



0010809

INFOR
158
c.2



INFOR
Instituto Forestal

PROYECTO

TECNICAS DE CULTIVO PARA EL CONTROL
DE LA EROSION EN UNA SUB CUENCA
DE LA PROVINCIA DE CHOAPA IV REGION

AUTOR : SANDRA PERRET DURAN
INGENIERO FORESTAL

COLABORADORES:

SUSANA BENEDETTI R.
FERNANDO ANDRADE V.
ROGER CARRASCO G.

SANTIAGO, MAYO 1993

INSTITUTO FOR.
Div. Silvicultura

P R O Y E C T O

T E C N I C A S D E C U L T I V O P A R A E L C O N T R O L
D E L A E R O S I O N E N U N A S U B C U E N C A
D E L A P R O V I N C I A D E C H O A P A I V R E G I O N

AUTOR : SANDRA PERRET DURAN
 INGENIERO FORESTAL

COLABORADORES:

SUSANA BENEDETTI R.
FERNANDO ANDRADE V.
ROGER CARRASCO G.

SANTIAGO, MAYO 1993

INDICE

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVO	2
III. ANTECEDENTES GENERALES	2
3.1.-Descripción de la Zona de Estudio	6
IV. METODOLOGIA	6
4.1.-Demarcación y Dimensionamiento de las Areas de Control de Erosión	6
4.1.1.- Dimensionamiento de los Colectores	11
4.2.- Análisis Morfológico y Químico de Suelo de cada uno de los Modulos en Estudio	17
4.3.- Descripción de Tratamientos en cada Modulo de Erosión	25
4.4.- Procedimiento de Muestreo	27
4.4.1.- Medida de Parámetros Climáticos	27
4.4.2.- Medición del volúmen de sólidos y agua escurrida	30
4.4.3.- Implementación del Modelo Djorovic	31
V. COMENTARIOS	33
VI. BIBLIOGRAFIA	35

ANEXOS

ANEXO 1 Mapas de Delimitación Area de Estudio

ANEXO 2 Tablas Numero de Curvas del S.C.S.

ANEXO 3 Plano Diseño de colectores

ANEXO 4 Esquema de distribución de Tratamientos por Modulo
y de Distribución de plantas por tratamiento

ANEXO 5 Antecedentes dasométricos del ensayo

I.- INTRODUCCION

De norte a sur existen mudos testigos de la mano devastadora del hombre. Hoy se observan grandes zonas bajo proceso erosivos que amenazan pueblos y ciudades, extendiendo las zonas áridas y semiáridas del país.

Dentro de este contexto se encuentra la IV Región, la cual ha sufrido una serie de acciones que han conducido a la degradación completa de los escasos recursos agua y suelo. Una de las zonas afectadas de esta región es la provincia de Choapa, que presenta procesos erosivos de gran magnitud que se han visto incrementados debido al mal uso de la tierra, a la sobreexplotación de la cubierta vegetal autóctona con fines energéticos, y esto agravado aún más por el sobrepastoreo de ganado caprino. (IGM, 1984).

Examinado los fenómenos que tienen lugar en la IV Región, el de mayor impacto lo constituye el carácter torrencial de las precipitaciones, las cuales concentradas en el período invernal agravan el problema de la erodabilidad de los suelos. Es así como el hecho de contar con antecedentes que cuantifiquen el monto de pérdida de suelo en función de la erosión hídrica, es de vital importancia y justifica la proposición de calibrar un modelo de estimación de erosión.

Este método de evaluación llamado "Modelo de Djorovic", estima el caudal sólido en m³/año en base a la concurrencia de parámetros como son la precipitación, temperatura, suelo, relieve y vegetación. (Pizarro, Novoa, 1986).

Dentro del papel que le compete asumir al INFOR, además de evaluar los montos de pérdidas y preservar el recurso suelo, está el establecimiento de los módulos o áreas de comprobación de prácticas de uso conservacionista, las que permitirán evaluar en función de la productividad de diferentes cultivos y los montos arrojados de pérdida de suelo por el modelo anteriormente propuesto, indicar las prácticas culturales de menor riesgo para la zona en estudio.

II.- OBJETIVO

El objetivo central que persigue este proyecto es determinar cuales son las técnicas de laboreo que minimicen la pérdida de suelo por efecto de la erosión. Esto es de vital importancia y de suma urgencia para la preservación del recurso, de manera de enfrentar políticas de desarrollo rural, de control y conservación de los recursos suelo y agua.

III.- ANTECEDENTES GENERALES

La IV Región representa el 5,24 % de la superficie continental de Chile. Su población (INE, 1990) alcanza a 420.000 habitantes y de esta cifra el 25% vive en zonas rurales en los sistemas de Comunidades Agrícolas.

En estos sectores de la IV Región se esta produciendo el más grave y acelerado proceso de desertificación del país, donde se estima cerca del 2 % anual de pérdida de recurso vegetal y además la pérdida en productividad de sus suelos, aunque se ha cuantificado, es muy significativa, (IREN - CORFO, 1978).

CUADRO N°1

Distribución de Superficies y % por clase de uso de los suelos

	SUELO (E)	%	EROSION (E)	%	TOTAL	%
III	9381	35.5	17043	64.5	26424	100
IV	14900	39.4	22644	60.6	37544	100
SUB TOT. ARABLE	24281	38.0	39687	62.0	63968	100
VI	219	2.5	46968	99.5	47187	100
VII	12443	2.3	539003	97.7	551446	100
SUB TOT. PRADERA	12662	2.1	595971	97.9	598633	100
VIII		243.612	100 %		243.612	100
TOTAL RECONOCIDO					906.213	

La IV Región se ubica en un tramo de transición entre el clima árido y semiárido, sus precipitaciones son débiles e irregulares, concentradas en cortos períodos del año, moviéndose en un rango de 100 a 250 mm.

El clima en la zona esta generado por la interacción de tres factores :

- Una faja de altas presiones subtropicales, (anticiclón del Pacífico Sub Oriental).
- El océano (corriente fría de Humboldt) y
- Relieve del Macizo andino y cordones interfluviales los que dificultan el desplazamiento de masas de aire (Santibañez, 1986).

El clima en la actualidad muestra una tendencia hacia la disminución de las lluvias, debido a un desplazamiento de la isoyeta de 100 mm en más o menos 0,4 a 0,5 Km hacia el sur anualmente, este desplazamiento va produciendo una desertificación activa y una de las causas atribuibles reside en una posible variación de factores macroclimáticos como lo es la dinámica del anticlón del Pacífico Suroriental.

La consecuencia de esto se observa en la retirada de formaciones vegetales, que junto con los factores antrópicos afectan aún más a la productividad primaria de los ecosistemas.

Los suelos en que este sector se asienta son los más antiguos del país, donde predominan las arcillas derivadas de material granodiorítico y sedimentario. La serie de suelo del Choapa pertenece a la de Huentelauquen y Mincha. Su problema principal es la falta de agua lo que determina en cierto grado su baja fertilidad.

Las capacidades de uso principales que se observan en dicha zona son las de clase VII y VIII de capacidad de uso, cubriendo una superficie con un porcentaje de alrededor del 90 % de la región.

Los suelos de capacidad de uso VII, corresponden a praderas permanentes las cuales requieren de prácticas intensivas de conservación y manejo, para evitar su acelerado deterioro. Son suelos de fuertes pendientes o muy delgados y pedregosos con baja capacidad de infiltración de agua.

En los suelos de clase VIII las condiciones imperantes son más severas las cuales poseen escasa vegetación y debieran solo protegerse para poder conservarlas, lamentablemente la realidad es otra y los comuneros deben hacer uso de ellas pues no tienen otras alternativas productivas.

El uso de los suelos en las comunidades de la provincia de Choapa son básicamente ganadero ocasional, de tipo caprina en su gran mayoría.

El cultivo de mayor importancia en la zona es el trigo, el que ejerce un fuerte impacto al medio, pues para su siembra requiere de una limpieza total del terreno y la extracción de arbustos y árboles.

Por la escasa fertilidad de los suelos el rendimiento de estos cultivos es muy bajo y solo les alcanza para su subsistencia y con rendimientos cada día menores.

Sumado a esto, otras actividades del hombre con un fuerte impacto en el ambiente lo constituye la actividad minera y la cosecha de material leñoso para energía de uso domestico.

La vegetación en esta zona esta constituida principalmente por especies leñosas bajas que como adaptación a la aridez experimentan desfoliación en el período de mayor deficit hidrico. En las que predominan especies del genero Senecio, Adesmia, Gutierrezia, Cassia entre otras.

Otra de las formaciones predominantes son las suculentas, que suelen ser dominantes en aquellas localidades y situaciones con indices de aridez muy marcados, especialmente en exposición Norte y marcan una fisonomía del paisaje con varias especies del genero Puya y Cereus.

Las especies principales del estrato herbaceo lo constituyen las del genero Erodium, Vulpia y Koeleria entre otras, las cuales se manifiestan en terrenos que no han sido arados en los últimos tiempos.

En resumen la presencia de la vegetación existente hoy en día en dichas zonas, es producto del balance hidrico que impera y de la acción que el hombre ha ejercido durante siglos.

