



CORPORACIÓN NACIONAL
FORESTAL

PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE
SUELOS DEGRADADOS

PREDIO LAGUNILLAS

ASESOR

RUBEN MIQUEL WILSON

INGENIERO EN EJECUCIÓN FORESTAL

Paredones, marzo de 2002.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las comunas del país que presenta una fuerte erosión de sus suelos, es la comuna de Paredones, presentando aproximadamente el 95% de los suelos con algún grado de erosión. Causada principalmente, según las investigaciones realizadas, por las prácticas de agricultura tradicionales, que durante cientos de años han empobrecido la calidad de los suelos. Entre las prácticas agrícolas que más afectan los suelos pueden mencionarse, entre otras, el establecimiento de los cultivos en terrenos con pendiente, el barbecho y la utilización del arado a favor de la pendiente (Morales y Uzon, 1995).

En consideración de esta problemática, es de gran importancia realizar un Proyecto demostrativo de actividades de conservación suelos degradados, el cual será de gran utilidad para los forestadores interesados en realizar estas obras, contribuyendo a disminuir la erosión de sus suelos y percibiendo a la vez de un subsidio otorgado por el Decreto Ley 701.

II. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El sitio en donde se realizarán las actividades de conservación y forestación de suelos degradados, se encuentra en el cruce hacia el sector de Cabeceras, a unos 6 km aproximadamente de Paredones.

2.1 Descripción del terreno

El terreno en donde se realizarán estas obras, corresponde a la serie de suelo, Lo Vázquez, que son derivados de roca granítica, evolucionados, moderadamente profundos a profundos, asociados a paisajes de cerros de la Cordillera de la Costa. La serie presenta numerosas variaciones o fases, principalmente en función del relieve, pendiente, drenaje y textura (Ciren, 1996).

Este predio en particular presenta una pendiente promedio de 19%. Correspondiendo a cerros de lomajes suaves, con escasa vegetación y presencia de algunas especies nativas como litre, quillay, boldo y espinos.

El lugar en donde se realizarán las obras presenta exposición noroeste, lo cual es una de las causas de la fuerte erosión y sequía del suelo existente. Además en el sector, no existen aportes de escorrentías de aguas de otros predios, ni del mismo. Por lo tanto, las actividades realizadas, contendrán solamente las aguas y sedimentos del sector.

La categoría de erosión del predio, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ley 701, corresponde a erosión muy severa, puesto que presenta una erosión laminar muy acelerada, cárcavas mayores a 1 metro de profundidad, subsuelo visible y material de origen, pedestales y pavimentos de erosión mayores al 60% de la superficie.

Dentro de las propiedades físicas del suelo, cabe destacar que presenta un coeficiente de escorrentía de 0,35 y un tiempo de concentración de la cuenca de 0,2 horas, según el "Estudio de Suelo de la Cuenca Nilahue" y una capacidad de infiltración del suelo en condiciones de saturación de 3 mm/hr, valor asumido para condiciones extremas.

La tasa de infiltración de un suelo depende principalmente de su textura. Las cifras comparativas típicas de infiltración son las siguientes.

Tabla N°1: Tasas de infiltración para diferentes texturas.

Textura del suelo	Tasa de Infiltración (mm/hr)
Arenosa	50
Franco - Arenosa	25
Franca	12
Franco - Arcillosa	7

Fuente: Critchley, W. Y Siegert, K. 1996.

En este estudio, se consideró la capacidad de infiltración del suelo saturado, igual a la mitad de la tasa de infiltración de un suelo con textura franco - arcillosa,

que es la textura del lugar en donde se realizarán los trabajos (3 mm/hr).

2.2 Descripción del clima

Las características climáticas de importancia para este proyecto, tienen relación con la precipitación del lugar, la cual fue recolectada de los antecedentes de la estación meteorológica ubicada en Paredones.

Tabla N°2: Precipitaciones anuales y máximas diarias durante los últimos 24 años, de la comuna de Paredones.

Año	Precipitación Anual (mm)
1976	471,9
1977	720,8
1978	707,0
1979	516,0
1980	746,0
1981	470,0
1982	1094,0
1983	560,0
1984	982,0
1985	399,0
1986	697,0
1987	686,0
1988	404,5
1989	347,5
1990	374,5
1991	640,0
1992	800,4
1993	513,8
1994	385,5
1995	475,5
1996	278,5
1997	691,5
1998	150,0
1999	490,0

Año,mes	Precipitación. Máx. (mm/día)
1976,Oct	63,0
1977,Jul	52,0
1978,Jul	46,0
1979,Abr	46,5
1980,May	70,7
1981,Sep	42,0
1982,Jul	112,0
1983,Jun	84,0
1984,Jul	77,0
1985,Jul	53,0
1986,May	94,3
1987,Jul	55,0
1988,Jun	43,0
1989,Jul	38,0
1990,Mar	90,0
1991,Jun	35,2
1992,May	60,4
1993,Abr	75,0
1994,Abr	53,6
1995,Abr	60,0
1996,Ago	37,0
1997,Jun	62,0
1998,Sep	45,5
1999,Sep	66,1

En la tabla es posible apreciar que la máxima precipitación, ocurrió en el año 1982, en el cual precipitaron 1.094 mm y la mínima precipitación corresponde al año 1998 con una precipitación de 150 mm. El promedio de la precipitación durante los últimos 24 años corresponde a 567 mm.

III. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A REALIZAR

El área en donde se desarrollaran las obras tiene una extensión de 4,5 hectáreas, y el predio se denomina "Lagunillas" y es propiedad de Don Rómulo Catalán Urzúa.

Las obras a realizar en el predio, de acuerdo a las condiciones de erosión existentes en el área en estudio, son las siguientes.

Diques de madera: Tratamiento para control de cárcavas y de cursos de aguas secundarios, generalmente temporales, tales como arroyos, esteros y quebradas, que actúan por resistencia mecánica.

Se construirán 16 diques utilizando postes de madera, dispuestos en sentido vertical y horizontal (postes impregnados). Los postes verticales serán enterrados 0,5 metros y a una distancia horizontal de 0,8 metros. Los postes horizontales serán empotrados 0,3 metros. Las obras tendrán una altura de 1,6 metros en promedio. Para disminuir filtraciones, la estructura será cubierta en su parte posterior con malla de polietileno "tipo malla sombra" (65% de cobertura). También en su parte posterior, de manera de reforzar el dique, se construirá un terraplén de 0,5 metros

de altura, cubierto con sacos rellenos con tierra. Para evacuar la descarga se construirá un vertedero de sección trapezoidal de $1/6$ de la longitud de cada dique, se construirá además un dissipador de energía de un área aproximada de 1 mt^2 .

Empalizadas: Obras de regulación de flujos hídricos y contención de sedimentos en taludes y laderas inestables. Serán construírán 12 empalizadas de una altura de 0,35 metros y tendrán un largo variable de 3 a 10 metros. Para su construcción se utilizarán postes verticales y horizontales de madera provenientes de la compra de metros ruma. Para disminuir las filtraciones, en la parte posterior de la estructura, se cubrirá con malla de sombra de 65% de cobertura. Para reforzar la obra en su parte posterior, se construirá un terraplén.

Canales de desviación de aguas: Obras de recuperación de suelo, manual o mecanizada, que se sitúa en la parte superior de la ladera, para capturar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Serán construídas transversalmente en la pendiente con una pendiente de 1%, para poder transportar el agua al vertedero. Presentan una sección trapezoidal, con un ancho en la base de 0,2 metros, una altura de 0,2 metros, una pendiente lateral del talud igual a 1. Aguas abajo de la obra se construirán un camellón de igual altura del canal, con un ancho similar a la anchura superior del canal y este camellón será sembrado con herbáceas de la zona.

Se construirán 4 canales de desviación de aguas, de 50 metros de largo, con vertederos entre 10 y 12,5 metros, con

una sección entre un 25 % a un 35% mayor que la sección en desnivel.

Zanjas de infiltración: Obras de recuperación de suelos, que comprende un conjunto de zanjas a tresbolillo, construidas en forma manual, situadas en la parte superior o media de una ladera (pendiente no superior al 20%), para capturar y almacenar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Serán construidas en curvas de nivel. Presentan una sección transversal, con un ancho en la base de 0,2 metros, una altura de 0,3 metros, una pendiente de talud de 0,37 y un largo entre 3 y 8 metros. Aguas abajo de la zanja se construirá un camellón que será sembrado con especies herbáceas.

Muretes de sacos: Obras de retención de sedimentos, control de taludes, zanjas incipientes, márgenes y cabeceras de cárcavas medianas y menores. En este proyecto construiremos 25 muros de sacos y se utilizarán aproximadamente 300 sacos de polietileno tipo malla sombra de 50 a 65% de cobertura, de 0,6 m de largo por 0,4 m de ancho. En su ejecución debe emparejarse el talud y la base, rellenarse con tierra y empotrar los sacos en el fondo, disponerlos como ladrillos y escalonados. El largo de esta obra es variable y la altura no debe superar los 1,2 m en cabeceras de cárcavas, como complemento de la obra también se debe sembrar.

