 b) :

- Mayor exposición del suelo a los efectos mecánicos de la lluvia y la escorrentía, reducción de la fertilidad, asociadas a pérdida de nutrientes y deterioro de las propiedades del suelo.
- Mayor escorrentía superficial provocando erosión de cárcavas e inundaciones.
- Menor retención de agua a nivel local lo que redundo en reducción de los niveles acuíferos subterráneos y escasez de agua en los pozos.
- Transporte de sedimentos, acumulación en ríos y en obras de riego
- Aumento de riesgo de inundaciones y reducción en la capacidad de los embalses
- Disminución del rendimiento en los cultivos
- Pauperización, erosión social y migración campo - ciudad

Erosión: Proceso físico de remoción acelerada de partículas de suelos producido por el agua, viento, glaciares o acción geológica y/o generado por la acción antrópica.

Factores que intervienen en la Erosión: En el caso de la erosión hídrica se considera que las precipitaciones, la pendiente (longitud y grado), características edáficas (textura, estructura, permeabilidad, contenido de materia orgánica entre otras) y cobertura vegetal son los factores que inciden directamente en la erosión de los suelos, cada uno actúa de la siguiente manera :

- **Precipitaciones :** Es el factor climático más importante en causar la erosión de los suelos.

Cuando la cantidad de agua de lluvia excede a la capacidad de absorción o infiltración, el agua de exceso fluye sobre la superficie, esta es la llamada escorrentía superficial que en conjunto con el efecto de la gota de lluvia generan la Erosión. Los factores que intervienen en la escorrentía son la cantidad, intensidad y duración de las lluvias, distribución de las precipitaciones respecto del tiempo y condiciones precedentes de humedad del suelo. De estos el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentía y por ende a la erosión, es la intensidad. Por ejemplo, dos zonas que en un período de tiempo tengan una precipitación total semejante, pero que en un sector se distribuya de forma homogénea y en el otro sector la misma precipitación se distribuya en reducidos e *intensos* fenómenos pluviométricos, es de esperar que en el segundo caso se presenten procesos erosivos de mayor magnitud.

Es importante señalar además que zonas en que la precipitación anual se distribuye en un periodo de tiempo mayor y de forma homogénea desarrolla una vegetación más exuberante que aquellas zonas con precipitaciones concentradas en un corto periodo del año, quedando de esta forma, este último suelo mayormente expuesto a la acción erosiva del agua.

- **Cobertura vegetal:** La importancia de este factor radica en que es la mejor protección física de un suelo, lo cual se lleva a cabo por medio de intercepción directa de la precipitación por el vegetal, o a través de la hojarasca, la cual protege al suelo del impacto de la gota de lluvia y de la escorrentía superficial, esto último por medio del aumento de la rugosidad superficial del suelo. Además mejora las características edáficas, proporcionándole mayor sustento por medio del sistema radicular y modificando propiedades de los suelos como estructura y permeabilidad entre otras, todas propiedades del suelo que inciden en la resistencia que este ofrece a ser erosionado.

- **Pendiente :** Es un factor preponderante en el desarrollo de la erosión, tanto la velocidad como la energía erosiva de la escorrentía superficial se ve fuertemente afectada tanto por la inclinación como por la longitud de la pendiente. De manera de apreciar los efectos de estos factores Suarez de Castro (1979) explica en forma teórica las relaciones entre la magnitud de la velocidad del agua y su poder erosivo de la siguiente forma:

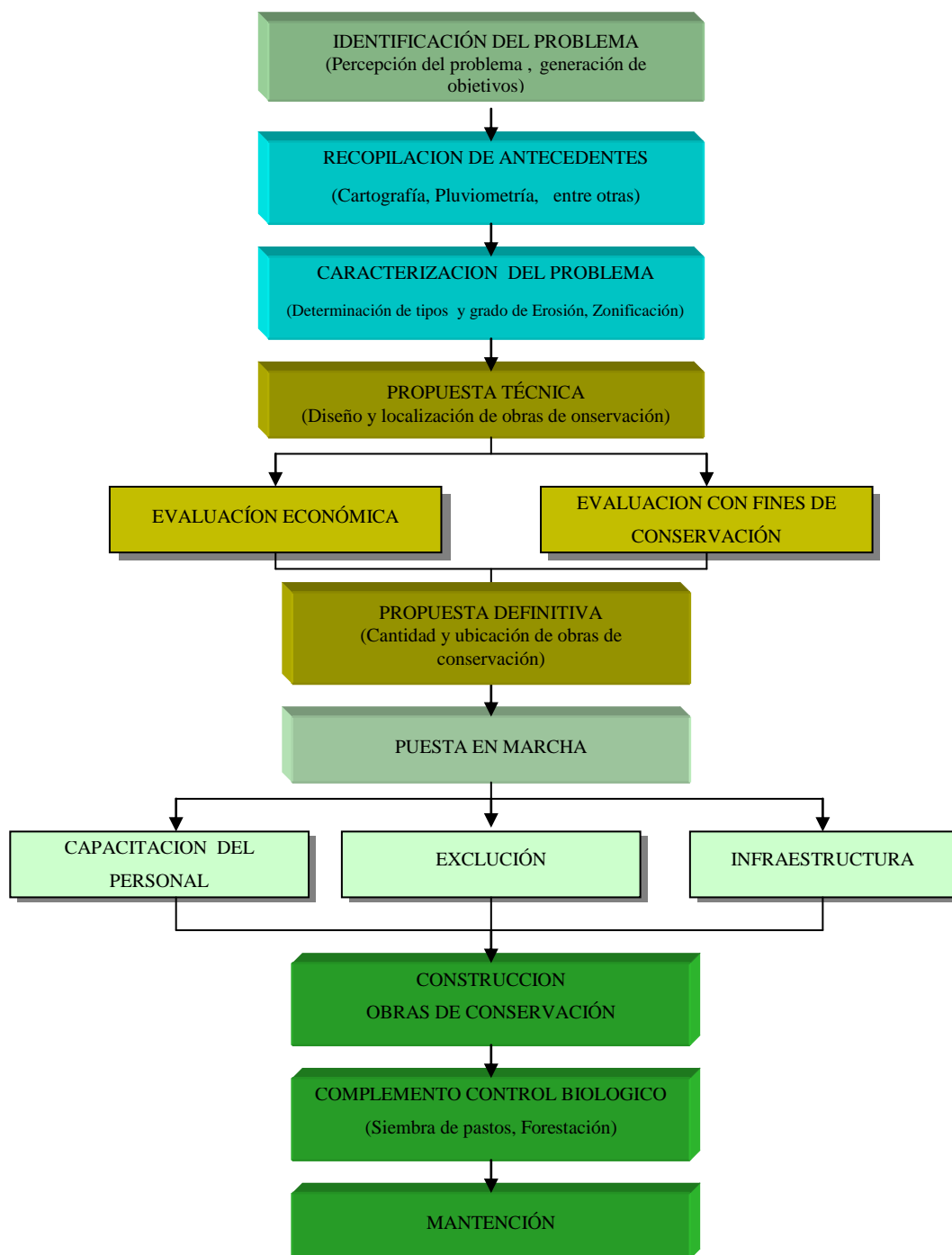
1. *La velocidad varía con la raíz cuadrada de la distancia vertical (longitud e inclinación) que ella recorre y su capacidad erosiva, de acuerdo con el cuadrado de la velocidad. Es decir, si la pendiente del terreno se aumenta cuatro veces, la velocidad del agua que fluye sobre él se duplica y su capacidad erosiva se cuadriplica.*
2. *La cantidad de material de determinado tamaño que puede arrastrar varía con la quinta potencia de la velocidad del flujo.*
3. *El tamaño de las partículas que pueden transportarse por rodamiento varía con la sexta potencia de la velocidad del agua.*
De manera que si se duplica la velocidad de la escorrentía la cantidad de material de determinado tamaño que puede transportarse, se aumenta 32 veces y el tamaño de las partículas que pueden transportarse por rodamientos se aumenta 64 veces.

