

EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA BAJO TRES TIPOS DE CUBIERTA ARBÓREA EN LA CORDILLERA DE NAHUELBUTA

**Manuel Ibarra¹
Gabriel Mancilla¹
Maria Peralta¹**

¹ Departamento de Silvicultura, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile. Casilla 9206, Santiago.

INTRODUCCIÓN

Asociado al dinamismo exhibido por la actividad forestal productiva, se han venido generando variadas interrogantes y preocupaciones en torno a las implicancias ambientales del desarrollo sectorial. Así, junto al debate relativo a la utilización del bosque nativo, también se plantean problemas relacionados al incremento sostenido de la superficie destinada a plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento.

La discusión de estos temas, que adquieren gran significación y vigencia en el marco destinado a lograr un desarrollo forestal sustentable, frecuentemente se ha realizado sin el adecuado respaldo técnico científico. Gran parte de la argumentación comúnmente utilizada ha provenido de observaciones y estudios de casos particulares, y no de una investigación sistemática que revele la magnitud relativa de los posibles impactos asociados a determinadas actividades productivas.

Tal situación puede apreciarse en los análisis e interpretaciones que dicen relación con los posibles impactos negativos de las plantaciones de Pino insigne, especialmente cuando se expresan en comparación con los bosques nativos inalterados (Susaeta y Benedetti, 1990). En efecto, junto con señalar que la forestación con coníferas alteraría algunas propiedades químicas y físicas del medio edáfico, también suele mencionarse el incremento de los fenómenos de erosión hídrica (Francke, 1988; Alcoser, 1981).

Otros autores, sin embargo, indican que las plantaciones con especies exóticas causan, escasos deterioros al suelo y que, por el contrario, ayudan a prevenir y controlar la erosión, especialmente si se emplean las prácticas silviculturales adecuadas (Zobel et al, 1988). En el mismo sentido, algunas publicaciones nacionales hacen notar el efecto positivo de las plantaciones en la protección y control de la erosión (CIPMA, 1991; Susaeta y Benedetti, 1990; Endlicher, 1988), destacando sus ventajas

respecto a determinados cultivos agrícolas. En todo caso, se reconoce que los mayores riesgos de erosión pueden producirse entre el momento de la explotación y el establecimiento de la nueva plantación, ya sea por el uso de maquinaria, construcción de caminos y/o la quema y eliminación de desechos (Otero, 1990; Poisson, 1990; Alvarez, 1989).

La información disponible en el país respecto a los efectos de la erosión hídrica asociados a las plantaciones de Pino insigne, se remite a algunas estimaciones y/o evaluaciones realizadas en sitios diferentes y empleando distintos métodos (Poisson, 1990; Alvarez, 1989; Infante 1985). Por lo mismo, y dada la amplia gama de condiciones edafoclimáticas y topográficas en que se encuentra esta especie, no se dispone de antecedentes suficientes como para delinear tendencias globales y confiables. De allí que se estime necesario el desarrollo de nuevos estudios en esta temática.

En este contexto, se inició el desarrollo de una investigación destinada a evaluar los procesos erosivos en terrenos forestales de la Cordillera de Nahuelbuta, teniendo como marco de referencia las formas de uso del suelo y el tipo de cubierta vegetal.

Al respecto, este trabajo tiene como objetivos presentar y analizar los resultados correspondientes a la evaluación del escurrimiento superficial y las pérdidas de suelo producidas bajo tres tipos de cubierta vegetal y comparar las consecuencias erosivas del uso forestal y agrícola tradicional de la zona (cultivo del trigo).

MATERIAL Y MÉTODO

Material

Área de Estudio

Este estudio se realizó en el Fundo Los Barros, actualmente propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado hacia la vertiente oriental de la Cordillera de Nahuelbuta. aproximadamente a 50 km al suroeste de

Nacimiento (Provincia de Bío-Bío, VIII Región).

A nivel general, esta zona presenta un clima de tipo templado infraterminal estenotérmico con un régimen mediterráneo perhúmedo, Cfg, (Fuenzalida, 1971), el cual es equivalente a las tendencias climáticas establecidas por Di Castri y Hajek (1976).

De acuerdo a Contreras y Perret (1984), y Santibañez y Uribe (1993), los montos de precipitación varían de 2.000 a 2.700 mm, concentrándose casi en un 80% en los meses de otoño e invierno, con un período seco que como máximo llega a 4 meses. Los promedios de temperatura van desde una mínima de 4,1 °C en julio a una máxima de 22,6°C en enero, con una media anual de 10-13°C. La humedad relativa oscila entre 66% (verano) y 78% (invierno), en tanto que el período libre de heladas fluctúa de 86 a 200 días. En todo caso, por tratarse de una zona con una marcada influencia orográfica, donde los parámetros climáticos pueden variar localmente, para efectos de esta investigación se utilizan datos provenientes de una estación meteorológica instalada dentro del área.

El basamento geológico de este sector de la Cordillera de Nahuelbuta está conformado por rocas intrusivas graníticas del Paleozoico, como tonalitas y granodioritas (Romero et al, 1983; Muñoz, 1973). La fisiografía predominante son cerros, con relieve inclinado a quebrado y pendientes de 30-40% y más. El rango altitudinal va desde los 600 a los 900 msnm.

