



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Redistribución de las precipitaciones, escorrentía y  
producción de sedimentos en una microcuenca cubierta  
por bosque nativo en la provincia de Valdivia**

Profesor Guía: Sr. Antón Huber

Tesis de Grado presentada como parte  
de los requisitos para optar al Título  
de **Ingeniero Forestal**.


**PAMELA ALEJANDRA VARGAS VERDUGO**

Valdivia  
2007

## CALIFICACIÓN DEL COMITE DE TITULACIÓN

Patrocinante:	Sr. Anton Huber	57
Informante:	Sr. Juan Schlatter	57
Informante:	Sr. Hardin Palacios	60

El patrocinante acredita que el siguiente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



---

Señor. Anton Huber

## INDICE DE MATERIAS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Conceptos Generales	3
2.1.1	Cuencas Hidrográficas	3
2.1.2	Ciclo hidrológico	3
2.1.3	Redistribución de las precipitaciones	3
2.2.4	Escorrentía	5
2.1.5	Erosión y transporte de sedimentos	5
2.2	Relaciones entre variables hídricas	7
2.2.1	Tipo de vegetación e influencia en procesos hidrológicos	7
2.2.2	Redistribución de las precipitaciones en diversos tipos de bosques	7
2.2.3	Influencia de la cobertura en las pérdidas de suelo	8
3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	9
3.1	Material	9
3.1.1	Área de estudio	9
3.1.2	Instrumentos empleados	11
3.2	Metodología	13
3.2.1	Descripción de la vegetación	13
3.2.2	Descripción del suelo	13
3.2.3	Determinación de variables hídricas	14
3.2.4	Relaciones entre variables hídricas y obtención de escorrentía	15
3.2.5	Determinación de sedimentos en suspensión	16
3.2.6	Período de estudio	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	Descripción de la cuenca	17
4.2	Descripción del suelo	18
4.3	Relaciones entre variables hídricas	20
4.4	Redistribución de las precipitaciones	23
4.5	Relación precipitación-caudal	25
4.6	Pérdidas de suelo	27
5.	CONCLUSIONES	29
6.	BIBLIOGRAFÍA	31
	ANEXOS	
	<i>Abstract and keywords</i>	
	1	Parámetros físicos utilizados en la descripción de la cuenca
	2	Separación de eventos de lluvia
	3	Resultados de las pruebas estadísticas para eventos
	4	Valores utilizados para el análisis de precipitación neta y escorrentía

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tasas de erosión en Chile para el año 1992	5
Cuadro 2.	Influencia de la cobertura en las pérdidas de suelo en la Cordillera de Nahuelbuta	8
Cuadro 3.	Principales parámetros físicos de la cuenca	10
Cuadro 4.	Tabla de rodal	17
Cuadro 5.	Tabla resumen cobertura por clase de altura para plántulas y sotobosque	17
Cuadro 6.	Resumen de las principales características de los horizontes	19
Cuadro 7.	CAA, CA y CC por horizonte	19
Cuadro 8.	Valores para los componentes de la redistribución de las precipitaciones	23
Cuadro 9.	Participación de escorrentía en el período de estudio	25
Cuadro 10.	Carga de sedimentos en suspensión en la cuenca	27

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Divisoria de aguas y uso de suelo en la cuenca	9
Figura 2.	Curva de distribución de cuenca Pumillahue	10
Figura 3.	Curva hipsométrica de cuenca Pumillahue	10
Figura 4.	Collarines plásticos	11
Figura 5.	Canaleta metálica	11
Figura 6.	Regla graduada en vertedero	11
Figura 7.	Vertedero de paredes delgadas tipo Thompson de 60°	12
Figura 8.	Esquema de muestreo de cobertura	13
Figura 9.	Transecto de puntos de muestreo con bastón pedológico	14
Figura 10.	Esquema de medición de escurrimiento fustal	14
Figura 11.	Proceso de filtrado de muestras	16
Figura 12.	Participación de especies con cobertura menor a 1%	18
Figura 13.	Zonas de muestreo con bastón pedológico y resultados de las muestras	19
Figura 14.	Relación entre componentes de la redistribución para eventos separados por 30 minutos	20
Figura 15.	Relación entre precipitación incidente y porcentaje de intercepción con valores negativos	21
Figura 16.	Relación entre precipitación incidente y porcentaje de intercepción para eventos separados por tres horas	22
Figura 17.	Porcentajes de participación para componentes de la redistribución	24
Figura 18.	Hidrograma de precipitación neta y escorrentía diaria para el período	25

## RESUMEN EJECUTIVO

Los bosques cumplen un rol fundamental en la protección de los recursos agua y suelo, mediante la regulación del flujo de agua y de la reducción de su potencial erosivo. Esta función puede ser modificada como consecuencia de los cambios que experimenta la cobertura, por la pérdida estacional del follaje, el manejo forestal y la degradación.

Las especies caducifolias del género *Nothofagus* poseen la particularidad de perder el follaje en invierno, pudiendo constituir una fuente de alteración en la capacidad protectora del bosque a los recursos agua y suelo.

Para conocer las implicancias de este cambio se analizó una microcuenca en el predio Pumillahue en Máfil, propiedad de Forestal Tornagaleones S.A., considerando los procesos de redistribución de las precipitaciones, escorrentía y producción de sedimentos.

La cuenca se encuentra principalmente conformada por *N. obliqua* con un 78% de participación total. El suelo, originario de cenizas volcánicas es profundo, poroso y no presenta problemas de drenaje.

Las instalaciones comprendieron una parcela experimental de redistribución de las precipitaciones conformada por una canaleta metálica y collarines plásticos ajustados a los fustes de los principales árboles, que permitió la determinación de la precipitación directa y el escurrimiento fustal respectivamente; un pluviógrafo ubicado en condiciones de pradera, para determinar los aportes de precipitación incidente; un vertedero triangular de madera para determinar la escorrentía resultante de la microcuenca y una bomba de extracción de agua para la obtención de la carga de sedimentos en suspensión.

Los resultados obtenidos indican que el renoval reduce la capacidad de interceptar agua en el período invernal (mayo-septiembre), con un valor medio de 23,7% en comparación con el período primaveral (octubre-noviembre) con un valor cercano al 50%. Esta situación se debe tanto a la pérdida de follaje de *N. obliqua*, como al cambio en las condiciones climáticas.

La pérdida de suelo de 91,3 kg/ha en el período invernal es extremadamente baja considerando la tasa de pérdidas tolerable de suelo (5-10 ton/ha/año) y en comparación con otros estudios en la materia. En este sentido, la alta capacidad de retención de agua del suelo y la densidad del sotobosque representado principalmente por *Chusquea quila* (31%) se encontrarían cumpliendo unidas una importante función protectora del suelo.

*Palabras clave: interceptación de lluvias, redistribución, escorrentía, erosión.*

## SUMMARY

Forests play a fundamental role in the protection of the resources water and land, through the regulation of the water flows and the reduction of its erosive potential. This function may be modified as a consequence of the changes experimented by the cover, this is the case of the forest management and decomposition.

In this sense, the broadleaved species from the *Nothofagus* genus which have the particular ability to lose the foliage in winter, could represent a land of alteration in the protective capacity of the forest and the resources water and land.

In order to know the implications of this change, it was analyzed a micro sequence in the farm Pumillahue in Máfil, property that belongs to Forested Tornagaleones SA, considering the processes of redistribution, drain and production of sediments.

The basin area is mainly conformed by *N. obliqua* with a 78% of total participation. The land, originated by volcanic ashes is deep, porous and does not present drainage problems.

The facilities were composed by a land of redistribution formed by a metallic gutter and small plastic collars, tight to the shafts of the principal trees, which allowed the determination of the direct rain and corresponding drain; a rain gauge located in conditions of prairies, to be able to know the contribution of incident a triangular dump made of wood, to determine the resultant drain of the micro sequence and a water pump for obtaining the charge of sediments in suspension.

The results obtained indicate that the renewal reduces the capacity of intercepting water in the winter period (May-September), with an average of 23,7% in comparison with the spring season (October-November) with an average next to 50%. This situation is originated not only in the lost of foliage of *N. obliqua* but also in the changes on the climatic conditions.

The lost of land of 91,3 kg/ha in the winter period is extremely low considering the rate of total lost tolerant in land (5-10 ton/ha/year) and in comparison with other studies on the same matter, in this sense, the high capacity of water retention of the land and the density of understory represented mainly by *Chusquea quila* (31%) would be accomplishing together an important protective function of the land.

Keywords *rainfall interception, erosion, redistribution, flows*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques ocupan posiciones estratégicas dentro de las cuencas, cumpliendo una función de protección mediante la regulación del flujo de agua, amortiguando la energía de las precipitaciones y favoreciendo la infiltración de agua en el suelo. Esta circunstancia hace que tales ecosistemas adquieran una gran importancia y que en ocasiones funcionen como fuentes de suministro a otras zonas donde las precipitaciones son insuficientes para satisfacer sus necesidades (López y Blanco, 1976). De este modo, los bosques tienen un papel clave en la acumulación y entrega gradual del agua a ríos y arroyos que drenan las cuencas forestadas, influyendo principalmente en la redistribución de las precipitaciones.

En este sentido, el cambio en la cobertura por la degradación de los bosques y la sustitución por especies exóticas o cultivos agrícolas, ha originado una reducción de la cantidad de agua que percola al subsuelo y finalmente llega a los arroyos, ríos y napas freáticas que alimentan los pozos (Huber y Ellies, 1985).

Las actividades ligadas al manejo forestal, producen también un impacto directo sobre los componentes del medio ambiente, alterando el balance hídrico como consecuencia de la modificación de los niveles de intercepción, evapotranspiración y escorrentía.

El tema hídrico en los bosques adquiere importancia derivado de los cambios tanto en cantidad como en calidad físico-química de las aguas que drenan hacia las cuencas. A pesar de ello, el tema hídrico no es bien considerado en el manejo de los bosques ni en la planificación de una cosecha forestal. De este modo y como consecuencia de la falta de visión integrada que se ha tenido respecto a la función de los bosques, actualmente muchas cuencas se encuentran erosionadas, con altos niveles de sedimentación y con un desequilibrio de la conducta natural de los caudales.

Desde esta perspectiva, la trascendencia de que en el concepto integral del manejo de los bosques, el agua sea vista como un constituyente del ecosistema, hace necesario identificar la conexión entre los bosques y la cantidad y calidad del agua que ellos proveen. Según FAO (1993) esta relación es a veces incierta, en términos de los bosques y la cantidad de agua que abastecen.

La mayor parte de los estudios del tema en Chile han estado orientados a plantaciones de especies exóticas como pino y eucalipto (Huber y Oyarzún, 1983), (Oyarzún *et al.*, 1985) (Huber y Ellies, 1985), (Silva, 1998), entre otros. Esta situación se ha originado por los fuertes cambios que ha experimentado la cobertura vegetal y por consiguiente la cantidad y calidad de agua que converge hacia la cuenca.

Iroume y Huber (2000), señalan que la cubierta de bosques reduce sensiblemente los caudales de crecida al compararlos con una condición de pradera. Con respecto al mismo tema, Otero *et al.* (1994), concluye en una investigación de cuatro cuencas en la Provincia de Valdivia que existe una mayor regulación de los cauces en las

cuencas cubiertas con bosque nativo (menores caudales durante el invierno y mayores en verano), en comparación con aquellas cubiertas por pino.

Los renovales en Chile constituyen un recurso abundante, los que según Lara *et al.* (2000), alcanzan los 4,4 millones de hectáreas, en una sumatoria de clasificación renoval y bosque adulto renoval. Estas formaciones de bosque nativo representan un fuerte potencial de manejo en el país, motivo que hace necesario su estudio.

El renoval analizado en este trabajo se encuentra formado en gran medida por *Nothofagus obliqua*, especie caducifolia que posee la particularidad de perder el follaje en invierno. Esta condición podría otorgar al sistema una menor intercepción del dosel, alterando la capacidad protectora del bosque.

El período de estudio considera los meses de mayor precipitación, momento en el cual *N. obliqua* muestra su condición caducifolia y en el cual se produce la mayor remoción de sedimentos producto de la erosión hídrica en la cuenca.

Los objetivos específicos son:

- Calcular la participación de los componentes de la redistribución de precipitaciones en invierno (mayo-agosto) y primavera (octubre-noviembre).
- Calcular la producción de agua de la cuenca.
- Determinar la influencia de las precipitaciones en la variación temporal de la esorrentía.
- Calcular la producción de sedimentos en el período.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Conceptos Generales**

#### *2.1.1 Cuencas Hidrográficas*

La cuenca representa físicamente una fuente natural de captación y concentración de agua superficial y subsuperficial, la que es definida por los límites de la zona de escurrimiento de las aguas que convergen hacia un mismo cauce (MIDEPLAN, 1998). La cuenca es definida como un espacio geográfico cuyos aportes son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua, se concentran en un punto espacial único, una desembocadura o estación de aforo (Vélez y Vélez, 2003). De este modo, la cuenca funciona como un colector que recibe la precipitación transformada en escorrentía.

Existen diversos factores que definen el comportamiento de la cuenca. Dos cuencas sometidas a condiciones climáticas similares, pueden tener regimenes de flujos totalmente distintos. Aunque factores como el tipo de suelo y la cobertura de la cuenca ejercen una gran influencia, es necesario considerar el efecto de las características físicas de la cuenca en la respuesta a las precipitaciones (Vélez y Vélez, 2003). Los principales parámetros físicos se detallan en Anexo 1.

#### *2.1.2 Ciclo hidrológico*

El ciclo hidrológico corresponde a un sistema de circulación continua del agua y se fundamenta en los procesos de evaporación y precipitación (Martínez y Navarro, 1996). Es considerado un modelo de circulación general, en el cual el agua se encuentra en constante movimiento espacial y sometida a constantes cambios de estado (Lee, 1980).

#### *2.1.3 Redistribución de las precipitaciones*

El ciclo hídrico de una cuenca depende fundamentalmente de las características de la vegetación (especie dominante, estructura y densidad), de la topografía y características del suelo (principalmente textura y estructura), y de la frecuencia, intensidad y duración de las precipitaciones (Gayoso *et al.*, 2000).

El cambio que experimenta la precipitación al cruzar durante su caída una cubierta vegetal, se denomina redistribución de las precipitaciones. En este proceso existe una alteración de los montos, la intensidad y el lugar que el agua alcanza en el suelo. La vegetación arbórea ejerce una marcada influencia sobre la redistribución de las precipitaciones pluviales (Huber y Oyarzún, 1992). Una parte de la precipitación total o incidente en un ecosistema forestal es retenida momentáneamente por las copas y troncos de los árboles (intercepción del dosel) y parte de ella es reintegrada a la atmósfera por evaporación (pérdidas por intercepción).