Si bien entendemos que estos datos son solo una conceptualización de la realidad, nos muestran la importancia que ejerce este factor sobre la erosión, del mismo modo la relevancia de poder reducir cualquiera de las características de la pendiente lo que permitira la deposición de las partículas de suelo desplazada por la acción del agua.

- **Suelo:** Los factores anteriormente descritos actúan de distinta manera según sea el suelo en que estén actuando, debido a que las características tanto física como química, determinan la capacidad del suelo a retener agua así como la resistencia que ofrece el suelo a la acción erosiva del agua. Por lo cual es importante caracterizar y conocer las características del suelo que influyen en la erodabilidad tales como profundidad, textura, contenido de materia orgánica, estructura, permeabilidad entre otras.

4.2 DESCRIPCION DEL METODO

Los sectores trabajados fueron tres microcuencas, cada una presentaba distinta condición tanto de pendiente, cobertura vegetal y características edáficas, sobre las cuales se debió proceder de manera sistemática para el logro de los objetivos deseados. La metodología utilizada se esquematiza a continuación, la cual puede ser replicada en proyectos de conservación de suelo.



4.2.1 Topografía

Antes de iniciar el reconocimiento de los daños se requiere necesariamente de información topográfica o planimétrica del predio, con el fin de poder establecer la ubicación de los sectores afectados.

La topografía se realizó en todo el perímetro de trabajo, el recorrido se estableció con huinchas, clinómetros y brújula, la escala de los planos diseñados es 1:2000

4.2.2 Caracterización del Problema y Causas

Con la información topográfica se procede a caracterizar tanto el problema así como los factores que provocan dicho problema. En la localidad de Sierras de Bellavista, el problema detectado fue “el incremento de los sedimentos en el agua potable de las casas y la rotura en algunos puntos del canal abastecedor”. Esto por la pérdida de cobertura vegetal, consecuencia del incendio forestal, lo que sumado a la pendiente del sector, las características edáficas, las precipitaciones invernales, etc. generaron un suelo frágil, el cual en zonas determinadas se vio afectado en mayor medida por el incendio y precipitaciones, provocando una degradación enmarcada en una erosión moderada, detectándose canaliculos, surcos y erosión laminar, además de hoyos de raíces quemadas zonas proclives a generar erosión.

Para conocer todos los sectores con daños, se procedió a determinar la unidad básica de trabajo, **la microcuenca**, identificando tres sobre una superficie de 22,5 ha. En cada una de estas microcuencas se definieron las obras de conservación, sobre la base del reconocimiento de los sectores degradados y frágiles, en ladera y en los cauces.

Los daños por canaliculos, surcos y erosión laminar más importantes, se detectaron principalmente en las zonas medias y bajas de la microcuencas, en cuanto a los hoyos por raíces quemadas se presentaron en casi toda la superficie a controlar. Además de zonas dañadas en el canal.

4.2.3 Zonificación por grados y procesos de deterioro:

Un aspecto importante es identificar zonas con problemática homogénea de manera de poder focalizar de mejor forma los trabajos a realizar

En el sector del proyecto cada microcuenca se vio afectada en distintos grados de deterioro, de acuerdo a esto se establecieron distintas zonas, ubicadas en los sectores altos, medios, bajos y cauce de cada una, con lo cual se estableció la siguiente zonificación:

Zona 1, ubicada en la parte alta de las microcuenca 1 y 2, donde se inicia el escurrimiento superficial, presenta una degradación menor, manifestada en una erosión laminar incipiente, presencia de algunos canaliculos y hoyos de raíces, con sectores frágiles donde la degradación se ha manifestado levemente, producto de la cobertura de protección de los desechos de explotación, pendiente leve entre 5% y 10%. Presenta una baja cobertura vegetal entre un 5% y 10%.

Zona 2, ubicadas en la partes medias a altas de la microcuencas, presenta una mayor degradación manifestada en una erosión laminar moderada, mayor presencia de canaliculos y hoyos, pendientes de 10% hasta 30%, además de baja cobertura vegetal, cabe señalar que en zonas mas planas la degradación es incipiente, mejor calificándose estas zonas como frágiles.

Zona 3, referida al cauce de la microcuenca 1, donde se evidenció un caudal de magnitudes considerables en el periodo invernal con gran arrastre de sedimentos.

Zona 4, ubicadas en la parte media baja y sobre una parte de los sectores de acumulación del agua potable, la degradación se manifiesta con erosión laminar moderada, con surcos y zanjas de menor dimensión, pendiente entre 20% y 50%, escasa cobertura menor a 5%, siendo estos suelos proclives a presentar gran escurrimiento superficial y por lo tanto erosión.

Zona 5, ubicadas exclusivamente en la microcuenca 3, donde la degradación es menos evidente, no se observa grandes pérdidas de suelo, la caracterización se basa en la gran longitud de la pendiente, una mayor pedregosidad, suelos con afloramiento rocosos, menor permeabilidad, baja cobertura vegetal, pendientes entre 5% y 45%, lo que se traduce ante precipitaciones en un mayor flujo hídrico, razón por la cual se denomino a ésta como *zona de riesgo hídrico*.

Zona 6, ubicada en las zonas medias bajas, caracterizadas por la presencia de suelos frágiles, protegidos por la mayor cobertura vegetal, donde la degradación se manifiesta solo por la presencia de algunos hoyos de raíces y erosión laminar solo incipiente.

4.2.4 Priorización de los Trabajos y Zonas de Control

Debido a que los recursos económicos por lo general son limitados, es necesario optimizar el uso del recurso escaso, para dicho propósito se debe jerarquizar las zonas de control y obras de conservación a ejecutar, teniendo como primicia el logro de los objetivos, en este caso de proteger de mejor forma el poblado y su infraestructura.

Un primer análisis debe estimar la intensidad de la degradación en las áreas, seleccionando áreas donde la forestación es suficiente, y áreas que requieren necesariamente de trabajos de control para evitar pérdida acelerada de suelo, ante esta última situación es necesario recurrir al siguiente análisis.