Por la posición geográfica y fisiográfica, los suelos del área podrían asimilarse a la serie San Esteban, la cual presenta suelos derivados de rocas graníticas, con texturas medias y fases moderada a altamente susceptibles a la erosión (Carrasca y Millán, 1990; Romero et al, 1983; IREN, 1964). Según los muestreos realizados en este sector (Schmidt et al, 1991), se trata de suelos originados in situ de granodioritas, con texturas que van de franco a

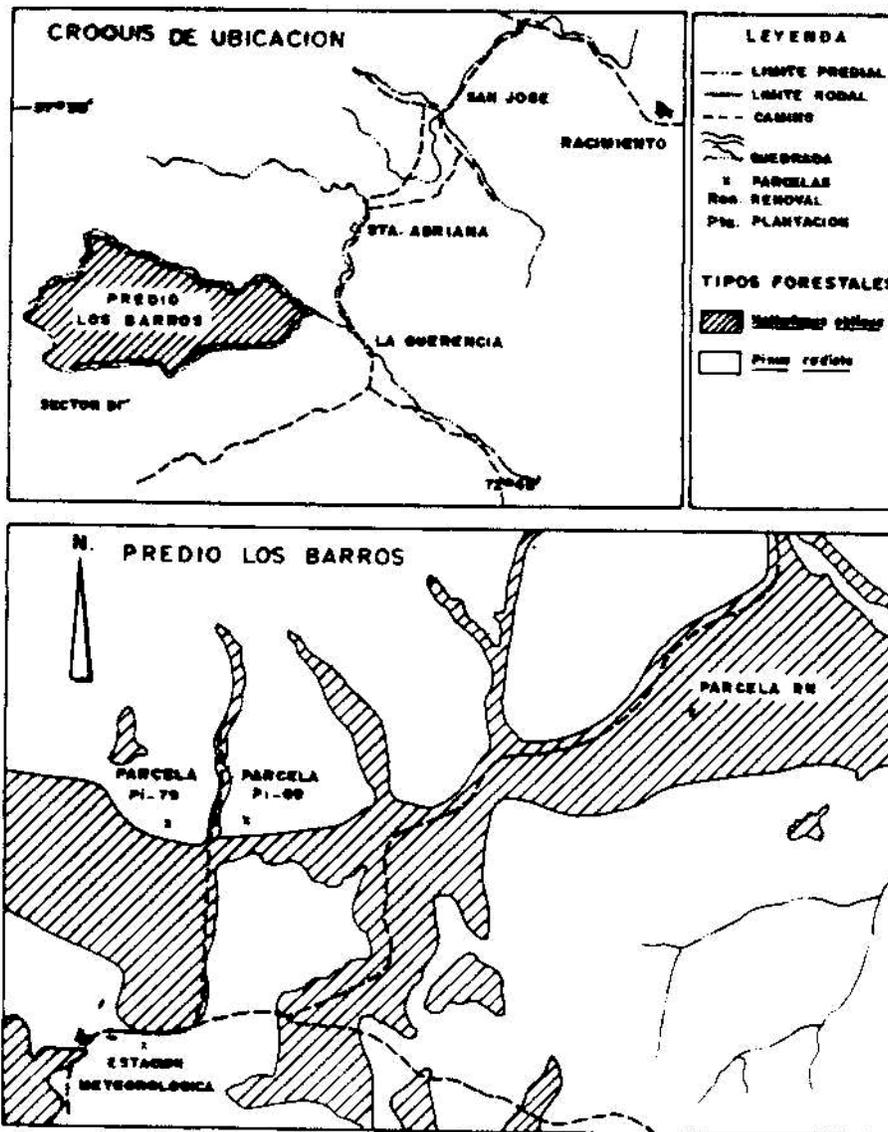
franco arcillo-arenosas, sin variaciones importantes en el perfil. La profundidad efectiva varía de 70 a 90 cm y más, la permeabilidad es moderada y el drenaje suele ser excesivo. Bajo cubiertas arbóreas no se detecta erosión o ésta es de manto y leve. Son suelos moderadamente ácidos, con niveles adecuados de materia orgánica y fertilidad relativamente baja. Los valores de densidad aparente señalan una mayor porosidad en los primeros centímetros de profundidad de los suelos con bosque natural secundario, dando así más facilidad al ingreso y movimiento de agua en el perfil edáfico, respecto al que existiría en las áreas plantadas con Pino insigne. En sectores cultivados con trigo las cifras de densidad aparente son aún menores, pero tienen el sesgo de que dichas áreas han sido recientemente sometidas a arado (Cuadro 1).

La mayor parte del área de estudio se encuentra cubierta por plantaciones de Pino insigne, establecidas preferentemente sobre terrenos degradados a causa de la sustitución de los bosques naturales por cultivos agrícolas, en especial de trigo, que posteriormente fueron abandonados. La vegetación natural existente aparece dispersa y en superficies reducidas. La formación más característica corresponde a renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*). Sólo en los lugares donde la intervención ha sido menor es posible encontrar bosques de composición más semejante a la vegetación original de la zona, donde además de Roble se presenta *Persea lingue*, *Gevuina avellana*, *Nothofagus alpina*, *Aextoxicon punctatum*, *Laurelia sp.*, *Nothofagus dombeyi*, *Eucryphia cordifolia*, así como algunas especies esclerófilas, confirmando el carácter de bosque transicional señalado por Donoso (1993) y Gajardo (1992). Por la estructura y composición actual, los bosques naturales de este sector pueden adscribirse mayoritariamente al tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe (Donoso, 1981), originado principalmente a partir de la intervención antrópica (talas incendios actividad agropecuaria).