Si examinamos cual es la disponibilidad de agua y sus requerimientos en esta zona, es importante entonces analizar cuales son las ofertas hidricas de que se disponen. En primer lugar se encuentra la precipitación, las que son escasas y fluctúan desde 100 mm a 250 mm y con extremas muy marcadas. por ejemplo, el año 1984 en Illapel se registraron 286,5 mm, en tanto que en 1985 solo fue de 55.9 mm.

Se suma a esto las concentraciones e intensidades de lluvias, que definen la alta energía cinética incidente sobre el suelo.

Junto a lo anterior esta la oferta producto de la precipitación nival que se produce en la alta cordillera lo que se aprovecha en los períodos de estiaje, pero en épocas de deshielo incrementa la torrencialidad de los cauces y favorecen a los fenómenos erosivos.

Por último el tercer componente de la oferta hídrica lo constituyen las neblinas costeras las que son insignificantes, salvo que se coloquen dispositivos para captarlas - los que necesitan de una gran inversión inicial.

Por otra parte las demandas de agua estan dadas por: agua para consumo humano, regadío de tierras agrícolas, minería e hidroenergía.

Las consecuencias son por lo tanto el poder garantizar el recurso agua en las comunidades agrícolas, durante todo el año, ya sea para paliar las necesidades primarias, como para incrementar masivamente especies forestales con fines de protección y producción. La incidencia negativa que posee el proceso de precipitación y escorrentía, esta definido principalmente por el accionar del hombre y fuerzas físicas que interactúan. Es así como la función técnica debe dirigirse hacia un accionar que denote una mayor planificación y proyección del quehacer, con el fin de mejorar la calidad de vida del ser humano allí presente.

El problema de la escases del agua y el deterioro cada vez mayor de los recursos naturales, es uno de los tantos hechos que afectan a las comunidades que allí habitan, pues se suman los serios problemas sociales como son la pobreza, analfabetismo, salud etc, los cuales si lo observamos en un diagrama de flujo se tiene:

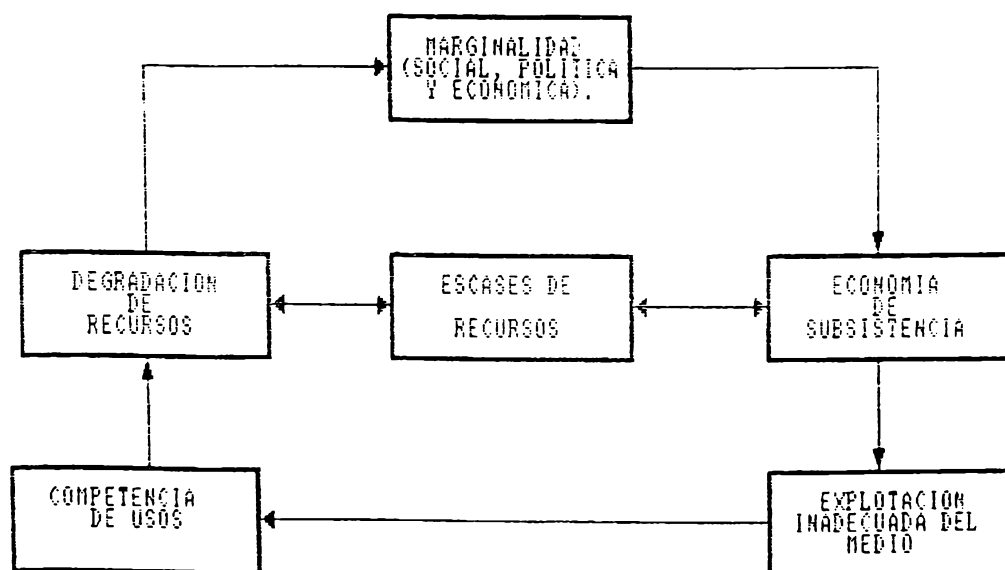


Figura N°1 : Limitantes para el progreso de las Comunidades

Fuente: Benedetti, 1986

Es por esto que el presente estudio trata de abordar la problemática de la conservación de los recursos naturales mediante una metodología de cuantificación de pérdida de suelos, según diferentes tipos de cultivos, con el fin de dar una posible solución al problema de la conservación de suelos y utilización del escaso recurso agua.

3.1.-Descripción de la zona en estudio

El area de estudio está centrada en una subcuenca, cuya quebrada principal es afluente de la quebrada Quelón en la comunidad Agrícola Tunga Norte. Sus coordenadas geográficas son 31°37'35'' de latitud sur y 71°19'30'' de longitud oeste, en la carta IGM Mincha escala 1:50.000, cuya superficie total es de 62,5 ha y una altitud aproximada de 400 msnm. El terreno elegido corresponde a un área con una sobreexplotación de los recursos; suelos en proceso de degradación, con una mínima cubierta vegetal y de fuertes pendientes. Los mapas con la delimitación de la cuenca se entregan en el anexo 1.

IV.- METODOLOGIA

Las metodologías de investigación usadas para el estudio de la erosión del suelo por el agua, son muy variadas tanto en las técnicas como en los procedimientos que utilizan. En el presente estudio se utilizarán las parcelas de escurrimiento para las mediciones de pérdidas de suelo y agua, y se compararan los resultados con un modelo analítico de medición llamado "Modelo de Djorovic", el cual estima el caudal sólido en $m^3/año$ en función de parámetros como son la precipitación, la temperatura, suelo, relieve y vegetación.

4.1.- Demarcación y Dimensionamiento de las Areas de Control de Erosión.

Debido a que la erosión es producto de factores tan diversos como son el régimen de lluvias, las propiedades del suelo, el tipo de cultivo y la topografía entre otros, es que la predicción de pérdida de suelo es sólo posible de determinar en forma más certera en base a observaciones de parcelas con factores predefinidos, de manera de poder extrapolar los resultados a superficies mayores.

Luego el objetivo de estas parcelas es recoger el agua de escorrentía y el posible arrastre de suelo, de forma de conocer la influencia que ejercen las diferentes prácticas de conservación sobre la recuperación y aminoramiento de los procesos erosivos.

La instalación de las parcelas o áreas de comprobación se distribuyeron en forma estratégica en distintos sectores de la cuenca, tomando como base que los módulos o bloques quedarán en condiciones similares de pendiente, exposición, relieve y altitud, de manera que la variabilidad en el bloque fuese mínima.

Las parcelas son de tipo rectangular con el eje longitudinal orientado hacia la pendiente, de 18 metros de largo por 7 metros de ancho.

En términos generales consiste en una faja o borde, de un elemento para concentrar la escorrentía en su extremo más bajo y de un colector para recibir el sedimento acarreado.

Los principales componentes de estas parcelas experimentales son (Figura N°2):

- 1. Parcelas independientes de superficie prefijadas con pendientes uniformes, cultivadas de diferentes maneras " A ".
- 2. Plataforma metálica que recoge el agua de escorrentía y el sedimento proveniente de la parcela " B ".
- 3. Depósitos de decantación los que tienen por función recoger los materiales sólidos procedentes de la plataforma metálica " C ".
- 4. Partidores que dividen el volumen de agua escurrida conduciendo una parte alicuota a los depositos generales " D ".
- 5. Depositos que acumulan el agua de escorrentía " E ".
- 6. Estación Meteorológica automática, para medir la cantidad de agua caída, temperaturas, humedad relativa, presión barométrica y viento " F ".

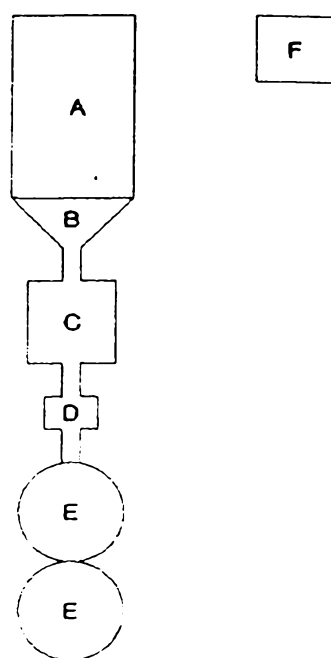


FIGURA N°2

Las dimensiones de cada uno de estos componentes se realizarón en base a la maxima intensidad de precipitación que se puede esperar en dicha zona.

Según datos de pluviometría de la estación Infor, ubicada en el predio Bellavista comuna de Illapel (cuadro N°2 Y 3), en los últimos 5 años la mayor precipitación registrada en un día fue el mes de Julio de 1987 con 83 mm de agua caída, en base a estos datos y a la probabilidad de ocurrencia de dicho evento se determinaron las dimensiones de los recipientes o colectores de sedimento.