El orden secuencial para iniciar los trabajos, comienza en la zona alta o media, donde se inicia el flujo hídrico, y/o sobre un sector de erosión activa o altamente susceptible de sufrir erosión. Para la regulación de este flujo se estimaron convenientes obras del tipo zanjas de infiltración y canales de desviación de agua. De esta forma se disminuye la longitud de la pendiente y los caudales que fluyen a las zonas media, bajas y a los sectores de cauce (quebradas o cárcava).

Posteriormente se dio énfasis a controlar sectores con procesos activos de degradación de suelo o altamente susceptible de verse afectados por estos procesos, para dicho propósito se utilizaron obras del tipo zanjas de infiltración, diques de madera, empalizadas, muros con sacos y líneas de sacos.

A continuación se consideró el regular los flujos hídricos y el arrastre de sedimentos en los cauces de las distintas quebradas, a través de Diques de Madera, Diques de Gaviones y Limanes.

Como obras complementarias se pueden realizar muros y líneas de sacos en terrenos inestables.

Una vez que se ha logrado estabilizar el recurso por intermedio del control mecánico, prosigue el control biológico, ya sea con siembra de pasto (lo cual estará en función de la disponibilidad de agua del sector) en los camellones de zanjas y canales, en la zona de desagüe de los vertederos, en muros y líneas con sacos. Con un efecto a mediano plazo se encuentra la forestación, cuya ejecución es imprescindible, debido a que es ésta la que controlará los flujos hídricos y por ende los procesos erosivos de una manera permanente y sostenida en el tiempo, importante en el sector del proyecto es el manejo de la regeneración abundante luego del incendio, permitiendo favorecer la estructura arbórea que se pretende establecer.

4.2.5 Consideraciones en el diseño de las obras y tratamientos de conservación :

Una vez conocido los factores que controlan la dinámica de la Erosión (Precipitaciones, características edáficas, cobertura vegetal y pendiente) se deben idear técnicas direccionadas en la modificación de estos factores..

Precipitaciones : si bien es cierto que este fenómeno no es posible modificarlo con acciones antrópicas, su conocimiento acabado nos permitirá cuantificar y predecir fenómenos pluviométricos y por lo tanto, las características del **diseño** que deberán poseer las obras de conservación para enfrentar adecuadamente este fenómeno.

Cobertura vegetal : la cual permite amortiguar el efecto del agua en el suelo, y mejorar las características edáficas haciéndola menos susceptible a la erosión. De manera de establecer una protección inmediata del suelo se realiza la **siembra de pastos**, en cambio una protección más tardía pero estable y permanente en el tiempo se realiza por medio de la **forestación**.

Pendiente : este factor es posible de ser regulado con la acción humana y por la tanto por medio de obras de conservación, **inclinación de la pendiente**, en cauce es posible de regularla mediante diques y limanes, escalonando de esta manera el flujo hídrico, en ladera es más compleja la modificación de este factor y por ende requiere mayor inversión, un ejemplo de estos trabajos son los bancales (no ejecutado en el proyecto). En cambio **longitud de la pendiente** es posible de modificarla por una serie de obras tales como dique en el cauce y en ladera por medio de zanjas de infiltración, terrazas, empalizadas, curvas de nivel con sacos entre otros, Alterando estas dos características de la pendiente (inclinación y longitud), se puede disminuir la velocidad de la escorrentía superficial y por ende su poder erosivo.

Suelo : Las propiedades tanto físicas como químicas son difíciles de alterar pero el conocimiento de estas características es de suma importancia en la planificación y ejecución de las obras de conservación. Existiendo obras que si bien no modifican las propiedades de los suelos, alteran sus características superficiales, permitiendo la estabilización de zonas erodables, con obras tales como muros con sacos y curvas de nivel con sacos.

Importante en el diseño de los tratamientos de conservación es considerar la **interrelación** que debe existir entre las obras de conservación, puesto que una obra aislada y sin relación con el resto puede significar la falta de cumplimiento de los objetivos y la pérdida de ésta y del dinero invertido.

4.3 TRATAMIENTOS Y OBRAS DE CONSERVACIÓN

Para llevar a cabo la restauración hidrológica y forestal se requirió de la ejecución de un conjunto de obras de conservación, las que emplazadas en un área común ya sea en ladera o cauce y que tenga como objetivo la conservación de suelo y agua en una cuenca determinada, se denomina tratamientos los que en cauce y ladera presentan un objetivo particular, actividades que se complementan con un control biológico.

4.3.1. Tratamientos del cauce, apuntan a la estabilización de la quebradas, zanjaz y fuertes desniveles del terreno, regulan el flujo hídrico y mejoran la retención de sedimentos, con este objetivo se construyeron las siguientes obras:

- Diques de madera
- Diques de gaviones
- Limanes

4.3.2 Tratamientos de Ladera, involucran dos conceptos, estabilización de ladera (incluye talud de cárcava) y el control de la escorrentía superficial. Las obras que se diseñaron en conjunto apuntan a la estabilización del terreno, aumento de la infiltración, disminución de la escorrentía, disminución de la longitud de la pendiente y por ende de la velocidad de escurrimiento y su consiguiente poder erosivo, además de mejorar las condiciones hídricas para las plantaciones:

- Curvas de nivel con sacos rellenos con tierra
- Empalizadas
- Muros con sacos rellenos con tierra
- Canales de desviación de agua
- Terrazas
- Zanjaz de infiltración



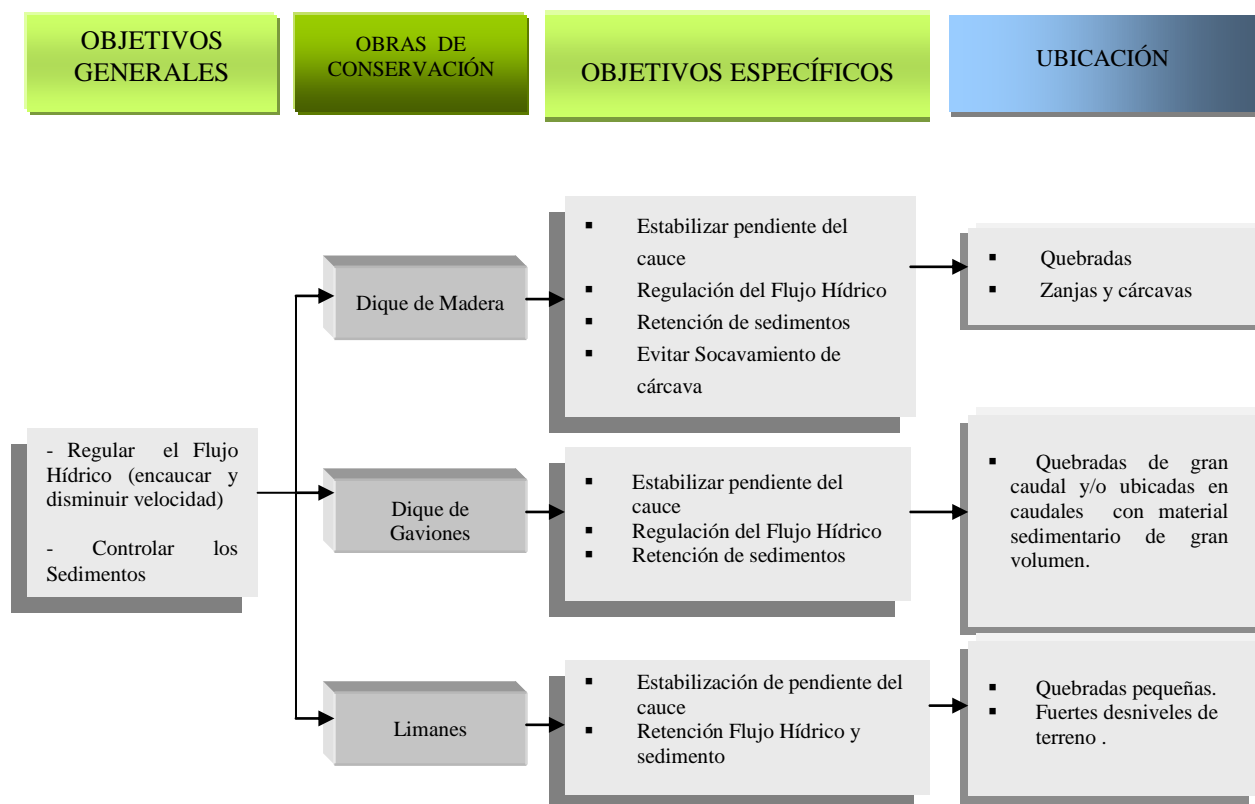
Vista de microcuenca
Nº2 de tratamientos al
cauce y ladera