La influencia de la cobertura sobre las precipitaciones se encuentra definida por muchos factores como son: tipo de ramificación (Donoso, 1994), capacidad de absorción de agua de las hojas (Leonard, 1965), tipo de follaje (Aussenac, 1980, citado por Gutierrez, 1984), la densidad y el estado sucesional del bosque (Leonard, 1965).

El agua que alcanza el piso del bosque comúnmente denominada precipitación directa, esta conformada por una fracción proveniente del pluviolavado o goteo de las hojas, ramas y fustes y por la precipitación que pasa directamente por medio del dosel (Iroume y Huber, 2000).

El escurrimiento fustal corresponde a la porción de las precipitaciones que, habiendo llegado a las copas, desciende sobre los troncos hasta llegar al suelo. A pesar de lo señalado por Crockford y Richardson (1990), respecto a que en muchos estudios de intercepción el escurrimiento fustal no ha sido considerado, Huber y Oyarzún (1983), señalan que estos aportes son de gran importancia puesto que proveen de agua para el consumo del árbol durante la época del año con menores precipitaciones.

La denominada “precipitación oculta” corresponde a una forma de precipitación generada por la condensación del aire que entra en contacto con hojas y ramas. El bosque favorece este proceso por un doble motivo: presentando una mayor superficie de adherencia y favoreciendo la formación de neblinas al ser mayor la humedad relativa en el interior del bosque, esto último debido al fenómeno de transpiración (López, 1977).

La precipitación neta corresponde a una sumatoria de la precipitación directa, el escurrimiento fustal y la precipitación oculta.

En el nivel del suelo (precipitación neta), una parte es retenida por la hojarasca y devuelta a la atmósfera por evaporación (intercepción de la hojarasca) y la restante alcanza la superficie del suelo (precipitación efectiva) (Huber y Oyarzún, 1992). Respecto a esto, los autores señalan que los montos de agua interceptados por la hojarasca son poco conocidos. Lee (1980) indica que son de menor magnitud que la intercepción del dosel, variando generalmente entre el 1% y el 5% de la precipitación total.

La vegetación y el mantillo que produce, impiden que las gotas de agua de lluvia golpeen contra el suelo mineral, manteniendo así su porosidad, aumentando y haciendo más rápida su capacidad de infiltración (Donoso, 1994). Esta situación genera que, después de lluvias, incluidas las de carácter torrencial, disminuya el escurrimiento sobre el suelo y se mantenga una liberación lenta del agua durante días y semanas después que la lluvia ha cesado.

#### 2.1.4 Escorrentía

La escorrentía corresponde a la parte de la precipitación que es transformada en caudal y se produce cuando la capacidad de infiltración del suelo es menor que el total de aportes por precipitación. Existen diferentes orígenes en el conjunto de la cuenca: precipitación directa sobre cauces y afluentes; escorrentía superficial; subsuperficial y subterránea (López y Blanco, 1976).

Según López y Blanco (1976), el escurrimiento superficial puede considerarse como opuesto al fenómeno de infiltración y presenta dos aspectos negativos: constituye un agente erosivo y representa una pérdida en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos, ya que no constituye un aporte al agua retenida por el suelo que alimenta los pozos, suministra caudal a los ríos de forma regulada y sirve para el consumo de las plantas.

#### 2.1.5 Erosión y transporte de sedimentos

En materia ambiental la erosión constituye uno de los principales problemas en nuestro país, abarcando al 46% del total de la superficie (CONAF, 1992). El cuadro 1 resume en categorías de intensidad el problema.

Cuadro 1. Tasas de erosión en Chile para el año 1992

Descripción	Superficie (millones de ha)	%
<b>Suelos productivos</b>	46	61
Erosión moderada a leve	22,8	31
Erosión grave a muy grave	11,7	15
Sin erosión	11,5	15
<b>Suelos improductivos</b>	29,6	39
<b>Totales</b>	75,6	100

Fuente: "Diagnóstico de la desertificación en Chile". CONAF, 1992.

La erosión corresponde al desgaste superficial del suelo, causado por acción de agentes geológicos como agua, gravedad, viento o hielo, a través de procesos naturales. La erosión hídrica es la principal forma de erosión en suelos forestales (Gayoso y Alarcón, 1999). Las consecuencias de este proceso se manifiestan tanto en el lugar donde se producen (pérdida de la fertilidad), como fuera de él (sedimentación). Además, la producción de sedimentos puede alterar la calidad físico-química del agua, aumentando la turbidez y disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto, lo cual puede tener efectos perjudiciales en las poblaciones de fauna y flora acuáticas y la disminución de la calidad de su hábitat (Gayoso e Iroumé, 1995).

Es conocida la estrecha relación que existe entre la erosión y el transporte de sedimentos. Sin embargo, no todo el material erosionado llega a los cauces.

Morgan (1997), señala que en el transporte de sedimentos se identifican dos fases principales. La primera etapa, de desprendimiento de las partículas del suelo, cuyo proceso depende de la erosividad de los factores del medio ambiente sobre el terreno, de la erodabilidad del suelo y de la capacidad de amortiguamiento del golpe del agua de la vegetación, la hojarasca y las raíces. La segunda etapa consiste en el transporte o movilidad de los sedimentos. Finalmente cuando la energía del agua no es suficiente para transportar estas partículas, se produce el depósito de sedimentos.

Según Beschta (1996), los sedimentos se caracterizan por presentar dos modos de transporte:

**Suspensión:** las partículas transportadas por suspensión en los cauces presentan tamaños típicamente menores a 0,1 mm de diámetro y consisten en partículas de limo y arcilla en su mayoría.

**Arrastre de fondo:** Las partículas transportadas por este modo son de mayor tamaño (mayor a 1 mm de diámetro) y corresponden en su mayoría a arena gruesa, gravas o guijarros. El transporte de sedimentos de fondo no se expresa en términos de concentración, ya que no es un indicador de la calidad del agua.

Iroume (2003) y Olivares (2003) estudiaron el transporte de sedimentos en una cuenca de montaña en la Cordillera de los Andes, obteniendo para el total de carga participaciones del 26% y 31% para sedimentos en suspensión y 74% y 69% para arrastre de fondo o acarreo en distintos períodos de estudio. Sin embargo, esta situación difiere de resultados obtenidos en cuencas forestadas en la Cordillera de la Costa. En este sentido Menke (1999) y Olivares (2003) encontraron que el material de arrastre de fondo en la Cordillera de la Costa no es significativo.

Iroume (2003) señala que los materiales provenientes de procesos erosivos en la red de drenaje o desde laderas adyacentes a ella son transportados principalmente como transporte de fondo y generalmente se asocian a fenómenos de crecidas torrenciales. Los contenidos de materiales en suspensión en los cauces están estrechamente relacionados con los caudales y con los aportes de sedimentos arrastrados por los escurrimientos superficiales de las laderas de las cuencas generados durante los períodos de tormentas.

Es decir, la capacidad de un río para transportar sedimentos en suspensión depende de las fuerzas de sustentación que se generan como componentes verticales de la velocidad del flujo o caudal (Olivares, 2003; Mayen, 2003) y de la erosión pluvial en la cuenca. En este sentido, las características que posee el suelo en la zona sur de la Cordillera de la Costa favorecen los escurrimientos superficiales y el transporte de material fino en la forma de suspensión.

## 2.2 Relaciones entre variables hídricas

### 2.2.1 Tipo de vegetación e influencia en procesos hidrológicos

Existe una marcada diferencia en la influencia ejercida por los distintos tipos de cubiertas que puede presentar el suelo y principalmente entre las coberturas de tipo forestal y herbáceo (Ibarra y Mancilla, 1995), (Ibarra *et al.*, 1996).

Según López y Blanco (1976), la cubierta herbácea favorece la escorrentía superficial, mientras que el bosque, siempre que no sufra alteraciones, tiende a favorecer la infiltración y la absorción de agua y por lo tanto, a aumentar el nivel freático.

En épocas de máxima intensidad de lluvia, la cubierta forestal posee un papel regulador más eficiente, disminuyendo la escorrentía y con ello las probabilidades de crecidas e inundaciones (López y Blanco, 1976).

La capacidad de producción de agua no sólo debe ser medida en términos de cantidad, sino también de calidad. Esta característica se relaciona con la generación de escorrentía y el consecuente transporte de sedimentos del caudal.

Ibarra *et al.* (1996) concluye que bajo una misma condición edafoclimática y topográfica, la cubierta arbórea representa la forma más eficiente de protección al suelo. No obstante, la escorrentía superficial no sólo depende de la capacidad de la cubierta para interceptar las precipitaciones. En este sentido, observaron que a pesar de que las plantaciones de pino estudiadas proporcionan una mayor intercepción de copas, los menores flujos de escorrentía suceden bajo el renoval de roble, comportamiento que los autores atribuyen a condiciones de suelo más favorables para la infiltración.

### 2.2.2 Redistribución de las precipitaciones en diversos tipos de bosques

Las coberturas vegetales influyen sobre el ciclo hidrológico. La magnitud de esta influencia, depende no sólo de la cobertura ejercida por la cubierta vegetal, sino además por la fisiología de la vegetación. En este sentido, Huber *et al.* (1985) señalan que especies de rápido crecimiento presentan altos consumos de agua, debido a la velocidad con que éstas crecen.

El efecto de la cubierta vegetal en la redistribución de las precipitaciones, es señalado en un estudio de Iroume y Huber (2000), en el que comparan bosque nativo del Tipo Forestal Ro-Ra-Co y una plantación de pino oregón. Los resultados indican que las mayores intercepciones ocurren en la plantación con 34% frente a un 26%. Estos resultados discrepan de lo señalado por Gayoso e Iroume (1995), respecto de que los niveles de intercepción en una plantación son inferiores a aquellos bajo cobertura de bosque nativo. Sin embargo, esta situación se explica por la presencia de especies de hoja caduca en bosque nativo y por la mayor cobertura presentada por pino oregón.

### 2.2.3 Influencia de la cobertura en las pérdidas de suelo

Ibarra, Mancilla y Peralta (1996), evaluaron la erosión hídrica bajo tres tipos de cubierta arbórea en la cordillera de Nahuelbuta, dos rodales de *Pinus radiata*: el primero de 1969, con 1970 arb/ha y 87% de cobertura de copas (sin intervención), el segundo manejado (poda y raleo) del año 1979, con 43% de cobertura y 440 arb/ha de densidad; un renoval de roble de 15 a 25 años de edad con 3485 arb/ha y 160 % de cobertura de copas. Además para efectos de comparación entre la erosión producida en suelos de uso agrícola y forestal se estudió la erosión en un cultivo de trigo. Los resultados obtenidos, como era de esperarse arrojaron mayores pérdidas de suelo para la el cultivo agrícola con 2.479 y 3.041 kg/ha y para la plantación manejada con 165,5 kg/ha, situaciones en las que se presentaron los mayores valores para escurrimiento superficial. Los menores valores para ambas variables fueron obtenidas en el renoval, siendo las pérdidas de suelo de 56,2 kg/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Influencia de la cobertura en la pérdida de suelo en la Cordillera de Nahuelbuta, según Ibarra, Mancilla y Peralta (1996)

Uso del suelo	Escurrecimiento superficial (m <sup>3</sup> /ha)	Pérdidas de suelo (kg/ha)
Uso Forestal (1)		
Pino 69	597,2	95,6
Pino 79	733,8	165,5
Renoval	424,1	56,2
Uso agrícola		
(2)	617,1	2479,6
(3)	756,9	3041,3

(1) Período octubre 1991- septiembre 1992

(2) Período abril- septiembre 1992

(3) Período octubre 1991- marzo 1992

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en una cuenca del predio Pumillahue, perteneciente a la empresa Forestal Tornagaleones S. A., ubicado en Máfil, comuna de Valdivia, X Región. La superficie de la cuenca es de 3,5 ha y se encuentra constituida principalmente por bosque nativo, el cual posee una participación del 94%. Las plantaciones representan el 5,5 % y sólo un 0,5% corresponde a matorral (Figura 1).

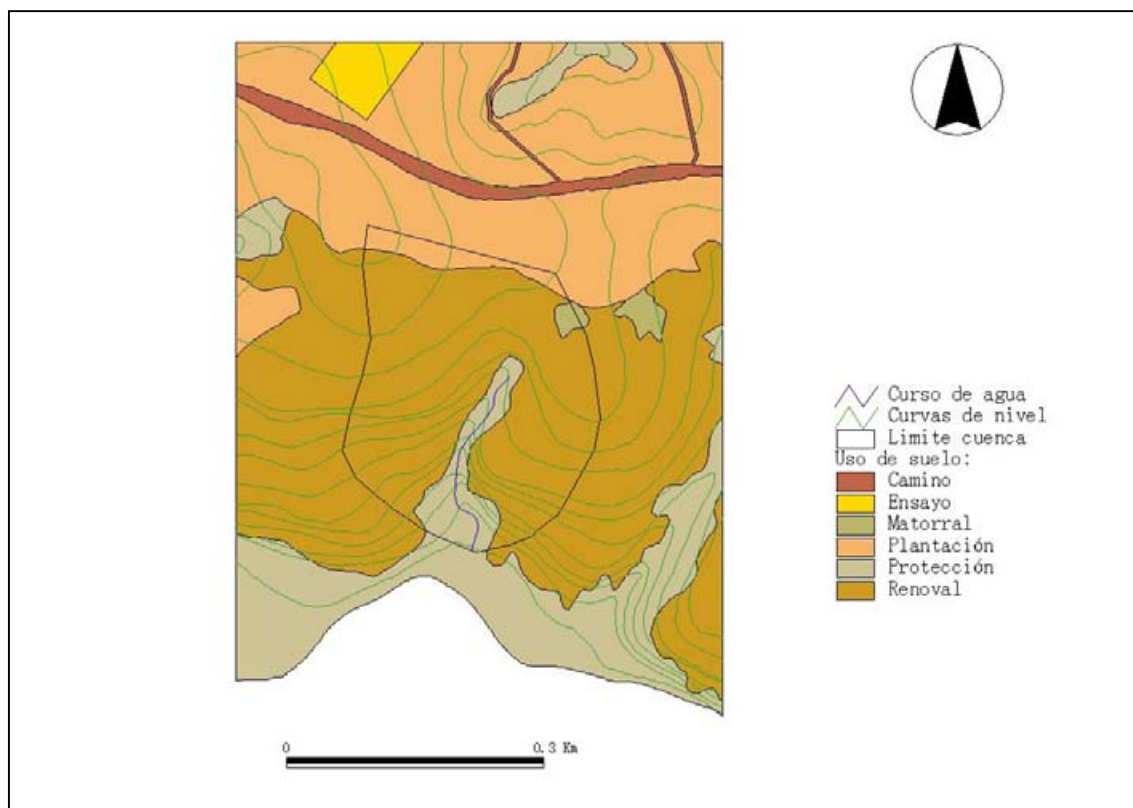


Figura 1. Divisoria de aguas y uso de suelo de la cuenca, predio Pumillahue

El cuadro 3 detalla los resultados de los principales parámetros físicos de la cuenca, esta corresponde a una cuenca de pequeña dimensión que posee un número de orden 1, es decir, no se encuentra conectada a otros cursos de agua. Se ubica aguas arriba de la cota 50 m s.n.m, cuyo rango de altitud se encuentra entre los 50 y 180 m s.n.m, con una media de 134 m s.n.m. El índice de compacidad o de Gravelius de 1,13 indica que se trata de una cuenca de forma redonda y que por lo tanto el agua llega con rapidez al cauce. Su pendiente media de 21%, indica que se trata de una topografía moderada.