CUADRO N°2
INTENSIDAD MAXIMA EN UN DIA SEGUN AÑO Y MES
ESTACION PREDIO BELLAVISTA ILLAPEL (INFOR)

AÑO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1987	29.0			6.0	14.0	26.0	83.0	52.0	3.0	10.0		
1988						9.0	16.0	15.0			3.0	
1989					31.0		19.0	39.0				
1990	3.1						15.0	9.0	2.0			
1991					31.0	42.0	12.0		12.0			
1992												

CUADRO N°3
PRECIPITACIONES MENSUALES POR AÑO EN MILIMETROS
ESTACION PREDIO BELLAVISTA ILLAPEL (INFOR)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1987	29.0			6.0	33.0	42.0	355.0	104.0	3.0	10.0			582.0
1988						16.0	23.9	20.0			3.0		62.9
1989					35.5		42.0	51.0					128.5
1990	5/1						42.0	4.0	2.0				48.0
1991					31.0	126.0	23.0		25.0				205.0
1992													

Aplicando el modelo de distribución de Gumbel se puede predecir los valores que pueden tomar ciertas variables hidrológicas asociadas a una probabilidad de ocurrencia. Este modelo ha dado buenos resultados cuando se ejecuta con valores extremos, lo cual no implica que para valores medios los resultados no sean satisfactorios.

La función de Gumbel queda definida como:

$$F(x) = P(R \leq x) = e^{-e^{-d(x-u)}}$$

con $-\infty \leq x \leq \infty$

donde :

x, valor a asumir por la variable aleatoria

d y u, parametros

e, base de logaritmos neperianos

y donde:

$$u = \bar{X} - 0.450047 * s$$

$$d = 0.779696 * s$$

donde :

$\bar{X}$, media aritmética de la serie de datos

s, desviación típica de la muestra de datos

Según la serie de datos obtenidas del cuadro N°2 se ejecuto el programa de Gumbel efectuado en lenguaje BASIC y compilado en TURBO-BASIC, arrojando los siguientes resultados.

```

-----DISTRIBUCION MODELO GUMBEL-----
INGRESE EL NUMERO DE DATOS -----5          DATO NR 5
VARIABLE HIDROLOGICA MAXIMA ----
-----83
-----16
-----39
-----18
-----42

```

```

LA FUNCION DE GUMBEL QUEDA DEFINIDA POR :
- 4.75E-002 ( x - 27.4546 )
-e
F(x) = e

```

TEST DE BONDAD DE AJUSTE KOLMOGOROV-SMIRNOV

D CALCULADO --> .194 TAMARO DE LA MUESTRA --> 5

COEFICIENTE DE DETERMINACION R2 --> .82

NUMERO DE PERIODOS DE RETORNO (NO MAYOR AL DOBLE DE LA SERIE) --> 10
 PRIMER AÑO DE LA SERIE DE PERIODOS DE RETORNO (AÑO > 1) --> 2
 ULTIMO AÑO DE LA SERIE DE PERIODOS DE RETORNO --> 10
 INTERVALO ENTRE PERIODOS (AÑOS) --> 1

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	F(X)	VARIABLE Xi ASOCIADA AL PERIODO DE RETORNO
2	.5	35.167
3	.667	46.449
4	.75	53.67
5	.8	59.016
6	.833	63.267
7	.857	66.799
8	.875	69.82
9	.889	72.461
10	.9	74.806
11	.909	76.916

4.1.1.-Dimensionamiento de Colectores

Para el cálculo de los dispositivos de sedimentación se realizaron dos tipos de análisis:

1.-Determinación de una metodología de cálculo a través de un razonamiento lógico.

Para determinar la cantidad de agua caída en las parcelas experimentales se asumieron los siguientes supuestos:

- Que la precipitación máxima esperada en 24 horas sea de 83 mm.
- Que el escurrimiento máximo esperado sea de 80 % del agua caída.

Se tiene en consecuencia que:

- Superficie de las parcelas son de : $Sp = 126 \text{ m}^2$ (7m x 18m)
- Agua Caída : $Ac = 0.083 \text{ m}$
- El volumen esperado es de : $Ve = Sp \times Ac \Rightarrow Ve = 10.46 \text{ m}^3$
- Pero al considerar el segundo supuesto (b) el volumen Ve cambia a $Ve2 = Ve \times 0,80 \Rightarrow Ve2 = 8.37 \text{ m}^3$
- También sabemos que 1 litro equivale a 0.001 m^3 por lo cual

$$Ve2 = 8370 \text{ litros}$$

Si asumimos que debemos recibir dicha cantidad de agua para ser medida, el recipiente sería demasiado grande y de alto costo, por lo cual consideraremos recipientes de tambores de 200 litros, y dejaremos un margen de seguridad en su extremo superior de 10 cm para evitar un posible rebalse.

-Las dimensiones del tambor de 200 litros son:

ancho = 55 cm de diametro (d)
altura = 87 cm interior (l)

Luego, si disminuimos 10 cm en "l" tenemos que el volumen del tambor (V_t) es de :

$$V_t = (\pi r^2) * (l-10) \Rightarrow V_t = 182.94 \text{ litros}$$

En forma práctica se instalarán dos tambores para recibir la escorrentía de la parcela lo que significa acumular un volumen de $V_t * 2 = V$.

=>

$V = 365.88 \text{ litros}$

Pero como ya se dijo anteriormente el total de agua que provendría de la parcela con una lluvia de 83 mm sería de 8370 litros, por lo cual es necesario diseñar un partidor que divida el agua en tantas partes iguales para solo acumular una de ellas.

Es así como la cantidad de alicuotas que debería tener este partidor (P) es de :

$$V_{ez} / V \Rightarrow P = 23 \text{ alicuotas}$$

Ya sabemos en forma aproximada la cantidad, pero necesitamos saber que dimensiones debe tener el deposito de materiales sólidos, para ello se realizarón los siguientes supuestos:

- a) Pérdida de suelo equivalente a 32 ton/Ha/año
- b) Precipitación máxima en un día de 83 mm
- c) Precipitación del año maxima de 592 mm

Se tiene que 32 ton/Ha/año equivalen a $3,2 \text{ Kg/m}^2/\text{año}$ y como la parcela tiene 126 m^2 , significa que la pérdida de suelo para dicha unidad muestral es de 403 Kg/año.

Pero en una lluvia torrencial se acumularía aproximadamente el 15 % de dicho valor, lo cual equivale a 61 Kg/24 hr.

Según las tablas de equivalencia de pesos medios de la tierra seca 1 m^3 es equivalente a 1600 Kg/m^3 por lo tanto 61 Kg corresponde a 0.03812 m^3 , por lo tanto se necesitaría como mínimo un recipiente de 38,12 litros para el almacenaje de sedimentos. (Infor, 1970).

2.-Cálculo de la escorrentía a partir del Método del Número de Curvas del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (S.C.S.).

Los métodos que asumen la hipótesis hortoniana de la generación de la escorrentía superficial y en la cual se considera como el principal generador de la escorrentía de tormenta, suelen tener dos procesos:

- a) Evaluar la precipitación efectiva y
- b) Transformar esta precipitación efectiva en caudal de avenida.

Se realizó la operación del cálculo de los depósitos de sedimentación por medio del Método del número de curvas como forma de comprobación con la del punto 1.

El Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU estableció una clasificación de los llamados complejos hidrológicos a los que se asignó una capacidad de infiltración, esta capacidad de infiltración queda definida por el tipo de suelo hidrológico y la cubierta vegetal asociada a un tratamiento cultural.

Para el caso de este proyecto el grupo de suelos que se usó fue el equivalente al de un potencial de escurrimiento máximo, en el cual el mayor porcentaje de partículas la constituyen las arcillas, las cuales aumentan de volumen al mojarse y además con suelos poco profundos. Según la tabla N°1, se tienen las siguientes condiciones (ver anexo 2):

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| -Uso de suelo | : barbecho |
| -Tratamiento | : hileras rectas |
| -Condición de infiltración | : prácticamente nula |
| -Grupo hidrológico "D" | : Equivalente a un $N = 5$ |

Se asume que las condiciones de humedad del suelo despues de una lluvia son muy alta por lo cual el valor del número de curvas "N" de 94 equivalen a un $N = 98.8$.

El número "N" representa un valor relativo del fenómeno, como producto directo de la escorrentía. Mientras más se acerca el valor de "N" a 100, mayor es el volúmen de escorretía directa que puede esperarse de una tormenta.

Para determinar el número hidrológico "N" ó número de curvas que le corresponde a una cuenca determinada, se evalúa en ella misma sus características de suelo y vegetación de acuerdo a la tabla N°1, tomando un muestreo para distintas situaciones que presente la cuenca. El resultado de esos valores se expresa como sigue:

$$N = \sum N_i S_i / S$$

Donde :

S_i : Superficie de la cuenca afectada por un número hidrológico N_i .

S : Superficie total de la cuenca.

Una vez obtenido el número de curvas se procede al cálculo de la escorrentía directa la que esta dada por :

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{(P + 0.8 S)}$$

Donde :

Q : Escorrentía directa en mm

P : Precipitación del aguacero (ó del tiempo que uno quiera medir) en mm.

S : Diferencia de potencial entre P y Q expresado en mm. Este parámetro esta determinado por el número hidrológico y se define como :

$$S = \frac{25400 - 254}{98.8} \Rightarrow$$

$$S = 3.08502$$

$$Q = (25400 - 254) / 98.8$$

Luego :

$$Q = \frac{(83 - (0.2 * 3.08502))^2}{(83 + (0.8 * 3.08502))}$$

=>

$$Q = 79.409 \text{ mm}$$

Por lo tanto, como la parcela tiene una superficie de 126 m^2 y el agua caída es de 0.079409 m , obtenemos un volumen equivalente a $10,006 \text{ m}^3$, lo que equivale a 10006 litros de caudal en la parcela.