4.3.3 Obras de Conservación

Las distintas obras, incluyen tratamientos con sacos con malla raschell, con postes de pino impregnado y con madera del lugar (pino y ciprés sin tratar), malla gallinero, malla de gaviones, piedras del lugar y de río, etc.

Con estos materiales se diseñaron obras en ladera y cauce:

4.3.3.1 Obras Del Cauce (quebradas y cárcavas)



Dique de Madera

- **Objetivos** : Estabilizar pendiente del cauce, regulación del flujo hídrico, retención de sedimentos y evitar el socavamiento de cárcava. Además acondicionar la zona a forestar en cárcava
- **Ubicación** : Se realizaron en zonas de quebradas y zanjas
- **Descripción** : Para su ejecución se utilizó postes impregnados de pino y con madera de ciprés del sector. Constan de postes verticales separados entre 0,8 a 1,2m, enterrados a una profundidad aproximada de 40 cm, además de postes horizontales clavados y amarrados con alambre, empotrados 20 a 30 cm en los extremos, dejando los dos primeros bajo tierra, y generalmente en los tres postes superiores se deja un espacio conocido como vertedero por el cual se canaliza el flujo hídrico el cual debe estar ubicado en el centro del cauce. Finalmente se construyó un dissipador con los mismos materiales del dique, los cuales se rellenan de piedras, cuyo ancho debe ser mayor al del vertedero y cuya longitud es de aproximadamente 1,5 veces la altura de caída. El ancho de protección de los diques varia entre 3 y 7,5 m dependiendo de las características del cauce y las altura efectiva de acumulación varían entre 0,4m y 1,1m. Para disminuir la filtración y aumentar la retención de sedimentos se cubrieron con tela yute y malla raschell.



Dique de poste de pino impregnado, en detalle se muestra la importancia de un correcto empotrado lateral.

Dique de postes de ciprés, regulando flujo hídrico en cauce





Vista de sistema de diques en cauce, reteniendo sedimentos y regulando flujo hídrico

Vista de sistema de dique en cauce



Secuencia de imágenes que muestran la acumulación de sedimentos luego de las lluvias de Junio del 2000



Dique de Gavión

- **Objetivos** : Estabilizar pendiente del cauce, regulación del flujo hídrico y retención de sedimentos
- **Ubicación** : Se realizaron en quebradas de mayores caudales y/o en cauces susceptibles de contener material o sedimento de mayor volumen.
- **Descripción** : Para su ejecución se utilizaron gaviones de distintas dimensiones utilizando para el relleno de estos bolones de río, piedra del lugar y fragmentos de rocas. En primer lugar se escava el cauce y se nivela, colocando el o los primeros gaviones que constituirán el dissipador de energía, rellenándolo con la piedra, sobre este dissipador se coloca la segunda corrida de gaviones que constituye la represa del dique, el cual debe estar ubicado unos 10 cm sobre el dissipador, la tercera corrida de la estructura gavionada se ubica dejando un espacio en el centro del cauce de tal forma de constituir el vertedero. Los largos de los gaviones variaban entre 2 y 3 metros los espesores eran de 0,3m, 0,5m y 1m, y los anchos de todos los gaviones eran de 1 m. El armado se realiza con alambre galvanizado “cociéndolo o alambrándolo” en todas sus lados y la rigidez se logro con tensores de alambre dispuestos cada 30 cm en gaviones de 1m de alto, y en medio de la altura en los gaviones de 30 cm y 50 cm. Para completar y estabilizar los extremos se utilizaron sacos rellenos con tierra. Para disminuir la filtración y aumentar la retención de sedimentos se cubrieron con tela yute y malla raschell.



Vista General de dique de gaviones
funcionando su represa así como
dissipador de energía complementado
con muros de sacos



Diques de Gaviones,
regulando flujo hídrico en
microcuenca N°3



Secuencia de fotos que
muestran, acumulación de
sedimentos luego de temporales
de Junio del 2000



Liman

- **Objetivos** : Estabilización de pendiente de cauce, retención del flujo hídrico y sedimento.
- **Ubicación** : Se realizaron en zonas altas de quebradas donde la velocidad del escurrimiento y la captación es menor.
- **Descripción** : Se realizaron con gaviones de distintas dimensiones y malla hexagonal, utilizando para el rellenos de éstos; bolones de río, piedra del lugar y fragmentos de rocas. Para el caso de la construcción con malla se usaron postes de ciprés para darle forma y rigidez a la estructura, la postura de alambre fue doble. Los disipadores para ambos casos fueron contruidos con otros gaviones y/o con sacos rellenos de tierra. Para disminuir la filtración y aumentar la retención de sedimentos se cubrieron con malla raschell.