Cuadro 3. Principales parámetros físicos de la cuenca, predio Pumillahue

Parámetros	Cuenca experimental
Superficie (ha)	3,5
Perímetro (km)	1,39
Longitud del cauce (km)	0,22
Número de orden	1
Índice de compacidad (Gravelius)	1,13
Altitud media de la cuenca (m s.n.m)	134
Índice de pendiente	0,21
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2,54

La figura 2 esquematiza la distribución de superficie por rango de altitud, en ella se aprecia que existe una mayor concentración de superficie en las altitudes superiores.

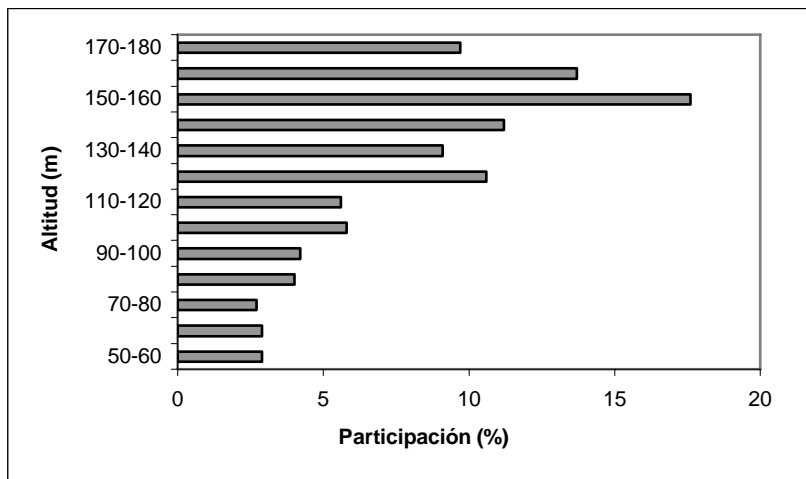


Figura 2. Curva de distribución proporcional por rangos altitudinales en la cuenca Pumillahue

La curva hipsométrica de la cuenca (Figura 3) indicaría que se trata de una cuenca en equilibrio o fase de madurez y de actividad media.

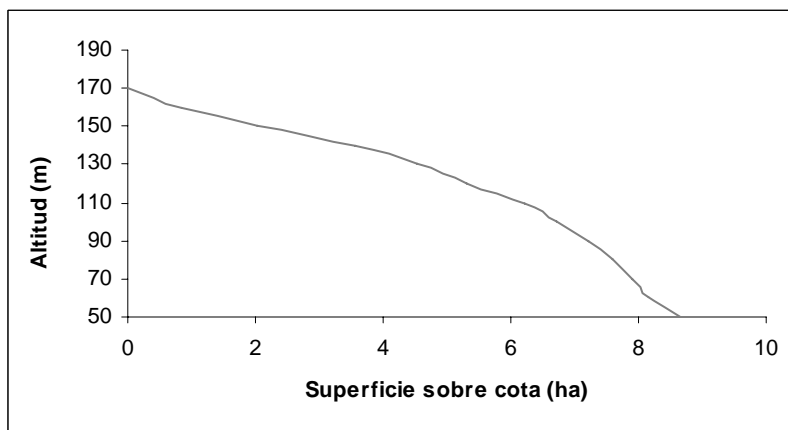


Figura 3. Curva hipsométrica de la cuenca Pumillahue



### 3.1.2 Instrumentos empleados

El área de estudio contó con un pluviógrafo de tipo Tipping buckets, el que conectado a un datalogger permite llevar un registro continuo de las precipitaciones. El mecanismo que utiliza este tipo de pluviógrafo es realizar registros cada vez que se acumulan en el receptáculo interior 0,3 mm de precipitaciones.

La determinación de valores de escurrimiento fustal fueron obtenidos mediante la utilización de collarines plásticos ajustados y sellados en espiral alrededor de los fustes (Figura 4) y la precipitación directa se obtuvo a través de una canaleta metálica en forma de V, de 12 cm de ancho y 29 m de largo (Figura 5). Éstos fueron utilizados para determinar la precipitación neta en la cuenca. La canaleta se encuentra ubicada en la ladera media de la cuenca y la justificación de su uso es que el área total de acopio de agua de lluvia que es de 34.800 cm<sup>2</sup>, equivale a 174 pluviómetros tradicionales. Ambos sistemas de recolección se encuentran conectados mediante tubos de PVC a tambores de acumulación de agua, los que cuentan con un sistema de flotación y descarga automática. Los aportes de agua se conocen de modo continuo, específicamente cada 3 minutos, ya que incorporan un datalogger.



Figura 4. Collarines plásticos



Figura 5. Canaleta metálica



Figura 6. Regla graduada en vertedero

La ocurrencia de precipitación oculta sólo pudo ser estimada parcialmente mediante la diferencia negativa entre la precipitación incidente y la precipitación neta. Es decir, los aportes no atribuibles a la precipitación incidente fueron considerados como precipitación oculta, ya que no se dispuso de instrumentos para este fin.

Para el monitoreo de caudales se contó con un vertedero de madera y de paredes delgadas tipo Thompson, cuya sección de descarga en “V” posee un ángulo de  $60^\circ$  (Figura 7). Estas instalaciones son utilizadas comúnmente en este tipo de estudios, puesto que permiten conocer con exactitud los valores de caudal. El ángulo y la forma de V están dados por la baja cantidad de agua que podría circular en el cauce en el período estival<sup>1</sup>.

El nivel del caudal se obtuvo cada 6 minutos, con información de la presión de la columna de agua que registra un sensor conectado a un datalogger. Los valores de presión se transformaron a alturas de caudal mediante una relación simple que señala la correspondencia entre una unidad de presión de agua (milivolt) y un centímetro de agua contenida en el vertedero. Para determinar esta correspondencia se utiliza una regla graduada fija en el vertedero como puede ser observado en la figura 6.

Las muestras de agua fueron obtenidas mediante la extracción con una bomba asociada al datalogger que opera cada una hora. El volumen de agua extraído fue proporcional al caudal del momento.



Figura 7. Vertedero de paredes delgadas tipo Thompson de  $60^\circ$

<sup>1</sup> Información obtenida del curso Manejo de Cuencas, Universidad Austral de Chile

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Descripción de la vegetación

La caracterización del bosque fue obtenida mediante una tabla de rodal que incorpora inventarios de 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25 m), puesto que el renoval posee similares características en toda la superficie. Para ello fueron consideradas las variables especie y DAP (cm).

El sotobosque a pesar de no presentarse en forma densa podría poseer importancia en la interceptación de precipitaciones en los períodos en que *Nothofagus. obliqua* no posee follaje, por lo que se confeccionaron 10 subparcelas de 2 m<sup>2</sup> en cada parcela. El registro para el caso de plántulas y sotobosque consideró la metodología de obtención de coberturas (Braun-blanquet) por clase de altura. Las clases de altura utilizadas fueron 1 = 0-30 cm, 2 = 30-50 cm, 3 = 50-100 cm, 4 = 100-200 cm y 5 = Brinzales).

La cobertura arbórea fue estimada mediante el uso de un densiómetro, para lo cual fueron considerados 27 puntos de muestreo distribuidos sistemáticamente en las tres parcelas de inventario arbóreo (Figura 8).

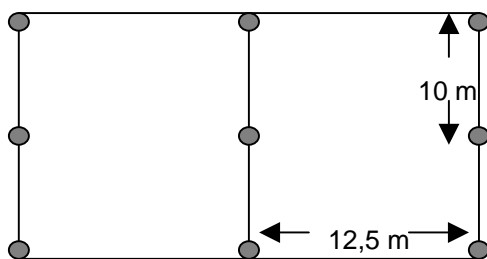


Figura 8. Esquema de muestreo de cobertura

### 3.2.2 Descripción del suelo

El análisis morfológico y físico del suelo se realizó a partir de una calicata de 1 m de profundidad. Esta descripción incorporó las variables de mayor interés (profundidad de los horizontes, profundidad de raíces, textura, estructura, % de pedregosidad y color. De esta manera fue posible estimar el volumen de agua capaz de almacenar el suelo<sup>2</sup>.

No obstante, para conocer el desgaste del suelo y la consecuente variación de la profundidad de los horizontes se realizó un transecto transversal a la cuenca, el cual consideró 5 puntos de muestreo con bastón pedológico (Figura 9).

<sup>2</sup> Mediante la utilización del Manual para el reconocimiento de Suelos, Universidad Austral de Chile

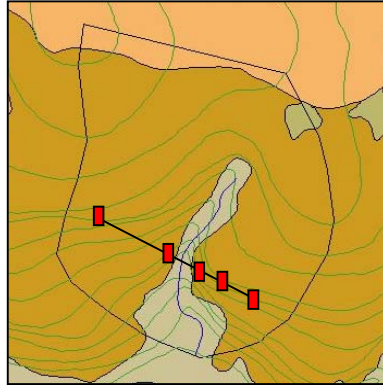


Figura 9. Transecto de puntos de muestreo con bastón pedológico

### 3.2.3 Determinación de variables hídricas

El pluviógrafo fue ubicado en condiciones de pradera cercano al lugar de estudio, de modo que no existiera una cobertura que pudiese alterar el registro de precipitaciones.

La figura 10 muestra el esquema de medición de escurrimiento fustal. Los collarines plásticos se dispusieron en los fustes de los principales árboles encontrados en una superficie de 300 m<sup>2</sup>, utilizando el largo de la canaleta y un ancho de 10 m.

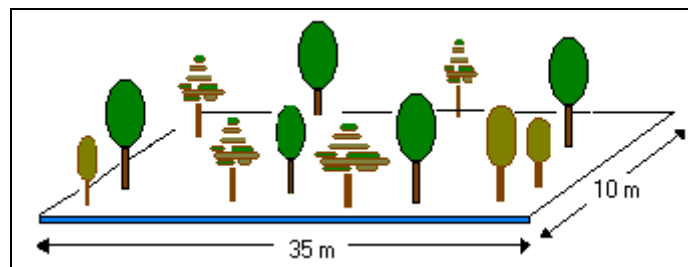


Figura 10. Esquema de Medición de Escurrimiento fustal

La determinación de escurrimiento fustal (mm) fue determinada mediante la relación (1), adaptada a la utilizada por Silva (1998).

$$Nf = (Va / S) \quad (1)$$

donde:

Nf: Escurrimiento fustal (mm)  
 Va: Volumen total de agua (L)  
 S: Superficie considerada (m<sup>2</sup>)

### 3.2.4 Relaciones entre variables hídricas y obtención de escurrentía

Las relaciones hídricas se determinaron previa selección de eventos de lluvia, para los cual se agruparon registros de precipitación de acuerdo a dos tiempos diferentes entre un evento de lluvia y el siguiente. En ambos casos no se consideraron como eventos de lluvia aquellos registros con aportes de precipitación menores a 0,5 mm, debido a que probablemente éstos no tendrían efecto en la precipitación directa y el escurrimiento fustal.

Los tiempos seleccionados fueron de 30 minutos y de 3 horas. El primer caso justificado por la intención de obtener un mayor número de muestras (N= 252) y el segundo para disminuir los posibles errores generados en la agrupación de dichos eventos (N = 46), en el sentido de que una vez finalizada la lluvia incidente continúan generándose aportes de precipitación directa y escurrimiento fustal.

Las pérdidas de agua por intercepción del dosel se obtuvieron luego de la separación de eventos para los dos casos. Este procedimiento se realizó mediante la relación (2) señalada por López y Blanco (1976).

$$I_c = N - (N_d + N_f) \quad (2)$$

donde:

$I_c$  = pérdidas de agua por intercepción del dosel (mm)

$N$  = precipitación incidente (mm)

$N_d$  = precipitación directa (mm)

$N_f$  = escurrimiento fustal (mm)

Las pruebas estadísticas se obtuvieron utilizando el programa estadístico SPSS para Windows, que permitieron determinar la influencia de la precipitación incidente en la precipitación directa, escurrimiento fustal y en los niveles de intercepción.

El análisis de la redistribución de precipitaciones se realizó considerando períodos mensuales, cuyos valores incluyen el total de aportes de agua en el período.

Para la obtención de los valores del caudal se utilizó la relación (3), la cual deriva de las características del vertedero. Para ello se realizó la previa transformación de los valores de presión del datalogger a valores de altura.

$$Q = 0,614 * (h^{2,5}) \quad (3)$$

donde:

$Q$  = caudal ( $m^3/s$ )

$h$  = nivel del agua (m)

### 3.2.5 *Determinación de sedimentos en suspensión*

La extracción de muestras de agua es realizada automáticamente por la bomba, acumulando agua en recipientes de 25 litros de capacidad. Las fechas de recopilación de esta información coincidieron con las visitas a terreno, cada 25 a 36 días.

El análisis de las muestras de agua se realizó en consideración con el protocolo de filtrado de sedimentos en suspensión, en el cual se utilizan filtros GF75 de 47 mm de diámetro, tratados previamente. Este tratamiento hace constante su peso mediante la filtración de 300 ml de agua destilada, posteriormente secados en una mufla a 550° C por 20 minutos y finalmente obteniendo su peso con una balanza sensible a 0,01 g.

Las muestras de agua fueron pasados por los filtros, los que se secan a 60° C por 24 horas y dejados a temperatura ambiente para finalmente pesarlos (Figura 11). De este modo, la concentración de sedimentos (mg/l) fue obtenida por diferencia de pesaje.



Figura 11. Proceso de filtrado de muestras

### 3.2.6 *Período de estudio*

El período de captura de información sobre las variables hídricas comprendió desde mediados de mayo hasta mediados de septiembre del año 2006, de modo que el registro contempla los meses de mayor pluviosidad. Además se incorporó información complementaria (octubre-noviembre) que permitió establecer comparaciones de los valores obtenidos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Descripción de la cuenca

El cuadro 4 muestra la tabla de rodal correspondiente al renewal en estudio. El bosque se encuentra conformado principalmente por *Nothofagus obliqua*, especie que otorga el 78,3% del total de área basal y que en las clases diamétricas superiores se presenta como único representante.