Como se dijo anteriormente, la capacidad de los tambores es de 183 litros cada uno y que existiría una pérdida de suelo equivalente a 29 litros. Suponiendo que de este caudal sólido un 50 % se acumula en el primer deposito y que el resto pasa al deposito de agua se tiene que:

$$Q = 10006 + 15 \implies Q = 10029 \text{ litros}$$

Luego si los tambores retienen solo 366 litros, se debe fabricar una estructura que tenga aproximadamente 28 alicuotas, para así poder captar solo una parte del agua que evacuaría la parcela de medición.

Despues de hacer estos dos análisis para dimensionar las estructuras a instalar en las parcelas de erosión, se procedio a diseñar los dos partidores, el primero de ellos divide el agua en 4 partes iguales y el segundo divide en 7 partes iguales la porción que trae el primer partidor.

A continuación se entrega una figura donde se muestra el detalle y dimensionamiento de las estructuras que contendrán los materiales de arrastre producto de la erosión. El detalle de los colectores de sedimentación, escorrentía y del partidor de agua se entregan con mayor detalle en el plano que se adjunta en el anexo 3.

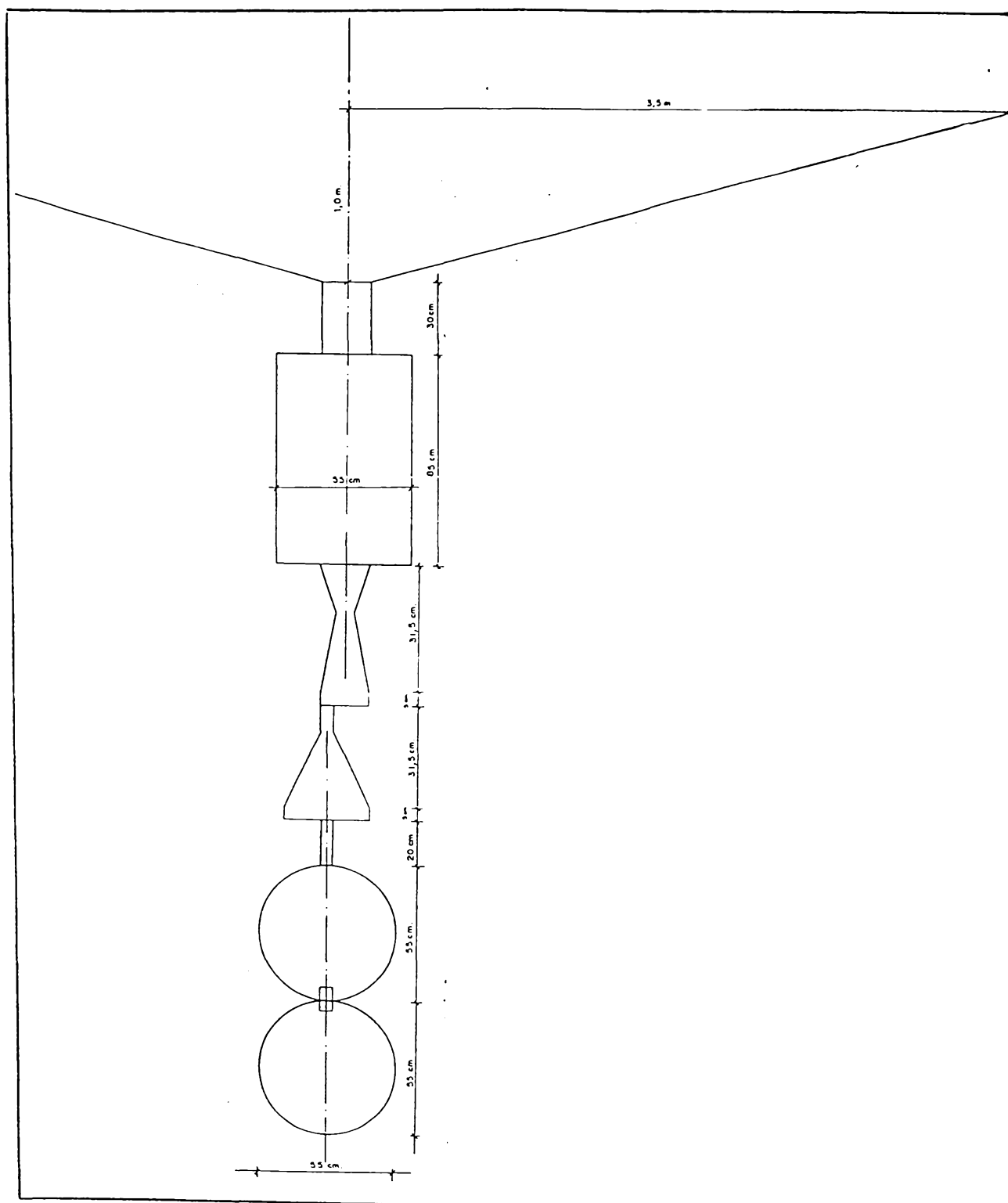


Figura N°3 :Diseño de colectores para medición de erosión

4.2.- Análisis Morfológico y Químico del suelo de cada uno de los módulos en estudio.

Se efectuó en terreno una calicata por cada módulo de control de erosión, con el propósito de contar con los antecedentes preliminares de suelo los que serán la base comparativa para las futuras observaciones de los diferentes tratamientos de control de erosión, en especial en lo que se refiere a pérdidas tanto físicas como de fertilidad.

Los análisis de estos suelos fueron efectuados en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. A continuación se entrega las principales características morfológicas y químicas de los perfiles de suelo por modulo:

1.- Análisis Morfológico:

MODULO 1 : Este suelo se encuentra ubicado en una fisiografía de cerros, de relieve inclinado, con una pendiente media de un 41,5 %, derivados de material volcánico y sedimentario marino, a 315 msnm, con una moderada erosión de manto, con drenaje externo bueno a excesivo, permeabilidad moderada y pobre en materia orgánica. Se pueden encontrar raíces hasta 0,88 metros de profundidad, vegetación asociada de *Baccharis sp.* y alfilerillo, en suelos de Capacidad de Uso de clase VII.

Se asocia a estas características una vegetación colonizadora compuesta principalmente por *Baccharis sp.* y alfilerillo, producto de un uso intensivo de estos campos por el pastoreo y el cultivo de cereales ocasionales

El perfil del Módulo 1 es el siguiente:

0.00-0.24 metros: Color 10 YR 3/2, en húmedo, pardo amarillento oscuro, 10 YR 5/3, en seco, pardo, textura franco arenosa, estructura granular, fin y media, friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, sin reacción de HCl, raíces finas escasas, límite gradual ondulado.

0.24-0.36 metros: Color 7.5 YR 4/4 en húmedo, pardo oscuro, 7.5 YR 4/4 en húmedo, pardo a pardo oscuro, 7.5 YR 6/4, en seco, pardo claro, textura franco arcilloso, estructura masiva, friable en húmedo, no adhesivo, moderadamente plástico, raíces finas escasas, leve efervescencia al HCl, límite abrupto, ondulado.

0.36-1.20 metros: Color 5 YR 4/6, en húmedo, rojizo amarillento, 5 YR 4/6, en seco, arcilloso denso, estructura masiva (sobre saturado), denso, plástico, ligeramente adhesivo, en la porción superior raíces finas comunes, leve efervescencia al HCl, límite abrupto, ondulado.

MODULO 2 : Suelo ubicado en una fisiografía de cerros, de relieve inclinado, con una pendiente media de 38,5 %, derivados de material volcánico y sedimentario marino, a 320 msnm, con erosión moderada de manto, de drenaje externo bueno a excesivo, permeabilidad moderada, pobre en materia orgánica, raíces hasta 0,73 metros de profundidad, con vegetación compuesta principalmente por *Baccharis* sp. y alfilerillo y Clase VII de Capacidad de Uso.

El uso de estos suelos ha sido destinados a campos de pastoreo y cultivos de cereales.

El perfil del Módulo 2 es el siguiente:

0.00-0.14 metros: Color 10 YR 3/3 en húmedo, pardo oscuro, 10 YR en seco, pardo, textura franco arenosa fina, estructura granular fina y media, muy friable en húmedo.

0.14-0.28 metros: Color 10 YR 3/3 en húmedo, pardo oscuro, 10 YR 5/3, en seco, pardo, franco arenoso fino y medios, ligeramente duro, no plástico, no adhesivo, raíces finas escasas, leve efervescencia al HCl, límite claro ondulado.

0.28-0.51 metros: Color 7,5 YR 4/4 en húmedo, pardo a pardo oscuro, 7.5 YR 5/4 en seco, pardo, franco arcillo arenoso grueso, bloques subangulares finos y medios, ligeramente firme, moderadamente plástico, no adhesivo, raíces finas escasas, leve efervescencia al HCl, límite claro ondulado.