CUADRO 1. Valores de densidad aparente para cada situación, a diferentes profundidades.

DENSIDAD APARENTE POR SITUACIÓN (gr cm ⁻³)				
Profundidad (cm)	PINO 69	PINO 79	RENOVAL	SECTOR DE TRIGO*
15	1,04	1,10	0,89	0,78 (0 - 10 cm prof.)
30	1,17	1,13	1,11	0,77 (11 - 20 cm prof.)
60	1,27	1,29	1,27	0,88 (21 - 30 cm prof.)

* Con aradura reciente.



Fuente: Fuentes y Hernández (1993)

FIGURA 1. Mapa de ubicación de los sectores estudiados

Los sectores específicos de estudio

Dentro del área descrita fueron seleccionados tres sectores (Figura 1), que corresponden a rodajes ubicados en una misma condición edafoclimática, exposición (sur), rango de pendiente (30-40%) y posición altitudinal (800-840 msnm). La identificación de estos rodajes es la siguiente:

-Rodal de Pino insignie plantado en 1969, con 1970 arb/ha, 87% de cobertura de copa, sin intervenciones.

-Rodal de Pino insignie plantado en 1979, manejado (poda y raleo), actualmente con 440 arb/ha, 43% de cobertura de copas, con un sotobosque de Roble (rebrotos de tocón de 0,5 a 4 m de altura).

-Rodal correspondiente a un renoval de Roble de 15 a 25 años, con 3485 arb/ha y 160% de cobertura de copa en la estación de crecimiento.

A fin de comparar los efectos erosivos de las formas de uso forestal con el uso agrícola tradicional (cultivo del trigo), se consideró además la información obtenida en un sector ubicado en una pequeña propiedad vecina al fundo Los Barros, que cumplía con los mismos requisitos ambientales. En este se cosechó y quemó un renoval de Roble de 15 años para efectuar un cultivo de trigo.

Método

Dispositivo experimental. Ubicación y descripción de las parcelas de escurrimiento

Para evaluar la erosión producida bajo los rodajes de Pino insignie y del renoval de Roble, en términos de escurrimiento superficial y pérdidas de suelo, en cada sector fue delimitada y cercada una superficie de 600 m² (30m x 20 m), situada en la parte media de la ladera. En cada una de éstas se instalaron aleatoriamente los dispositivos

experimentales consistentes en 3 parcelas de escurrimiento.

Los elementos constitutivos de estas parcelas son los siguientes (Figuras 2 y 3):

-Una sección de escurrimiento de 5 m² (5m de largo en sentido de la pendiente por un metro de ancho), delimitada lateralmente y en su parte superior por tablas de madera impregnada de 0,3 m de ancho, introducidas en el terreno a 0,15 m.

-Una tolva de zinc plano, de 0,8 m de largo, con un ancho de un metro en el extremo superior y 0,2 m en el inferior. Esta estructura, que lleva rebordes laterales de 0,15 m de alto, va adosada a la sección de escurrimiento a fin de asegurar continuidad al flujo superficial y al material edáfico arrastrado e impedir tanto las pérdidas como los aportes externos.

-Un dispositivo de recepción y almacenaje conformado por una cubeta de 12 litros destinada a retener el material edáfico sedimentado. Este recipiente, ranurado cerca del borde superior, va ubicado inmediatamente bajo la sección de desagüe de la tolva y se encuentra suspendido dentro de un bidón de 200 litros de capacidad, en el que se recibe el agua con material edáfico en suspensión (las partículas más finas).

Como complemento de esta estructura, para evitar alteraciones en los registros producto de las precipitaciones u otros objetos, sobre la tolva y los depósitos de almacenaje fue instalada una cubierta protectora de plástico resistente acanalado, levemente inclinada en dirección de la pendiente. Además, para prevenir los posibles efectos de los flujos de escorrentía provenientes de la parte alta de la ladera, a 0,5 m del extremo superior de la ladera se construyó un canal de cintura semicircular de 0,15 m de ancho e igual profundidad.