En la categoría otras se incluyen las especies: *Luma apiculata*, *Aristotelia chilensis*, *Persea lingue*, *Laurelia sempervirens* y en menor medida *Lomatia hirsuta* y *Aextoxicum punctatum*, especies principalmente semitolerantes que han aparecido como consecuencia del cierre del dosel y que por este motivo sólo se presentan en las clases diamétricas intermedias o inferiores.

Existe una gran cantidad de individuos muertos, los que se concentran en las menores clases diamétricas, estos corresponden mayoritariamente a individuos de *N. obliqua* que han quedado suprimidos. La cobertura del renewal es de un 95%, cuando aún *N. obliqua* conserva su follaje.

Cuadro 4. Tabla de rodal del renewal de *N. obliqua*, predio Pumillahue

Clase diamétrica (cm)	Nº/ha			G (m²/ha)		
	<i>N. obliqua</i>	Otras sp	Muerto	<i>N. obliqua</i>	Otras sp	Muerto
5-10	220	340	420	0,97	1,50	1,85
10-15	260	180	100	3,19	2,21	1,23
15-20	240	20	20	5,77	0,48	0,48
20-25	160	-	-	6,36	-	-
25-30	140	-	-	8,31	-	-
30-35	40	-	-	3,32	-	-
Total	1060	540	540	27,92	4,19	3,56

Cuadro 5. Cobertura (%) por clase de altura, para plántulas y sotobosque del renewal de *N.obliqua*, predio Pumillahue

Especie	Clases de altura (cm)				
	0-30	30-100	100-200	Brinzal	Total
No identificada	-	3,2	-	-	3,2
<i>Luzuriaga radicans</i>	4	-	-	-	4
<i>Boquila trifoliolata</i>	1,9	-	-	-	1,9
<i>Chusquea quila</i>	0,07	1,8	1,8	27,7	31,4
<i>Aristotelia chilensis</i>	0,02	2,5	6,6	-	9,1
<i>Nertera granadensis</i>	12,3	-	-	-	12,3
<i>Aextoxicum punctatum</i>	0,2	1,62	-	1,8	3,6
Especies baja participación					5,1
Total	18,49	9,12	8,4	29,5	70,6



El total de cobertura ejercida por plántulas y sotobosque es 70,6%, existiendo una baja participación de plántulas arbóreas. El cuadro 5 muestra las especies de mayor importancia en la cobertura del suelo. La especie más abundante corresponde a *Chusquea quila* con un 31,4% de cobertura, presentándose de manera más común con más de 2 m de altura. Le siguen en importancia *Nertera granadensis* y *Aristotelia chilensis*.

La figura 12 grafica la participación de las especies que poseen una cobertura menor a un 1%. El total de cobertura generada por estas especies es un 5,1%. Las especies que aportan en mayor medida a la cobertura corresponden a *Laurelia sempervirens* y *Lomatia hirsuta*.

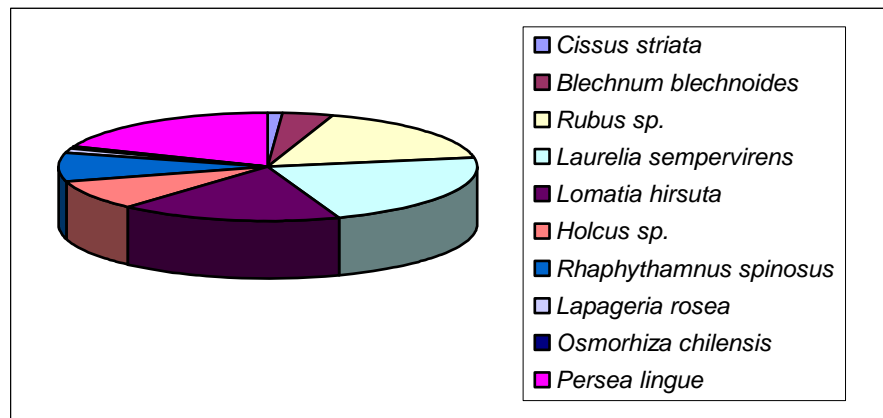


Figura 12. Participación de especies con cobertura menor a 1%

## 4.2 Descripción del suelo

El material de origen del suelo corresponde a cenizas volcánicas. En forma general, se trata de un suelo profundo (mayor a 1 m), de textura franca y de estructura granular a subpoliédrica. La profundidad de raíces es de 90 cm, mientras que la profundidad fisiológica supera los 1,1 m. Se trata de un suelo poroso que no presenta problemas de drenaje, situación altamente favorecida por la topografía de la cuenca y las altas pendientes que presenta.

La forma de humus probablemente corresponde a un tipo mull, pese a que el horizonte de mayor desarrollo es un subhorizonte Oe (4 cm), que sigue a un Oi (3 cm), sobre un horizonte A mayor a 10 cm. La participación de estos horizontes en el suelo podría señalar una situación de rápida descomposición, la cual posiblemente se origina como consecuencia de una alta actividad biológica y condiciones adecuadas de temperatura.

El suelo presenta transiciones entre los horizontes A y B, morfología típica de suelos trumaos. La diferencia entre horizontes se encontró principalmente en la resistencia a la penetración con cuchillo (Cuadro 6).



Cuadro 6. Resumen de las principales características de los horizontes

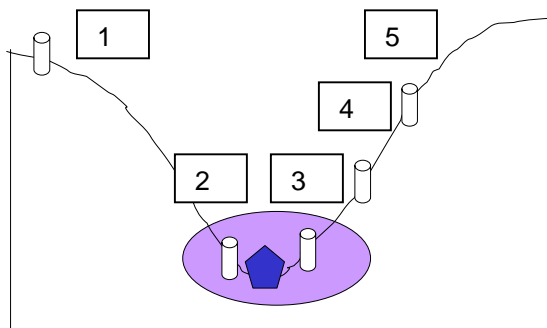
Horizonte	Profundidad (cm)	Color	MO %
<b>A</b>	<b>0-12</b>	<b>7,5 YR 3/2</b>	<b>9-10</b>
<b>AB</b>	<b>12-35</b>	<b>10 YR 3/6</b>	<b>5-7</b>
<b>BA</b>	<b>35-63</b>	<b>10 YR 3/6</b>	<b>5-7</b>
<b>B</b>	<b>+63</b>	<b>7,5 YR 4/6</b>	<b>1-4</b>

La capacidad total de recepción de agua se encuentra dada por el volumen total de poros medios (CAA) y gruesos del suelo (CA), puesto que los poros finos se encuentran siempre utilizados. El total de 270,9 mm para un metro de suelo, se encuentra dado por la suma de la capacidad de agua aprovechable y la capacidad de aire (61,8 mm), para este último equivalente en la capacidad de recibir agua. La CAA, que corresponde a la cantidad de agua realmente aprovechable por las plantas es de 209,1, valor que indica la elevada capacidad que posee el suelo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Capacidad de agua aprovechable (CAA), Capacidad de aire (CA) y Capacidad de campo (CC) por horizonte considerando la profundidad para un metro de suelo

Horizonte	CAA (mm)	CA (mm)	CC (mm)
<b>A</b>	<b>30</b>	<b>7,2</b>	<b>61,2</b>
<b>AB</b>	<b>48,3</b>	<b>13,8</b>	<b>105,8</b>
<b>BA</b>	<b>58,8</b>	<b>16,8</b>	<b>128,8</b>
<b>B</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>172</b>

La profundidad de los horizontes según el reconocimiento efectuado con bastón pedológico (Figura 13), no muestra una tendencia clara entre zonas de erosión y zonas de acumulación. En color morado se destacan las zonas bajas, potencialmente acumuladoras. Es posible apreciar que la muestra 2 y que fue obtenida en la zona más baja de la cuenca presenta la mayor profundidad para la mezcla A+AB. Esta corresponde a un sector cóncavo. A pesar de que la muestra 3 sólo fue tomada a 6 m del cauce, pero en una condición más convexa. Las restantes muestras tomadas en sectores de convexidad muestran tendencias similares de profundidad. Las diferencias podrían ser explicadas por la pendiente y la cubierta del suelo en cada punto.



Nº	A + AB	BA	B
1	49	18	+33
2	53	29	+25
3	48	*Ni	+30
4	41	22	+37
5	48	23	+29

\* Ni: no identificado

+ Indica que es mayor al valor señalado

Figura 13. Zonas de muestreo con bastón pedológico y profundidad (cm) de los horizontes identificados, en un corte transversal de la cuenca del predio Pumillahue.

### 4.3 Relaciones entre variables hídricas

Existe una alta influencia de la precipitación incidente sobre las variables precipitación directa y precipitación neta (Figura 14). Para los eventos con separaciones de 30 minutos y 3 horas se obtuvieron resultados para  $R^2$  de 0,99 para ambas variables con el modelo lineal (Anexo 3). En ambos casos  $p < 0,01$ , es decir, las relaciones son altamente significativas.

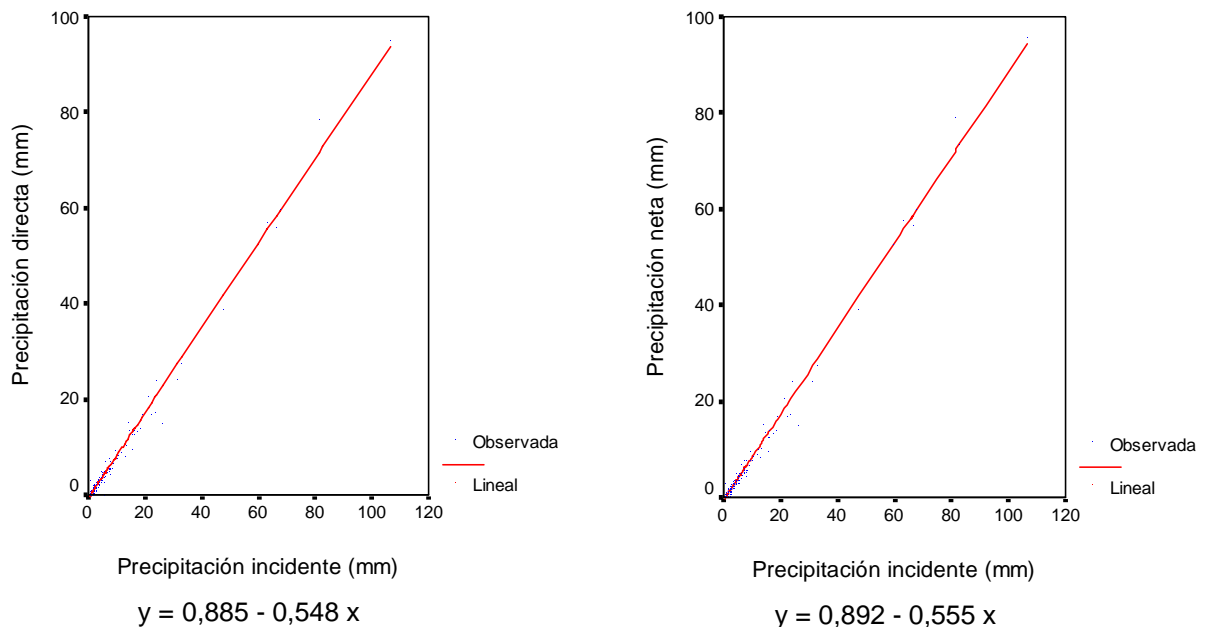


Figura 14. Relación entre componentes de la redistribución para eventos separados por 30 minutos

La principal diferencia apreciada en los criterios de separación de eventos se obtuvo para las relaciones de precipitación incidente y los porcentajes de interceptación del dosel. Para el caso de eventos con separaciones de 30 minutos se obtuvieron valores negativos (Figura 15). Estos valores representan la diferencia positiva de la precipitación neta con respecto a la precipitación incidente. Es posible que la principal causa que origina esta situación sea la presencia de precipitación oculta (neblina), que constituye un aporte de agua que sólo se genera en el interior del bosque como producto de la condensación del vapor de agua contenido en el aire. En ocasiones, valores más altos son encontrados dentro del bosque (precipitación neta) que fuera de él o a campo abierto (precipitación incidente).

Aproximadamente el 70% de los valores negativos se concentran entre las 12 PM y las 10 AM, en los períodos del día en que las temperaturas son menores y que favorecen la presencia de neblina. No obstante, existen otros factores que influyen en esta situación. La respuesta del bosque a las precipitaciones incidentes puede demorar más de 30 minutos. Es decir, puede existir una retención momentánea del agua de lluvia en las copas que ingresa al sistema de manera más lenta que los considerados 30 minutos.

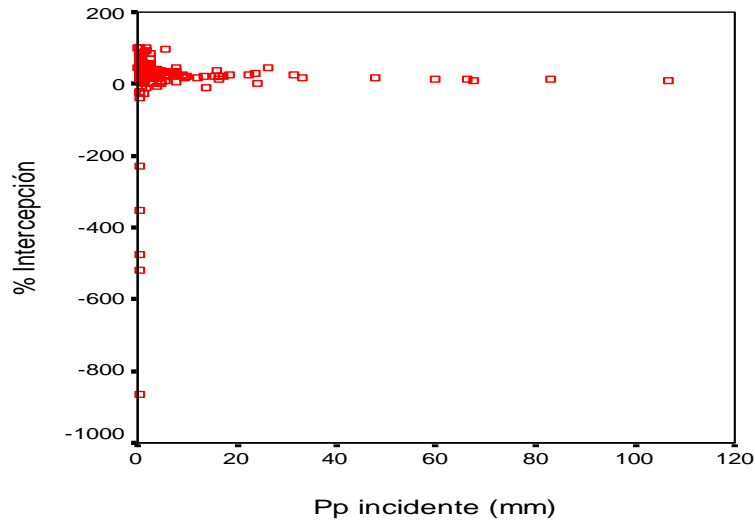


Figura 15. Relación entre Pp incidente y % Intercepción con valores negativos

Para apreciar el comportamiento de la intercepción del dosel en los eventos separados por 30 minutos, sólo se seleccionaron los eventos de lluvia en los que los porcentajes de intercepción fueron positivos. Los tres modelos probados obtuvieron una alta significancia, todos con  $p < 0,01$  (Anexo 3). No obstante, para todos se obtuvo bajos valores de  $R^2$ . El mejor ajuste se logró con el modelo logarítmico, con  $R^2$  de 0,51.

La relación que consideró separaciones entre lluvias de tres horas no arrojó valores negativos, por lo cual los resultados anteriores se atribuyen al efecto de la metodología. Probablemente mediante este método fue posible asociar de mejor manera el efecto de la precipitación incidente en la precipitación directa y el escurrimiento fustal, ya que considera un mayor período de influencia que el caso anterior.