0.51-0.73 metros: Color 7.5 YR 5/6, en húmedo, pardo fuerte, 7.5 YR 5/8, en seco, pardo fuerte, franco arcillo arenoso grueso, masivo (sobresaturado), friable en húmedo, plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas escasas, leve efervescencia al HCl.

Roca.

MODULO 3 : Este suelo se encuentra ubicado en una fisiografía de cerros, de relieve inclinado, con una pendiente de 40,0 %, derivados de material volcánico y sedimentario marino, a 318 msnm, con una moderada erosión de manto, con drenaje externo bueno a excesivo, permeabilidad moderada, pobre en materia orgánica, raíces hasta 1,8 metros de profundidad, con vegetación de *Baccharis* sp. y alfilerillo y Clase VII de Capacidad de Uso.

El uso actual es de campos de pastoreo, cultivos ocasionales de cereales, y adaptado principalmente para empastadas y / o forestales.

El perfil del Módulo 3 es el siguiente:

- 0.00-0.25 metros: Color 7.5 YR 4/2 en húmedo, pardo a pardo oscuro, 10 YR 5/3 en seco, pardo, franco arcillo arenoso y estructura granular fina a media, friable en húmedo, muy ligeramente plástico, no adhesivo, raíces finas comunes, sin efervescencia al HCl, límite gradual ondulado.
- 0.25-0.48 metros: Color 5 YR 4/3 en húmedo, pardo apardo oscuro, 10 YR 6/4 en seco, pardo amarillento claro, franco arcillo arenoso, masivo (sobresaturado) friable en húmedo, moderadamente plástico ligeramente adhesivo, raíces finas comunes, leve efervescencia al HCl, límite gradual ondulado.
- 0.48-0.72 metros: Color 10 YR 5/6 en húmedo, pardo amarillento, 10 YR 6/6 en seco, amarillo parduzco, arcilla densa, masivo (sobresaturado), denso plástico, moderadamente adhesivo, raíces finas escasas, sin reacción al HCl, límite claro ondulado.
- 0.72-1.15 metros: roca descompuesta, raíces finas muy escasas, penetran hasta 1,08 metros de profundidad.
- 1.15 metros y más: Roca.

En resumen, se trata de suelos distintos, tanto en colores como en otras características como textura, presencia o ausencia de cal libre. Sin embargo, derivan de un material común, presentan pendientes similares, generalmente, la cal libre se concentra mayormente en los horizontes inferiores, presentando los superfinales libres de ella, que reflejaría movimiento de bases en profundidad. Presentan entre ellos sólo pequeñas diferencias de altura sobre el nivel del mar; las raíces penetran desde 0.75 a 1.08 metros de profundidad, lo que indica buena a excelente penetración a pesar que dos de los perfiles presentan arcilla densa en profundidad.

2.- Análisis Químico

1.- Potencial de hidrogeno pH:

De acuerdo a los antecedentes de laboratorio, y con la escala común de medición del pH, los suelos de estos módulos podrían clasificarse como ligeramente ácidos a neutros, ligeramente ácidos de 6.1 a 6.5, que serían el suelo del módulo 3 y módulo 2 y neutro que va de 6.6 a 7.3, al que podría tal vez asimilarse al suelo del módulo 1, a pesar que el tercer horizonte es ligeramente alcalino y el primer horizonte ligeramente ácido.

De cualquier manera, los pH de los suelos pueden considerarse normales y permitirían una normal asimilación de los fertilizantes y una buena adaptación de especies.

CUADRO N° 4

ANÁLISIS DE pH PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MÓDULO

MÓDULO 1				MÓDULO 2				MÓDULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	H ₂ O 1:1	I	KCl 1:1	PROFUNDIDAD METROS	H ₂ O 1:1	I	KCl 1:1	PROFUNDIDAD METROS	H ₂ O 1:1	I	KCl 1:1
0.00-0.24	6.3	I	4.7	0.00-0.14	6.2	I	5.3	0.00-0.25	6.0	I	5.1
0.24-0.36	6.7	I	4.6	0.14-0.28	6.5	I	5.1	0.25-0.40	6.3	I	4.9
0.36-1.20	7.7	I	6.1	0.28-0.51	6.6	I	4.9	0.40-0.72	6.4	I	4.7
		I		0.51-0.73	6.6	I	4.4			I	

2.- Carbono Orgánico y Materia Orgánica:

La materia orgánica se obtiene de multiplicar el carbono orgánico por 1.742. Los suelos, en general, son pobres en materia orgánica, encontrándose valores mejores en los horizontes superiores, decreciendo fuertemente en profundidad, lo que es habitual en zonas áridas.

CUADRO N° 5

ANÁLISIS DE CARBONO ORGÁNICO Y MATERIA ORGÁNICA PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MÓDULO

MÓDULO 1				MÓDULO 2				MÓDULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	C.ORGÁNICO %	I	M.ORGÁNICA %	PROFUNDIDAD METROS	C.ORGÁNICO %	I	M.ORGÁNICA %	PROFUNDIDAD METROS	C.ORGÁNICO %	I	M.ORGÁNICA %
0.00-0.24	1.31	I	2.3	0.00-0.14	2.53	I	4.5	0.00-0.25	2.38	I	4.1
0.24-0.36	0.53	I	0.9	0.14-0.28	1.04	I	1.8	0.25-0.40	0.44	I	0.8
0.36-1.20	0.80	I	1.4	0.28-0.51	0.53	I	0.9	0.40-0.72	0.54	I	0.9
		I		0.51-0.73	0.45	I	0.8			I	

3.- Nitrogeno Total y Relación C:N:

Los suelos con respecto al Nitrógeno total están en los tramos de medios a pobres, siendo la relación C:N casi siempre menor de 15, que correspondería a humus de tipo Mull, incorporados a la parte mineral del suelo.

CUADRO N°6

ANALISIS DE NITROGENO TOTAL Y RELACION C:N PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 1				MODULO 2				MODULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	N TOTAL	C : N		PROFUNDIDAD METROS	N TOTAL	C : N		PROFUNDIDAD METROS	N TOTAL	C : N	
0.00-0.24	0.2	13.1		0.00-0.14	0.22	11.8		0.00-0.25	0.11	21.6	
0.24-0.36	0.08	6.6		0.14-0.28	0.09	11.6		0.25-0.48	0.03	14.1	
0.36-1.20	0.13	6.1		0.28-0.51	0.07	7.6		0.48-0.72	0.04	13.5	
				0.51-0.73	0.03	15.0					

4.- Conductividad Electrica:

Sobre la base del contenido de sales en el suelo, ellos caen en la categoría de suelos salinos, ya que la conductividad al estrato en mm/hos/cm es menor de 2.

CUADRO N°7

ANALISIS DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 1			MODULO 2			MODULO 3		
PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 90		PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 90		PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 90	
0.00-0.24	0.14		0.00-0.14	0.41		0.00-0.25	0.4	
0.24-0.36	0.22		0.14-0.28	0.14		0.25-0.48	0.46	
0.36-1.20	0.25		0.28-0.51	0.14		0.48-0.72	0.46	
			0.51-0.73	0.19				

5.- Capacidad de Intercambio Cationico (CIC):

En general la capacidad de intercambio es baja, ya que son menores de 15, salvo en los horizontes inferiores que corresponderían a una categoría media, la que va de 15 a 35. Según varios autores la capacidad de intercambio cationico ideal es de 18 meq/100 gr. que no es el caso de estos suelos.

CUADRO N°8

ANALISIS DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 1				MODULO 2				MODULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 9C			PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 9C			PROFUNDIDAD METROS	C.ELECTRICA mmho/cm3 25 9C		
0.00-0.24	12.49			0.00-0.14	9.45			0.00-0.25	9.23		
0.24-0.36	8.64			0.14-0.28	7.9			0.25-0.48	6.00		
0.36-1.20	26.41			0.28-0.51	8.74			0.48-0.72	27.33		
				0.51-0.73	17.23						

6.- Cationes extraibles en Acetato de Amonio:

A pesar que normalmente estos suelos podrían considerarse como calcimagnésicos, en este caso sería más lógico indicarlos como cationes extraibles en acetato de amonio, por cuanto las cantidades extraídas de Calcio y Magnesio son demasiado elevadas y sobrepasan la capacidad de intercambio catiónico. Las mayores proporciones se encuentran en los horizontes inferiores.