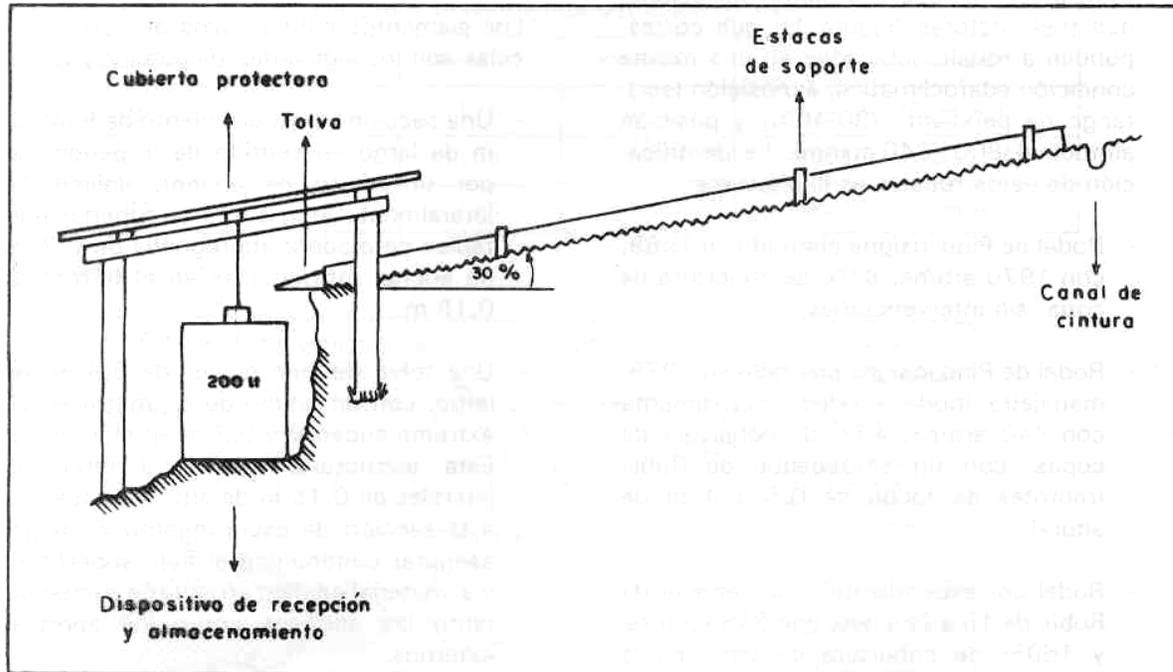


FIGURA 2. Esquema de una parcela de escurrimiento (vista lateral)

Evaluación del escurrimiento superficial y de las pérdidas de suelo.

Para determinar el escurrimiento superficial se midió la cantidad de líquido acumulada en los dispositivos de almacenaje para cada lluvia, sin perjuicio que en algunos casos haya sido necesario juntar más de una precipitación. Paralelamente fueron registrados los montos de agua carda y sus respectivas intensidades.

En la evaluación del suelo perdido se emplearon

dos procedimientos complementarios. El material sedimentado en la cubeta fue pesado en húmedo y después deshidratado, obteniendo así el peso seco y el monto de agua evaporada, el que se sumó al escurrimiento. El material en suspensión fue determinado a partir de alícuotas extraídas del líquido acumulado, empleando el mismo procedimiento gravimétrico. La cantidad total se obtuvo ponderando el peso seco de esta fracción por el total de agua escurrida en cada medición.

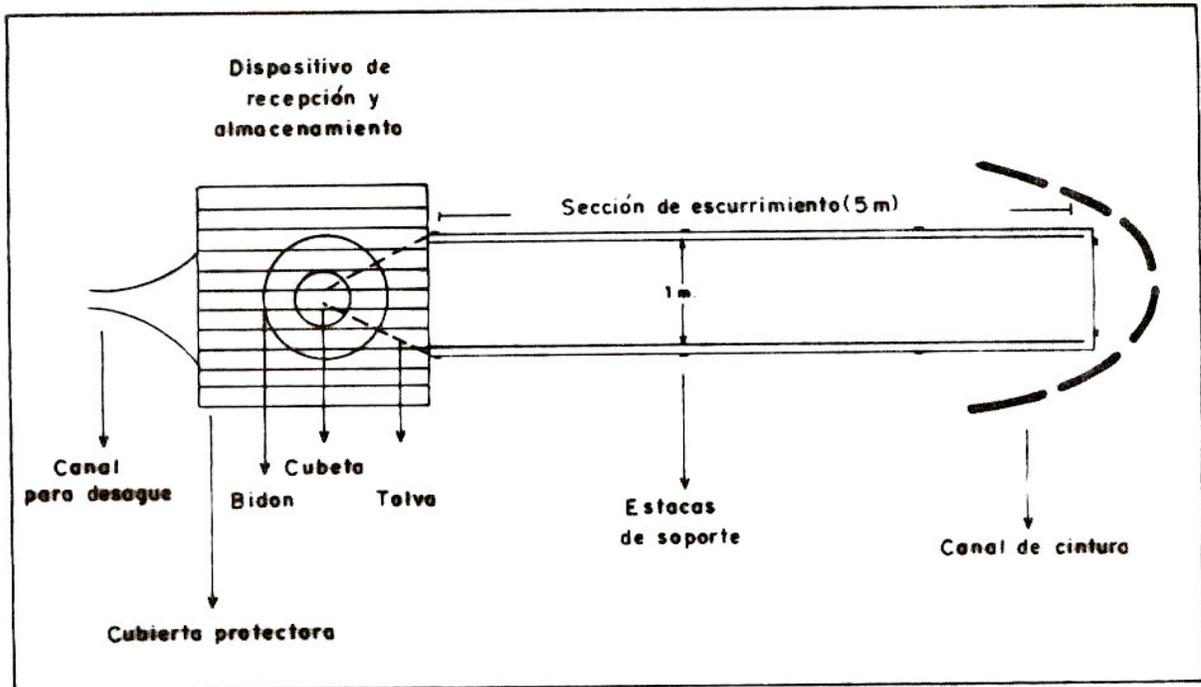


FIGURA 3. Esquema de una parcela de escurrimiento (vista de planta)

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta presentación incluye como resultados principales los montos de escurrimiento superficial y de pérdidas de suelo para el período octubre 1991 -septiembre 1992.