Obras Lineales (Fajinas): Obra de regulación de flujos hídricos y de retención de sedimentos en taludes y en laderas inestables. Presenta una altura entre 0,20 a 0,40 m y un largo variable. En su construcción se utilizan estacas o rodrigones, como postes verticales, enterrados a 0,25 m como

mínimo, y Fajinas(haz de ramas) para las líneas horizontales. Las Fajinas se alambran cada 0,5 a 1,0 m en la horizontal, según la flexibilidad del material. Las Fajinas se entierran a más de 0,1 m y se cubren en su parte posterior con malla tipo sombra (mínimo 80% de cobertura). La distancia entre líneas dependerá del estado de degradación e inclinación del terreno. Se construirán 5 líneas alternadas de Fajinas.

IV. Calculos

Las dimensiones y cantidades de obras se realizarán de acuerdo a un diseño de precipitación, basándose en los antecedentes recolectados de la estación meteorológica ubicada en Paredones.

4.1 Cálculo de intensidad máxima en una hora

Es muy importante calcular la intensidad de la lluvia, para diseñar las obras. Por lo tanto, la intensidad máxima en una hora, se calculó aplicando la ecuación de Grunsky (Tokugawa, K. y Vargas, R. 1996):

$$I = (P/24) * \overline{0(24/t)} \quad (1)$$

donde,

I: intensidad promedio de precipitación(mm/hr)

P: precipitación en 24 horas (mm)

t: tiempo de concentración (hrs)

El tiempo de concentración utilizado, fue el obtenido por el Estudio del Estero Nilahue, que equivale a 0,2 horas, es decir a 12 minutos.

La precipitación diaria utilizada corresponde a 90 mm (Anexo 1), la cual corresponde para un período de retorno de 8 años, con una probabilidad de excedencia del 12,5%.

El período de retorno, será de 8 años, es decir una probabilidad de excedencia de 12,5%, debido a que en este tiempo es posible lograr una cobertura vegetal permanente en el sector, lograda a través de la forestación, la cual logrará una cobertura de copa suficiente, que protegerá el suelo ante cualquier evento superior a 90 mm/hr ocurrido en este período.

Fórmula de Cálculo de probabilidad de excedencia (Gumbel).

$$P_r(X \geq x) = (1/T_r) = m/N * 100$$

Donde,

$P_r(X \geq x)$: probabilidad de que en un evento futuro precipite X (mm/hr) mayores o iguales a x (90 mm/hr). (%)

x: precipitación observada (mm/hr)

T_r : período de retorno

m: número decreciente de observación

N: cantidad total de observaciones

Por lo tanto la intensidad de lluvia, según la fórmula 1 corresponde a 41 mm/hr.

4.2 Cálculo de escorrentía superficial

El escurrimiento superficial, para un período de retorno de 10 años, fue calculado de acuerdo a la Fórmula Racional, que es la siguiente:

$$Q_{\text{máx}} = (1/360) * C * I * A * t * 1,10$$

donde,

$Q_{\text{máx}}$: escorrentía máxima (m³/seg)

C : coeficiente de escorrentía

I : intensidad de la lluvia (mm/hr)

A : área de captación (ha)

t : tiempo acumulado (seg)

El coeficiente de escorrentía ocupado, fue el obtenido por el Estudio del Estero Nilahue, que corresponde a 0,35, la intensidad de la lluvia para un período de retorno de 10 años equivale 41 mm/hr, el área de captación equivale a 1 hectárea, el tiempo acumulado en horas es de 0,5 horas, es decir, de 1.800 segundos, y el valor 1,10 o 10% corresponde a un factor de seguridad, normalmente ocupado en estos cálculos hidráulicos.

Por lo tanto, el escurrimiento superficial en 4,5 hectárea, con una lluvia de 41 mm/hr, durante 30 minutos, equivale a 355.1625 metros cúbicos.

V. MANTENCION DE OBRAS

Las obras requieren de una mantención regular, para asegurar un adecuado funcionamiento. Por lo tanto, el ideal

sería que el propietario del predio realizara una mantención anual de las obras, no obstante, es posible realizarla cada 2 años, sin presentar mayores problemas en su funcionalidad, de manera de bajar los costos de esta actividad.

VI. OBRAS BIOLÓGICAS

La forestación se realizará con la especie *Eucalyptus glóbulus* y *Quillaja saponaria*, producida en contenedor, a una densidad de 1.668 arb/ha. La preparación del suelo se realizará con arado de vertedera, con 3 pasadas por surco. No se realizara roce, puesto que no existe vegetación competitiva. Se realizará la aplicación de 2 gramos de gel hidratante por planta, en el hoyo de plantación. Después de 3 semanas de plantado, se aplicarán 20 gramos de boronatro calcita por planta. Se realizará un control de malezas químico post plantación, aplicando Velpar en la línea de plantación.