CUADRO N°9

ANALISIS DE CATIONES EXTRAIBLES EN ACETATO DE AMONIO PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 1							
PROFUNDIDAD METROS	Ca	Mg	Na	K	CATIONES EXTRAIBLES NH4 AcO		
0.00-0.24	4.01	26.25	0.24	0.11	30.61		
0.24-0.36	5.51	31.17	0.50	0.04	41.22		
0.36-1.20	31.86	144.21	0.80	0.13	237.02		

ANALISIS DE CATIONES EXTRAIBLES EN ACETATO DE AMONIO PARA
DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 2						
PROFUNDIDAD METROS	Ca	Mg	Na	K	CATIONES EXTRAIBLES NH ₄ AcO	
0.00-0.14	4.82	19.77	0.15	0.25	24.99	
0.14-0.28	4.39	21.04	0.08	0.18	25.69	
0.28-0.51	4.50	28.64	0.21	0.05	33.40	
0.51-0.73	80.72	73.70	0.72	0.04	155.18	

ANALISIS DE CATIONES EXTRAIBLES EN ACETATO DE AMONIO PARA
DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 3						
PROFUNDIDAD METROS	Ca	Mg	Na	K	CATIONES EXTRAIBLES NH ₄ AcO	
0.00-0.25	3.70	14.20	0.07	0.20	18.17	
0.25-0.48	3.31	23.07	0.27	0.06	26.71	
0.48-0.72	102.40	107.76	0.62	0.03	210.87	

7.-Fertilidad:

Los niveles de Nitrógeno aprovechable pueden considerarse bajos a muy bajos, tanto en los rangos que emplean la Platina y el Departamento de Ingeniería y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Lo mismo puede indicarse para los niveles de Fósforo aprovechable, ya que menores de 7 ppm es bajo, para las dos instituciones. Los niveles de K podrían también, considerarse como de baja disponibilidad.

Se trataría, por lo tanto, de suelos muy pobres en fertilidad, seguramente con bastante respuesta a las aplicaciones de Nitrógeno y Fósforo.

CUADRO N° 10

ANALISIS DE FERTILIDAD PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO

MODULO 1				MODULO 2			
PROFUNDIDAD METROS	N PPM	P PPM	K PPM	PROFUNDIDAD METROS	N PPM	P PPM	K PPM
0.00-0.24	2.93	1.87	41.12	0.00-0.14	5.75	7.09	37.18
0.24-0.36	2.83	1.31	16.66	0.14-0.28	4.11	4.90	70.03
0.36-1.20	2.70	0.59	50.82	0.28-0.51	1.34	5.00	21.02
				0.51-0.73	3.45	2.95	16.92

ANALISIS DE FERTILIDAD PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO

MODULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	N ppm	P ppm	K ppm
0.00-0.25	10.58	N.D.	79.23
0.25-0.48	2.28	3.94	25.07
0.48-0.72	1.34	0.59	33.73

8.-Granulometría:

Las texturas de campo concuerdan con las de laboratorio. se trata, en general, de textura liviana, franco arenosa (F.A.) y sólo en profundidad se presenta arcilladensa (aD) en dos perfiles y franco arcillo arenosa (FaA) en el tercero.

Se trataría por lo tanto, de suelos expuestos fuertemente a la erosión, cuando son sometido a la aradura, unido a las fuertes pendientes que presentan.

CUADRO N° 11

ANALISIS DE GRANULOMETRIA PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO POR MODULO

MODULO 1				MODULO 2			
PROFUNDIDAD METROS	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	PROFUNDIDAD METROS	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %
0.00-0.24	61.5	25.9	12.6	0.00-0.14	66.03	22.35	11.56
0.24-0.36	61.2	22.8	16.0	0.14-0.28	65.27	24.40	12.31
0.36-1.20	36.4	13.4	50.2	0.28-0.51	62.38	20.64	16.38
				0.51-0.73	62.57	13.63	23.80

CLASE TEXTURA: MODULO 1 FA
FA
aD
MODULO 2 FA
FA
FA
FaA
MODULO 3 FA
FA
aD

ANALISIS DE GRANULOMETRIA PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SUELO

MODULO 3			
PROFUNDIDAD METROS	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %
0.00-0.25	61.2	27.9	10.9
0.25-0.48	27.2	19.4	17.5
0.48-0.72	11.6	12.7	43.5

4.3.-Descripción de Tratamientos en Módulos de Erosión

La degradación de los recursos de la zona semiárida de Chile: suelo y vegetación es un proceso continuo y sostenido, que conduce a estados de deterioro cada vez más agudos, lo que se traduce finalmente en una reducción de la productividad del ecosistema, y en consecuencia, afecta los intereses sociales y económicos de la población.

Es así como este proyecto trata de buscar en los diferentes tratamientos que se describen a continuación, las alternativas técnicas, social y económicamente aceptables por la población rural, que conlleven a mejorar sus actuales condiciones de subsistencia y lograr la recuperación y conservación de los suelos.

La instalación de las áreas de control o módulos de erosión, se cercaron tomando en cuenta todas las precauciones posibles de manera de proteger las estructuras y los tratamientos, de eventuales daños de animales y personas. Estos módulos constan de 6 tratamientos con tres repeticiones. Dos de estos tratamientos que son el testigo (T1) y el cultivo de trigo (T2), aplicando 5 kilos de semilla en 126 m^2 , tienen por finalidad el comparar y evaluar cuantitativamente con el resto de los tratamientos, la efectividad de cada uno de ellos en el control de la erosión y aumento en la productividad.

El Tratamiento T3 se dividió en 3 etapas las que consistieron en:

1.- Preparación de Terreno: Se marco previamente el terreno trazando líneas perpendicular a la pendiente cada 4 metros, en las cuales se efectuarón tres pasadas de arado lo que conformó surcos en curva de nivel. Conjuntamente con esta preparación del terreno se procedió a fertilizar toda la superficie del tratamiento (126 m^2) con huano de cabra a una densidad equivalente a $1,5 \text{ kg por m}^2$ de superficie. Se optó por este tipo de fertilizante ya que es de menor costo y está al alcance de la población en estudio.

2.- Plantación: Luego de efectuar la preparación del terreno se continuo con la plantación de Acacia saligna en el surco, a un distanciamiento de 1 metro entre cada una de ellas, dando una totalidad para el tratamiento de 32 plantas y entre las acacias se plantó a una separación de 20 centímetros falaris (Phalaris tuberosa), con el propósito de formar una cortina de contención de los posibles arrastres de suelo que se produzcan.

El falaris es una especie de origen mediterráneo que se ha seleccionado de Australia. En Chile se cultiva principalmente en el secano interior desde la zona mediterránea semiárida hasta la zona mediterránea subhúmeda. Esta especie se puede utilizar en el secano costero, interior y en precordillera (INIA, 1981).

El falaris inicia su crecimiento temprano en el otoño, presentando a su vez un crecimiento apreciable en invierno. Su fase de crecimiento se inicia en las primeras fases de la primavera, es una planta que permanece más tiempo verde que las anuales. La utilización de esta especie es esencialmente para pastoreo, pero podría eventualmente asociarse con otras especies para conservación de forraje, (Silva, M y Lozano, U. 1989).

3.- Siembra: Una vez establecidas las plantas se procedió a efectuar la siembra de trigo más hualputra (*Medicago polymorpha*). La siembra de hualputra se efectuó luego de haber efectuado la inoculación con un hongo micorrizico, esto tiene por finalidad la fijación de nitrógeno en las raíces de esta leguminosa y a su vez dejar disponible este elemento para incrementar la productividad de trigo. (Se aplicó 13 gr. de inoculo para 100 gr de semilla de hualputra). En este caso se aplicó una densidad de 81 gramos de semillas para el total del tratamiento.

En el caso de la siembra de trigo se sembró a una densidad de 3 kilos de semilla distribuidas entre los surcos de acacia.

El Tratamiento T4 se dividió en en tres etapas al igual que el T3:

1.- Preparación de Terreno: se efectuó de la misma forma que el tratamiento tres con la diferencia que en vez de ser los surcos separados cada 4 metros en este caso se hicieron cada 3 metros.

2.- Plantación: Se efectuó con *Acacia saligna* en el surco, a un distanciamiento de 2 metro entre cada una de ellas, por lo cual da una totalidad de 20 plantas y entre las acacias se plantó a una separación de 20 centímetros *falaris* (*Phalaris tuberosa*), con el propósito de formar una cortina de contención de los posibles arrastres de suelo que se produzcan, al igual que el caso anterior. El distanciamiento entre acacias fue distinto para verificar como influye en ellas el crecimiento al estar con una menor competencia.

3.- Siembra: Una vez establecidas las plantas se procedio a efectuar la siembra de hualputra (*Medicago polymorpha*), el tratamiento efectuado en este caso es similar al del tratamiento anterior salvo que la densidad de siembra fue de 252 gramos en todo el tratamiento. La siembra se efectuó entre surcos y dentro de este se marcaron hileras distanciadas cada 20 centímetros lo que significa que entraron 15 hileras por cada interlinea de acacia, en cada una de ellas se sembró un equivalente a 2,8 gramos de semillas de hualputra.

En el Tratamiento T5 se realizo la plantación de *Acacia saligna* en terrazas individuales de 1 metro de diametro y en disposición de tres bolillo, cubriendo la superficie con 23 plantas, lo que equivale a 1825 plantas por hectarea.

El Tratamiento T6 es un denso mezclado de *Acacia saligna* con *Cassia closiana* intercalados entre hileras de 3 metros, en las cuales se efectuó un tratamiento al suelo que equivale a un escarificado es decir se profundiza la línea donde se va a efectuar la plantación con 3 pasadas de arado y en la hilera se plantó a un distanciamiento de 1 metro.

En el anexo 4 se entregan la distribución de los tratamientos por módulos y la distribución de plantas por tratamiento.

4.4.-Procedimiento de Muestreo

Esta etapa tiene por finalidad aportar la información necesaria acerca de la influencia que ejerce sobre la erosión y el escurrimiento, factores tales como la pendiente el tipo de suelo y los diferentes tipos de cultivo y cubierta vegetal utilizada.