Vista en primer plano de liman construido malla gallinera

Estructura gavionada dispuesto en forma de Liman, reteniendo sedimento en el cauce

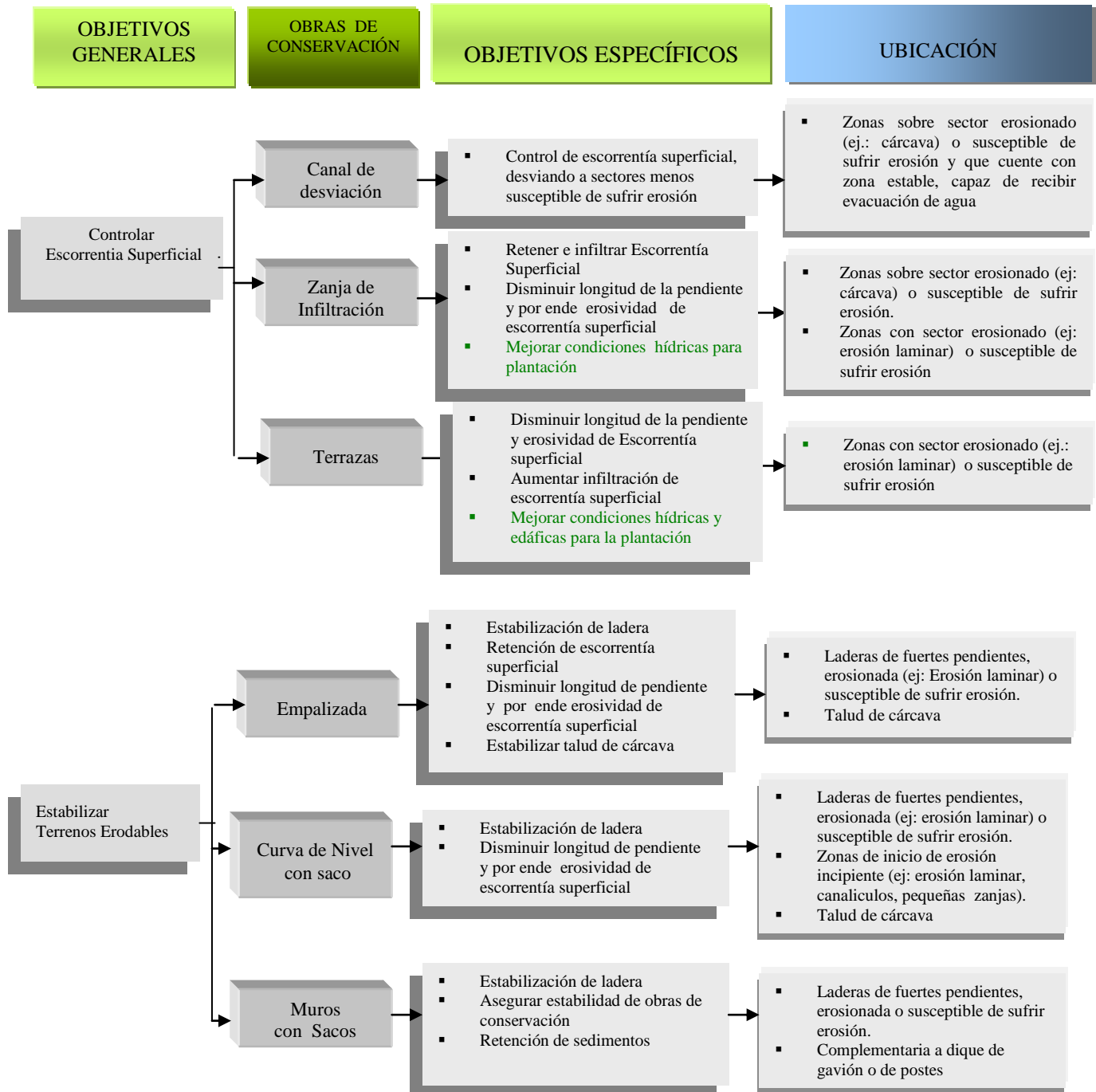


Secuencia de fotos que muestran liman con retención de sedimentos y flujo hídrico, a su vez estabilización de la pendiente.



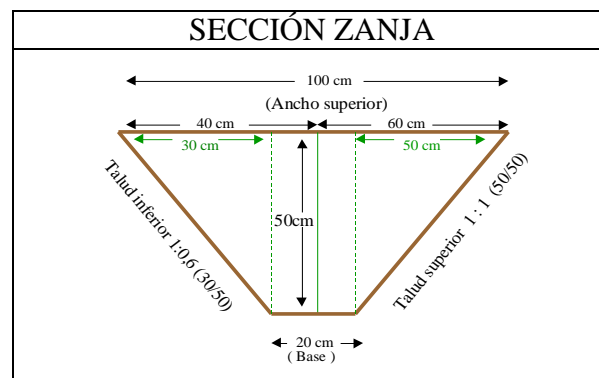
4.3.3.2. Obras de Ladera

En el diseño de los trabajos de curvas de nivel, canales, zanjas, empalizadas, terrazas, muros, se realizaba previo trazado con un nivel topográfico, un trípode y una mira, dejando la marcación con clavos e hilo de color.



Zanjas de Infiltración:

- **Objetivos** : Retener e infiltrar escorrentía superficial, disminuir longitud de la pendiente y por ende erosividad de escorrentía superficial, mejorar condiciones hídricas para plantación.
- **Ubicación** : Zonas sobre sector erosionado (ej: cárcava) o susceptible de sufrir erosión, zonas con sector erosionado (ej: erosión laminar) o susceptible de sufrir erosión.
- **Descripción** : Los zanjales se trazan con nivel topográfico, con un 0% de pendiente, dejando la línea marcada con hilo de color, los largo varían entre los 3 a 8 m, la confección parte con la excavación del centro del canal, cuyo ancho varia entre 20 y 25 centímetros, posteriormente se excava todo el perfil y con la tierra se conforman los camellones en la parte inferior, éstos además se compactan con pisones, la forma trapezoidal del perfil de la sección en terreno se verifica con matrices de madera, con el fin de establecerlos con las dimensiones esperadas. Importante es que en la construcción del sistema de zanjales en una ladera cada nivel debe realizarse intercalado con los niveles superior e inferior de manera de proteger en forma completa la ladera.





Vista de sistema de zanjas dispuesta en tres bolillo, es decir entrecruzada en el sentido de la pendiente de manera de infiltrar toda el agua escorrentía de la zona tratada



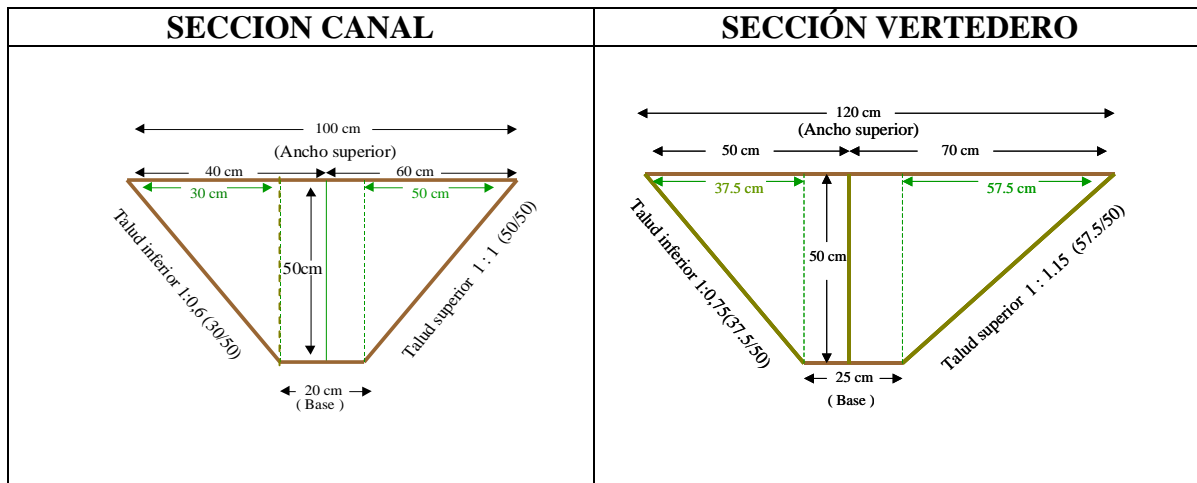
Vista en detalle de Zanja de Infiltración, con gran acumulación de aguas de escorrentía superficial