Tanto en las determinaciones de escurrimiento superficial como de pérdidas de suelo, se trabajó con los promedios registrados en las repeticiones de cada sector. De esta manera, las comparaciones se efectuaron en base a las medias del período considerado.

Escurrecimiento superficial y pérdidas de suelo
 Las cifras de escurrimiento superficial y pérdidas totales de suelo que se presentan en el Cuadro 2 corresponden a los montos acumulados en el período indicado y representan el valor promedio de las repeticiones de cada área considerada. Para efectos comparativos se agregan los datos obtenidos en el sector cultivado con trigo, que cumple con los mismos requisitos experimentales de los rodales analizados.

CUADRO 2. Montos globales promedio de escurrimiento superficial y pérdidas totales de suelo según tipo de uso y cubierta vegetal.

TIPO DE USO Y CUBIERTA VEGETAL	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m ³ ha ⁻¹)	PÉRDIDAS DE SUELO (kg ha ⁻¹)	DENSIDAD DE ESCURRIMIENTO (kg m ⁻³)
<u>Uso Forestal</u> (1)			
* Pino 69	597,2	95,6	0,165
* Pino 79	733,8	165,5	0,225
* Renoval Roble	424,1	68,2	0,160
Promedio	585,1	109,8	0,184
<u>Uso Agropecuario</u> (cultivo de trigo)			
(2)	617,1	2479,6	4,018
(3)	756,9	3041,3	4,018

(1) Período octubre 1991 - septiembre 1992

(2) Período abril - septiembre 1992

(3) Incluye estimación del período octubre 1991 - marzo 1992

De acuerdo a estos antecedentes, la cantidad de agua escurrida varía tanto entre los tipos de uso como entre las cubiertas vegetales consideradas. Así, el valor promedio de los sectores con bosque fue menor en un 22.7 % al estimado en el área de uso tradicional con trigo, lo que evidencia los efectos de la cobertura, tanto en la intercepción de las precipitaciones como en la capacidad de infiltración del suelo.

Cabe indicar, sin embargo, que las diferencias de escurrimiento apreciadas entre tipos de uso resultaron menores a lo esperado teóricamente. Es probable que en sector cultivado con trigo se hayan subestimado los valores reales del periodo octubre 91- marzo 92. también puede haber influido el hecho que el período efectivo de medición incluyó variables exógenas que sesgan los resultados, tales como la aradura y siembra de trigo, que entre otras propiedades del suelo, habrían mejorado la infiltración

En el caso de las cubiertas arbóreas los montos de escurrimiento representan entre 2.1 y 3.7 % del total de precipitaciones del periodo (2.007,3 mm), concordando con los rangos citados para bosques poco alterados, cuyos valores se sitúan entre 0.13 y 4.2 % (Suárez de

Castro,1979; bennett,1955; Ayres,1960). Los flujos menores ocurren bajo el renoval de Roble, a pesar que en el las perdidas por intercepción fueron mas bajas que en los rodales de Pino (Fuentes y Hernández, 1993). De allí que este comportamiento podría atribuirse principalmente a condiciones de suelo más favorables para la infiltración, aspecto que estaría avalado por características como : textura relativamente mas liviana, mayor espesor del mantillo y contenidos de materia orgánica (Schmidt et al, 1991); y también, por su menor densidad aparente y mayor porosidad (Mancilla, 1995). A su vez, los mayores escurrimientos medidos en el rodal Pino 79 estarían explicados por la presencia de condiciones de infiltración mas limitadas, así como por una cobertura de copas mas reducida.

El análisis de los resultados relativos a las perdidas de suelo permite apreciar las enormes diferencias asociadas al tipo de uso de la tierra, a la vez que destaca nítidamente la acción de los bosques en cuanto a minimizar los efectos erosivos. En efecto, de acuerdo a la información obtenida, la magnitud e perdidas que tiene lugar en la forma de uso agrícola especificada es entre 19 y 45 veces superior a las registradas bajo las cubiertas.

Arbóreas.

Los valores de suelo perdido bajo los rodales estudiados varían entre 0,068 y 0,165 ton ha⁻¹ año⁻¹, ajustándose a los reportados por otros autores, tanto en Chile (Infante, 1985; Endlicher, 1982; 1988) como en el extranjero (casanova et al,1989; Ursic,1986; Suarez de Castro,1979). Las cifras referidas aparecen bastante alejadas de las que se consideran pérdidas tolerables para suelos tolerables para suelos semejantes que serían entre 5 y 6 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Revelle, 1986; Schertz, 1983).

Al comparar los valor promedios medidos en cada rodal, se advierte que las perdidas de suelo fueron mayores en Pino 79 y mas leves en el rodal de Roble, lo que denota un comportamiento similar al presentado por el escurrimiento. Por la misma razón, las diferencias encontradas tendrían su explicación en causales semejantes a las señaladas al analizar los montos de escorrentía. Además, a un nivel general, indicaría una dependencia mas o menos directa entresuelo perdido y cantidad de agua escurrida.