4.4.1.-Medida de Parámetros Climáticos

Para la toma de datos climáticos se adquirió una estación meteorológica automática de marca Davis Instruments, modelo Monitor II, la que se envió a la Dirección Meteorológica de Chile para su evaluación y calibración, de acuerdo a las normas internacionales de meteorología.

SENSORES:

- Temperatura interior (graduado en grados Celsius y Fahrenheit).
- Temperatura exterior (graduado en grados Celsius y Fahrenheit).
- Humedad relativa interior . (expresada en porcentajes).

- Humedad relativa exterior (expresada en porcentajes).
- Presión atmosférica (graduado en pulgadas, milímetros y milibares).
- Pluviómetro (graduado en milímetros y pulgadas).
- Dirección del viento (en grados) y velocidad del viento (millas por hora, kilómetros po hora y metros por segundo).

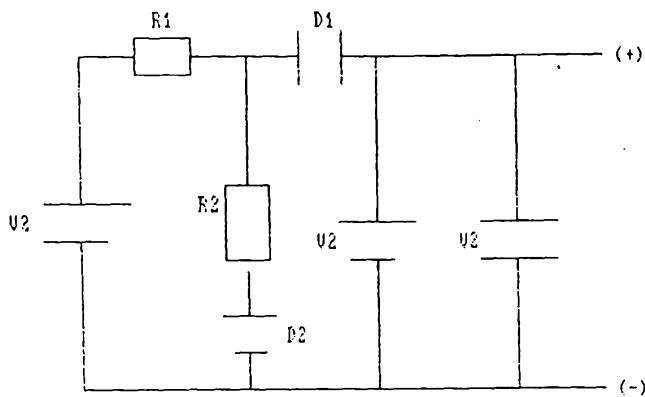
PROGRAMA DE PRESENTACION

CALCULOS QUE REALIZA:

- Temperaturas extremas interior y exterior.
- Humedades relativas extremas interior y exterior.
- Temperaturas punto de rocío y sus extremas.
- Sensación térmica.
- Cálculo del agua caída en forma diaria
- Cálculo del DFE y tendencia barométrica.
- Grabación de la información extraída de la estación para ser respaldada en diskette o en papel.

Luego de ser probada la estación en condiciones ambientales instalando todos sus sensores y obteniendo los cálculos mencionados en el punto anterior, se concluye que la estación es capaz de almacenar 1440 mensajes en intervalos de una hora, por lo que la memoria duraría aproximadamente dos meses con este intervalo. Sin embargo para su correcto funcionamiento la estación requiere de:

- Un mástil abatible de aluminio, con vientos de nylon marinerio.
- Un panel solar que cumple la función de alimentar la estación y cargar las baterías permanentemente evitando de esta forma la pérdida de datos.
- Un cobertizo meteorológico, para permitir que los sensores de temperatura y humedad puedan funcionar con una correcta ventilación.
- Para el rescate de la información en terreno se requiere de un computador portátil con drive de alta densidad, puesto que el programa que almacena la información requiere de una instalación previa.



COMPONENTES :

V1 : PANEL SOLAR 12V DC 250 mA

U2 : BATERIAS RECARGABLES 9 UDC

D : DIODO 1N4007 1 A/100 V

R1 : RESISTENCIA 15 1/2 W

R2 : RESISTENCIA 220 1/4 W

Figura N°4: Circuito eléctrico para carga de batería / panel solar

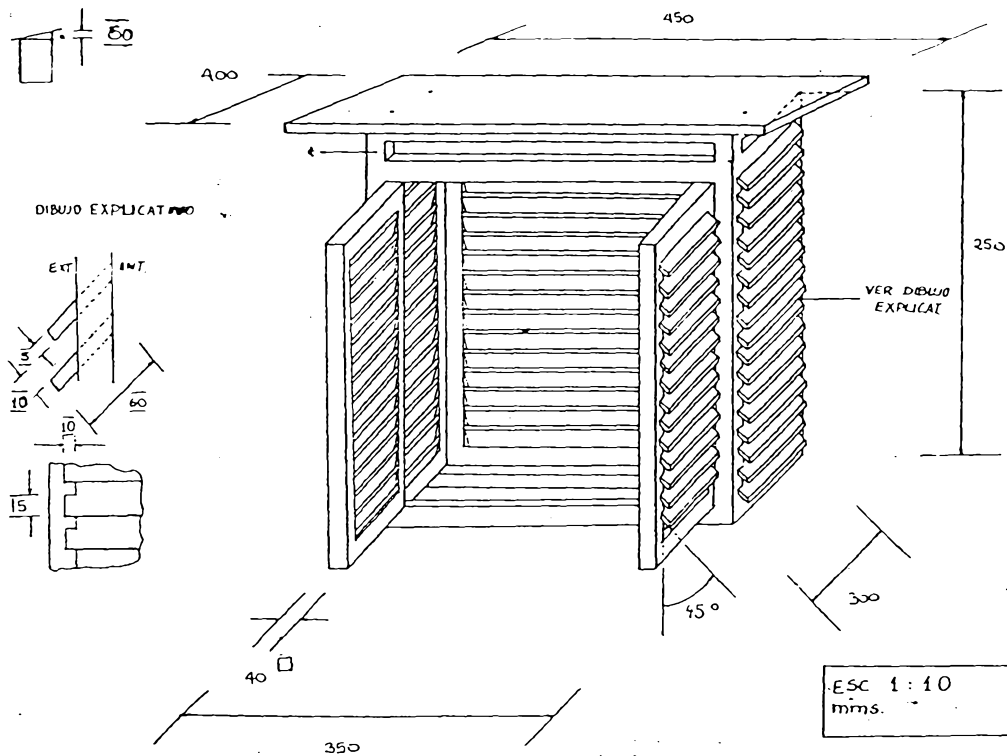


Figura N°5: Diseño de Cobertizo para Estacion y Sensores

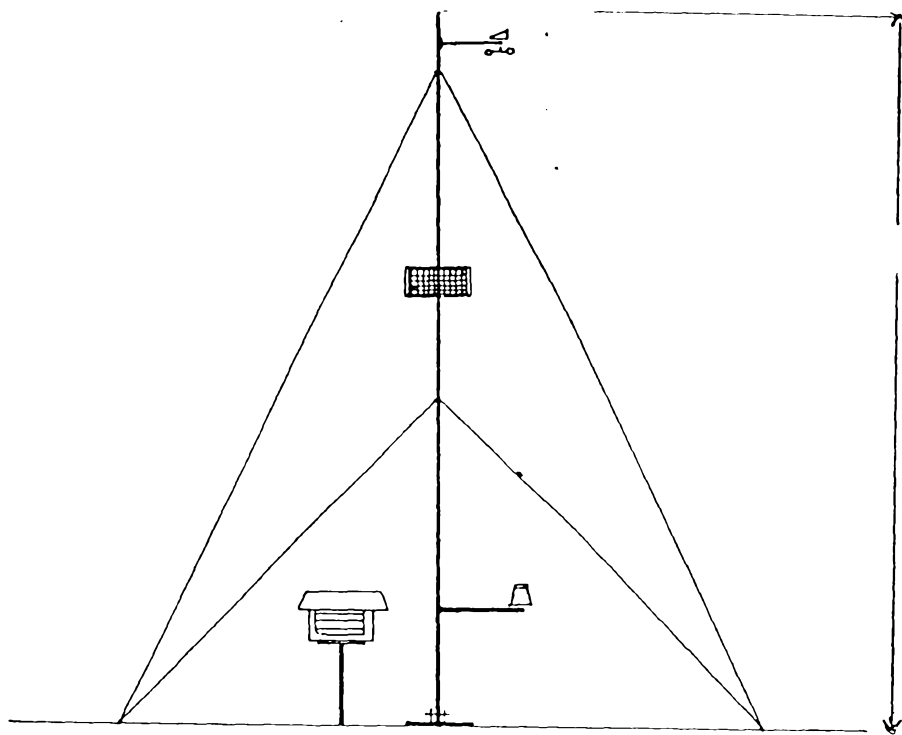


Figura N°6: Perfil de la Estacion Meteorologica

4.4.2.-Medición del Volúmen de Sólidos y Agua Escurrída:

Una vez que el agua de escurrimiento y el suelo erosionado se ha recogido en los aparatos de medición, corresponde determinar la cantidad exacta de suelo seco y uniforme y la fracción del flujo de agua procedente del divisor.

El volumen total de suelo erosionado y de agua escurrida se puede conocer midiendo con reglas graduadas en los respectivos depositos. La cifra que exprese el volúmen total de agua y de suelo que tengan los tambores de deposito deberán multiplicarse por 28, (divisor de 28 alicuotas). Luego la cantidad de agua escurrida se obtiene restando del volumen total de suelo y agua la cantidad correspondiente a la parte sólida.

Luego de efectuar la medición del agua escurrida, se procede al cálculo del sedimento que se encuentra en el deposito de sedimentación, para ello se toma una muestra de agua con suelo en suspensión, se registra el volúmen sólido de esta muestra y se extrapola a la cantidad total medida en el correspondiente tambor.