Se efectuará un cercado de la forestación con postes impregnados cada 3 metros, malla de 7 hebras y una de alambre púa en la parte baja del predio, que posee 200 metros de longitud y en la parte alta un cercado con postes cada 3 metros, y con 5 hebras de alambre púa, tiene una longitud de 200 metros. La forestación tendrá un corta fuego perimetral de 10 metros de ancho, como una medida de prevención de ocurrencia de incendios forestales.

VII. COSTOS DEL PROYECTO

Costos asociados

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Materiales	Postes de 5" x 2,44"	Unidades	50	1.628	48.840
	Postes de 4" x 2,44"	Unidades	350	944	330.400
	Madera	Metro ruma	30	21.240	637.200
	Malla Ursus	Rollos	5	25.000	125.000
	Malla Raschel	Metros	30	1.250	37.500
	Sacos	Unidades	300	140	42.000
	Manga plástica	Metros	1.700	47	80.000
	Clavos 5"	Kilos	20	584	11.680
	Grapas 1 1/4	Kilos	40	765	26.775
	Alambre N°14	Kilos	70	545	35.970
	Quillay	Plantas	3.375	200	675.000
	Eucalipto	Plantas	2.025	50	101.250
	Palma chilena	Plantas	150	1.000	150.000
	Fertilizante	Kilos	300	180	54.000

	Ramas o palillos	Unidades	500	150	75.000
Total					2.469.480
Mano de obra	Obras mecánicas	jornadas	480	5.000	2.400.000
	Obras biológicas	jornadas	80	5.000	400.000
Total					2.800.000
Diseño y ejecución	Supervisión	Jornadas	400	3.000	1.200.000
	Arriendo de vehículo	Jornadas	400	1.750	700.000
	Combustible	Jornadas	400	250	100.000
Total					2.000.000
Subtotal					7.269.480
(10%) Imprevistos					726.948
TOTAL PROYECTO					7.996.428

BIBLIOGRAFÍA

- Estudio Básico de Manejo, Restauración de Suelos y Control de Erosión. Cuenca Nilahue. VI región. 2000. Universidad de Concepción - Corporación Nacional Forestal.
- Tokugawa, K. Y Vargas, R. 1996. Informe Final de Control de Erosión.
- Morales, J. y Uzon, V. 1995. Recuperación de Suelos en Sistemas Productivos Campesinos de Chile Central. Experiencias prácticas para extencionistas. DEFOR.
- Francke, S. *et al.* 1998. Manual de Control de Erosión. Conaf - Jica.
- Francke, S. *et al.* 1999. Recuperación de Suelos Degradados en el Marco de la Nueva Ley de Fomento Forestal. Conaf.
- Araya, F. 1976-1999. Antecedentes climáticos, estación meteorológica de Paredones.
- Ciren, 1996. Estudio Agrológico de la VI región.
- Critchley, W. Y Siegert, K. 1996. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia, Tomo I: Bases Técnicas y Experiencias en Africa y Asia. Oficina Regional de la FAO para América latina y El Caribe.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos de precipitación (mm/40 hr) de la comuna de Paredones, ordenados en forma decreciente, con sus respectivas probabilidades de excedencia.

Nº	Año,mes	PP. Máx. (mm/día)	Prob. Exced.(%)	Tiempo Retorno (años)
1	1982,Jul	112,0	4,2%	24
2	1986,May	94,3	8,3%	12
3	1990,Mar	90,0	12,5%	8
4	1983,Jun	84,0	16,7%	6
5	1984,Jul	77,0	20,8%	5
6	1993,Abr	75,0	25,0%	4
7	1980,May	70,7	29,2%	3
8	1999,Sep	66,1	33,3%	3
9	1976,Oct	63,0	37,5%	3
10	1997,Jun	62,0	41,7%	2
11	1992,May	60,4	45,8%	2
12	1995,Abr	60,0	50,0%	2
13	1987,Jul	55,0	54,2%	2
14	1994,Abr	53,6	58,3%	2
15	1985,Jul	53,0	62,5%	2
16	1977,Jul	52,0	66,7%	2
17	1979,Abr	46,5	70,8%	1
18	1978,Jul	46,0	75,0%	1
19	1998,Sep	45,5	79,2%	1
20	1988,Jun	43,0	83,3%	1
21	1981,Sep	42,0	87,5%	1
22	1989,Jul	38,0	91,7%	1
23	1996,Agos	37,0	95,8%	1
24	1991,Jun	35,2	100,0%	1

Cronograma de actividades

Actividades/semana	Abril		Mayo		Junio		Julio					
	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°
Cercado del predio	x	x										
Canales de desviación			X									
Surcos con animal				X								
Zanjas de infiltración					X							
Empalizadas							X	X				
Fajinas (haz de ramas)											X	X
Diques de contención	X		X		X							
Muros de sacos		X		X		X						
Forestación						X	X	X				
Fertilización											X	X
Supervisión	X	x	x	X	x	X		X	x	x		X