Según la diferenciación efectuada entre los materiales edáficos sedimentados y en suspensión (Cuadro 3), la mayor proporción, en todos los casos, correspondió al material que se supone mas fino (en suspensión), el cual represento entre 83,9 y 95,6 % del total de suelo perdido. Estos resultados permiten sugerir una explicación respecto a los efectos de las características de las cubiertas en la incidencia relativa del impacto de la gota de lluvia y de la escorrentía. Así en pino 69 la menor pérdida (absoluta y porcentual), de material sedimentado puede atribuirse a la ausencia de claros en su cobertura, lo que reduce el impacto directo de las precipitaciones con la consecuente disgregación y remoción de los agregados de suelo de mayor tamaño. Por la misma razón, la mayor proporción de materiales en suspensión indicaría el predominio del escurrimiento en la remoción y transporte de partículas finas. En el caso de Pino 79, en cambio, la menor cobertura y la infiltración mas restringida estarían facilitando la acción directa de la lluvia y de la escorrentía, determinando perdidas mas altas en ambos tipos de material.

CUADRO 3: Montos globales de perdidas de suelo según tipo de sedimento (kg ha⁻¹) y cubierta vegetal (Periodo octubre 1991- septiembre 1992)

CUBIERTA VEGETAL	MATERIAL SEDIMENTADO	MATERIAL EN SUSPENSIÓN	TOTAL DE PERDIDAS
Pino69	4,2	91,4	95,6
Pino 79	26,6	138,9	165,5
Renoval Roble	9,5	9.5	68,2

La razón entresuelo perdido y volumen de escorrentía, o densidad de escurrimiento (M Clurkin et al, 1985 es considerada un indicador de la capacidad de acarreo del flujo de tormenta y de la susceptibilidad del suelo a ser removido que suele emplearse para evaluar los efectos de las practicas forestales (Ursic, 1986). En este estudio los valores obtenidos (cuadro 4) van de 0, 16 kg m⁻³

(Pino 69 y Renoval) a 0,225 kg m⁻³ (Pino 79), siendo inferiores a los determinados por Endlicher (1988), en plantaciones de Pino insigne de 25 años (0,5-0,8 kg m⁻³) y levemente superiores a las registradas en *Pinus taeda* de 40 años (0,08 kg m⁻³) por M Clurkin et al (1985).

Puesto que las situaciones analizadas

poseen una misma pendiente y longitud de parcelas, por lo que las velocidades del flujo de escurrimiento no deberían diferir, el valor más alto de densidad de escurrimiento encontrado en Pino 79 estaría indicando que la estabilidad del suelo de este rodal sería algo inferior, lo que corroboraría otros resultados que apuntan en este sentido. Por su parte, en los sectores de Pino 69 y el renoval, si bien la densidad de escurrimiento total es similar, es posible detectar comportamientos algo distintos al diferenciarlas según el tipo de material. Así, aunque en Pino 69 el flujo superficial es

mayor, la bajísima densidad de escurrimiento presentada en el material sedimentado denotaría la menor incidencia del impacto directo de la lluvia, producto de la permanencia de una mayor cobertura de copas. Por el contrario, en el renoval, que pierde su follaje en el período de mayor precipitación, el impacto es mayor y la concentración de material sedimentado (partículas de mayor tamaño), en el escurrimiento tiende a aumentar. En tal caso, la concentración total de material edáfico perdido logra ser atenuada por la mayor estabilidad del suelo.

CUADRO 4. Densidades de escurrimiento según tipo de material edáfico desechado y cubierta vegetal protectora. Valores en kg m^{-3} . (Período octubre 1991 - septiembre 1992).

CUBIERTA VEGETAL	MATERIAL SEDIMENTADO	MATERIAL EN SUSPENSIÓN	TOTAL
Pino 69	0,007	0,153	0,160
Pino 79	0,036	0,190	0,225
Renoval Roble	0,022	0,138	0,160

El valor indicador de la densidad de escurrimiento cobra mayor significación en el sector de uso triguero, donde la alteración del suelo hace llegar a cifras del orden de $4,02 \text{ kg m}^{-3}$, que son 22 veces superiores a las del promedio de las cubiertas boscosas.

Montos estacionales

Los resultados correspondientes a la cantidad

de agua escurrida y a las pérdidas de suelo a nivel estacional constan en los Cuadros 5 y 6. De acuerdo a los antecedentes obtenidos para el período analizado, las distribuciones estacionales de los montos de escurrimiento y pérdidas de suelo siguen tendencias similares en los tres rodajes, destacando los altos valores absolutos y porcentuales de la temporada otoñal.

CUADRO 5. Montos promedio estacionales de escurrimiento superficial según tipo de cubierta vegetal (Período octubre 1991 - septiembre 1992).

CUBIERTA VEGETAL	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL (m ³ ha ⁻¹)			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Pino 69	46,55	47,22	362,29	141,14
Pino 79	90,18	49,38	510,65	83,59
Renoval Roble	27,13	25,60	275,38	95,96

Los volúmenes de agua escurrida en otoño representan entre el 60 y 70% del flujo anual, coincidiendo con la proporción de precipitaciones de esta época que alcanza aproximadamente un 58%. En invierno los escurrimientos decrecen de modo importante ajustándose estrechamente a la reducción de las lluvias. En todo caso, al considerar en conjunto los registros de otoño e invierno se aprecia que éstos concentran entre el 81 y 88 % de la escorrentía y cerca del 82 % de las precipitaciones del año de mediciones.