Gran acumulación de sedimentos en zanja de infiltración

Canales de desviación de agua:

- **Objetivos** : Controlar el escurrimiento superficial, desviando el flujo hacia sectores estabilizados y de menor susceptibilidad de sufrir erosión.
- **Ubicación** : Zonas sobre sector erosionado (ej.: cárcava) o susceptible de sufrir erosión y que cuente con zona estable, capaz de recibir evacuación de agua.
- **Descripción** : Los canales se trazan con nivel topográfico, variando entre 1% y 2% de pendiente, dejando la línea marcada con hilo de color, la confección parte con la excavación del centro del canal, cuyo ancho varia entre 20 y 25 centímetros, posteriormente se excava el perfil dándole forma a cada sección del canal, el cual sus dimensiones se verifican con una matriz de madera, con la tierra excavada se conforman los camellones en la parte inferior los cuales se compactan con pisones, en la sección final del canal sobre zonas de mayor estabilidad, se dispone la sección del canal conocida como vertedero la cual a diferencia del canal tiene 0 % de pendiente y no se construye un camellón.



Vista en perspectiva de canal de desviación, regulando flujo hídrico hacia zona menos susceptible de sufrir erosión



Vista panorámica de canales de desviación, disminuyendo presión erosiva sobre ladera inestable



Vertedero, sección de entrega de aguas que fluyen por el canal de desviación

Curvas de Nivel con Sacos Rellenos con Tierra:

- **Objetivos** : Estabilización de ladera (incluye talud de cárcava), disminuir longitud pendiente y erosividad de escorrentía superficial.
- **Ubicación** : Se realizaron en laderas de fuertes pendientes, erosionada (ej.: erosión laminar) o susceptible de sufrir erosión, zonas de erosión incipiente (ej.: erosión laminar, canaliculos, pequeñas zanjas).
- **Descripción** : Los sacos usados en las curvas, eran de malla raschell 50%, de 40 cm de ancho, 60 cm de largo, y llenados presentaban un espesor de 10 cm. En primer lugar se procede a trazar una curva de nivel, sobre la cual se disponen terrazas horizontales de aproximadamente 40 cm de ancho, sobre las cuales se colocan los sacos. Para la ubicación de los siguientes niveles se aterraza el terreno a nivel de la línea de saco precedente de manera tal que la nueva línea de sacos quede ubicada unos 20 cm (según sea la pendiente del terreno) sobre la línea de saco anterior y dispuesta de forma tal que los sacos superiores se entrecrucen con los inferiores.



Construcción de curva de nivel con sacos en terreno inestable, susceptible de sufrir erosión

Vista en perspectiva de ladera tratada con sistema de curvas de nivel



Vista en detalle de curvas de nivel con sacos, en estabilización de ladera



Muros con Sacos rellenos con tierra:

- **Objetivos** : Protección y estabilización de ladera, detención del escurrimiento superficial, acumulación de sedimentos y complementario a estructuras gavionadas y diques de madera
- **Ubicación** : Se realizaron para estabilizar laderas de fuertes pendientes, erosionada o susceptible de sufrir erosión, complementaria a diques de gavión o de postes
- **Descripción** : Los muros se construyeron con sacos dispuestos en forma de ladrillo, muy compactados con pisones de fierro y dispuestos igual que las curvas de nivel.



Vista de Muros de sacos en ladera altamente inestable.

Muro de sacos en terreno erodable, con acumulación de sedimentos en parte superior



Secuencia de fotos que muestra acumulación de sedimentos en muros de sacos contruidos en forma de represa



Vista en detalle de muro de saco como obra complementaria a estructura gavionada

Empalizadas:

- **Objetivos** : Estabilización de ladera, retención de escorrentía superficial, disminuir longitud de pendiente y erosividad de escorrentía superficial, estabilizar talud de cárcava
- **Ubicación** : Laderas de fuertes pendientes, erosionada (ej : erosión laminar) o susceptible de sufrir erosión, talud de cárcava
- **Descripción** : Las empalizadas se construyeron con postes impregnados de pino, postes de ciprés y postes de pino quemado. Estas presentaban largos variables entre 8 y 17 m, en primer lugar se dispusieron los postes verticales de ciprés separados entre 0,8 a 1,0 metros, enterrados entre 30 y 40 cm, con alturas variables de 40 a 80 cm, los postes horizontales eran de un solo tipo (ciprés, pino impregnado o de pino quemado), en su disposición se recomienda uno o dos de los primeros niveles de postes horizontales se encuentre enterrado, cada poste horizontal va clavado sobre los verticales y reforzado con una amarra de alambre, toda la obra se forraba con malla de yute o con malla raschell 50% y 60% en la parte superior de la ladera. con el objeto de disminuir la filtración y aumentar la retención de sedimentos, los extremos se empotran al terreno y se estabilizaban con sacos con tierra



Estabilización de ladera
altamente inestable por medio
de empalizada

Vista frontal de ladera
inestable tratada con
empalizada



Acumulación de sedimentos
en empalizada dispuesta
terreno erodable

Terrazas Forestales.

- **Objetivos** : Disminuir longitud de la pendiente y velocidad del escurrimiento superficial, retener sedimentos, mejorar condiciones hídricas y edáficas para el establecimiento de la vegetación.
- **Ubicación** : Zonas con sector erosionado (ej.: erosión laminar) o susceptible de sufrir erosión
- **Descripción** : Los terrazas se trazan con nivel topográfico, con un 0% de pendiente, dejando la línea marcada con hilo de color, el largo varia entre los 19 a 20 m, la confección parte con la excavación hacia el interior del cerro con anchos que varían entre 40 – 80 cm , dejando el piso con 1 % de pendiente hacia el interior del cerro, en la parte inferior de la terrazas se disponen de un pequeño camellón con el suelo excavado. El cual, en el proyecto se revistieron con sacos rellenos con tierra.