A pesar de que con esto no se pretende señalar la inexistencia de precipitación oculta, existiría un encubrimiento de los datos debido a la forma en que se agrupan los valores de precipitación. El mejor ajuste se logró con el modelo logarítmico con  $R^2$  de 0,68 (Figura 16).

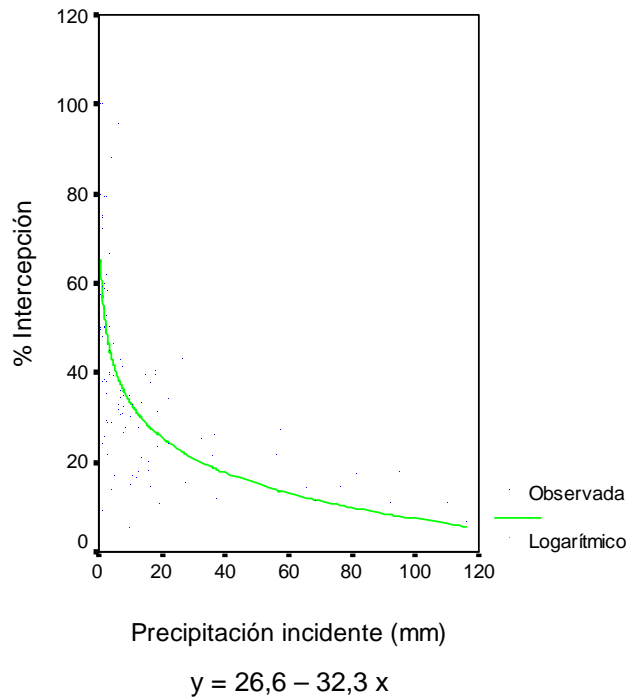


Figura 16. Relación entre Pp incidente y % Intercepción para eventos separados por tres horas

Los resultados indican que a pesar de existir una tendencia en la cual los mayores porcentajes de intercepción se obtienen con los menores valores de precipitación incidente, esta condición no siempre se presenta. Es posible que exista influencia de otros factores, tales como la humedad ambiental, la capacidad de acopio de agua en el dosel, el viento y la duración del evento.

#### 4.4 Redistribución de las precipitaciones

Los porcentajes medios de participación en el total del período invernal (Cuadro 8) son para precipitación directa de 75,6% y de 23,7% para la intercepción de copas.

En general, para los períodos de estudio invernales no existen grandes diferencias en cuanto a la participación de los componentes de la redistribución, con resultados de intercepción que bordean el 20 y 30%. Esto debido a dos factores: similares condiciones climáticas y de cobertura de copas.

Menzel (1993) en un estudio de redistribución de las precipitaciones en un bosque con estrato superior conformado por *N. obliqua* y *E. cordifolia* encontró mayores porcentajes de intercepción en el período invernal, cercanos al 40% y para la precipitación directa cercanos al 60%. A pesar de esta diferencia, es necesario considerar que el renoval evaluado se encuentra representado en un 78% por *N. obliqua* y que probablemente es el principal factor que define los bajos valores de intercepción.

Los valores obtenidos en el estudio, no obstante, se encuentran dentro de los rangos encontrados para bosque nativo. Este es el caso de Gutierrez (1984), quien estudió la redistribución de las precipitaciones en las cercanías a la localidad de Hueicolla en un bosque Siempreverde, multiestratificado y con un dosel superior compuesto principalmente por Podocarpaceas y Mirtáceas, con resultados de 75% para precipitación directa y de 20,9% de intercepción en período invernal.

Huber y Oyarzún (1992) en el Fundo San Martín al noroeste a la ciudad de Valdivia, obtuvieron en un bosque subasociación de olivillo, valores de intercepción cercanos al 30%. Los valores de precipitación directa se encontraron cercanos al 70%, presentando los valores más altos durante los meses de invierno, sobrepasando el 75% de la precipitación incidente.

A pesar de la baja importancia en términos porcentuales del escurrimiento fustal, éste también presenta diferencias. En el período invernal los valores se encuentran en un rango aproximado de 0,4% a 0,6%, con una media de 0,57%. Este valor se aleja del encontrado por Menzel (1993) con 2,1% en invierno, del encontrado por Gutierrez (1984) de 4,1% y de los observados por Huber y Oyarzún (1992) con valores de 1,5% y 1,2% para dos años de estudio.

Cuadro 8. Valores para los componentes de la redistribución de precipitaciones

Mes	Pi (mm)	Pd (mm)	Ef (mm)	Pn (mm)	Ic (mm)
Mayo-junio	482,7	375,8	2,76	378,6	104,1
Junio-julio	592,2	430,5	3,68	434,2	158,0
Julio-agosto	503,4	382,5	2,93	385,4	118,0
Agosto-septiembre	161,3	127,5	0,65	128,2	33,1
*Octubre-noviembre	121,8	55,74	0,11	55,86	65,9

\* Valor comparativo

A partir de la figura 17, es posible apreciar visualmente que los valores encontrados para los componentes de la redistribución en octubre-noviembre difieren en gran medida de los señalados para los períodos anteriores. La intercepción en el período es de un 54%.

Es posible que exista un doble motivo que explique esta situación. Por un lado, la recuperación del follaje de la especie principal del bosque *N. obliqua*, produciría una mayor intercepción para el paso del agua y por otro, el cambio estacional que existe entre los períodos de estudio, incluye una disminución de los montos de las precipitaciones, probablemente de las intensidades y un aumento de la temperatura media, que seguramente se encuentra asociado a mayores tasas de pérdidas por intercepción.

La participación del escurrimiento fustal para los meses de octubre-noviembre decae fuertemente con una participación del 0,09%. Las causas se atribuyen principalmente a las mayores tasas de intercepción.

En general la participación del escurrimiento fustal en el estudio se aleja en gran medida de la obtenida por otros autores señalados con anterioridad. Estos aportes dependen de una gran variedad de variables del bosque, como la verticalidad y convergencia de las ramas al tronco principal (Huber y Oyarzún, 1999), de las características de la corteza (Bonan, 2002), el tamaño del árbol, ya sea en diámetro, en altura total, área de copa u otras características (Crockford y Richardson, 2000). Probablemente gran parte del agua que corría por los troncos se transformó en precipitación directa, no alcanzando a llegar a los collarines.

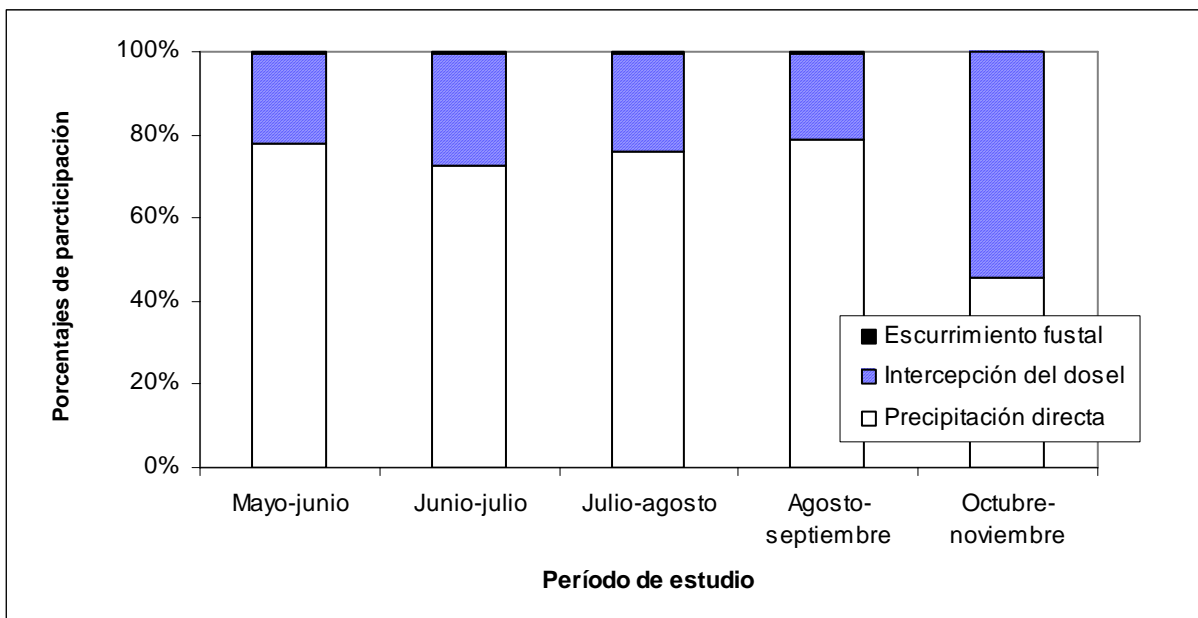


Figura 17. Porcentajes de participación para componentes de la redistribución

## 4.5 Relación precipitación- caudal

La variación temporal de la escorrentía (Q) es presentada en forma diaria (Figura 18). Se incluyen los valores de Pp neta (total de aportes hídricos que llegan al interior del bosque), los que permiten entender los resultados de la escorrentía en el tiempo.

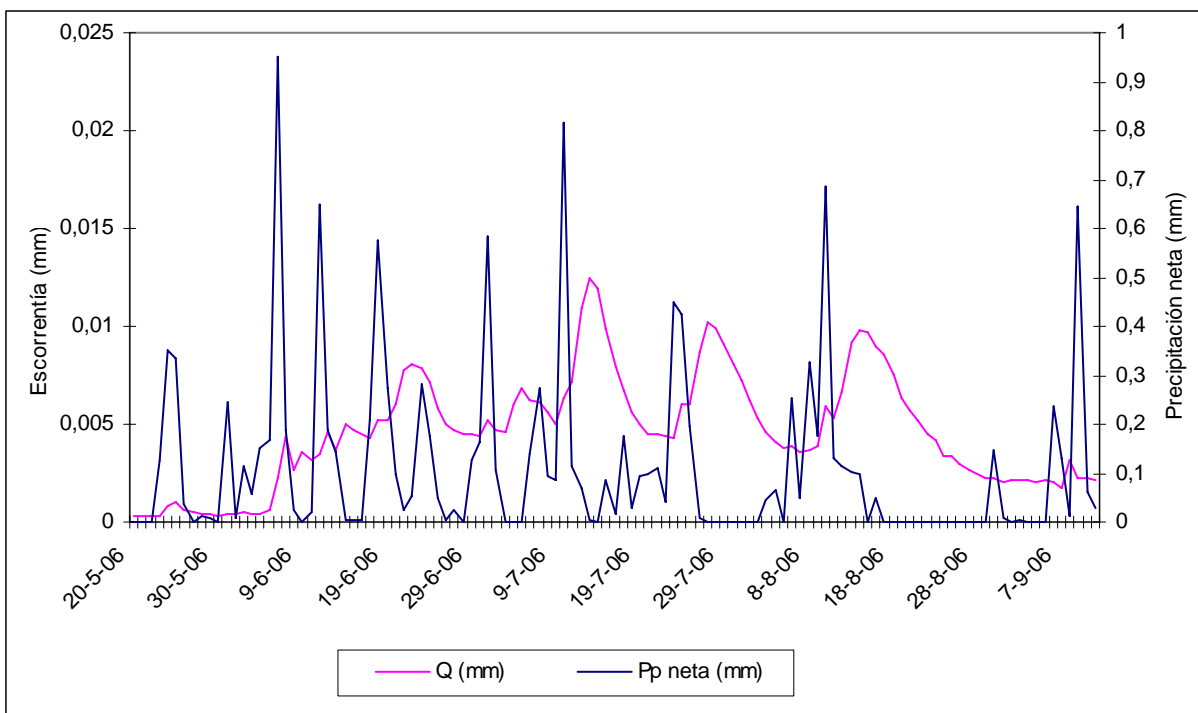


Figura 18. Hidrograma de Pp neta y Q diarias para el período de estudio

Existe una tendencia clara de la curva de escorrentía media diaria a seguir el esquema de precipitaciones. No obstante, se observa una respuesta desfasada de la cuenca en relación a los aportes por precipitación. Esta situación se refleja principalmente a inicios del estudio y se debe probablemente a una mayor capacidad de retención de agua en el suelo. Al respecto, los aportes de precipitación incidente que anteceden al período de estudio bordean los 200 mm, menos de la mitad de la registrada en mayo-junio.

Cuadro 9. Participación de escorrentía en el período de estudio

Mes	Pi (mm)	Pn (mm)	Escorrentía (mm)	Retención de agua (mm)	% Escorrentía
20 mayo - 16 junio	482,7	378,6	45,42	333,2	11,9
16 junio - 12 julio	592,2	434,2	159,79	274,4	36,8
13 julio- 18 agosto	503,4	385,4	245,19	140,2	63,6
18 agosto - 12 septiembre	161,3	128,2	79,21	48,9	61,7
12 octubre - 3 noviembre	121,8	55,8	37,79	18,0	67,7

La escorrentía generada en el período es de 529,6 mm, es decir, aproximadamente un 40% del total de precipitación neta.

A inicios del período de estudio la escorrentía se presenta de manera extremadamente baja (45,42 mm) considerando el total de precipitación neta en el mes (378,6 mm), con un 11,9% del total de ésta. La cantidad total de agua almacenada para mayo-junio es de 333,2 mm, situación que indica que el suelo posee aún una alta capacidad de retención de agua. Es importante señalar que sólo un metro de suelo posee una capacidad de recepción de agua de 270,9 mm y este posee una profundidad mayor a un metro.

Para los siguientes períodos de estudio, la escorrentía aumentó como producto de los mayores aportes de agua por precipitación 434,2 mm en junio-julio y 385,4 mm para julio agosto y además debido a la disminución de la capacidad de retención de agua del suelo, 274,4 y 140,2 correspondientemente. Esta situación indicaría que el suelo comienza a saturarse, a pesar de que mantiene la capacidad de acopio de agua.

Para el caso de agosto-septiembre se observa una fuerte reducción de la escorrentía, debido a los menores aportes de precipitación directa. Existe una baja capacidad de retención de agua que probablemente se debe a que el suelo aún almacena agua de los meses anteriores.

El período octubre-noviembre posee aún un alto porcentaje de escorrentía, con un 67,7% y es el momento en que el suelo alcanza una menor capacidad porcentual de retención de agua. Es decir, el suelo aún está con su capacidad de campo completa y sigue entregando una proporción del agua almacenada, situación contraria a lo observado en mayo-junio.



#### 4.6 Pérdidas de suelo

Las cargas de sedimento en suspensión se asocian fuertemente a los niveles de escorrentía generados en cada período. Las mayores pérdidas de suelo se presentan los períodos junio-julio y julio-agosto, explicando el 93,5% de la producción de sedimentos en el período de estudio, con 85,4 kg/ha. Esta situación se debe a los altos niveles de escorrentía que corresponden a 405 mm, es decir, un 76,4% del total.