Las distintas muestra se llevan a laboratorio para su análisis . Las pérdidas de suelo despues de cada lluvia se expresan en ton/ha y el escurrimiento en mm o porcentaje de agua caída.

4.4.3.-Implementación del Modelo de Djorovic:

Con el fin de facilitar y hacer práctica la utilización del modelo se realizó un programa computacional, desarrollado en turbo basic. El modelo desarrollado presenta gran ventaja en cuanto a no necesitar de información de caracter específico o de precisar de estudios relativamente acabados, hecho que lo constituye en una herramienta fundamental en la determinación del grado de erosión que presentan diferentes cuencas.

Los principios matemáticos del modelo, están fundamentados en el comportamiento de parámetros básicos que se pueden obtener directamente de estaciones meteorológicas y observaciones de campo (Pizarro; Novoa, 1986).

Estos parámetros son integrados al modelo a través de coeficientes adimensionales que cuantifican el grado de impacto de estos sobre la zona de estudio (Pizarro, 1986).

El modelo se define como:

$$W = T * P * \pi * F * \sqrt{Z}$$

Donde :

W :Caudal sólido en m³ por año.

T :Factor de temperatura, definido por:

$$T = \sqrt{(t_o / 10) + 1}$$

t_o :Temperatura media anual en °C

P :Precipitación media anual en mm

π :3.1416

F :Superficie de la cuenca en km²

Z :Coeficiente de erosión que refleja la intensidad y extensión del fenomeno erosivo de la cuenca. Este se calcula a partir de :

$$Z = Y * X * (A + s)$$

Donde :

- Y :Coeficiente de erodabilidad del suelo. Toma el valor de 0.5 para suelos con buena estructura, y poco erosionados y un máximo de 2.0 para suelos sueltos de arena y gravas.
- X :Coeficiente que cuantifica el estado de la cobertura y el laboreo del suelo. Varía desde 1.0 para suelos desnudos sin labranza, hasta 0.05 para bosques y vegetación arbustiva bien cubierta.
- A :Coeficiente que cuantifica el grado de erosión de la cuenca, y sus valores varían desde 0.1 en el caso de erosion total, hasta 0.2 con pequeños deslizamientos de márgenes en la red de drenaje.
- S :Pendiente media mociornita, esta queda definida como:

$$S = \frac{H * (L_o/2 + \sum L_i + L_n/2)}{A}$$

Donde :

- H :Diferencia de altura entre curvas de nivel (m)
- L_o :Longitud de la curva de nivel de menor cota (m)
- L_n :Longitud de la curva de nivel de mayor cota (m)
- L_i :Longitud de las curvas de nivel intermedias (m)
- A :Area de la cuenca (m²)

En relación al valor obtenido de Z, este modelo establece una clasificación de los procesos erosivos en 5 categorías :

I	:Erosión Excesiva	1.01	Z	1.5
II	:Erosión Intensa	0.71	Z	1.01
III	:Erosión Media	0.41	Z	0.71
IV	:Erosión Débil	0.20	Z	0.41
V	:Erosión muy Débil	0.01	Z	0.20

V.- COMENTARIOS

A modo de dar mayor cuenta del desarrollo del proyecto se hacen los siguientes comentarios:

- Se efectuaron trabajos anexos a los considerados en el proyecto de forma de dar una mayor seguridad de aislamiento de factores externos a los módulos establecidos. Estos consistieron en la construcción de zanjas de desviación en la parte superior de la pendiente, con dos canales de salida que concentran el agua en dos limanes de 6 metros de diametro cada uno, en ellos se establecieron 6 plantas de algarrobo distanciadas cada 1 metro en la media luna. Cabe hacer notar que estas plantas lograron un prendimiento total (ver figura 7).

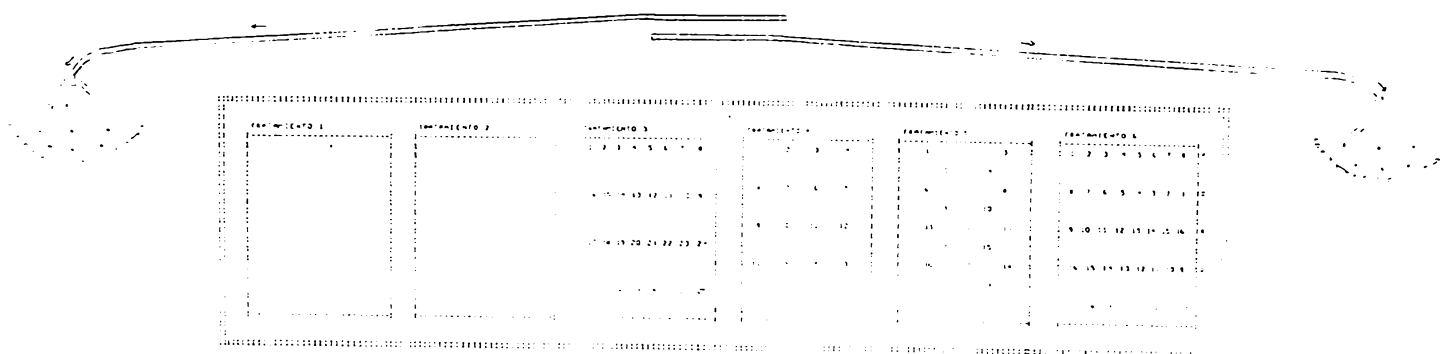


Figura N°7: Zanjas de Desviación y Limanes

- Para las plantas establecidas en cada tratamiento de los módulos, no se considero riego de establecimiento ya que el propósito del ensayo es probar el éxito de las técnicas de preparación de suelo en la respuesta que estos manifiesten en el prendimiento de las especies seleccionadas. En una primera evaluación, efectuada 4 meses después de plantadas, se aprecia un prendimiento del 100 % y un crecimiento aceptable. Los datos de altura, diámetro y supervivencia, se entregan en el anexo 5.

- En relación al establecimiento de plantas herbáceas se aprecia también un éxito en el prendimiento de la hualputra, trigo y falaris. Sin embargo se debe señalar que hubo dos factores de riesgo externo que afectaron la producción de trigo en los respectivos módulos. Uno de estos factores se refiere al daño causado por aves en el momento de la siembra y el otro posterior, ataque de roedores a la espiga del trigo. El daño provocado en ambos casos no es de gran magnitud y no tiene mayor incidencia en los resultados esperados.

- Por último se debe indicar que la implementación del sistema de medición del agua de escurrimiento y sedimentación, es un trabajo que requiere de mucha precisión pues es lo fundamental para la validez de la información que debe recoger. Esto demanda un control permanente en los talleres encargados de su elaboración y la posterior instalación en terreno.

- Como una forma de difundir esta experiencia a los habitantes de esta localidad se ha invitado a terreno a las personas de la Directiva de la Comunidad Agrícola de Tunga Norte, a fin de explicarles la experiencia y los alcances de la misma. Los invitados han demostrado gran interés en este ensayo, especialmente por la incorporación de especies nativas, "Quebracho" y "Algarrobo", y la combinación con los cultivos tradicionales de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- Benedetti, S. 1986. Evaluación del recurso leñoso en función de las necesidades humanas en una Comunidad Agrícola de la IV región. Tesis de grado, U.de Chile. 120 páginas.
- INE, 1990. Compendio Estadístico. Instituto Nacional de estadísticas. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago, Chile, 248 páginas.
- INFOR, 1976. Tablas y Factores de Conversión. Manual n°7. Santiago, Chile. 97 páginas.
- IREN, 1977. Estudio de las Comunidades Agrícolas IV Región. Uso y Manejo Actual. Instituto de Investigación de Recursos Naturales. Corporación de Fomento de la Producción, Publicación 20. Santiago, Chile, 54 páginas.
- IREN-CORFO, 1978. Estudio de las Comunidades agrícolas de la IV Región. Santiago, Chile volúmenes 9 y 10 (publicación 20).
- Mintegui, A.J; Lopez, U.F., 1990. La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación. Departamento de Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. Primera parte, 172 páginas.
- Pizarro, R; Novoa, P., 1986. Elementos Técnicos de hidrología. Instructivos Técnicos. Corporación Nacional Forestal IV Región. La Serena, Chile 57 páginas.
- Pizarro, R., 1986. Análisis de algunas Metodologías para la estimación de la erosión. Corporación Nacional Forestal IV Región. La Serena, Chile 12 páginas.



INFOR
Instituto Forestal

SANTIAGO

Huérfanos 554

Casilla 3085

Fono: (56-2) 693 0700

Fax: (56-2) 693 0880

693 0890 - 638 1286

e-mail: info@infor.cl

<http://www.infor.cl>

CONCEPCION

Camino a Coronel

km 7,5 - Casilla 109 C

Fono: (56-41) 37 0027-28-29-30

Fax: (56-41) 37 0031

VALDIVIA

Fundo Teja Norte

Casilla 385

Fono: (56-63) 21 1476

Fax: (56-63) 21 8968

COYHAIQUE

Baquedano 645

Fono: (56-67) 23 3585

Fax: (56-67) 23 3585