Vista en perspectiva
de terraza forestal



Secuencia de foto que muestra
terrazza revestida con saco, con
sedimento retenido

4.3.4 CONTROL BIOLÓGICO

Un trabajo importante como complemento a las obras de conservación de tipo mecánico, son las labores de reposición de la cobertura vegetal y el manejo de la regeneración arbustiva y arbórea

Con el fin de recuperar cobertura vegetal en un corto plazo, se realizó una siembra con pastos en todos los taludes de las zanjas y canales, zonas de desagües de los canales, curvas de nivel y muros con sacos. La mezcla de pasto utilizado se componía de las siguientes variedades : *Lolium perenne*, *Festuca arrundin*, *Trifolium repens* además de *Falaris sirosa* fuera de la mezcla. Un aspecto importante en dicha labor es la preparación del suelo, para lo cual se incorporó una mezcla consistente de aserrín, tierra del lugar y tierra de hoja de bosques cercanos al sector del proyecto



Siembra de pasto en vertedero, en función de disponibilidad de agua del sector.

Siembra de pasto como complemento a obra de conservación (muros de sacos)



En una segunda etapa se procedió a la reforestación con especies nativas tales como quillay, boyen, ciprés de la cordillera, roble entre otros. Por medio de ésta se pretende recuperar de manera permanente la cobertura vegetal y en un mediano plazo, siendo esta la mejor forma de proteger al suelo de los agentes erosivos.

El sector afectado por el siniestro muestra una alta regeneración vegetativa, sin embargo, resultaba necesario un correcto manejo, con el fin de favorecer el desarrollo de la estructura arbórea del retoño, la labor que se desempeño para este propósito fue la poda de los vastagos. Como trabajo experimental se instalaron dos parcelas de medición, en que se estudiaron distintos niveles de poda, los primeros resultados parciales sirvieron de base para el manejo de la regeneración anteriormente mencionado.

Otras de las labores realizadas fue la recolección de semillas de quillay, roble y ciprés de la cordillera con el objeto de producir plantas de estas especies seriamente afectada por el incendio.



4.3.5 Representación Topográfica de los Trabajos

Se diseñó un plano, denominado *Plano de Obras de Conservación*, donde se representó el diseño de las obras de conservación de suelo propuesto, además de cada microcuenca, accidente topográfico, y los sectores afectados (canal abastecedor).

4.4 EJECUCION DEL PROYECTO

No-solo el conocimiento técnico es de importancia en las labores de restauración realizadas, además se debe considerar una serie de aspectos prácticos, indispensables para la correcta ejecución de un proyecto.

4.4.1 Módulos de Trabajo

Con el reconocimiento de la zonificación por grados y procesos erosivos, se diseñaron los distintos tratamientos, el conjunto de tratamientos posicionados en un sector determinado e interrelacionados se denominó como Módulo, pudiéndose presentar más de un módulo por microcuenca, interrelacionados también, éstos sirvieron de forma operativa para una ordenación en el avance de las obras.

Con la confección de los distintos módulos se pudo cuantificar los trabajos a realizar y por consiguiente el costo de la aplicación de las obras de conservación en cada microcuenca.

4.4.2 Capacitación

La capacitación de las personas que ejecutan las obras es un punto importante, de una buena capacitación dependerá la buena terminación de las obras.

La capacitación del proyecto se fue dando a medida que avanzaban los distintos trabajos, esta labor se realizaba en forma conjunta (con todo el personal de trabajo) y en forma puntual (con cuadrillas destinadas a distintas labores)

En general para un proyecto de este tipo, donde todas las faenas de trabajos de conservación son nuevas, la capacitación se mantiene dentro de todo el desarrollo de él mismo, por lo cual todas las obras se supervisan en forma continua reparando todos los detalles del acabado.

4.4.3 Infraestructura

Para mantener la capacitación y continuidad de los trabajos, fue imprescindible contar con un centro logístico, el cual sirvió como oficina y casa, en el cual se desarrollaron las reuniones de trabajo y los pagos de los obreros.

Además de contar con la casa – oficina, se construyeron dos bodegas donde se guardaron las distintas herramientas de trabajo, una bodega ubicada en la misma oficina, donde se almacenaban los materiales y herramientas que no se usaban inmediatamente, además de la mantención de las herramientas de uso diario y otra bodega ubicada en el lugar de trabajo, donde se guardaban las herramientas de uso diario.

4.4.4 Exclusión y Acondicionamiento

Es importante que el área de trabajo, sea *excluida* (cercada) de todo agente externo, personas ajenas, animales, ganado, etc.. La exclusión ayudara a mantener los trabajos evitando que se produzcan daños, ya sea por rotura de camellones, de bolsas, incendios, etc., ésta servirá para la buena ejecución de las faenas posteriores, que tienen relación con los tratamientos biológicos, ya sea por siembras de pastos o plantaciones forestales

Identificar el área de trabajo, con letreros alusivos a las obras de conservación, al uso del fuego y a la prohibición del paso de personas ajenas, complementa el proceso de exclusión

El *acondicionamiento* de la zona de trabajo, esta referido a la limpieza, roce y quema de desechos en los lugares donde se diseñaran los distintos tratamientos, éste ayudara a la mantención de la obra y evitar daños por caída de troncos o ramas y por arrastre de material leñoso, no alterar o influenciar los flujos hídricos, protección de las obras

4.4.5 Transferencia Técnica

El presente proyecto además de restaurar los recursos hídricos, edáficos y forestal del las microcuencas tratadas, tuvo por objeto difundir la nueva dispocion legal orientda a la conservación del recurso suelo a todos aquellas personas e instituciones relacionados con dicho recurso tales como propietarios del sector, pequeños propietarios forestales, profesionales de CONAF, empresas forestales entre otros.



**Difusión de modulo
decreto ley a pequeños
propietarios**

**Difusión de obras de
conservación a funcionarios
de CONAF**



5. ANALISIS DE OBRAS Y TRABAJOS

Los trabajos y obras de conservación, presentan una amplia gama de costos , avances y rendimientos. A partir de las distintas mediciones se elaboraron los siguientes cuadros:

Cuadro N°1: Obras de Conservación

| TIPO DE OBRA | Cantidad | Unidad | Avance | Valor |
|------------------------|----------|--------|--------|-----------|
| Canal de desviación | 10 | ml | 314,5 | 482.450 |
| Diques de Madera | 13 | ml | 66,52 | 1.288.008 |
| Empalizada | 13 | ml | 144,71 | 1.886.945 |
| Estructura Gavionada | 8 | m3 | 59,57 | 1.590.363 |
| Liman | 1 | m3 | 1,2 | 90.044 |
| Líneas de sacos | 4 | ml | 50,6 | 24.360 |
| Muros con sacos | 7 | m2 | 55,1 | 34.300 |
| Terrazas | 3 | ml | 63,4 | 74.860 |
| Zanjas de Infiltración | 114 | ml | 458,6 | 875.500 |
| Costo Total | | | | 6.346.330 |

La tabla anterior representa el tipo y la cantidad de obras construidas y su costo total por cada uno de ellas en toda el área tratada. El costo de tratar cada microcuenca es coincidente con los niveles de erosión que cada una presenta, lo cual se refleja en la tabla de costos del D.L. 701 la cual asigna una distinta bonificación según sea la erosión que presenta el terreno a tratar.