Cuadro 10. Carga de sedimentos en suspensión en la cuenca

Mes	Q (m <sup>3</sup> /seg) medio	Escorrentía total (mm)	CSS	
			g/l	Kg/ha
20 mayo- 16 junio	0,00168	45,42	0,0032	1,45
16 junio- 12 julio	0,00591	159,79	0,0200	31,95
13 julio - 18 agosto	0,00681	245,19	0,0218	53,45
18 agosto- 12 septiembre	0,0127	79,21	0,0056	4,43
Total		529,61		91,28

De acuerdo a lo señalado por Wischmeier y Smith (1978), las pérdidas de suelo obtenidas para el período de estudio son insignificantes comparados con el rango de pérdidas tolerables para un suelo renovable, que van desde las 5 a 10 t/ha/año. La carga de sedimento en suspensión total en el período de estudio corresponde a 91,3 kg/ha producidos por 529,6 mm de escorrentía.

Es de gran dificultad establecer una comparación de estos valores con otros estudios en la materia, debido a la gran cantidad de variables que influyen en las pérdidas de suelo. Como fue señalado en el marco contextual, existen diferencias en el modo de transporte de sedimentos en cuencas entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, por lo que para obtener una referencia de este valor sólo serán considerados trabajos realizados en la Costa.

Los valores de mayor aproximación a los resultados del estudio corresponden a los encontrados por Ibarra *et al.* (1996) en la Cordillera de Nahuelbuta. El método utilizado por los autores corresponde a parcelas de escurrimiento, obteniendo valores de 56,2 kg/ha en un renoval de roble para un período de 11 meses y generados por 424 m<sup>3</sup>/ha de escorrentía y pérdidas de suelo en plantaciones de pino de 95,6 Kg/ha y 165 kg/ha para 5 meses de estudio.

A pesar de que la mayor cantidad de estudios con los que se trató de establecer comparaciones entre cargas de sedimentos poseen valores anuales, es necesario considerar que el período de estudio concentra los meses de mayores precipitaciones y por lo tanto el valor anual no debería diferir en gran medida del obtenido.

Los valores de carga de sedimentos para este estudio difieren ampliamente de los encontrados por Olivares (2003), con valores de 1,57 y 5,54 t/ha/año en la cuenca la Reina con cobertura de *Pinus radiata* y reforestación de *Eucalyptus nitens* en el 80%

de la superficie, de los obtenidos por Menke (1999) con rangos de 5,7 a 11,2 t/ha/año para una cuenca cubierta por *Pinus radiata* en la X Región y de los obtenidos por Infante (1985) en la provincia de Valdivia, con resultados para cargas de sedimento de 1,56 t/ha/año en terrenos con un 30% de pendiente.

## 5. CONCLUSIONES

- El bosque en estudio conformado principalmente por *N.obliqua*, es decir en un 78% por una especie caducifolia en los estratos medio y superior, ve disminuida su capacidad de interceptar agua en el período invernal, con resultados cercanos al 23,7% de interceptación, en comparación con un período de primavera con resultados cercanos al 50%. Sin embargo, no sólo se puede atribuir a este factor, ya que las condiciones climáticas también experimentaron un fuerte cambio.
- El escurrimiento fustal se presenta extremadamente bajo, con 0,57% de la precipitación incidente. La razón que podría explicar este valor es una eventual disminución de la capacidad de conducción de agua al fuste, originado por una reducción de la superficie de contacto de la cubierta con la precipitación. Esta situación se presentaría amplificada en los meses de primavera.
- Es de gran dificultad establecer una metodología de separación de eventos de precipitación para un período corto de observación, que por un lado permita mantener datos con un alto número de muestras y que por otro, permita agrupar de mejor manera los efectos de la precipitación incidente en los aportes de precipitación directa y escurrimiento fustal. Esto debido principalmente a que se desconocen los aportes por precipitación oculta.
- La interceptación del dosel para el caso de eventos separados por 30 minutos mostró en ocasiones valores negativos. Es decir, existen mayores aportes de precipitación que ingresa efectivamente al bosque que la que incide en la cuenca. A pesar de que al utilizar separaciones de 3 horas no se aprecia esta situación, no es posible atribuir la causa a la metodología o la ocurrencia de precipitación oculta.
- Los resultados de la regresión entre la precipitación incidente y el % de interceptación con valores de eventos separados por 3 horas alcanzó el mayor valor de  $R^2$ , con 0,68, indicando que probablemente con este método los eventos de lluvia lograron una mejor definición.
- Existe una tendencia en la cual los mayores porcentajes de interceptación se obtienen con los menores valores de precipitación incidente y viceversa. Sin embargo, esta condición no siempre se presenta. Existen además una serie de factores asociados a este proceso como la humedad ambiental, la capacidad de acopio de agua en el dosel, el viento y la duración del evento.
- Existe a comienzos del período de estudio (mayo-junio) una respuesta retardada de la escorrentía a las precipitaciones, situación probablemente originada por una mayor capacidad del suelo de retener agua como consecuencia de la mayor disponibilidad de volumen de poros para ser utilizados por estos nuevos aportes de agua.
- La escorrentía definida por la capacidad de retención de agua en el suelo y por los aportes de precipitación neta, comienza a experimentar una fuerte caída a partir de

junio. Los aportes de precipitación determinan la escorrentía una vez copada la capacidad de campo del suelo. En este sentido, las bajas precipitaciones registradas en el período octubre-noviembre de todas maneras se asocian a un alto porcentaje de escorrentía.

- La escorrentía generada en el período considerado invernal (mayo-septiembre) es de 529,6 mm, es decir, aproximadamente un 40% del total de precipitación neta. La menor participación de la escorrentía en relación a la precipitación neta se observa en los períodos mayo a julio, reafirmando que el suelo posee una mayor capacidad de retener agua.
- La carga de sedimentos en suspensión total para el período de estudio es de 91,3 kg/ha, producidos por 529,6 mm de escorrentía. Considerando que las mayores tasas de pérdidas de suelos se concentran en el período invernal, debido a la mayor producción de escorrentía, el valor obtenido se aleja positivamente de las tasas tolerables de pérdidas de suelo para suelos renovables.
- A pesar de que la cobertura de copas juega un rol fundamental en la interceptación del dosel y consecuentemente en las pérdidas de suelo, el sotobosque con una cobertura media de 66% reduce el potencial erosivo de la lluvia, esto unido al mantillo y a la alta capacidad de retención de agua que posee el suelo, permite que en la cuenca posea bajas tasas de erosión.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Beschta, R. 1996. Suspended Sediment and bedload. Chapter 7. *In*. Hauer, R.: G. Lamberti (eds). *Methods in Stream Ecology*. California, Academic Press. Pp 123-143
- Bonan, G. 2002. *Ecological Climatology: concepts and applications*. Cambridge, United Kingdom. University Press. 678 p
- Crockford, R.; D. Richardson. 1990. Partitioning of rainfall in a Eucalypt forest and Pine plantation in southeastern Australia: Throughfall measurement in a Eucalypt forest: effect of method and species composition. *Hidrological processes*. Vol 4: 131-144
- Donoso, C. 1994. *Ecología Forestal. El Bosque y su Medioambiente*. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. 485 p.
- FAO. 1993. *La influencia de los montes*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 353 p.
- Gayoso J.; Alarcón D. 1999. *Guía de Conservación de Suelos Forestales*. Proyecto Certificación del Manejo Forestal en las Regiones Octava, Décima y Duodécima. Universidad Austral de Chile. 91p.
- Gayoso, J.; B. Schlegel; M. Acuña. 2000. *Guía de conservación de agua*. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 50 p.
- Gayoso, J.; A. Iroume. 1995. Impacto de las plantaciones sobre el ambiente físico. *Bosque* 16 (2): 3-12
- Gutierrez, R. 1984. *Estudio comparativo de la redistribución de las precipitaciones entre rodales de los Tipos Forestales Siempreverde y Alerce*. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 77 p.
- Huber, A. ; A. Ellies. 1985. Balance hídrico en plantaciones de *Pinus radiata* y una pradera. *Bosque* 6 (2): 74-82
- Huber, A. ; C. Oyarzún. 1983. Precipitación neta e intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don). *Bosque*: 5 (1): 13-20
- Huber, A.; C. Oyarzún. 1992. Redistribución de las precipitaciones en un bosque Siempreverde del sur de Chile. *Turrialba* 42 (2): 192-199
- Huber A.; C. Oyarzún. 1999. Balance hídrico en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* en el sur de Chile. *Turrialba*: 40 (4): 503 - 508

- Ibarra, M; G. Mancilla. Relación entre variables pluviográficas y erosión bajo tres cubiertas arbóreas. INTERNET: <http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1995vol10/n1-2a14.pdf> (Agosto, 2006)
- Ibarra, M; G. Mancilla; M. Peralta. 1996. Evaluación de la erosión hídrica bajo tres tipos de cubierta arbórea en la Cordillera de Nahuelbuta. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 14p.
- INIA, 2001. Diagnóstico sobre el estado del recurso suelo en el país. Boletín 15. 196p.
- Iroume, A.; A. Huber. 2000. Intercepción de las lluvias por la cubierta de bosques y efecto en los caudales de crecida en una cuenca experimental en Malalcahuello, IX Región, Chile. Bosque 21(1): 45-56.
- Iroume, 2003. Transporte de sedimentos en una cuenca de montaña en la Cordillera de los Andes de la Novena Región de Chile. Bosque 24 (1): 125-135.
- Lara, A.; M. Cortés; C. Echeverría. 2000. Bosques. En: Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile. Ed: Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile-1999. Chile. 173 p.
- Lee, R. 1980. Forest Hydrology. New York (Estados Unidos). Columbia University Press. 349 p.
- Leonard, E. 1965. Mathematical theory of Interception International Symposium on forest Hydrology. Pensylvania. Pp 130-136
- Lopez, F.; M. Blanco. 1976. Hidrología Forestal. E.T.S. de Ing. De Montes. Madrid, España. 387 p.
- López, F. 1977. Influencia de la vegetación sobre los elementos fundamentales del ciclo hidrológico. INTERNET: [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1977/1977\\_abril\\_3144\\_08.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1977/1977_abril_3144_08.pdf) (Agosto, 2006)
- Mayen, J. 2003. Respuesta del cambio de cobertura vegetal en los caudales estacionales, caudales máximos y en el transporte de sedimentos en cuencas experimentales de la X Región. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia, 160 p.
- Martínez de Azagra, A.; J. Navarro. 1996. Hidrología Forestal. El Ciclo Hidrológico. Serie: Manuales y Textos Universitarios, Ciencias 18, Universidad de Valladolid, 286. p.

- Menke, C. 1999. Transporte de sedimentos en una cuenca de la Décima Región. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia, 68 p.
- Menzel, T. 1993. Redistribución de la precipitaciones en un bosque Siempreverde en la Provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 76 p.
- Mideplan, 1998. Cuencas hidrográficas en Chile. Diagnósticos y Proyectos. Santiago. Andros. 207 p.
- Morgan, R. 1997. Erosión y conservación del suelo. 2ª ed. Madrid. 343 p.
- Olivares, G. 2003. Caracterización de los procesos de transporte de sedimentos entre una cuenca andina (IX Región) y una cuenca de la Cordillera de la Costa (X Región). Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 43 p.
- Otero, L.; A. Contreras; L. Barrales. 1994. Efectos ambientales del reemplazo de bosque nativo por plantaciones: Estudio en cuatro microcuencas en la Provincia de Valdivia. Ciencia e Investigación Forestal. 8 (2): 253-276
- Oyarzún, C.; A. Huber; S. Vásquez. 1985. Balance hídrico en tres plantaciones de *Pinus radiata*. Redistribución de las precipitaciones, Chile. Bosque 6 (1): 3-14
- Silva, A. 1998. Redistribución de las Precipitaciones en una plantación de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) Maiden con densidad variable en Collipulli, IX Región, Chile. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 92 p.
- Vélez, M.; J. Vélez. 2003. Hidrología. INTERNET: <http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/Hidrología.html> (Agosto, 2005)
- Wischmeier W.; D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. Guide to Conservation Planning. Department of Agriculture. United States of America. 537 p.

## **ANEXOS**



## Anexo 1. Parámetros físicos utilizados en la descripción de la cuenca

### ▪ Superficie

El área de la cuenca es probablemente el parámetro más importante, siendo determinante en la escala de diversos fenómenos hidrológicos, tales como el volumen de agua que ingresa por precipitación y la magnitud de los caudales, entre otros (Vélez y Vélez, 2002).

### ▪ Perímetro

Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende exclusivamente de la forma y de la superficie de ésta (Vélez y Vélez, 2002).

### ▪ Longitud del cauce principal

Corresponde a la distancia entre la desembocadura y el nacimiento del río (Martínez y Navarro, 1996).

### ▪ Índice de compacidad o de Gravelius

La forma de la cuenca posee influencia en el tiempo de respuesta de ésta, y su conocimiento permite determinar el posible efecto en el escurrimiento del agua (Martínez y Navarro, 1996). A pesar de que en la actualidad se conoce que este factor no es de gran importancia aún sigue siendo utilizado (Vélez y Vélez, 2002). Este índice es obtenido a partir de la relación entre el perímetro y el área de la cuenca.

Según la clasificación señalada por López y Blanco (1976), existen tres tipos de forma para las cuencas: redondas con valores de  $I_c$  mayores a 1 y menores a 1,25; ovaladas cuando el valor de  $I_c$  se encuentra en un rango de 1,25 a 1,5 y oblongas, mayores a 1,5 y menor a 1,75.

### ▪ Índice de pendiente

Indica la pendiente media de la cuenca y se obtiene mediante la relación (2). Su importancia radica en la influencia sobre la velocidad del flujo del agua y por lo tanto en el tiempo de respuesta de la cuenca (Vélez y Vélez, 2002).

$$I_p = (D * L)/S \quad (2)$$

donde:

D: equidistancia entre curvas de nivel

L: longitud total de las curvas de nivel en la cuenca

▪ Altitud media de la cuenca

Es un factor determinante en el régimen de temperatura y precipitaciones. Corresponde a la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo sobre la cuenca (Martínez y Navarro, 1996). Se determina a partir de la relación (3).

$$H_m = \sum(S_i/S) * ((n_i + n_{i-1})/2) \quad (3)$$

donde:

n: altura curva de nivel

S<sub>i</sub>: superficie entre curvas de nivel n<sub>i</sub> y n<sub>i-1</sub> (km)

S: superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

- Densidad de drenaje

Es definida como un indicador de la respuesta de la cuenca. Es un reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie. La relación (4) corresponde a un cociente entre la longitud total de los canales del flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca (Vélez y Vélez, 2002).

$$D_d = L_{tc} / S \quad (4)$$

donde:

L<sub>tc</sub>: longitud total de cauces (km)

S: superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

- Curva hipsométrica

Proporciona información sintetizada sobre la altitud de la cuenca, representando gráficamente la distribución de la cuenca por tramos de altura. La importancia de esta relación es que indica el estado de equilibrio dinámico en la cuenca (Vélez y Vélez, 2002). Las formas de estas curvas entregan una idea que permite cuantificar el relieve, es decir, la madurez de la cuenca en función de basamento geológico (López y Blanco, 1976; Martínez y Navarro, 1996).

## Anexo 2. Separación de eventos de lluvia

### Eventos con separación de 30 minutos

fecha	hora inicio	hora término	Pi (mm)	Pd (mm)	Ef (mm)
23-05-2006	0:28	9:07	15,9	9,76	0,0000
23-05-2006	10:28	11:07	1,8	0,76	0,0046
23-05-2006	14:46	15:10	1,5	0,74	0,0000
23-05-2006	15:43	15:52	0,6	0,25	0,0023
23-05-2006	20:28	20:49	0,9	0,49	0,0000
23-05-2006	21:28	21:31	0,6	0,12	0,0000
24-05-2006	1:16	2:10	2,1	0,99	0,0023
24-05-2006	2:37	3:34	1,5	0,62	0,0000
24-05-2006	4:52	5:25	1,8	1,11	0,0023
24-05-2006	6:13	9:37	16,2	12,48	0,0644
24-05-2006	10:40	12:13	9,0	6,55	0,0414
24-05-2006	13:19	13:58	0,9	0,99	0,0013
24-05-2006	16:07	17:04	2,7	0,87	0,0069
24-05-2006	19:58	21:16	5,7	4,20	0,0184
24-05-2006	22:04	2:31	17,1	13,23	0,1012
25-05-2006	10:07	10:28	0,6	0,49	0,0069
25-05-2006	11:22	12:10	4,5	3,34	0,0230
25-05-2006	14:04	16:34	7,5	5,19	0,0391
25-05-2006	19:37	20:19	0,9	0,37	0,0046
25-05-2006	20:52	21:19	1,2	0,99	0,0023
25-05-2006	23:40	23:46	0,9	0,49	0,0023
26-05-2006	0:58	1:19	2,4	1,11	0,0069
26-05-2006	3:19	3:34	0,9	0,62	0,0023
26-05-2006	5:49	5:58	0,9	0,62	0,0046
28-05-2006	15:31	15:49	0,6	0,25	0,0000
28-05-2006	17:25	17:43	0,9	0,49	0,0000
28-05-2006	22:55	23:22	0,6	0,12	0,0000
31-05-2006	11:25	11:43	0,6	0,12	0,0000
31-05-2006	13:25	13:46	0,6	0,12	0,0000
31-05-2006	14:37	22:13	31,5	24,02	0,0759
01-06-2006	1:13	1:37	0,6	0,25	0,0046
02-06-2006	4:40	6:22	13,2	10,38	0,0184
02-06-2006	11:10	11:16	1,2	0,49	0,0000
03-06-2006	15:28	19:52	7,5	5,07	0,0092
03-06-2006	20:25	20:49	0,6	0,37	0,0046
04-06-2006	16:19	21:28	12,0	10,01	0,0299
04-06-2006	22:16	0:28	6,6	4,51	0,0322
05-06-2006	1:01	3:22	4,8	4,60	0,0391
05-06-2006	5:16	6:28	1,5	0,87	0,0092
05-06-2006	7:13	7:43	0,6	0,25	0,0000
05-06-2006	8:16	9:07	2,1	1,36	0,0092
05-06-2006	9:46	11:55	4,8	3,71	0,0276
05-06-2006	13:58	14:31	1,2	0,74	0,0069
05-06-2006	15:43	16,01	1,2	1,11	0,0046

05-06-2006	16:40	16,49	0,6	0,49	0,0046
05-06-2006	17:46	18:01	0,6	0,49	0,0046
05-06-2006	23:10	23:31	1,2	0,62	0,0023
06-06-2006	4:10	5:52	9,9	7,70	0,0437
06-06-2006	7:13	8:10	2,4	1,85	0,0115
06-06-2006	12:49	3:16	106,5	94,93	0,7866
07-06-2006	4:55	5:07	0,9	0,12	0,0046
07-06-2006	6:52	7:34	2,7	1,98	0,0092
07-06-2006	15:37	17:01	2,7	1,61	0,0046
07-06-2006	18:19	18:25	0,6	0,25	0,0000
07-06-2006	21:22	21:40	1,5	1,11	0,0023
07-06-2006	22:25	22:49	1,5	0,99	0,0023
08-06-2006	1:13	1:46	1,5	1,11	0,0069
10-06-2006	21:07	21:22	0,6	0,25	0,0000
10-06-2006	22:28	23:13	2,7	1,36	0,0023
11-06-2006	6:37	13:34	23,7	17,14	0,1104
11-06-2006	14:07	2:49	66,3	56,05	0,5911
12-06-2006	5:22	7:16	4,5	3,58	0,0299
12-06-2006	19:43	20:19	6,0	4,08	0,0069
13-06-2006	0:16	0:22	0,6	0,25	0,0000
13-06-2006	1:25	1:58	2,4	0,99	0,0046
13-06-2006	6:13	7:28	7,8	5,69	0,0391
13-06-2006	10:58	11:34	4,5	3,34	0,0161
13-06-2006	13:07	13:40	1,2	0,87	0,0069
13-06-2006	15:46	16:04	0,6	0,25	0,0046
13-06-2006	16:52	17:01	0,9	0,49	0,0046
16-06-2006	15:24	15:33	0,6	0,00	0,0000
17-06-2006	1:12	5:48	26,4	14,89	0,1219
17-06-2006	9:06	9:08	0,6	0,49	0,0023
17-06-2006	10:21	11:06	4,5	3,71	0,0207
17-06-2006	21:48	22:18	1,5	0,62	0,0023
17-06-2006	23:21	0:15	1,8	0,99	0,0023
18-06-2006	1:03	1:45	1,8	1,36	0,0023
18-06-2006	2:30	2:36	0,9	0,62	0,0046
18-06-2006	4:03	16:48	59,7	52,27	0,5428
18-06-2006	20:45	21:06	1,8	1,11	0,0069
19-06-2006	1:21	1:54	0,3	2,89	0,0069
19-06-2006	4:15	4:18	0,6	0,49	0,0023
19-06-2006	5:03	5:30	2,1	1,61	0,0138
19-06-2006	6:30	6:45	4,5	2,97	0,0322
19-06-2006	8:06	8:27	0,6	0,37	0,0092
19-06-2006	9:27	9:42	1,5	1,36	0,0092
19-06-2006	10:21	11:36	4,8	4,57	0,0368
19-06-2006	13:57	14:09	1,2	0,49	0,0092
19-06-2006	15:27	16:27	1,5	0,99	0,0046
19-06-2006	17:18	17:42	1,2	0,49	0,0092
19-06-2006	18:39	18:54	2,1	1,61	0,0115
19-06-2006	19:57	20:12	2,7	2,60	0,0253
19-06-2006	21:09	22:21	5,7	4,36	0,0460

20-06-06	0:45	1:33	5,4	4,82	0,0368
20-06-06	3:12	3:15	0,6	0,49	0,0046
20-06-06	3:57	4:33	1,5	1,85	0,0207
20-06-06	7:00	7:09	0,9	0,49	0,0046
21-06-06	3:36	3:45	0,6	0,25	0,0000
21-06-06	6:09	6:51	2,7	1,73	0,0000
21-06-06	23:15	23:30	0,6	0,25	0,0000
22-06-06	0:21	1:21	1,8	1,24	0,0000
22-06-06	6:09	8:36	4,2	2,97	0,0092
23-06-06	1:24	2:09	1,2	0,62	0,0000
23-06-06	4:42	6:36	2,1	1,36	0,0023
23-06-06	12:12	13:00	1,8	1,11	0,0023
23-06-06	15:27	22:30	24,09	23,94	0,2231
23-06-06	23:24	23:30	0,6	0,37	0,0069
24-06-06	1:12	1:18	0,6	0,37	0,0023
24-06-06	1:57	2:24	0,6	0,25	0,0046
24-06-06	3:15	8:39	13,8	15,09	0,1104
24-06-06	11:54	13:03	1,5	0,74	0,0069
25-06-06	5:21	5:39	1,2	1,09	0,0000
25-06-06	17:21	17:39	0,6	0,49	0,0000
25-06-06	19:21	20:27	1,8	0,00	0,0023
27-06-06	17:12	19:06	3,0	2,34	0,0000
29-06-06	10:36	18:33	15,6	12,43	0,0414
30-06-06	16:51	16:57	0,6	0,25	0,0000
30-06-06	17:33	3:09	33	27,46	0,1840
01-07-06	3:45	16:45	47,7	38,67	0,4324
01-07-06	22:36	2:24	16,2	13,67	0,1219
02-07-06	9:51	10:12	2,1	1,11	0,0023
02-07-06	12:15	12:33	0,9	0,74	0,0046
06-07-06	0:54	1:12	0,6	0,12	0,0000
06-07-06	12:27	14:36	6,0	4,84	0,0026
06-07-06	15:15	18:12	6,9	4,57	0,0046
06-07-06	18:57	19:06	0,6	0,00	0,0023
06-07-06	20:39	21:21	4,8	3,09	0,0115
07-07-06	4:36	8:21	18,3	13,97	0,0667
07-07-06	13:03	15:54	7,2	5,44	0,0138
07-07-06	17:00	17:15	1,5	1,05	0,0046
07-07-06	18:30	19:30	3,0	2,35	0,0138
07-07-06	21:42	22:24	1,5	1,11	0,0046
07-07-06	23:27	0:18	5,7	4,33	0,0207
08-07-2006	0:51	1:09	1,5	1,11	0,0138
08-07-2006	3:03	3:30	1,2	0,87	0,0069
08-07-2006	7:51	8:06	1,5	0,62	0,0023
08-07-2006	14:27	14:42	2,1	1,48	0,0023
08-07-2006	19:12	19:42	0,9	0,62	0,0023
08-07-2006	22:09	22:27	0,6	0,49	0,0000
09-07-2006	6:48	7:36	1,2	0,74	0,0023
09-07-2006	8:24	12:15	7,8	5,31	0,0253
09-07-2006	12:48	13:06	0,4	0,55	0,0026

09-07-2006	17:57	18:45	0,6	0,33	0,0013
10-07-2006	0:48	1:48	1,5	0,87	0,0046
10-07-2006	3:30	21:18	82,8	72,75	0,6141
10-07-2006	22:12	23:36	7,8	6,82	0,7663
11-07-2006	8:06	10:09	5,4	3,71	0,0092
11-07-2006	10:42	11:48	3,9	3,58	0,6141
11-07-2006	13:00	14:48	2,4	2,35	0,0230
12-07-2006	6:57	7:06	0,6	0,37	0,0000
12-07-2006	7:39	7:45	0,6	0,37	0,0000
12-07-2006	11:45	12:30	3,3	2,20	0,2472
12-07-2006	15:00	15:12	1,5	0,74	0,0092
12-07-2006	17:12	17:45	1,5	1,24	0,0069
13-07-2006	14:52	15:01	0,6	0,00	0,0000
15-07-2006	11:10	12:46	4,8	3,00	0,0000
15-07-2006	13:22	13:31	0,9	0,60	0,0092
15-07-2006	14:04	15:10	1,5	0,30	0,0046
15-07-2006	16:37	17:01	1,2	0,90	0,0013
15-07-2006	17:34	19:22	4,8	3,90	0,0614
16-07-2006	0:04	0:49	2,4	1,50	0,0069
17-07-2006	0:31	1:31	1,5	0,60	0,0000
17-07-2006	3:31	3:46	0,6	0,30	0,0000
17-07-2006	8:46	14:28	18,9	16,80	0,0667
17-07-2006	19:31	19:34	0,6	0,00	0,0000
18-07-2006	5:22	5:43	3,9	2,70	0,0230
19-07-2006	6:52	6:58	0,6	0,00	0,0000
19-07-2006	16:19	17:19	3	2,10	0,0230
19-07-2006	18:04	18:40	0,9	0,30	0,0000
19-07-2006	19:31	20:04	1,2	0,90	0,0023
19-07-2006	21:25	23:58	7,2	6,00	0,0644
20-07-2006	0:37	1:43	3,3	3,30	0,0299
20-07-2006	11:13	12:13	1,2	0,30	0,0000
20-07-2006	15:34	16:55	3,3	1,80	0,0230
20-07-2006	17:37	19:22	5,1	4,20	0,0325
21-07-2006	3:43	3:55	1,5	0,60	0,0000
21-07-2006	7:58	8:10	0,6	0,30	0,0000
21-07-2006	13:49	13:55	1,2	0,30	0,0000
21-07-2006	15:13	15:16	2,4	0,60	0,0013
21-07-2006	16:04	16:07	1,2	0,30	0,0013
21-07-2006	17:04	20:52	11,7	9,00	0,0644
22-07-2006	0:43	0:52	1,2	0,30	0,0000
22-07-2006	3:10	3:16	0,6	0,00	0,0000
22-07-2006	6:22	7:04	1,2	0,60	0,0013
22-07-2006	8:07	8:19	1,2	0,90	0,0013
22-07-2006	9:37	10:43	2,7	2,10	0,0230
23-07-2006	8:49	10:37	2,4	0,90	0,0013
23-07-2006	11:19	9:22	81,3	78,60	0,5911
24-07-2006	10:46	11:04	0,6	0,00	0,0000
24-07-2006	13:25	13:28	0,6	0,30	0,0000
24-07-2006	15:07	15:31	1,5	1,20	0,0230

24-07-2006	16:19	20:34	7,5	5,70	0,0644
24-07-2006	21:19	21:37	0,6	0,30	0,0000
24-07-2006	22:43	23:04	0,6	0,30	0,0000
24-07-2006	23:40	1:58	4,5	5,10	0,0243
25-07-2006	2:40	5:01	9,3	9,40	0,0644
25-07-2006	5:34	6:22	2,4	2,20	0,0230
25-07-2006	7:01	7:34	1,8	1,80	0,0069
25-07-2006	8:13	8:19	0,6	0,30	0,0013
26-07-2006	0:28	0:49	0,6	0,00	0,0013
26-07-2006	2:13	2:46	1,5	0,90	0,0069
02-08-2006	8:25	8:52	1,5	0,00	0,0013
03-08-2006	18:52	21:22	6,9	4,50	0,0230
04-08-2006	0:52	2:43	5,7	2,80	0,0644
04-08-2006	4:01	4:10	0,9	0,30	0,0000
04-08-2006	7:19	7:40	0,9	0,30	0,0000
04-08-2006	8:43	9:22	3,0	2,40	0,0092
04-08-2006	10:04	10:10	1,2	0,90	0,0069
04-08-2006	10:55	11:16	2,4	1,80	0,0069
04-08-2006	11:55	11:58	0,6	0,30	0,0000
06-08-2006	1:49	3:37	3,0	1,80	0,0069
06-08-2006	5:13	12:25	21,3	20,40	0,2231
06-08-2006	15:40	15:49	2,4	0,60	0,0046
06-08-2006	17:16	17:19	0,9	0,30	0,0000
06-08-2006	21:37	22:19	1,2	0,60	0,0046
06-08-2006	23:13	23:31	2,1	1,80	0,0013
07-08-2006	1:52	2:52	4,5	3,30	0,0230
07-08-2006	3:25	4:10	3,0	1,50	0,0013
07-08-2006	10:01	10:07	0,6	0,30	0,0013
07-08-2006	15:43	16:01	0,6	0,00	0,0000
07-08-2006	17:28	17:58	0,6	0,00	0,0000
08-08-2006	7:58	9:31	3,9	3,00	0,0230
08-08-2006	11:25	14:04	10,8	8,40	0,1012
08-08-2006	15:10	15:55	4,8	3,90	0,0322
08-08-2006	16:34	19:46	14,7	13,50	0,0644
08-08-2006	20:37	20:58	0,9	0,30	0,0013
08-08-2006	21:55	22:19	2,1	1,20	0,0046
08-08-2006	22:58	0:55	6,3	6,90	0,0644
09-08-2006	3:52	4:22	1,5	0,60	0,0013
09-08-2006	5:01	5:34	1,5	1,20	0,0000
09-08-2006	6:19	7:28	2,1	0,90	0,0013
09-08-2006	8:55	9:31	1,2	0,30	0,0013
09-08-2006	10:28	10:55	3,9	2,10	0,0092
09-08-2006	11:28	11:34	1,2	0,60	0,0000
09-08-2006	12:10	12:22	0,9	0,30	0,0013
09-08-2006	16:10	16:19	1,2	0,30	0,0000
09-08-2006	17:22	17:28	0,9	0,30	0,0000
09-08-2006	18:10	18:22	1,5	0,60	0,0000
09-08-2006	19:10	19:34	1,5	0,90	0,0069
09-08-2006	20:52	21:13	1,5	1,20	0,0000

09-08-2006	22:22	22:49	2,4	2,10	0,0230
09-08-2006	23:34	13:28	63,3	57,10	0,4324
10-08-2006	14:04	14:22	2,7	2,10	0,0092
10-08-2006	15:40	16:25	1,5	0,30	0,0000
10-08-2006	19:58	20:04	1,5	0,30	0,0000
10-08-2006	21:55	22:13	4,8	3,90	0,0230
11-08-2006	0:01	0:49	3,0	1,80	0,0069
11-08-2006	9:25	9:40	1,2	0,90	0,0069
11-08-2006	13:25	14:22	3,6	3,00	0,0092
11-08-2006	15:01	16:40	3,3	2,40	0,0115
11-08-2006	18:37	19:10	3,6	3,30	0,0023
12-08-2006	0:28	0:37	1,5	0,60	0,0000
12-08-2006	2:34	3:01	0,9	0,30	0,0013
12-08-2006	6:31	7:43	3,0	2,10	0,0322
12-08-2006	12:10	21:10	12,6	8,10	0,0299
12-08-2006	21:52	22:37	0,9	0,30	0,0013
12-08-2006	23:22	5:19	8,1	5,70	0,0644
13-08-2006	8:58	9:25	0,9	0,30	0,0013
13-08-2006	9:58	10:34	0,9	0,30	0,0013
13-08-2006	11:49	13:40	4,8	3,60	0,0023
13-08-2006	20:46	20:58	1,2	0,30	0,0023
14-08-2006	0:43	1:04	1,8	1,20	0,0069
14-08-2006	1:37	3:34	7,5	7,50	0,0644
14-08-2006	6:40	7:13	0,9	0,60	0,0023
14-08-2006	9:55	10:04	2,7	0,60	0,0000
16-08-2006	6:28	6:46	0,6	0,30	0,0023
16-08-2006	12:43	14:31	5,7	4,20	0,0023
16-08-2006	15:19	15:43	1,2	0,60	0,0000
30-08-2006	4:53	6:02	2,1	1,36	0,0000
30-08-2006	6:44	7:32	1,8	1,99	0,0000
30-08-2006	12:35	13:35	3,9	2,35	0,0000
30-08-2006	15:15	17:29	5,4	3,58	0,0023
30-08-2006	18:17	19:23	7,8	4,33	0,0161
30-08-2006	20:29	21:02	0,6	0,37	0,0023
31-08-2006	1:29	2:02	0,9	0,25	0,0000
06-09-2006	5:35	13:44	22,2	16,93	0,00253
06-09-2006	15:02	15:29	1,5	1,48	0,0069
06-09-2006	17:11	17:38	0,6	0,37	0,0023
06-09-2006	18:14	18:50	0,9	0,49	0,0046
06-09-2006	19:59	20:35	0,9	0,62	0,0000
06-09-2006	21:08	22:11	3,3	2,47	0,0092
06-09-2006	23:05	0:26	1,8	1,24	0,0069
07-09-2006	2:17	4:29	4,2	2,72	0,0115
07-09-2006	7:26	8:11	1,2	0,62	0,0000
07-09-2006	11:50	14:29	9,3	7,62	0,0299
07-09-2006	15:11	15:41	0,6	0,74	0,0023
08-09-2006	23:14	14:32	67,4	59,70	0,3749
09-09-2006	15:47	16:20	0,9	0,37	0,0046



09-09-2006	21:02	22:44	5,7	0,12	0,0138
09-09-2006	23:32	23:53	0,6	0,12	0,0046
10-09-2006	11:20	12:32	2,4	0,37	0,0069
10-09-2006	21:35	21:59	0,6	0,25	0,0000
10-09-2006	23:26	23:44	1,2	0,12	0,0023
11-09-2006	10:41	11:08	2,1	1,36	0,0000

### Eventos con separación de 3 horas

P incidente (mm)	P directa (mm)	E fustal (mm)	P neta (mm)	% Intercepción
2,1	0,99	0,0023	0,991	1,11
1,5	0,62	0,0000	0,618	0,88
1,5	0,74	0,0000	0,742	0,76
0,6	0,12	0,0000	0,120	0,48
0,6	0,25	0,0046	0,255	0,35
1,2	0,49	0,0000	0,490	0,71
1,2	0,62	0,0023	0,622	0,58
3,3	1,61	0,0230	1,633	1,67
3,0	1,24	0,0046	1,245	1,76
0,6	0,00	0,0000	0,000	0,60
1,8	1,10	0,0069	1,107	0,69
3,3	1,98	0,0000	1,980	1,32
2,4	1,48	0,0000	1,480	0,92
4,2	2,97	0,0092	2,979	1,22
3,3	1,98	0,0023	1,982	1,32
1,5	0,74	0,0069	0,747	0,75
1,2	1,09	0,0000	1,090	0,11
2,4	0,49	0,0023	0,492	1,91
3,0	2,34	0,0000	2,340	0,66
3,6	1,98	0,0069	1,987	1,61
1,5	0,62	0,0023	0,620	0,88
2,1	1,48	0,0023	1,486	0,61
1,5	1,11	0,0023	1,112	0,39
1,2	0,74	0,0000	0,740	0,46
0,6	0,00	0,0000	0,000	0,60
4,5	2,40	0,0069	2,407	2,09
0,6	0,00	0,0000	0,000	0,60
4,5	2,70	0,0230	2,723	1,78
1,2	0,30	0,0000	0,300	0,90
1,5	0,60	0,0000	0,600	0,90
0,6	0,30	0,0000	0,300	0,30
1,5	0,60	0,0013	0,601	0,90
0,6	0,30	0,0013	0,301	0,30
1,2	0,00	0,0000	0,000	1,20
1,2	0,90	0,0069	0,907	0,29
2,4	0,90	0,0130	0,913	1,49
3,0	2,10	0,0322	2,132	0,87
1,2	0,30	0,0023	0,302	0,90

3,6	1,20	0,0023	1,202	2,40
0,6	0,30	0,0023	0,302	0,30
3,9	3,35	0,0000	3,350	0,55
0,9	0,25	0,0000	0,250	0,65
4,2	0,49	0,0092	0,499	3,70
1,8	0,37	0,0023	0,372	1,43
2,1	1,36	0,0000	1,360	0,74

### Anexo 3. Resultados de las pruebas estadísticas para eventos

Eventos con separaciones de 30 minutos		
Relaciones	Método	R <sup>2</sup>
Precipitación incidente v/s precipitación directa	Linear	0,99568
	Logarítmica	0,72257
	Inversa	0,37878
Precipitación incidente v/s precipitación neta	Linear	0,99565
	Logarítmica	0,72243
	Inversa	0,37867
Precipitación incidente v/s intercepción sin negativos	Linear	0,32806
	Logarítmica	0,51821
	Inversa	0,50028
Precipitación incidente v/s intercepción con negativos	Linear	0,27617
	Logarítmica	0,42316
	Inversa	0,33259
Eventos con separaciones de 3 horas		
Relaciones	Método	R <sup>2</sup>
Precipitación incidente v/s precipitación directa	Linear	0,99563
	Logarítmica	0,77930
	Inversa	0,41095
Precipitación incidente v/s precipitación neta	Linear	0,99557
	Logarítmica	0,77889
	Inversa	0,41059
Precipitación incidente v/s intercepción	Linear	0,49314
	Logarítmica	0,68614
	Inversa	0,64494

Anexo 4. Valores utilizados para el análisis de Precipitación neta y Escorrentía

Día	P neta (mm)	P incidente (mm)	Escorrentía (mm)
20-05-06	0,00	0,0	0,285
21-05-06	0,00	0,3	0,297
22-05-06	0,00	0,3	0,351
23-05-06	12,62	21,9	0,349
24-05-06	34,93	50,1	0,777
25-05-06	33,44	43,8	1,008
26-05-06	3,87	4,5	0,621
27-05-06	0,12	0,3	0,464
28-05-06	1,24	2,7	0,378
29-05-06	0,99	1,2	0,362
30-05-06	0,12	0,0	0,335
31-05-06	24,47	33,0	0,447
01-06-06	0,76	1,2	0,397
02-06-06	11,28	14,4	0,459
03-06-06	5,83	9,0	0,416
04-06-06	14,92	18,3	0,453
05-06-06	16,89	21,9	0,630
06-06-06	94,98	108,0	2,286
07-06-06	18,60	22,8	4,344
08-06-06	2,25	2,1	2,650
09-06-06	0,12	0,3	3,556
10-06-06	1,98	3,9	3,186
11-06-06	64,88	81,0	3,438
12-06-06	18,73	20,7	4,542
13-06-06	14,36	19,2	3,721
14-06-06	0,50	0,9	5,015
15-06-06	0,50	0,6	4,654
16-06-06	0,25	0,9	4,475
17-06-06	21,02	33,9	4,323
18-06-06	57,43	65,7	5,236
19-06-06	27,42	32,4	5,213
20-06-06	9,89	9,9	5,982
21-06-06	2,60	4,2	7,720
22-06-06	5,23	7,5	8,085
23-06-06	28,14	31,5	7,903
24-06-06	17,35	17,1	7,181
25-06-06	4,75	6,0	5,801
26-06-06	0,26	0,0	5,022
27-06-06	2,59	3,3	4,691
28-06-06	0,13	0,0	4,515
29-06-06	12,85	15,9	4,488
30-06-06	16,16	21,0	4,382
01-07-06	58,27	70,8	5,180
02-07-06	10,51	10,5	4,704
03-07-06	0,00	0,3	4,604

04-07-06	0,12	0,0	6,038
05-07-06	0,00	0,0	6,845
06-07-06	13,76	22,8	6,240
07-07-06	27,39	36,3	6,098
08-07-06	9,23	11,4	5,647
09-07-06	8,48	12,9	5,022
10-07-06	81,83	93,0	6,277
11-07-06	11,59	12,9	7,175
12-07-06	6,85	9,3	10,952
13-07-06	0,38	0,6	12,411
14-07-06	0,00	0,3	11,891
15-07-06	8,70	13,8	9,867
16-07-06	1,50	3,3	7,913
17-07-06	17,70	21,9	6,743
18-07-06	2,70	3,9	5,587
19-07-06	9,30	13,5	4,957
20-07-06	9,90	12,9	4,485
21-07-06	11,10	19,8	4,496
22-07-06	4,20	8,1	4,361
23-07-06	45,00	47,1	4,309
24-07-06	42,60	49,5	6,007
25-07-06	19,50	18,0	6,011
26-07-06	0,90	2,4	8,719
27-07-06	0,00	0,3	10,162
28-07-06	0,00	0,3	9,946
29-07-06	0,00	0,0	9,083
30-07-06	0,00	0,0	8,048
31-07-06	0,00	0,3	7,210
01-08-06	0,00	0,0	6,192
02-08-06	0,00	3,6	5,259
03-08-06	4,50	7,5	4,552
04-08-06	6,60	15,0	4,086
05-08-06	0,00	0,3	3,822
06-08-06	25,20	31,2	3,845
07-08-06	4,80	10,8	3,563
08-08-06	32,70	39,6	3,706
09-08-06	17,70	26,7	3,858
10-08-06	68,40	73,5	5,899
11-08-06	13,20	19,5	5,282
12-08-06	11,40	20,7	6,682
13-08-06	10,20	16,8	9,154
14-08-06	9,60	13,2	9,804
15-08-06	0,00	0,0	9,694
16-08-06	5,10	8,7	9,023
17-08-06	0,00	0,0	8,572
18-08-06	0,13	0,6	7,537
19-08-06	0,00	0,0	6,360
20-08-06	0,00	0,3	5,762
21-08-06	0,00	0,3	5,180

22-08-06	0,00	1,5	4,508
23-08-06	0,00	0,0	4,190
24-08-06	0,00	0,3	3,342
25-08-06	0,00	0,0	3,319
26-08-06	0,00	0,0	2,924
27-08-06	0,00	0,0	2,636
28-08-06	0,00	0,0	2,496
29-08-06	0,00	0,0	2,266
30-08-06	14,61	22,2	2,203
31-08-06	0,99	1,5	2,085
01-09-06	0,12	0,3	2,193
02-09-06	0,37	0,0	2,161
03-09-06	0,00	0,0	2,177
04-09-06	0,00	0,0	2,084
05-09-06	0,00	0,0	2,185
06-09-06	23,79	30,9	2,021
07-09-06	13,05	16,2	1,785
08-09-06	1,36	1,8	3,211
09-09-06	64,56	73,7	2,239
10-09-06	6,23	8,1	2,197
11-09-06	2,98	3,9	2,150