El comportamiento observado puede atribuirse principalmente a los altos contenidos de humedad del suelo en esta época del año, los que facilitan el escurrimiento. Sin embargo, también habría un efecto asociado al receso vegetativo del período frío que se traduce en caída de

follaje, con la consiguiente reducción en la intercepción (caso del renoval y sotobosque de Roble), y en la disminución de la transpiración y consumo de agua por la vegetación.

Los montos absolutos de escurrimiento estacional en los diferentes rodajes en general, muestran la misma tendencia que los valores anuales, con cifras mayores en Pino 79 y más bajas en el renoval. Sólo en los registros invernales aparece una relación distinta, con un escurrimiento menor en Pino 79. Es probable que el reinicio de la actividad vegetativa (sotobosque y herbáceas), desde mediados de esta época haya significado un aumento relativo de las pérdidas por intercepción y consumo de agua, lo que favoreció la infiltración y redujo la escorrentía.

CUADRO 6. Montos promedio estacionales de pérdidas de suelo según tipo de cubierta vegetal (Período octubre 1991 - septiembre 1992).

CUBIERTA VEGETAL	PÉRDIDAS DE SUELO (kg ha ⁻¹)			
	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Pino 69	11,59	10,76	46,84	26,38
Pino 79	24,43	19,82	102,37	18,84
Renoval Roble	10,51	8,11	32,67	16,91

En forma análoga a lo señalado con el escurrimiento, las pérdidas de suelo también se concentran en las estaciones de otoño e invierno, las que representan entre el 73 y 77% de los montos anuales. Este comportamiento es coincidente además, con la mayor ocurrencia de lluvias erosivas y el período de receso vegetativo.

Aunque en todos los rodales las pérdidas son notoriamente superiores en otoño, es posible advertir variaciones entre ellos. Así, en relación a las mermas totales, Pino 79 alcanza un 62%, en tanto que el renoval y Pino 69 no exceden el 49%. Tales diferencias también se expresan, y de modo más acentuado, en los valores absolutos.

Las menores pérdidas producidas en el renoval, que se mantienen en todas las estaciones, estarían corroborando el argumento de una mayor estabilidad en los suelos de este sector. A su vez, al comparar las plantaciones puede apreciarse que el rodal más joven y de menor cobertura resulta menos eficiente en el control de la erosión, lo que en cierta forma concordaría con lo sustentado en otros estudios, en cuanto a la disminución en las tasas de pérdidas de suelo al aumentar la edad del bosque (Ursic, 1986; Infante, 1985).

CONCLUSIONES

-Si bien la información obtenida cubre sólo un año de mediciones, se confirma que en terrenos de aptitud forestal con una misma condición edafoclimática y topográfica, la cubierta arbórea representa la forma más eficiente de protección del suelo.

-Según los resultados. se advirtieron diferencias más o menos pronunciadas entre los tipos de cubiertas vegetales consideradas. Esto dependería tanto de las propiedades intrínsecas e inducidas por las especies que las conforman como de las prácticas de uso y manejo a que son sometidas.

-La comparación de las cubiertas arbóreas

con el sector de uso agrícola de trigo, demostró que en esta última área las pérdidas de suelo fueron 19 a 45 veces superiores. En todo caso, para que esta comparación cobre plena validez, sería necesario, incluir también los efectos erosivos derivados de la explotación y preparación del sitio de plantación, período en el que se esperaría un incremento temporal de la erosión.

-Las reducidas cantidades de pérdidas de suelo y escurrimiento superficial registradas en los rodajes estudiados, indican que el renoval de Roble y las plantaciones de Pino insigne otorgan una adecuada protección al suelo. En efecto Los volúmenes de escorrentía representaron menos del 4 % de las precipitaciones medidas en el mismo período, mientras que el arrastre de sedimentos fluctuó entre 0,07-0,17 ton ha-1 año cifras muy inferiores a las pérdidas estimadas como tolerables.

-De la observación de los resultados se refleja una mayor eficiencia relativa del renoval de Roble en la reducción del escurrimiento y de las pérdidas de suelo. Puesto que las características de las lluvias fueron las mismas en todos los casos, las diferencias producidas pueden atribuirse a la combinación de factores y/o procesos tales como el tipo y grado de cobertura y su influencia en la intercepción de las precipitaciones, y de la propiedades inducidas al medio edáfico que confieren estabilidad al suelo.

-Al analizar el tipo de material edáfico perdido, se verificó que en los tres rodales estudiados la mayor proporción correspondió a las partículas en suspensión (84-96%). Estos resultados estarían indicando que, en la remoción y arrastre del suelo. la acción directa de las gotas de lluvia sería reducida V que, por el contrario, habría un marcado predominio de los flujos de escorrentía. Con ello se corroboraría, por una parte, el efecto protector de todos los tipos de cubierta y, por otra, la importancia de la estabilidad relativa del suelo.

Tanto el escurrimiento como las pérdidas de suelo estuvieron fuertemente concentrados en la época más fría, coincidiendo con la mayor abundancia de precipitaciones, los mayores contenidos de humedad del suelo y el período de receso vegetativo de las plantas. Esta situación fue mucho más acentuada en otoño, donde además se concentró el mayor número de lluvias erosivas (tormentas superiores a 12,7 mm de agua caída).

LITERATURA CITADA

- Alcozer, M. 1981. Características morfológicas y nutritivas del piso orgánico en *Pinus radiata* D. Don y Bosque nativo secundario. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. 71 p.
- Alvarez, F. 1989. Aspectos de hidrología forestal en el predio "El Retiro". Concepción. 14 p.
- Ayres, Q. 1960. La erosión del suelo y su control. Barcelona, Ediciones Omega S.A. 441 p.
- Bennett, H. 1955. Elements of soil conservation. New York, McGraw Hill Book Company, Inc. 358 p.
- Carrasco, P.; Millán, J. 1990. Proyecto Suelos Forestales de la VIII Región. Informe Final. Chile, Universidad de Concepción -Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria (F./A.). 153 p.
- Casanova, E.; Paez, M.; Rodríguez, O. 1989. Pérdida de nutrientes por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. Alcance: Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. N° 37:33-43. Maracay, Venezuela.
- CIPMA. 1991. Propuestas de acción ambiental en cinco sectores productivos. Sector Forestal. Ambiente y Desarrollo, Vol. VII (1).
- Contreras, M.; Perret, S. 1984. Definición de áreas bioclimáticas homogéneas a través de un método analítico en la IX Región de Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 204 p.
- Di Castri, F.; Hajek, E. 1976. Bioclimato logra de Chile. Vicerrectoría Académica de la Univ. Católica de Chile. 128 p.
- Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 38. CONAF/FAO. 82 p.
- Donoso C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ed. Universitaria. 484 p.
- Endlicher, W. 1982. Instalación de parcelas de experimentación para evaluar la erosión del suelo en la Cordillera de la Costa de Chile Central. Concepción. Chile. Actas III Congreso Geológico Chileno. pp. C1 -C11.
- Endlicher, W. 1988. Geologische untersuchungen zur landschaftsdegradation im küstenbergland von Concepción (Chile). Stuttgart: Franz Steiner verlag Wiesbaden GMBH. Cap. 9:171-188.
- Francke, S. 1988. Mejoramiento de suelos forestales. Revista Chile Forestal, Documento Técnico N° 60. 8 p.
- Gajardo, R. 1992. La vegetación natural de Chile. Proposición de un sistema de clasificación y representación de la distribución geográfica. Santiago, Chile. Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile. 53 p.
- Fuentes, J.; Hernández, H. 1993. Cuantificación de los componentes del balance hídrico en tres cubiertas vegetacionales de la Cordillera de Nahuelbuta. Memoria Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 82 p.
- Fuenzalida, H. 1971. Climatología de Chile. Universidad de Chile, Departamento de Geofísica y Geodesia. 73 p.

- Infante, L. 1985. Evaluación de las pérdidas de suelo por el efecto de la erosión hídrica en un suelo de la provincia de Valdivia, Décima Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. 53 p. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. 1964. Suelos: descripciones, Proyecto aerofotogramétrico. Chile/OEA/BID. Santiago. CORFO. Publicación N° 2. 391 p.
- Mancilla, G. 1995. Erosión bajo cubiertas vegetales en la Cordillera de Nahuelbuta (VIII Región). Memoria Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 177 p. Mc Clurkin, D.; Duffy, P.; Ursic, S.; Nelson, N. 1985. Water Quality effects of clearcutting upper coastal plain Loblolly Pine plantations. *Journal of Environmental Quality*. 14(3): 329 -332.
- Muñoz, J. 1973. Geología de Chile. Prepaleozoico paleozoico y mesozoico. Santiago. Chile. Editorial Andrés Bello. 210 p.
- Otero, L. 1990. Impacto de la actividad forestal en comunidades locales en la VIII Región. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. VI (2):61-69. Peralta, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. 340 p. Poisson, M. 1990. Evaluación de la acción de la gota de lluvia en suelos sujetos a madereo en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. con el uso de simulador de lluvia. Memoria Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 105 p.
- Revelle, R. 1986. Dinámica de suelos y sustentabilidad de la tierra. *Ambiente y Desarrollo*. 2 (1):47-67.
- Romero, H.; B6rgel, R.; Vfo, D. 1983. Fundamentos geográficos del territorio nacional. Chile. Instituto Geográfico Militar. Colección Geografía de Chile. Tomo I. 243 p.**
- Santibáñez, F.; Uribe, J. 1993. Atlas Agroclimático de Chile: Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Santiago. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigaciones Agropecuarias. CORFO. 99 p.
- Schertz, D. 1983. The basis for soilloss tolerances. *Journal of Soil and Water Conservation*.38(1):10-14.
- Schmidt, H.; Caldentey, J.; Ibarra, M.; Peralta, M. 1991. Bases ecológicas y productivas para el uso de terrenos forestales de la Cordillera de Nahuelbuta (Análisis comparativo de bosques naturales y artificiales. Chile. Proyecto C-11 001 Fundación Andes. Informe de Avance N° 1. 41 p.
- Suárez de Castro, F. 1979. Conservación de suelos. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). 315 p.
- Susaeta, E. y Benedetti, S. 1990. El sector forestal y la conservación ambiental. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. VI (2):33-47.
- Ursic, C. 1986. Sediment and forestry practices in the south. New Orleans. U.S.D.A. Forest Service. Reprinted from Proceedings of the Fourth Federal Interagency Sedimentation Conference. pp. 28-37.
- Zobel, B., Wyk Van, G.; Stahl, P. 1988. Growing exotic forests. John Wiley and Sons; New York. 508 p.