5.1 INDICADORES DE PRODUCCION Y COSTOS

Los rendimientos de cada obra se resumen en los siguientes cuadros

5.1.1 Canal, Zanjas y Terraza

Cuadro N°2: Indicadores de producción de tratamientos que involucran solo movimiento de tierra.

| TIPO DE OBRAS | Dimensión | Rendimiento | | Costos Unitarios | |
|---|--|-------------|------------|------------------|-------|
| | | ml/jornada | m3/jornada | \$/ml | \$/m3 |
| Canal de Desviación (forma trapezoidal) | base 0,25, ancho superior 1,05, altura 0,5 | 3,40 | 1,20 | 1.471 | 4167 |
| Zanjas (forma trapezoidal) | base 0,25, ancho superior 1,05, altura 0,5 | 2,88 | 0,97 | 1.736 | 5.155 |
| Terrazas (revestidas con sacos) | ancho base 0,4 mas ancho saco 0,4 | 5,52 | ----- | 906 | ----- |

5.1.2 Diques de Madera y Empalizada

Cuadro N° 3: Indicadores de producción y costos de obras con madera

| TIPO DE OBRAS | Dimensión promedio | | | Jornada | Costo Total | Costos Unitarios | |
|-----------------------------|--------------------|------------------|-----------|---------|-------------|------------------|--------|
| | Largo (m) | Altura total (m) | Area (m2) | | | \$/ml | \$/m2 |
| Dique (Pino impregnado) | 4,4 | 0,9 | 3,96 | 7,8 | 69.882 | 15.882 | 17.647 |
| Dique (Ciprés) | 5,2 | 0,8 | 4,16 | 11,8 | 124.102 | 23.866 | 29.832 |
| Empalizada(Pino impregnado) | 13,18 | 0,29 | 3.82 | 8 | 73.124 | 5.548 | 19.142 |
| Empalizada(Ciprés) | 12 | 0,57 | 6.84 | 16,83 | 174.996 | 14.583 | 25.584 |
| Empalizada(Pino quemado) | 10,41 | 0,32 | 3,33 | 7,75 | 51.840 | 4.980 | 15.567 |

5.1.3 Gaviones y Limanes

Cuadro N°4 : Indicadores de producción y costos de obras gavionadas

| TIPO DE OBRAS | Dimensión promedio | | | | Jornada | Costo Total | Costo Unitario \$/m3 |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|---------|-------------|----------------------|
| | Altura total | Largo | Ancho | m3 | | | |
| Estructura Gavionada (Dique) | 4.75 | 1.12 | 1.0 | 5,32 | 24,42 | 285.137 | 45.990 |
| Disipador | | | | 0,88 | | | |
| Estructura Gavionada (Liman) | 4.33 | 0.88 | 1.0 | 3,81 | 18,83 | 212.655 | 41.697 |
| Disipador | | | | 1,29 | | | |
| Liman | 2.6 | 0.6 | 0.8 | 1,248 | 12 | 90.044 | 72.150 |

6 CONCLUSIONES

1. La fragilidad propia de los suelos cordilleranos (pendientes, Pp), ante problemas de deforestación, incendios forestales, inadecuadas prácticas de uso, dejan un suelo altamente susceptible a sufrir una severa degradación.
2. La erosión en suelos frágiles desprovisto de vegetación, provoca daños directos como la pérdida de la fertilidad de un suelo e indirectos como sedimentación de canal para riego y agua potable.
3. Para el inicio de las faenas de conservación de suelo, se debe contar con un adecuada calificación y educación personal, tanto en los objetivos y en el diseño de las obras, además de contar con la implementación adecuada y necesaria para las faenas.
4. En la planificación y diseño de los tratamientos y obras de conservación es necesario un claro reconocimiento de la microcuenca y su funcionamiento. Solo con una visión holística del sistema a tratar, se puede realizar un optimo diseño y distribución de las obras y tratamientos de conservación, de modo de cumplir adecuadamente los objetivos propuestos.
5. Un buen diseño de los tratamientos de conservación deberá tener en cuenta la adecuada diversificación de obras y la interrelación que debe existir entre en ellas.
6. El costo de tratar cada una de las microcuencas esta en directa relación con la forma y grado de deterioro presente.
7. Actividades de conservación de suelo como siembra de pastos y estructura gavionada por su elevado costo, estarán en función de la disponibilidad de agua y piedras que se tenga en la zona a tratar.
8. La Restauración Hidrológica y Forestal solo se llevará a cabo, una vez recuperada la cobertura vegetal.
9. Las obras de conservación implementadas en el proyecto resultaron eficaces en el control de la escorrentía superficial, regulación del flujo hídrico y retención de sedimentos.

10. Para el correcto funcionamiento de las obras de conservación resulta importante un riguroso terminado de las obras, considerado por ejemplo:

- Empotrado lateral de diques y gaviones
- Disponer 1 o 2 postes horizontales enterrados, en el diseño de diques y empalizadas
- Adecuado trazado en curva de nivel de zanjas, empalizadas, terrazas, curva de nivel con sacos y con un 1 – 3 % en canales de desviación de agua.
- Disposición de vertederos de diques (de madera y estructuras gavionadas) en el centro del cauce a controlar.
- Dimensión apropiada en la construcción de disipadores de energía de diques.
- Adecuado nivel base del terreno en la construcción de curvas de nivel con sacos y muros con sacos, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- CONAF. 1999 a. Plan Piloto de Absorción de Mano de Obra Para la Protección de Cuencas Hidrográficas Devastadas se Sierras de Bellavista. Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal. Programa de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. CONAF VI Región, Oficina Provincial Colchagua
- CONAF, 1999 b. “Recuperación de Seulos degradados en el marco de la Nueva Ley de Fomento Forestal”, Curso Taller. Corporación Nacional Forestal, Chile.
- Diario Oficial, 1999. Decreto Ley N° 701 sobre Fomento Forestal de 1974, Santiago.
- Francke, S.; Vargas, R.; Wiliams, E.; Pinto, M.; Barria, B. 1999. Recuperación de Seulos degradados en el marco de la Nueva Ley de Fomento Forestal, Corporación Nacional Forestal, Chile.
- Muñoz, R. 1999. Recuperación por incendio Predio “Cordillera de las Mula”. Forestal CELCO S.A.
- Navarro, G. 1999. Restauración Forestal en Area Afectada por el Incendio la Rufina, Precordillera Provincia Colchagua. CONAF, Departamento Técnico, Provincial Colchagua.
- Navarro, G; Bravo, R. 1999 Diagnostico de Areas Afectadas por Incendio Forestal La Rufina Sector Precordillerano de San Fernando Provincia de Colchagua. CONAF, Provincial Colchagua.
- Peralta, M. 1976. Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile
- Suares de Castro, F. 1979. Conservación de Suelo. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 1979
- Vargas, R.; Francke, S.; Tokugawa, k. y Makita, M. 1998. Manual de Control de Erosión. Corporación Nacional Forestal, Chile.
- Zúñiga, M. 1999. Impactos Ambientales Sobre La Erosión y la Escorrentia del Incendio “La Rufina” en la Cuenca Hidrográfica Superior del Rio Tinguiririca. Universidad de Chile, Programa de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental