



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**ESTUDIO DE TIEMPO Y RENDIMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS  
DE CONSERVACIÓN DE AGUAS Y SUELOS**

**MARIELA LILIANA DONOSO PERALTA**

**Memoria para optar al Título de:  
INGENIERO FORESTAL**

**PROFESOR GUÍA: Dr. Ing. ROBERTO PIZARRO TAPIA**

**TALCA – CHILE**

**2005**



**UNIVERSIDAD DE TALCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

La Srta. Mariela Liliana Donoso Peralta, ha realizado la Memoria: "**Estudio de Tiempo y Rendimiento en la Construcción de Obras de Conservación de Aguas y Suelos**", como uno de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. El Profesor Guía es el Sr. Roberto Pizarro Tapia.

La comisión de Calificación constituida por los profesores Sr. Roberto Pizarro Tapia y el Sr. Mauricio Ponce Donoso, han evaluado con nota 6,3 (seis coma tres).

UNIVERSIDAD DE TALCA  
**DIRECTOR**  
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**MARCIA VASQUEZ SANDOVAL**  
**DIRECTORA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

Talca, Agosto de 2005.

## AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía Roberto Pizarro, por su compromiso, palabras de aliento en momentos difíciles y por enseñarme a ser una profesional más íntegra.

A la Sociedad EIAS (Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos), por la oportunidad de realizar esta memoria. A las empresas y particulares involucrados en el estudio.

No puedo dejar de mencionar a dos personas que aprecio y admiro mucho, muy importantes en mi desarrollo personal y profesional, los profesores Ursula Doll y Alejandro Troncoso. Gracias por sus sabios consejos y cariño.

A María Eliana Reyes, pilar fundamental en nuestra escuela. Gracias por la paciencia, apoyo, voluntad y buena onda.

A mis amigos (as) de universidad Nani Escalona, Mary Cornejo, Maggi Núñez, Paula Ausensi, Guille Cea, Carlos Lillo, Cristina Vergara, Andrés Plaza, Mili González, Kika Jara, Claudia Saavedra. Gracias por tantos momentos compartidos, amistad y cariño.

A mis amigos (as) de siempre Dali C, Andrea C, Miguel R, Eduardo P, Guillermo Q, Claudia G, Yendy M, Scarlett D, Diana A, Verónica A, Roger G, Rene H, Mino H. Gracias por su amor, amistad y por estar en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi Gueli que desde el cielo siempre ilumina mis pasos. Gracias por enseñarme a amar las cosas simples de la vida.

A mis padres Eva y Rafael, mis hermanos Marcelo y Rafael y a mi hermana y amiga Tatiana por su confianza, apoyo y amor incondicional.

Finalmente gracias a quienes creyeron y no creyeron en mí, pues de ambos me alimento...

*A mis padres Eva y Rafael*  
*A mis hermanos Tatiana, Marcelo y Rafael*

*“Más vale morir de pie, que vivir de rodillas”  
Che Guevara*

## RESUMEN

Este estudio pretende establecer los rendimientos en dos obras de conservación de aguas y suelos, subsolado con camellón y zanjas de infiltración, así como las variables que influyen en tales rendimientos y los costos asociados a cada una de ellas. El estudio de subsolado con camellón se llevó a cabo en cuatro predios del secano costero de la región del Maule. Las zanjas de infiltración se estudiaron en nueve predios distribuidos en el secano costero de las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío.

Los rendimientos en la construcción de subsolado con camellón fluctúan entre 1.708,9 y 3.856,9 (m/h). La variable pendiente media es la que posee mayor relevancia en el rendimiento de esta obra. Los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración son de 10, 4,3 y 9,2  $m^3/jH$  para las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío respectivamente. La variable contenido de humedad del suelo es la que posee mayor importancia en el rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración.

Los rendimientos obtenidos en cada una de las obras de conservación de aguas y suelos fueron ajustados a la función de distribución de probabilidad, de Gumberl. Así se determinó que la probabilidad de obtener un alto rendimiento en la construcción de subsolado con camellón, es mayor en el predio Las Higueras. La probabilidad de encontrar un alto rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración, es mayor en los predios correspondientes a la región de O'Higgins.

El costo de construcción del subsolado con camellón es de 119.000 \$/ha en la región del Maule, para bulldozer D8. Con respecto a las zanjas de infiltración, existe una sobreestimación de los costos involucrados en su construcción por parte de CONAF; éstos son en promedio 1.000 % superiores a los costos reales que poseen las empresas de servicios forestales (EMSEFOR), en las regiones estudiadas.

## SUMMARY

This study tries to establish the yields for two conservation techniques for water and subsoil mounding and infiltration ditches, as well as the variables that influence in those yields and costs associated with each one. The study of subsoil mounding was carried out in four sites in the coastal dry land area of the Maule region. The infiltration ditches were studied in nine sites distributed in the coastal dry land in the regions of O'Higgins, Maule and Bío Bío.

The yields in the subsoil mounding construction fluctuate between 1,708.9 and 3,856.9 (m/h). The pending variable average has greater relevance in the yield of this technique. The yields in the infiltration ditch construction are of 10, 4,3 and 9.2 m<sup>3</sup>/jH\* for the regions of O'Higgins, Maule and Bío Bío respectively. The contained humidity variable of the ground has greater importance in the yield in the construction of infiltration ditches.

The yields obtained in each water and soil conservation technique were fit to the Gumbel function of probability distribution. Thus one determined that the probability of obtaining a high performance with the subpaving with ridges construction, is greater in the site called Higuera. The probability of finding high performances in the infiltration ditch construction, is greater in the sites corresponding to the region of O'Higgins.

The cost of construction of the subsoil mounding is 119,000 \$/ha in the Maule region, for a D8 bulldozer. With respect to the infiltration ditches, an overestimation of the costs involved in their construction on the part of CONAF exists; these are on average 1000 % to the real costs that the companies of forest services (EMSEFOR) have in the studied regions.

\* jH: 8 hour work day per man.

## ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	
2.1.- Objetivo general	3
2.2.- Objetivos específicos	3
3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.- Marco general	4
3.2.- Principales factores que influyen en los procesos erosivos	5
3.2.1.- Precipitación	5
3.2.2.- Relieve	6
3.2.3.- Suelo	6
3.2.4.- Vegetación	7
3.3.- Obras de conservación de aguas y suelos	8
3.4.- Ley de fomento forestal	9
3.5.- Estudio de tiempo y rendimiento	10
3.5.1.- Estudio de tiempo continuo	11
	15
4.- ANTECEDENTES GENERALES	13
4.1.- Descripción de los predios con subsolado con camellón	13
4.2.- Descripción de los predios con zanjas de infiltración	16
4.2.1.- Predios pertenecientes a la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	16
4.2.2.- Predios pertenecientes a la Región del Maule	18
4.2.3.- Predios pertenecientes a la Región del Bío Bío	20



5.- METODOLOGÍA	22
5.1.- Metodología	22
5.1.1.- Revisión bibliográfica	22
5.1.2.- Identificación de operadores forestales	22
5.1.3.- Caracterización de sitios de ensayo	23
5.1.4.- Toma de datos	23
5.1.4.1.-Subsolado con camellón	24
5.1.4.2.- Zanjas de infiltración	25
5.1.5.- Determinación de rendimientos	25
5.1.6.-Ajuste de los rendimientos a una función de distribución de probabilidad	27
5.1.7.- Análisis estadísticos de los rendimientos	28
5.1.7.1.-Prueba Kruskal-Wallis	29
5.1.7.2.- Prueba U de Mann-Whitney	30
5.1.8.- Análisis de costos	31
5.1.9.- Análisis gráfico	31
5.1.10.- Registro de la precipitación	31
5.1.11.- Análisis y discusión	32
5.1.12.- Conclusiones y recomendaciones	32
5.2.- Materiales	33
6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	34
6.1.- Subsolado con camellón	34
6.1.1.-Caracterización de los sitios de ensayo	34
6.1.2.- Determinación de los rendimientos	35
6.1.3.- Ajustes de rendimientos de subsolado con camellón, a funciones de distribución de probabilidad	36
6.1.4.- Análisis estadístico de subsolado con camellón	39
6.1.4.1.-Pruebas estadísticas no paramétricas para subsolado con camellón	39

6.1.5.-Costos de construcción de subsolado con camellón	40
6.2.- Zanjas de infiltración	41
6.2.1.- Caracterización de los sitios de ensayo	41
6.2.2.- Determinación de los rendimientos	42
6.2.3.- Ajustes de rendimientos de zanjas de infiltración, a funciones de distribución de probabilidad	43
6.2.3.1.- Predios Región de O'Higgins	44
6.2.3.2.- Predios Región del Maule	45
6.2.3.3.- Predios Región del Bío Bío	46
6.2.4.- Análisis estadísticos de zanjas de infiltración	49
6.2.4.1 Pruebas estadísticas no paramétricas	49
6.2.5.- Costos de construcción de zanjas de infiltración	52
6.2.6- Registro de la precipitación	53
7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
7.1.- Subsolado con camellón	55
7.1.1.- Determinación de los rendimientos	55
7.1.2.- Costos de construcción de subsolado con camellón	58
7.2.- Zanjas de infiltración	59
7.2.1.- Determinación de los rendimientos	59
7.2.2.- Costos de construcción de zanjas de infiltración	66
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
8.1.- Conclusiones	68
8.2.- Recomendaciones	69
9.- BIBLIOGRAFÍA	70
APÉNDICES	72

## ÍNDICE DE TABLAS

1.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Soledad o Malpaso	13
2.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las Higueras	14
3.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las C de Caliboro	15
4.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Fundo Remolinos	15
5.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las Casas de San Francisco	16
6.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Hijueta Cinco o El Sauco y El Cimarrón	17
7.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio El Quillay, predios Ay B	17
8.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Soledad o Malpaso	18
9.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las Pitras	19
10.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Lote uno	19
11.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio La Isla	20
12.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Chapeco	21
13.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Maiquimiliu lote 2	21
14.- Caracterización de predios asociados a subsolado con camellón	34
15.-Resumen estadístico de subsolado con camellón	35
16.-Diferencia porcentual con respecto al máximo valor obtenido, en el rendimiento promedio, el máximo y el mínimo para subsolado con camellón	36
17.- Ajuste predio Malpaso	37
18.- Ajuste predio Las Higueras	37
19.- Ajuste predio Caliboro	37
20.-Ajuste predio El Remolino	37
21.-Funciones de distribución de probabilidad subsolado con camellón	38
22.- Probabilidad de rendimiento para predios de subsolado con camellón	38
23.- Probabilidad de superar el rendimiento promedio, para subsolado con camellón	39
24.- Prueba Kruskal-Wallis subsolado con camellón	39
25.- Prueba de U de Mann-Whitney subsolado con camellón	40

26.- Bonificación CONAF y costo EMSEFOR, subsolado con camellón	41
27.- Caracterización de los predios con zanjas de infiltración	41
28.- Resumen estadístico de rendimientos en zanjas de infiltración	42
29.- Diferencia porcentual con respecto al máximo valor obtenido en el rendimiento promedio, el máximo y el mínimo para zanjas de infiltración	43
30.-Ajuste predio San Francisco	44
31.-Ajuste predio El Cimarrón	44
32.-Ajuste predio El Quillay	44
33.-Ajuste predio Malpaso	45
34.-Ajuste predio Las Pitras	45
35.-Ajuste predio Lote uno	45
36.-Ajuste predio La Isla	46
37.-Ajuste predio Chapeco	46
38.-Ajuste predio Maiquimiliu	46
39.-Funciones de distribución para zanjas de infiltración	47
40.-Probabilidad de rendimientos predios Región de O'Higgins	47
41.- Probabilidad de rendimientos predios Región del Maule	48
42.-Probabilidad de rendimientos predios Región del Bío Bío	48
43.-Probabilidad de superar el rendimiento promedio en la construcción de zanjas de infiltración	49
44.-Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región de O'Higgins	50
45.-Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región del Maule	50
46.-Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región del Bío Bío	50
47.-Prueba Kruskal-Wallis entre regiones zanjas de infiltración	51
48.-Prueba U de Mann-Whitney para zanjas de infiltración	51
49.- Prueba U de Mann-Whitney entre regiones para zanjas de infiltración	52
50.-Costos de construcción de zanjas de infiltración	53
51.- Registro de precipitación acumulada	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.- Gráfico rendimiento promedio v/s densidad aparente para subsolado con camellón	56
2.-Gráfico rendimiento promedio, máximo, mínimo y pendiente media del terreno v/s predios, para subsolado con camellón	57
3.-Gráfico rendimiento y pendiente media v/s predios con zanjas de infiltración	60
4.-Gráfico rendimiento promedio y densidad aparente v/s predios con zanjas de infiltración	61
5.-Gráfico rendimiento v/s fecha de medición, zanjas de infiltración	62
6.-Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la Región de O'Higgins	63
7.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la Región del Maules	64
8.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la Región del Bío Bío	65
9.-Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para predios con zanjas de infiltración	66

## 1.- INTRODUCCIÓN

El recurso suelo presenta una importancia crucial para el desarrollo de un país; así, su pérdida y deterioro provoca problemas de embancamiento de puertos, ríos y lagos, constituye el avance de los procesos dunarios y de desertificación, y provoca una pérdida de la calidad paisajística, entre otros efectos.

Estudios realizados por la Universidad de Chile, coordinados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), indican que el 62,2 % del territorio nacional está afectado por el proceso global de desertificación, lo que equivale a una superficie aproximada de 47,7 millones de hectáreas. Esto, debido principalmente a prácticas inapropiadas y al no respeto de las capacidades de uso del suelo. (Parra, 2001).

La existencia en el país de zonas que no presentan las mejores condiciones para el desarrollo de una plantación, incentiva al sector forestal a invertir en prácticas de tratamiento de los suelos que permitan mejorar una serie de propiedades como la aireación, la capacidad de infiltración de agua, la resistencia a la penetración y la permeabilidad, de manera de disminuir estas condiciones adversas para el crecimiento. Es por esto que la construcción de obras de conservación de aguas y suelos en el país, ha cobrado una vital importancia para frenar los procesos erosivos y de desertificación, que hoy en día es uno de los principales problemas del sector silvoagropecuario.

Debido a lo anterior, el conocimiento de los rendimientos en la construcción de obras de conservación de aguas y suelos, se ha transformado en un tema de importancia para la planificación de las faenas y la determinación de los costos que éstas involucran.

En función de lo anterior, el presente estudio pretende determinar los rendimientos en la construcción de dos obras de conservación de aguas y suelos, en el secano costero de las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1.- Objetivo general:**

- Mejorar la información disponible referida a los tiempos y costos de construcción de obras de conservación de aguas y suelos.

### **2.2.- Objetivos específicos:**

- Determinar los rendimientos en la construcción de subsolado con camellón en el secano costero de la región del Maule y en zanjas de infiltración, en el secano costero de las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío.
- Establecer estándares físicos de rendimiento, para diversas situaciones de suelo y pendiente, en subsolado con camellón y zanjas de infiltración.



### 3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1.- Marco general

A pesar que la degradación de los recursos naturales tiene múltiples causas y orígenes, en la actualidad se considera a la erosión como uno de los principales agentes de degradación ambiental en las áreas agrícolas de la mayoría de los países del mundo. Uno de los aspectos que más contribuye a esta realidad, es el uso conflictivo entre la aptitud agrícola de los suelos y los manejos inadecuados a que éstos son sometidos (Merten *et al.* 2000, citado por INIA, 2001).

CONAMA (1994), dice que “la erosión es la forma más completa de degradación del suelo y la más común en Chile y a nivel mundial; asimismo, los procesos erosivos están asociados a importantes alteraciones químicas, físicas y biológicas de las propiedades del suelo, y entre ellos destacan la disminución en volumen y profundidad, la reducción de la capacidad de retención de agua, la pérdida de materia orgánica, la declinación y agotamiento de la fertilidad, la baja en el número de diversidad y actividad de la flora y fauna del suelo, y el cambio en la textura del suelo superficial”.

Según CONAF (1999), “desertificación es el proceso de degradación de suelos de zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas, resultante de la influencia de diversos factores, tales como variaciones climáticas, actividades humanas u otros”.

La desertificación afecta a la sexta parte, aproximadamente, de la población mundial, al 70% de todas las tierras secas (equivalentes a 3.600 millones de hectáreas) y a la cuarta parte de la superficie total de las tierras del mundo (Parra, 2001).

Por otro lado, Pizarro *et al*, (2005), señalan que uno de los principales problemas ambientales de Chile corresponde a la degradación de suelos, la cual se define como el proceso degenerativo que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para seguir desempeñando sus funciones características, lo que puede deberse tanto a causas naturales como antrópicas.

En Chile, debido a la conformación geográfica y el tipo de régimen pluviométrico, la erosión hídrica es una de las formas más importantes de degradación del suelo. El hecho de que un gran porcentaje de las lluvias precipiten en invierno, cuando el suelo está descubierto, unido a malas prácticas de cultivo, provoca importantes daños erosivos (INIA, 2001).

### **3.2.- Principales factores que influyen en los procesos erosivos**

#### **3.2.1.-Precipitación**

Según Suárez (1980), el factor climático que más influye en la erosión es la precipitación, ya que, si se omite la acción eólica y los movimientos gravitacionales, toda la remoción de suelo exige la presencia de agua sobre el terreno, cuya única fuente es la lluvia. De su cantidad, intensidad y distribución depende el volumen de flujo que se desliza en capa uniforme sobre la tierra, llevando en suspensión las sustancias minerales del suelo.

Según García (1999), la gota de lluvia desciende por la acción de la gravedad y, en ausencia de obstáculos golpea el suelo con considerable fuerza, disgregando las partículas de suelo y proyectándolas en el aire.

El agua de lluvia ejerce su acción erosiva sobre el suelo mediante el impacto de las gotas, las cuales caen con velocidad y energía variables según sea su diámetro, y mediante la escorrentía superficial (Suárez, 1980).

### **3.2.2.- Relieve**

El tamaño y la cantidad de materia que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión dependen de la velocidad con que ésta fluye, la cual, a su vez, es una resultante de la longitud y el grado de pendiente del terreno (Suárez, 1980).

Peralta (1995), citado por INIA (2001), estima que el 80 % del territorio nacional está constituido por cerros y montañas, que hacen muy susceptible al país a la erosión de sus suelos, a no ser que se adopten efectivas medidas de manejo. La inclinación de las pendientes y la longitud, forma y exposición de las mismas, inciden directamente en el potencial de erosión de los suelos.

### **3.2.3.-Suelo**

Las propiedades físicas y químicas de los suelos hacen que unos sean más susceptibles que otros a la erosión. Las propiedades físicas como textura, estructura, permeabilidad y dispersión, influyen en el comportamiento del suelo. Entre las propiedades químicas destaca la influencia de materia orgánica que, al favorecer la agregación, mejora la estructura y ofrece mayor resistencia a la dispersión de partículas. (Peralta, 1995 citado por INIA, 2001).

Suárez (1980), señala que los suelos menos erosionables corresponden a texturas intermedias, ya que, en un suelo franco o franco arcilloso, las partículas son de diferentes tamaños y mezcladas en tales proporciones que minimizan la erosión.

Con respecto a la estructura del suelo, la más favorable es la granular, por la facilidad de infiltración de agua en el suelo, elemento que disminuye la escorrentía y por lo tanto la fuerza de arrastre. Asimismo, la escorrentía se ve disminuida por la resistencia de los agregados del suelo a ser arrastrados, gracias a su mayor tamaño, y a la resistencia a ser dispersados por el golpeteo de la lluvia (Ramos *et al*, 1981).

### **3.2.4.- Vegetación**

Suárez (1980), señala que “la cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Toda planta, desde la más minúscula hierba hasta el árbol más corpulento, defienden el suelo de la acción perjudicial de las lluvias, en forma y proporción diferente”.

Según Mintegui y López (1990), la influencia de la vegetación en el fenómeno erosivo posee diferentes causas:

- Protege al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, pues gracias al efecto de frenado a que se le somete, contribuye a disminuir su energía y en consecuencia su poder erosivo.
- Contribuye a disminuir la escorrentía superficial debido a dos efectos; por un lado aumenta la capacidad de infiltración del suelo, y por otro disminuye la velocidad de la escorrentía superficial.

- Las raíces de la cubierta vegetal ayudan al suelo a no disgregarse.

### **3.3.- Obras de conservación de aguas y suelos**

Las obras de conservación de aguas y suelos pueden ser clasificadas en dos grupos: aquellas donde su principal función es la protección de ríos, quebradas o cárcavas, las que están compuestas por obras transversales ubicadas en los cauces que disminuyen la velocidad de escurrimiento, pues cortan la energía del agua, favoreciendo la retención de material sólido arrastrado por la escorrentía superficial, destacando entre éstos, los diques y muretes.

El segundo grupo está compuesto por obras cuyo objetivo principal es la protección de suelo en laderas, ya sea favoreciendo la infiltración, o cortando la energía de la escorrentía superficial; entre ellas destacan las zanjas de infiltración, los canales de desviación y las terrazas, entre otras. (Pizarro *et al*, 2005).

Por otro lado, Rázuri (1986), citado por Pérez (2001), señala que en conservación de suelos, los diseños de ingeniería llamados también medidas mecánicas o estructurales, son hechos por el hombre para estabilizar el suelo contra la acción de los flujos de agua, tratando de mantener una velocidad del agua que no sea erosiva o bien disipar la energía producida por su caída, aparte de otras funciones específicas, como son la de almacenar agua o retener sedimentos.

Pizarro *et al* (2005), recomienda el uso de obras de conservación de aguas y suelos para el establecimiento de plantaciones y para la recuperación de suelos degradados; tales obras son los canales de desviación, las zanjas de infiltración y los diques entre otras. Esto, con el objetivo de incrementar la productividad del suelo, debido a que capturan el agua y reducen el proceso erosivo.

Las obras de conservación de aguas y suelos, que se estudian en esta investigación, corresponden a zanjas de infiltración y subsolado con camellón:

- Zanjas de infiltración: son obras de recuperación de suelos, que comprenden un conjunto de zanjas, construidas de forma manual o mecanizada, cuyo objetivo es capturar y almacenar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Se construyen transversalmente a la pendiente, sin desnivel, y la sección puede ser trapezoidal o rectangular. (CONAF, 2004 a).
- El subsolado es un tratamiento mecanizado al suelo, que permite controlar la escorrentía superficial y aumentar la infiltración. Consiste en una rotura del suelo perpendicular a la pendiente, con camellón y surcos en ambos costados. El subsolado debe tener una profundidad mínima de 50 cm. (CONAF, 2004 a).

### **3.4.- Ley de fomento forestal**

El sistema de bonificaciones forestales otorgadas por el Estado, fue establecido por el D.L.Nº 701, de 1974, y modificado en 1998 a través de la ley Nº 19.561. La bonificación es un incentivo que el Estado entrega a través de la Corporación Nacional Forestal, a las personas naturales o jurídicas que realicen algún programa de forestación y/o recuperación de suelos degradados, previo cumplimiento de los requisitos establecidos en el D.L.Nº 701, de 1974 y sus Reglamentos (CONAF, 2005).

La ley de fomento forestal chilena, tiene por objetivo regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños propietarios forestales. Asimismo, plantea las actuaciones técnicas necesarias para la prevención de la degradación, la protección y la recuperación de los suelos del territorio nacional (CONAF, 1999).

Como se menciona anteriormente, uno de los aspectos relevantes de la ley se centra en la recuperación de los suelos degradados del país, los cuales se encuentran afectados en un 50 % por procesos de erosión, representando uno de los principales problemas ambientales y sociales del país. (CONAF, 2004 b).

Debido a lo anterior, el número de bonificaciones otorgadas para la recuperación de suelos degradados por el Estado a través de CONAF, ha aumentado en un 160 % durante los períodos comprendidos entre los años 2000 y 2002. (Pizarro *et al*, 2003).

Pizarro *et al* (2003), tras un estudio realizado entre la IV y VIII Regiones, determinaron que el rendimiento promedio para la construcción de zanjas de infiltración para la VI y VII Regiones es de 2,2 y 3,2 (m<sup>3</sup>/j) respectivamente. Además, se determinó un costo promedio para la construcción de zanjas de infiltración de 3.946 \$/m<sup>3</sup>, valor que dista bastante del costo establecido por la tabla de costos de CONAF del año 2003, con un costo mínimo estandarizado de 29.125 \$/m<sup>3</sup>.

Lo anterior, hace que el conocimiento de los tiempos y rendimientos involucrados en la construcción de obras de conservación de aguas y suelos, se transforme en un tema de importancia para la estandarización de costos y la optimización de los recursos entregados por el Estado.

### **3.5.- Estudio de tiempo y rendimiento**

Howard (1988), citado por Vergara (2000), menciona que los estudios de tiempo, son a menudo utilizados en el análisis de rendimiento. La recolección de datos por este método puede ser usada para obtener ecuaciones que relacionen varios lugares y factores constantes, para que de esta manera se pueda tener una descripción de algunos sistemas de producción. Además, Howard y Thériene (1989), citados por Vergara (2000), señalan que

las ecuaciones son usadas para planificar y hacer estudios económicos, incluyendo análisis de rentabilidad.

Según Cardiel (1971), citado por Reyes (1999), los métodos más comunes para la medición del tiempo son los siguientes:

- Estudio de tiempo total: es el que registra el tiempo total transcurrido y la producción total de una actividad. Este método no es muy usado para la evaluación o mejoramiento de la eficiencia de una operación.
- Estudio de tiempo continuo: es el método de medición del trabajo más común. Utiliza un cronometrador en que el observador mide y registra cada fase bien definida de la operación de un día entero, varios días o semanas.

### **3.5.1.- Estudio de tiempo continuo**

Según Rebolledo (1996), citado por Vásquez (2001), la gran cantidad de detalles obtenidos con este método, permiten conocer la distribución porcentual de los tiempos de trabajo durante la jornada e identificar demoras, punto importante al comparar sistemas, para contrastarlos bajo diferentes condiciones de trabajo.

Según Miyata *et al* (1981), citado por Díaz (2001), el estudio de tiempo continuo utiliza un cronómetro para medir las observaciones previamente definidas durante un día entero o durante muchos días o semanas. Si el observador está bien calificado, éste probablemente es el mejor método, ya que entrega información detallada de cuánto tiempo realmente trabajaron los equipos, cuánto tiempo estuvo ocioso debido a diferentes demoras y cuál era la causa y magnitud de estas demoras, por lo que es un método útil para evaluar o mejorar la eficiencia de una operación. Además, señalan las siguientes desventajas:



- Requiere de observadores experimentados;
- El registro de los datos es muy tedioso;
- Es costoso, porque requiere de varios observadores;
- Es difícil reducir los datos y el tiempo consumido;
- La exactitud de los datos es cuestionable al final de la jornada de trabajo.

#### 4.-ANTECEDENTES GENERALES

En el presente capítulo se entrega una descripción general de los predios involucrados en el estudio, tanto para subsolado con camellón como para zanjas de infiltración. La información entregada a continuación fue recopilada a través de los planes de manejo de cada uno de los predios en estudio.

##### 4.1.- Descripción de los predios con subsolado con camellón

###### ➤ Predio Soledad o Malpaso

Superficie total del predio: 400 ha

Comuna: Péncahue

Provincia: Talca

Coordenadas U.T.M: N: 6.082,8 Km

E: 255,8 Km

**Tabla 1. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Soledad o Malpaso**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	379,7	Muy severa	Ganadera	Matorral

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

➤ **Predio Las Higueras**

Superficie total del predio: 135 ha

Comuna: Cauquenes

Provincia: Cauquenes

Coordenada U.T.M: N: 6.021,5 Km

E: 766,5 Km

**Tabla 2. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las Higueras**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VI	VI	123	Moderada	Sin uso	Sin vegetación

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

➤ **Predio Las C de Caliboro**

Superficie total del predio: 100 ha

Comuna: San Javier

Provincia: Linares

Coordenada (Punto de Referencia): N: 71° 53'

E: 35° 51' 15"

**Tabla 3. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las C de Caliboro**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	46,5	Severa	Sin uso	Matorral esclerófilo

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

➤ **Predio Fundo Remolinos**

Superficie total del predio: 3.253,2 ha

Comuna: San Javier

Provincia: Linares

Coordenada U.T.M: N: 230 Km

E: 6.066 Km

**Tabla 4. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Fundo Remolinos**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VI	VI	63	Moderada	Sin uso	Matorral esclerófilo
VII	VII	631	Severa	Sin uso	Matorral esclerófilo

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

## 4.2.- Descripción de los Predios con Zanjas de infiltración

### 4.2.1.- Predios pertenecientes a la Región de O'Higgins

#### ➤ Predio Las Casas de San Francisco

Superficie total del predio: 323,96 ha

Comuna: Paredones

Provincia: Cardenal Caro

Coordenadas U.T.M: N: 228 Km

E: 6.160 Km

**Tabla 5. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Las Casas de San Francisco**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VI	VI	67,0	Muy severa	Ganadero	Matorral esclerófilo

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

#### ➤ Predio Hijuela Cinco o El Sauco y El Cimarrón

Superficie total del predio: 316 ha

Comuna: Paredones

Provincia: Cardenal Caro

Coordenadas U.T.M: N: 234 Km

E: 6.162 Km

**Tabla 6. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Hijuela Cinco o El Sauco y El Cimarrón**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a Construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	134,0	Muy severa	Sin uso	Matorral esclerófilo (*)

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

(\*) Vegetación con cobertura bajo el 25 % y sectores sin vegetación

➤ **Predio El Quillay, predios A y B**

Superficie total del predio: 34,75 ha

Comuna: Paredones

Provincia: Cardenal Caro

Coordenadas U.T.M: N: 232 Km

E: 6.168 Km

**Tabla 7.- Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio El Quillay, predios A y B**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VI	VI	23,7	Muy severa	Sin uso	Matorral esclerófilo (*)
VII	VII	10,6	Muy severa	Sin uso	Matorral esclerófilo (*)

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

(\*) Vegetación escasa y sectores sin vegetación

#### 4.2.2.- Predios pertenecientes a la Región del Maule

##### ➤ Predio Soledad o Malpaso

Superficie total del predio: 400 ha

Comuna: Pencahue

Provincia: Talca

Coordenadas U.T.M: N: 6.082,8 Km

E: 255,8 Km

**Tabla 8. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, Predio Soledad o Malpaso**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	379,7	Muy severa	Ganadera	Matorral

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

##### ➤ Predio Las Pitras

Superficie total del predio: 450 ha

Comuna: Cauquenes

Provincia: Cauquenes

Coordenada U.T.M: S: 5.998 Km

O: 728,6 Km

**Tabla 9. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, Predio Las Pitras**

Capacidad de uso de los suelos según E.T.	Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
VI	14,8	Moderada	Sin uso	Matorral esclerófilo
VII	332,2	Moderada	Sin uso	Matorral esclerófilo

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

➤ **Predio Lote uno**

Superficie total del predio: 352 ha

Comuna: San Javier

Provincia: Linares

Coordenada U.T.M: N: 6.059,7 Km

E: 245,8 Km

**Tabla 10. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, Predio Lote uno**

Capacidad de uso de los suelos según S.I.I. E.T.		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
VII	VII	155,6	Severa	Sin uso	Matorral esclerófilo

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)



#### 4.2.3.- Predios pertenecientes a la Región del Bío Bío

##### ➤ Predio La Isla

Superficie total del predio: 37,2 ha

Comuna: Quirihue

Provincia: Ñuble

Coordenadas U.T.M: N: 712,0 Km

E: 6.000,0 Km

**Tabla 11. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio La Isla**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	36	Muy severa	Sin uso	Matorral (*)

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

(\*) Vegetación escasa

##### ➤ Predio Chapeco

Superficie total del predio: 12,4 ha

Comuna: Quirihue

Provincia: Ñuble

Coordenadas U.T.M: N: 5.977,6 Km

E: 720,0 Km

**Tabla 12. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Chapeco**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VIIe	VII	7,70	Muy severa	Sin uso	Matorral

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

(\*) Vegetación escasa y sectores sin vegetación

➤ **Predio Maiquimiliu lote 2**

Superficie total del predio: 20,3 ha

Comuna: Quirihue

Provincia: Ñuble

Coordenadas U.T.M: N: 723,2 Km

E: 5.978,6 Km

**Tabla 13. Capacidad de uso y uso anterior de los suelos, predio Maiquimiliu**

Capacidad de uso de los suelos según		Superficie a construir (ha)	Categoría de erosión	Uso	Tipo de vegetación
S.I.I.	E.T.				
VII	VII	18,0	Muy severa	Sin uso	Matorral esclerófilo (*)

S.I.I. (Servicio de Impuestos Internos)

E.T. (Estudio Técnico para CONAF; Corporación Nacional Forestal)

(\*) Vegetación escasa

## **5.-METODOLOGÍA**

La metodología del estudio consta de dos partes. En la primera, se describe la metodología utilizada para la realización del estudio, y en la segunda, se mencionan los materiales, equipos y programas computacionales requeridos para el desarrollo de la memoria.

### **5.1-Metodología**

#### **5.1.1- Revisión bibliográfica**

En esta etapa del estudio, se llevó a cabo la recopilación de información existente referida a estudios de tiempo y rendimiento, además de definiciones y conceptos importantes concernientes a las obras de conservación de aguas y suelos. Esta información se obtuvo a través de libros, revistas, sitios de Internet y estudios de rendimientos de empresas e instituciones.

#### **5.1.2.- Identificación de Operadores Forestales**

La identificación de los Operadores Forestales, consistió en contactar empresas de servicios forestales que realizaran obras de conservación de aguas y suelos (zanjas de infiltración y subsolado con camellón), con el fin de acceder a los predios en que se ejecutaran dichas obras.

En la Región del Maule, se estudiaron zanjas de infiltración y subsolado con camellón, a cargo de la empresa de servicios forestales INDEF Ltda.; en la Región de O'Higgins se tomaron los datos para zanjas de infiltración, en obras realizadas por Agrícola y Forestal Giglio Ltda.; y en la Región del Bío Bío se contactó a tres contratistas particulares que realizan zanjas de infiltración.

### **5.1.3.- Caracterización de sitios de ensayo**

La caracterización de los sitios involucrados en el estudio, se realizó en base a la textura, densidad aparente y la pendiente que presentaron cada uno de los predios en que se estudiaron las obras.

Para determinar la textura y densidad aparente de los suelos, se tomaron dos submuestras a una profundidad de 20 cm en cada uno de los predios, las que fueron analizadas en laboratorio (Apéndice N°2). De las dos submuestras obtenidas se determinó una muestra única para cada variable.

### **5.1.4.- Toma de datos**

La toma de datos de subsolado se realizó durante los meses de Febrero a Junio del 2004, en cuatro predios ubicados en el secano costero de la Región del Maule. La toma de datos de zanjas de infiltración, tuvo lugar en el secano costero de las regiones de O'Higgins, Maule y Bío-Bío, durante los meses de Julio a Diciembre del mismo año. En cada región se estudió un total de tres predios.

Para la realización del estudio de tiempo, se confeccionaron planillas (Apéndice N° 1) donde se registraron los tiempos involucrados en la construcción de cada una de las obras en estudio.

Las variables medidas para cada obra son:

#### **5.1.4.1.- Subsolado con camellón**

- Tiempo efectivo de subsolado (TES): Tiempo en que la máquina descompacta el suelo con el Rutter y forma el camellón;
- Tiempo muerto (TM): Tiempo en que la máquina saca el Rutter del suelo y no realiza movimientos;
- Tiempo de giro de la máquina (TGM): Tiempo que demora la máquina en tomar la siguiente línea de subsolado;
- Distancia subsolada (DS): Metros lineales que subsola la máquina durante el tiempo efectivo de subsolado.
- Distanciamiento entre líneas de subsolado (DE): Metros existentes entre cada línea de subsolado.

#### 5.1.4.2.- Zanjas de infiltración

- Tiempo de construcción de la zanja (TCZ): Tiempo que demora el obrero en construir una zanja de infiltración;
- Tiempo de traslado (Tt): Tiempo que demora el obrero en trasladarse de la zanja de infiltración terminada a la próxima a construir;
- Tiempo muerto (TM): Tiempo en que el obrero no realiza ninguna de las actividades mencionadas anteriormente;
- Dimensiones de la zanja de infiltración: En cada zanja de infiltración se midió largo, base y altura. En el caso de la base y altura, se tomaron tres medidas para la obtención de un valor promedio.

#### 5.1.5.- Determinación de rendimientos

El cálculo de los rendimientos para cada una de las obras en estudio se determinó de la siguiente manera:

##### ➤ Subsollado con camellón

$$\text{Rendimiento (m / min)} = \frac{DS(m)}{TM(\text{min}) + TGM(\text{min}) + TES(\text{min})}$$

Donde:

- DS : Distancia subsolada;
- TM : Tiempo muerto;
- TGM : Tiempo giro máquina;
- TES : Tiempo efectivo de subsolado.

El rendimiento en hectáreas por hora se obtuvo:

$$\text{Rendimiento (ha / h)} = \frac{(60 * \text{Rend. (m / min)}) * DE(m)}{10.000}$$

Donde:

- DE : Distanciamiento entre líneas de subsolado.

### ➤ Zanjas de infiltración

Para el cálculo del rendimiento en zanjas de infiltración, en (m<sup>3</sup>/min), en primer lugar se determinó el volumen de cada zanja;

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = H(m) * B(m) * L(m)$$

Donde:

- H : Altura de la zanja de infiltración;
- B : Base de la zanja de infiltración;
- L : Largo de la zanja de infiltración.

Por lo tanto;

$$\text{Rendimiento (m}^3/\text{min)} = \frac{V(\text{m}^3)}{TCZ(\text{min}) + Tt(\text{min}) + Tm(\text{min})}$$

Donde:

V : Volumen (m<sup>3</sup>);

TCZ : Tiempo construcción zanja;

Tt : Tiempo de traslado;

Tm : Tiempo muerto.

#### 5.1.6.- Ajuste de los rendimientos a una función de distribución de probabilidad

Los rendimientos calculados para subsolado con camellón y zanjas de infiltración se ajustaron a funciones de distribución de probabilidad, con el objetivo de obtener la probabilidad de un rendimiento determinado para cada uno de los predios estudiados. Las distribuciones estudiadas corresponden a las funciones Normal, Exponencial, Log-normal y Gumbel.

La validación del ajuste de los datos se realizó a través del coeficiente de determinación R<sup>2</sup> y la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S).

- **Coefficiente de determinación R<sup>2</sup>:** Este coeficiente indica qué proporción de la variación total de la frecuencia observada, es explicada por la frecuencia teórica acumulada. Se encuentra definido por la siguiente expresión (Pizarro, 1998).



$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Fn(x)_i - F(x)_i)^2}{\sum (Fn(x)_i - Fn(x)_i)^2}$$

Donde:

$R^2$  : Coeficiente de determinación:  $0 \leq R^2 \leq 1$ ;

$F_n(x)_i$  : Media de las frecuencia observadas acumuladas;

$F_n(x)_i$  : Frecuencias observadas acumuladas;

$F(x)_i$  : Frecuencias teóricas acumuladas.

- **Test de Kolmogorov-Smirnov:** Esta prueba es aplicable a muestras de tamaño pequeño, se basa en una comparación entre las funciones de distribución acumulada que se observan en la muestra ordenada y la distribución propuesta bajo la hipótesis nula. Si esta comparación revela una diferencia suficientemente grande entre las funciones de distribución muestral y la propuesta, entonces la hipótesis nula de que la distribución es  $F_n(x)_i$ , se rechaza. (Canavos,1988). La estadística de K-S se define como:

$$D_n = \text{Máx} | F_n(x)_i - F(x)_i |$$

### 5.1.7.- Análisis estadístico de los rendimientos

Durante esta etapa, se analizaron estadísticamente los rendimientos obtenidos para ambas obras de conservación de aguas y suelos, con el objetivo de establecer la existencia o no, de diferencia de rendimientos dentro de la región y entre regiones, en el caso de zanjas de infiltración.

Para llevar a cabo el análisis se realizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y *U* Mann-Whitney, ya que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza, necesarios para la realización de un análisis de varianza ANDEVA (Apéndice 3).

#### **5.1.7.1.- Prueba Kruskal-Wallis**

Esta prueba es una alternativa no paramétrica a la prueba F; sólo requiere que los  $\epsilon_{ij}$  tengan la misma distribución continua para todos los niveles de los factores  $i = 1, 2, \dots, a$  (Montgomery y Runger, 1996).

Siegel (1972), señala que es una prueba útil para decidir si  $K$  muestras independientes provienen de poblaciones diferentes o no.

La hipótesis planteada es:

$H_0$ : Los  $k$  rendimientos proceden de la misma población o de poblaciones idénticas con respecto a los promedios.

$H_1$ : Al menos un rendimiento proviene de una población distinta.

El estadístico de la prueba Kruskal-Wallis mide el grado en que el promedio real observado de la clasificación  $\bar{R}_i$  difiere de su valor esperado,  $(N+1)/2$ . Si esta diferencia es grande, entonces se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  (Montgomery y Runger, 1996).

El estadístico de la prueba es:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^a \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Donde:

N : Número total de observaciones;

$R_i$  : Promedio de los  $n_i$  rangos del  $i$ -ésimo tratamiento;

$n_i$  : Número de observaciones del tratamiento  $i$ .

### 5.1.7.2.- Prueba U de Mann-Whitney

El objetivo de la prueba U, es determinar si dos muestras provienen o no de la misma población. Este test forma parte del conjunto de pruebas no paramétricas, por lo que no requiere de los supuestos de normalidad e igualdad de varianza (Mason y Lind, 1995).

La U es la prueba no paramétrica considerada más potente para comparar dos variables continuas independientes. Las dos muestras pueden tener tamaños distintos. Cuando existen desequilibrios significativos, los detecta esta prueba, basada en la suma de los rangos para cada grupo (Álvarez, 1995).

La hipótesis planteada en este estudio es:

$H_0$  : Los rendimientos de los predios A y B provienen de la misma población.

$H_1$  : Los rendimientos de los predios A y B no provienen de la misma población.

### **5.1.8.- Análisis de costos**

Para el análisis de los costos involucrados en la construcción de las obras de conservación de aguas y suelos estudiadas, se utilizó la tabla de costos de CONAF para el año 2004. El análisis de costos para zanjas de infiltración se realizó en  $m^3/jH$ , por lo que el valor entregado por CONAF de 1.165 \$/m para zanjas de dimensiones ( $B= 0.2$  m y  $H= 0.2$  m), se transformó en 29.125 \$/m<sup>3</sup>. El análisis de subsolado con camellón se realizó en \$/ha.

### **5.1.9.- Análisis gráfico**

Para la realización del análisis gráfico, se utilizaron los rendimientos promedio obtenidos para cada una de las obras estudiadas, los cuales fueron graficados en función de las diferentes variables involucradas. Con esto se pretende determinar la influencia de cada variable en los rendimientos obtenidos.

### **5.1.10.- Registro de la precipitación**

A través de las mediciones realizadas en zanjas de infiltración, se observó que la variable contenido de humedad del suelo presenta gran importancia en los rendimientos. Para dar respuesta a esta interrogante, se extrajo el registro de las precipitaciones caídas durante veinte días antes de las mediciones en cada uno de los predios estudiados, con el objetivo de tener una aproximación acerca del contenido de humedad presente en el suelo.

El registro de las precipitaciones, se extrajo de las estaciones meteorológicas Paredones, Llanillos, Name y Chequén, instaladas por la Sociedad EIAS, Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos, 2004, de la Universidad de Talca.

#### **5.1.11.- Análisis y discusión**

En este capítulo se analizaron y discutieron los resultados obtenidos a través de los diferentes análisis estadísticos y gráficos aplicados al conjunto de datos, para ambas obras de conservación de aguas y suelos en estudio.

#### **5.1.12.- Conclusiones y recomendaciones**

En base a los objetivos planteados, los resultados obtenidos y los análisis realizados, en este punto se exponen las conclusiones, junto con las recomendaciones posibles de obtener en este estudio.

## 5.2.- Materiales

Para la realización de este estudio se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Vehículo, combustible y gastos de peaje
- Base de datos de precipitaciones EIAS (Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos)
- Planillas de registro de datos en terreno
- Plan de manejo de cada predio
- Cronómetro digital
- Clinómetro
- Huincha de distancia
- Bolsas
- Instrumento para extracción de muestras de densidad aparente
- Pala

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó un equipo computacional con los programas Microsoft Word, Microsoft Excel y Statgraphics 4.0.

Cabe mencionar, que los costos involucrados en el estudio, fueron efectuados por la Sociedad EIAS, Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos.

## 6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la metodología planteada en el capítulo anterior, los resultados obtenidos son los siguientes:

### 6.1.- Subsolado con camellón

#### 6.1.1.- Caracterización de los sitios de ensayo

Como se menciona en la metodología, se tomaron dos submuestras de suelo para cada predio, de las cuales se obtuvo una muestra única para cada sitio de estudio.

Los resultados de los análisis de suelo presentados en la Tabla 14, indican que los cuatro predios estudiados presentaron una textura Franco arenosa. Con respecto a la pendiente media del terreno, presentó una variación de 0 y 25,5 % para los predio Caliboro y El Remolino, respectivamente. La densidad aparente presenta variaciones entre 1,35 gr/cc y 1,72 gr/cc, la menor densidad aparente la presentó el predio El Remolino, en tanto que la mayor se verificó en el predio Caliboro.

**Tabla 14.- Caracterización de predios asociados a subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente (gr/cc)</b>	<b>Pendiente media (%)</b>
Malpaso	Franco arenoso	1,70	24,5
Las Higueras	Franco arenoso	1,39	2
Caliboro	Franco arenoso	1,72	0
El Remolino	Franco arenoso	1,35	25,5

### 6.1.2.- Determinación de los rendimientos

En la Tabla 15, se muestran los rendimientos máximos, mínimos y promedio, además del tamaño muestral, distanciamiento entre líneas, coeficiente de variación y desviación estándar, obtenidos para el subsolado con camellón, realizado con Bulldozer D8.

**Tabla 15.- Resumen estadístico de subsolado con camellón**

Predio	N	Rendimientos					Distanciamiento entre líneas (m)
		Mínimo (m/h)	Máximo (m/h)	Promedio (m/h)	D.E.	C.V.	
Malpaso	49	317,29	2741,77	1823,81	426,82	0,2340	4,2
Las Higueras	32	1403,78	5170,38	3856,87	713,79	0,1851	4,8
Caliboro	38	1106,80	4104,35	2966,29	573,30	0,1933	3,9
El Remolino	107	433,18	3260,11	1708,93	519,35	0,3039	4,3

N: Tamaño muestral

D.E: Desviación estándar

C.V: Coeficiente de variación

Para un análisis más riguroso, se confeccionó un índice de variación comparativo del rendimiento, definido por:

$$IVCR = \frac{(R_{max i} - R_j)}{R_{max i}} * 100$$

Donde:

IVCR : Índice de variación comparativo del rendimiento;

R<sub>max i</sub> : Máximo rendimiento alcanzado en la categoría i, con i = rendimiento máximo, mínimo o promedio;

R<sub>j</sub> : Rendimiento del predio j.



**Tabla 16.- Diferencia porcentual con respecto al máximo valor obtenido, en el rendimiento promedio, el máximo y el mínimo, para subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Rendimiento Promedio (%)</b>	<b>Rendimiento Máximo (%)</b>	<b>Rendimiento Mínimo (%)</b>
Malpaso	52,7	47,0	77,4
Las Higueras	0,0	0,0	0,0
Caliboro	23,1	20,6	21,2
El Remolino	55,7	36,9	69,1

En la Tabla 16, se observan las diferencias porcentuales con respecto al rendimiento promedio, máximos y mínimos, obtenidos para cada predio en que se estudió la construcción de subsolado con camellón. A través de ésta se observa que los rendimientos mínimos obtenidos, son los que presentan las mayores diferencias porcentuales en cada una de las categorías analizadas. Asimismo, Las Higueras es el predio con mayor rendimiento alcanzado en las distintas categorías.

### **6.1.3.- Ajuste de rendimientos del subsolado con camellón, a funciones de distribución de probabilidad**

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de bondad de ajuste, coeficiente de determinación  $R^2$  y test de Kolmogorov-Smirnov, para las funciones de distribución aplicadas; Normal, Exponencial, Log-normal y Gumbel. Los parámetros estadísticos para cada función se presentan en el Apéndice 5.

**Tabla 17.- Ajuste predio Malpaso**

<b>Malpaso</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,87	Rechaza
Exponencial	0,85	Rechaza
Log-normal	0,84	Rechaza
Gumbel	0,94	No rechaza

**Tabla 18.- Ajuste predio Las Higueras**

<b>Las Higueras</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,73	Rechaza
Exponencial	0,70	Rechaza
Log-normal	0,78	Rechaza
Gumbel	0,90	No rechaza

**Tabla 19.- Ajuste predio Caliboro**

<b>Caliboro</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,81	Rechaza
Exponencial	0,75	Rechaza
Log-normal	0,76	Rechaza
Gumbel	0,97	No rechaza

**Tabla 20.- Ajuste predio El Remolino**

<b>El Remolino</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,90	Rechaza
Exponencial	0,91	Rechaza
Log-normal	0,92	Rechaza
Gumbel	0,98	No rechaza

A través de los ajustes realizados, se observa que la función de distribución que representa de mejor manera los rendimientos en la construcción de subsolado con camellón, es la distribución Gumbel. Con las funciones encontradas se determinó la probabilidad de obtener un rendimiento dado, para cada uno de los predios en que se estudió subsolado con camellón.

La Tabla 21, presenta las funciones obtenidas para cada uno de los predios.

**Tabla 21.- Funciones de distribución de probabilidad subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Función de Gumbel: F(x)</b>
Malpaso	$e^{- ( e^{- 0,0030 * ( X - 1631,72 ) } )}$
Las Higueras	$e^{- ( e^{- 0,0018 * ( X - 3535,63 ) } )}$
Caliboro	$e^{- ( e^{- 0,0025 * ( X - 2708,28 ) } )}$
El Remolino	$e^{- ( e^{- 0,0025 * ( X - 1475,19 ) } )}$

X = Rendimiento (m/h)

La Tabla 22, muestra los rendimientos obtenidos al aplicar las funciones encontradas para cada uno de los predios estudiados; a través de ésta se observa que existe un 50 % de probabilidad de que los rendimientos sean mayores a 3.739,2 m/h en Las Higueras; 2.854,9 m/h en Caliboro; 1.753,9 m/h en Malpaso y 1.621,8 m/h en El Remolino. Además es posible observar la probabilidad de 40 y 30 % que los rendimientos sean superados.

**Tabla 22.- Probabilidad de rendimiento para predios de subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Las Higueras</b>	<b>Caliboro</b>	<b>Malpaso</b>	<b>El Remolino</b>
<b>Probabilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>P(X)</b>	<b>(m/h)</b>	<b>(m/h)</b>	<b>(m/h)</b>	<b>(m/h)</b>
$P(x > X) = 0,5$	3739,2	2854,9	1753,9	1621,8
$P(x > X) = 0,4$	3908,8	2976,9	1855,6	1743,9
$P(x > X) = 0,3$	4108,4	3120,7	1975,4	1887,6

La Tabla 23, presenta la probabilidad de que el rendimiento promedio de 2.589 m/h para el conjunto de predios analizados, sea superado. A través de ésta es posible observar que los predios El Remolino y Malpaso presentan probabilidades de 5,5 y 6,0 % respectivamente, de superar el rendimiento promedio. Los predios Las higueras y Caliboro presentan probabilidades de 99,6 y 74 % respectivamente.

**Tabla 23.- Probabilidad de superar el rendimiento promedio, para subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Probabilidad de superar el rendimiento promedio</b>
Malpaso	5,5%
Las Higueras	99,6%
Caliboro	74,0%
El Remolino	6,0%

#### **6.1.4.- Análisis estadístico del subsolado con camellón**

##### **6.1.4.1.- Pruebas estadísticas no pamétricas, para subsolado con camellón**

Las pruebas no paramétricas, aplicadas en este estudio corresponden a Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos, para cada una de ellas, se presentan a continuación:

##### **i).- Prueba Kruskal-Wallis**

**Tabla 24.- Prueba Kruskal-Wallis subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Tamaño muestral</b>	<b>Rango</b>	<b>Test</b>	<b>Valor-p</b>
El Remolino	49	87,6		
Malpaso	107	79,2	124,8	0,0
Las Higueras	32	204,9		
Caliboro	38	166,5		

La prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis (Tabla 24), señala que los rendimientos no provienen de una misma población o poblaciones idénticas con respecto a los promedios, por lo que se rechaza con un 95 % de confianza la hipótesis nula planteada.

## ii).- Prueba *U* de Mann-Whitney

**Tabla 25.- Prueba *U* de Mann-Whitney subsolado con camellón**

<b>Predios</b>	<b>Valor - p</b>	<b>Decisión</b>
Malpaso v/s El Remolino	0,25	No rechazar
Malpaso v/s las Higueras	0	Rechazar
Malpaso v/s Caliboro	2,0 E -12	Rechazar
El Remolino v/s Las Higueras	0	Rechazar
El Remolino v/s Caliboro	0	Rechazar
Las Higueras v/s Caliboro	2,4 E -10	Rechazar

Los resultados arrojados por la prueba *U* de Mann-Whitney, presentados en la Tabla 25, indica que los predios El Remolino y Malpaso no presentan diferencias significativas entre sus rendimientos, por lo que la hipótesis nula planteada no se puede rechazar. Con respecto a las otras comparaciones realizadas, los valores *p* arrojados por la prueba, presentan valores inferiores al valor de significancia utilizado ( $\alpha = 0,05$ ), por lo tanto la hipótesis nula planteada es rechazada en todos los casos.

### 6.1.5.- Costos de construcción de subsolado con camellón

La Tabla 26, muestra el costo que posee la empresa de servicios forestales, EMSEFOR involucrada en el estudio, además de la bonificación entregada por CONAF para la construcción del subsolado con camellón.

**Tabla 26.- Bonificación CONAF y costo EMSEFOR, subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Bonificación CONAF (\$/ha según tabla costos 2004)</b>	<b>Costo (\$ /ha EMSEFOR *)</b>
Malpaso	119.935	119.000
Las Higueras	119.935	119.000
Caliboro	119.935	119.000
El Remolino	119.935	119.000

(\*) Involucra: traslado, mantención, combustible y operario

Fuente: Empresa de servicios forestales, INDEF.

## 6.2.- Zanjas de infiltración

### 6.2.1.- Caracterización de los sitios de ensayo

El estudio del rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración, se realizó en el secano costero de las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío, donde se muestrearon tres predios en cada Región. La caracterización de los sitios de ensayo, al igual que en subsolado con camellón, se realizó a través de la pendiente media, la densidad aparente y la textura que presenta cada uno de los predios (Tabla 27).

**Tabla 27.- Caracterización de los predios con zanjas de infiltración**

<b>Región</b>	<b>Predio</b>	<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente (gr/cc)</b>	<b>Pendiente media (%)</b>
VI	San Francisco	Franco arenoso	1,58	19
	El Cimarrón	Franco arenoso	1.69	27
	El Quillay	Franco arenoso	1,65	9
VII	Malpaso	Franco arenoso	1,70	16
	Las Pitras	Franco arenoso	1.50	16
	Lote Uno	Franco arenoso	1,28	9,5
VIII	La Isla	Franco arenoso	1,2	35,6
	Chaneco	Franco arenoso	1.41	17.6
	Maiquimiliu	Franco arenoso	1,76	15,5

## 6.2.2.- Determinación de los rendimientos

La Tabla 28, muestra el resumen estadístico de los rendimientos obtenidos en cada predio donde tuvieron lugar las mediciones de zanjas de infiltración.

**Tabla 28.- Resumen estadístico de rendimientos en zanjas de infiltración**

Predio	N	Mínimo (m <sup>3</sup> /jH)	Máximo (m <sup>3</sup> /jH)	Promedio (m <sup>3</sup> /jH)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
San Francisco	205	4,30	17,73	10,14	2,68	0,26
El Cimarrón	100	5,67	32,29	11,30	3,77	0,60
El Quillay	34	5,80	11,41	8,49	1,68	0,19
Malpaso	140	4,88	5,20	5,04	1,55	0,31
Las Pitras	56	3,79	4,28	4,03	1,00	0,24
Lote uno	67	3,56	4,01	3,79	1,07	0,28
La Isla	77	4,70	5,28	4,84	1,28	0,27
Chapeco	29	7,32	8,77	8,05	2,83	0,35
Maiquimiliu	37	13,96	15,24	14,60	4,53	0,31

N: Tamaño muestral

jH : Jornada de 8 horas hombre

Para un análisis más riguroso, se confeccionó un índice de variación comparativo del rendimiento, definido por:

$$IVCR = \frac{(R_{\max i} - R_j)}{R_{\max i}} * 100$$

Donde:

IVCR : Índice de variación comparativo del rendimiento;

R<sub>maxi</sub> : Máximo rendimiento alcanzado en la categoría i, con i = rendimiento máximo, mínimo o promedio;

R<sub>j</sub> : Rendimiento del predio j.

**Tabla 29.- Diferencia porcentual con respecto al máximo valor obtenido en el rendimiento promedio, el máximo y el mínimo, para zanjas de infiltración**

<b>Predio</b>	<b>Rendimiento promedio (%)</b>	<b>Rendimiento máximo (%)</b>	<b>Rendimiento mínimo (%)</b>
San Francisco	30,6	45,1	69,2
El Cimarrón	22,6	0,0	59,4
El Quillay	41,8	64,7	58,4
Malpaso	65,5	83,9	65,0
Las Pitras	72,4	86,7	72,9
Lote uno	74,1	87,6	74,5
La Isla	66,8	83,6	66,4
Chapeco	44,9	72,8	47,5
Maiquimiliu	0,0	52,8	0,0

A través de la Tabla 29, es posible observar que existe una gran variabilidad en la construcción de zanjas de infiltración, con respecto a los rendimientos promedio, máximos y mínimos obtenidos en el estudio.

### **6.2.3- Ajuste de rendimientos de zanjas de infiltración, a funciones de distribución de probabilidad**

A continuación, se presentan las funciones de distribución de probabilidad aplicadas y sus respectivas pruebas de bondad de ajuste, a saber, coeficiente de determinación  $R^2$  y test de Kolmogorov-Smirnov. Los parámetros de las funciones aplicadas se presentan en el Apéndice 5.



### 6.2.3.1.- Predios Región de O'Higgins

**Tabla 30.- Ajuste predio San Francisco**

<b>San Francisco</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,89	Rechaza
Exponencial	0,94	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Gumbel	0,98	No rechaza

**Tabla 31.- Ajuste predio El Cimarrón**

<b>El Cimarrón</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,58	Rechaza
Exponencial	0,97	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Gumbel	0,99	No rechaza

**Tabla 32.- Ajuste predio El Quillay**

<b>El Quillay</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,93	Rechaza
Exponencial	0,96	Rechaza
Log-normal	0,93	Rechaza
Gumbel	0,95	No rechaza

### 6.2.3.2.- Predios Región del Maule

**Tabla 33.- Ajuste predio Malpaso**

<b>Malpaso</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,87	Rechaza
Exponencial	0,95	Rechaza
Log-normal	0,92	Rechaza
Gumbel	0,99	No rechaza

**Tabla 34.- Ajuste predio Las Pitras**

<b>Las Pitras</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,93	Rechaza
Exponencial	0,97	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Gumbel	0,98	No rechaza

**Tabla 35.- Ajuste predio Lote uno**

<b>Lote uno</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,95	Rechaza
Exponencial	0,98	Rechaza
Log-normal	0,96	Rechaza
Gumbel	0,98	No rechaza

### 6.2.3.3.- Predios Región del Bío Bío

**Tabla 36.- Ajuste predio La Isla**

<b>La Isla</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,92	Rechaza
Exponencial	0,96	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Gumbel	0,98	No rechaza

**Tabla 37.- Ajuste predio Chapeco**

<b>Chapeco</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,9	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Exponencial	0,75	Rechaza
Gumbel	0,97	No rechaza

**Tabla 38.- Ajuste predio Maiquimiliu**

<b>Maiquimiliu</b>		
<b>Distribución</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>K-S</b>
Normal	0,90	Rechaza
Exponencial	0,96	Rechaza
Log-normal	0,94	Rechaza
Gumbel	0,99	No rechaza

A través de los ajustes realizados, se observa que la función de distribución de probabilidad Gumbel es la que representa de mejor manera los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración. Las funciones serán utilizadas para determinar la probabilidad de encontrar un rendimiento dado, en cada uno de los predios en estudio.

La tabla 39, muestra las funciones de distribución de probabilidad determinadas para cada uno de los predios en que se estudió el rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración.

**Tabla 39.- Funciones de distribución para zanjas de infiltración**

<b>Predio</b>	<b>Función de Gumbel: F(x)</b>
San Francisco	$e^{- (e^{-0,4780*(X-8,9311)})}$
El Cimarrón	$e^{- (e^{-0,1916*(X-8,0638)})}$
El Quillay	$e^{- (e^{-0,7651*(X-7,7370)})}$
Malpaso	$e^{- (e^{-0,8273*(X-4,3409)})}$
Las Pitras	$e^{- (e^{-1,3368*(X-3,6029)})}$
Lote uno	$e^{- (e^{-1,2001*(X-3,3057)})}$
La Isla	$e^{- (e^{-0,9987*(X-4,2624)})}$
Chapeco	$e^{- (e^{-0,4531*(X-6,7720)})}$
Maiquimiliu	$e^{- (e^{-0,2837*(X-12,5668)})}$

X = Rendimiento (m<sup>3</sup>/jH)

La Tabla 40, presenta una aplicación de las funciones de distribución encontradas para la Región de O'Higgins; a través de ésta se observa que existe un 50 % de probabilidad de que los rendimientos sean mayores a 10,68 en El Cimarrón; 9,70 en San Francisco y 8,22 en El Quillay.

**Tabla 40.- Probabilidad de rendimientos predios Región de O'Higgins**

<b>Predio</b>	<b>El Cimarrón</b>	<b>San Francisco</b>	<b>El Quillay</b>
<b>Probabilidad P(X)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>/jH)</b>
P (x > X) = 0,5	10,68	9,70	8,22
P ( x > X) = 0,4	11,58	10,34	8,62
P ( x > X) = 0,3	12,64	11,09	9,08

La Tabla 41, presenta una aplicación de las funciones de distribución encontradas para la Región del Maule; a través de ésta se observa que existe un 50 % de probabilidad que los rendimientos sean mayores a 4,78 en Malpaso; 3,88 en Las Pitras y 3,61 en Lote uno.

**Tabla 41.- Probabilidad de rendimientos predios Región del Maule**

<b>Predio</b>	<b>Malpaso</b>	<b>Las Pitras</b>	<b>Lote uno</b>
<b>Probabilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>P(X)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>
P (x > X) = 0,5	4,78	3,88	3,61
P ( x > X) = 0,4	5,15	4,11	3,87
P ( x > X) = 0,3	5,59	4,37	4,16

La Tabla 42, muestra una aplicación de las funciones de distribución encontradas para la Región del Bío Bío; a través de ésta se observa que existe un 50 % de probabilidad que los rendimientos sean mayores a 13,86 en Maiquimiliu; 7,58 en Chapeco y 4,63 en La Isla.

**Tabla 42.- Probabilidad de rendimientos predios Región del Bío Bío**

<b>Predio</b>	<b>Maiquimiliu</b>	<b>Chapeco</b>	<b>La Isla</b>
<b>Probabilidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>P(X)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>	<b>(m<sup>3</sup>/jH)</b>
P (x > X) = 0,5	13,86	7,58	4,63
P ( x > X) = 0,4	14,93	8,25	4,93
P ( x > X) = 0,3	16,20	9,05	5,29

La tabla 43, presenta la probabilidad de que el rendimiento promedio obtenido para el conjunto de predios estudiados (7,81 m<sup>3</sup>/jH), sea superado. A través de esta se observa que las menores probabilidades se presentan en los predios Malpaso, Lote uno y Pitras pertenecientes a la Región de Maule y el predio La Isla perteneciente a la Región del Bío Bío.

**Tabla 43.- Probabilidad de superar el rendimiento promedio en la construcción de zanjas de infiltración**

<b>Predio</b>	<b>Probabilidad de superar el rendimiento promedio</b>
El Quillay	61,2%
San Francisco	81,9%
El Cimarrón	65,0%
Malpaso	5,5%
Lote uno	0,4%
Las Pitras	0,4%
Chapeco	46,5%
La Isla	2,9%
Maiquimiliu	97,9%

#### **6.2.4.- Análisis estadístico de zanjas de infiltración**

##### **6.2.4.1.- Pruebas estadísticas no paramétricas**

Las pruebas no paramétricas utilizadas, corresponden a Kruskal-Wallis y U de Mann Whitney; éstas contemplan un análisis dentro y entre regiones. Los resultados obtenidos para cada prueba, se presentan a continuación.

**i).-Prueba Kruskal-Wallis**

**Tabla 44.- Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región de O'Higgins**

<b>Predio</b>	<b>Tamaño muestral</b>	<b>Rango</b>	<b>Test estadístico</b>	<b>Valor-p</b>
San Francisco	205	162,2		
El Quillay	34	104,0	21,3	1,7 E <sup>-5</sup>
El Cimarrón	100	194,2		

La Tabla 44, muestra los resultados de la prueba Kruskal-Wallis aplicada a la Región de O'Higgins. El valor p arrojado por la prueba es de 1,7 E<sup>-5</sup>, por lo tanto existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula y afirmar con un 95 % de confianza que los rendimientos provienen de poblaciones distintas.

**Tabla 45.- Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región del Maule**

<b>Predio</b>	<b>Tamaño muestral</b>	<b>Rango</b>	<b>Test estadístico</b>	<b>Valor-p</b>
Malpaso	140	159,6		
Lote uno	67	93,3	4,5	1,7E <sup>-9</sup>
Las Pitras	56	102,7		

Al comparar los predios Malpaso, Lote uno y Las Pitras correspondientes a la Región del Maule (Tabla 45), la prueba arroja un valor p de 1,7 E<sup>-9</sup>. Por lo tanto, se afirma con un 95 % de confianza que los rendimientos provienen de poblaciones diferentes.

**Tabla 46.- Prueba Kruskal-Wallis para predios de la Región del Bío Bío**

<b>Predio</b>	<b>Tamaño muestral</b>	<b>Rango</b>	<b>Test estadístico</b>	<b>Valor-p</b>
Chapeco	29	26,0		
La Isla	77	42,3	94,5	0,0
Maiquimiliu	27	121,6		

Para los predios Chapeco, La Isla y Maiquimiliu correspondientes a la Región del Bío Bío (Tabla 46), el valor p obtenido para la prueba es de 0,0. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, para un valor de significancia ( $\alpha = 0,05$ ).

**Tabla 47.- Prueba Kruskal-Wallis entre regiones zanjas de infiltración**

Predio	Tamaño muestral	Rango	Test estadístico	Valor-p
VI	350	535,3		
VII	263	176,1	406,9	0,0
VIII	143	367,0		

Al analizar los rendimientos entre las regiones estudiadas (Tabla 47), se observa un valor p de 0,0. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye con un 95 % de confianza que existe diferencias significativas entre los rendimientos por región.

**ii).- Prueba U de Mann-Whitney**

**Tabla 48.- Prueba U de Mann-Whitney para zanjas de infiltración**

Región	Predios	Valor - p	Decisión
VI	San Francisco v/s El Quillay	1,7 E -4	Rechazar
	San Francisco v/s El Cimarrón	0,02	Rechazar
	El Quillay v/s El Cimarrón	1,9 E -5	Rechazar
VII	Malpaso v/s Lote uno	1,8 E -8	Rechazar
	Malpaso v/s Las Pitras	9,7E -6	Rechazar
	Lote uno v/s Las Pitras	0,15	No rechazar
VIII	Chapeco v/s La Isla	2,8 E -9	Rechazar
	Chapeco v/s Maiquimiliu	2,4 E -8	Rechazar
	Maiquimiliu v/s La Isla	0,0	Rechazar

La Tabla 48, muestra los resultados de la prueba U de Mann-Whitney, aplicada a los predios en que se estudió el rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración. Los resultados de la prueba indican que sólo los rendimientos obtenidos en los predios Lote uno y



Las Pitras, correspondientes a la Región del Maule, no presentan diferencias significativas entre sus rendimientos. El valor  $p$  arrojado por la prueba es de 0,15, por lo tanto se concluye con un 95 % de confianza que los predios provienen de una misma población.

El resto de comparaciones realizadas dentro de las regiones estudiadas, arroja valores  $p$  que fluctúan entre 0,02 para San Francisco v/s El Cimarrón y  $2,8 \times 10^{-9}$  para Chapeco v/s La Isla. Por lo tanto, existen diferencias significativas entre los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración.

**Tabla 49.- Prueba  $U$  de Mann-Whitney entre regiones para zanjas de infiltración**

<b>Región</b>	<b>Valor - <math>p</math></b>	<b>Decisión</b>
VI v/s VII	0,0	Rechazar
VI v/s VIII	0,0	Rechazar
VII v/s VIII	0,0	Rechazar

La prueba  $U$ , aplicada entre las regiones en estudio (Tabla 49), arroja un valor  $p$  de 0,0 en los tres casos. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula con un valor de significancia ( $\alpha = 0,05$ ) y se concluye con un 95 % de confianza que existen diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos para las regiones en estudio.

### **6.2.5- Costos de construcción de zanjas de infiltración**

En la Tabla 50, se presentan los costos de construcción de zanjas de infiltración que poseen las empresas de servicios forestales involucradas en el estudio y la bonificación entregada por CONAF. Cabe mencionar que el valor del subsidio entregado por CONAF, se obtuvo a través de la tabla de costos para el año 2004, en donde se observa un valor por metro lineal construido de zanjas de infiltración de \$ 1.165.

**Tabla 50.- Costos de construcción de zanjas de infiltración**

<b>Región</b>	<b>Predio</b>	<b>Subsidio CONAF (m<sup>3</sup>) según tabla costo 2004*</b>	<b>Costo Real (\$/m<sup>3</sup>)</b>
VI	San Francisco	29.125	3.000
	El Quillay	29.125	3.000
	El Cimarrón	29.125	3.000
VII	Las Pitras	29.125	3.500
	Malpaso	29.125	3.500
	Lote uno	29.125	1.320
VIII	Chapeco	29.125	2.750
	Maiquimiliu	29.125	2.750
	La Isla	29.125	1.033
	<b>Promedio</b>		<b>2.650</b>

\* Fuente: CONAF; Corporación Nacional Forestal, 2004

#### **6.2.6.- Registro de la precipitación**

La Tabla 51, muestra la precipitación acumulada, registrada durante veinte días previos a las mediciones, para cada uno de los predios en que tuvo lugar el estudio de zanjas de infiltración. El apéndice 4, presenta los registros para cada predio.

**Tabla 51.- Registro de precipitación acumulada**

<b>Predio</b>	<b>Precipitación acumulada (mm)</b>
Cimarrón	34,6
Quillay	8,8
San Francisco	12,6
Malpaso	25,8
Pitras	12,2
Lote uno	16
La Isla	21,8
Chapeco	28,8
Maiquimiliu	22,4

Fuente: EIAS Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos, 2004

## **7.-ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el presente capítulo, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior para las dos obras de conservación de aguas y suelos estudiadas.

### **7.1.- Subsolado con camellón**

#### **7.1.1.- Determinación de los rendimientos**

Los rendimientos promedio calculados para la construcción de esta obra de conservación de aguas y suelos realizada con Bulldozer D8, se encuentran entre 0,73 y 1,85 ha/h para los predios El Remolino y Las Higueras, respectivamente. Cabe mencionar, que el predio Las Higueras presenta el mayor distanciamiento entre líneas de subsolado, lo que influye directamente en el mayor rendimiento obtenido, debido a que el distanciamiento entre líneas es directamente proporcional al rendimiento en ha/h.

Debido a que los rendimientos presentan una alta sensibilidad al distanciamiento entre líneas de subsolado, éstos fueron analizados en m/h, con el objetivo de tener estimaciones más reales de los rendimientos en la construcción de esta obra de conservación de aguas y suelos. A partir de lo anterior, los rendimientos promedio calculados para la construcción de subsolado con camellón, se encuentran entre 1.708,9 y 3.856,9 m/h para los predios El Remolino y Las Higueras, respectivamente.

Como se menciona en la metodología, las variables estudiadas para determinar los rendimientos en la construcción de subsolado con camellón, son la textura, la densidad aparente del suelo y la pendiente media del terreno. Con respecto a la textura del suelo, se determinó que ésta no posee una real importancia en los rendimientos obtenidos, debido a que los cuatro predios estudiados presentan una textura franco arenosa en las dos muestras de suelo analizadas.

La Figura 1, muestra la relación entre el rendimiento promedio y la densidad aparente para cada uno de los predios estudiados. A través de esta, es posible observar que no existe una relación entre el rendimiento promedio y la densidad aparente, ya que, tanto el mayor como el menor rendimiento presentan una variación de sólo 0,04 gr/cc en la densidad aparente presente en el suelo.

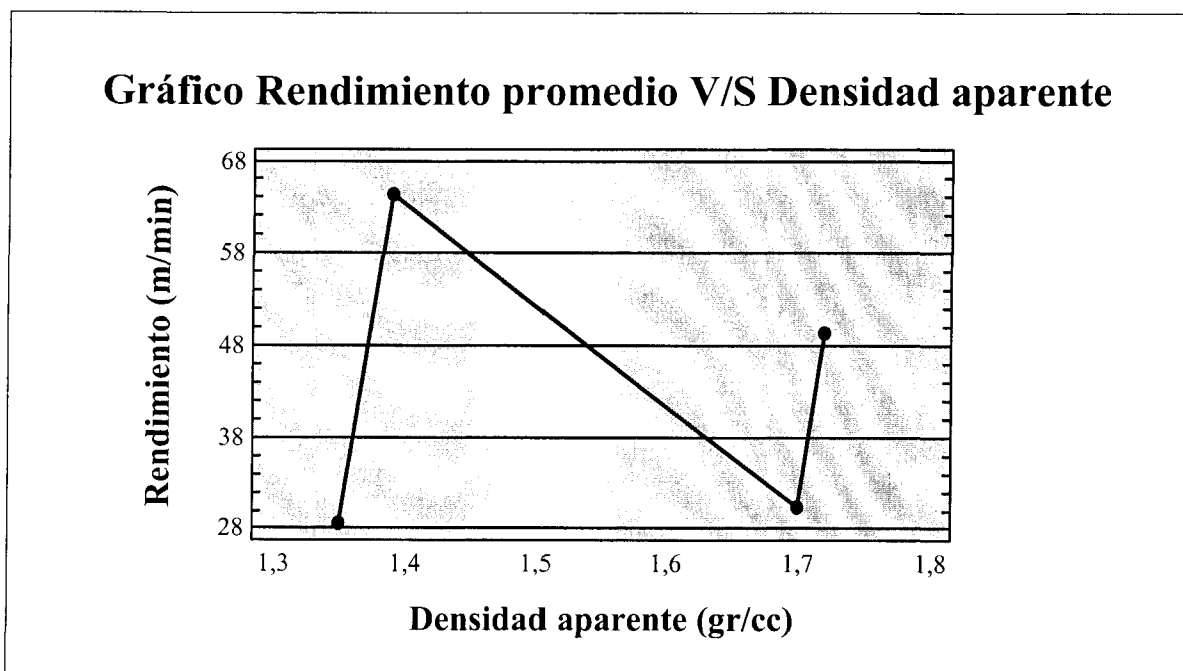
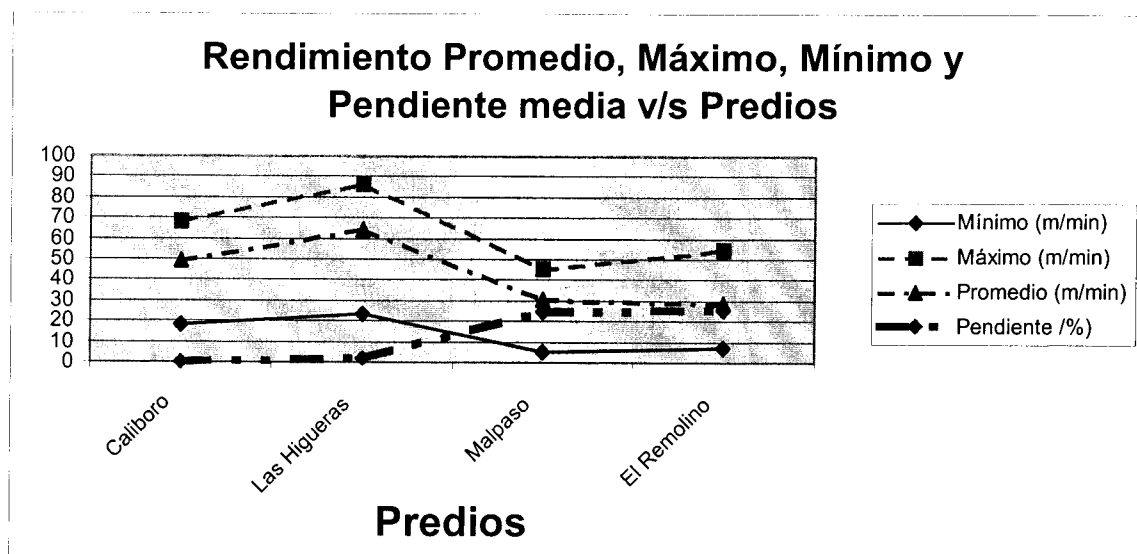


Figura 1.- Gráfico rendimiento promedio v/s densidad aparente, para subsolado con camellón

Con respecto a la relación rendimiento promedio, máximo, mínimo y pendiente media del terreno (Figura 2), la gráfica indica que existe una clara relación entre la pendiente media y los rendimientos obtenidos, ya que los rendimientos disminuyen a medida que se incrementa la pendiente del terreno. Lo anterior se atribuye a que en terrenos de poca pendiente, las distancias subsoladas son más largas y los tiempos involucrados en los giros de la máquina disminuyen, debido que a las condiciones que presenta el terreno son más favorables para realizar este tipo de maniobras.



**Figura 2.- Gráfico rendimiento promedio, máximo, mínimo y pendiente media del terreno v/s predios, para subsolado con camellón**

Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos EIAS (2001), a través del establecimiento de ensayos experimentales efectuados para un bulldozer D8, determinó un rendimiento promedio de 360 m/h, rendimiento que resulta considerablemente inferior a los establecidos en este estudio, debido principalmente a las características de los ensayos, que presentan una reducida superficie (0,16 ha), lo que incrementa el número de giros y disminuye las distancias de las líneas subsoladas, variables determinantes en el rendimiento.

### **7.1.2.- Costos de construcción del subsolado con camellón**

La tabla 24, muestra el costo (\$/ha) que posee la empresa de servicios forestales a cargo de la realización de esta obra en la región del Maule, y el subsidio entregado por CONAF según la tabla de costos para el año 2004. A través de ésta, se observa que el subsidio entregado por CONAF corresponde a 119.935 \$/ha.

Por otro lado, el costo que posee la EMSEFOR es de 119.000 \$/ha para un distanciamiento promedio de 4 m entre líneas de subsolado, costo que contempla traslado, mantención y reparación de la máquina, combustible y sueldo del operario. Por lo tanto, el ingreso que posee la empresa por la construcción de esta obra es de 935 \$/ha.

En el establecimiento de los ensayos realizado por EIAS (2001), la máquina en estudio presentó un costo de 110.000 \$/h, lo que incrementó considerablemente el valor de la construcción del subsolado con camellón, debido principalmente a los bajos rendimientos obtenidos en el establecimiento de los ensayos (360 m/h), rendimiento notablemente inferior a los obtenidos en el estudio.

A través de lo anterior es posible deducir, que es poco factible la realización de subsolado con camellón, en el caso de los pequeños propietarios, debido principalmente al alto costo de arriendo que posee y a las bajas superficies involucradas.

## **7.2.- Zanjas de infiltración**

### **7.2.1.- Determinación de los rendimientos**

La tabla 26, indica el resumen estadístico de los rendimientos obtenidos para zanjas de infiltración. A través de ésta se extrae que los rendimientos promedio por región son de 10; 4,29 y 9,16 (m<sup>3</sup>/jH) para las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío respectivamente. Además es posible observar que los mayores rendimientos por región se obtuvieron en los predios El Cimarrón, Malpaso y Maiquimiliu respectivamente.

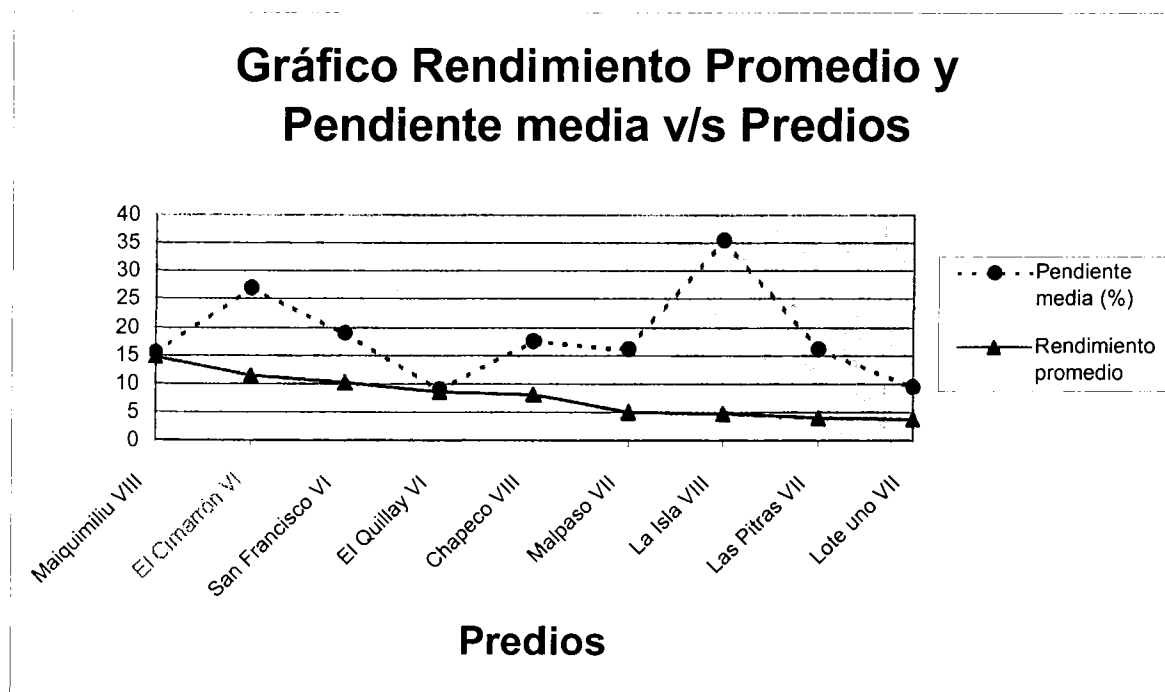
Pizarro, *et al* (2003), indican rendimientos promedio para la construcción de zanjas de infiltración de 2,2; 3,2 y 4,1 m<sup>3</sup>/jH, para las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío respectivamente. Lo anterior indica que los rendimientos obtenidos en este estudio son 454; 133,96 y 223,47 % superiores en cada una de las regiones. Cabe mencionar, que los rendimientos mencionados por Pizarro, corresponden a valores entregados por CONAF, por lo que se observa existe una subestimación de los rendimientos en la construcción de esta obra de conservación de aguas y suelos.

Como se menciona en la metodología, las variables estudiadas para determinar los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración, son la textura, la densidad aparente del suelo y la pendiente media del terreno. Con respecto a la textura del suelo, se determinó que la variable textura no tiene una mayor relevancia en los rendimientos obtenidos, ya que la muestra única determinada a partir de las dos submuestras, presenta para cada uno de los predios, una textura franco arenosa.

La figura 3, presenta la relación entre el rendimiento promedio y la pendiente media para cada predio en estudio. A través de ésta se observa que no existe relación entre el rendimiento y la variable pendiente media, ya que, en las regiones de O'Higgins y Maule

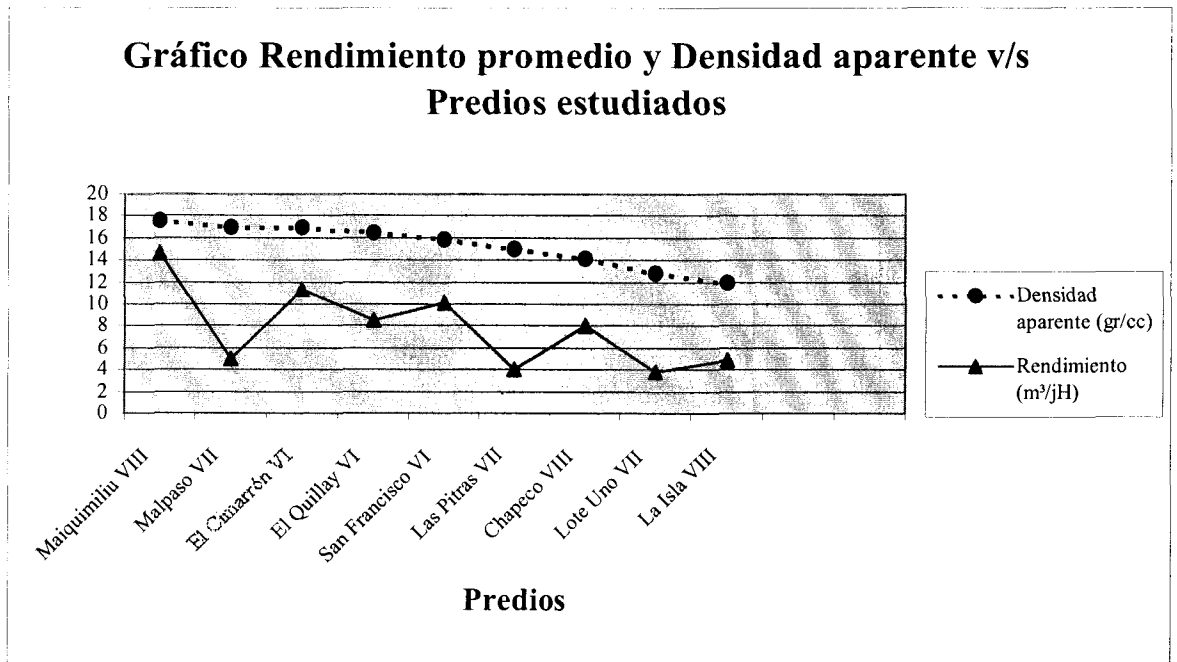


las mayores pendientes presentan los más altos rendimientos en los predios El Cimarrón y Malpaso respectivamente; y, en la región del Bío Bío, la mayor pendiente presentó el menor rendimiento; predio La Isla. Por lo tanto, la variable pendiente media no es una buena indicadora de los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración.



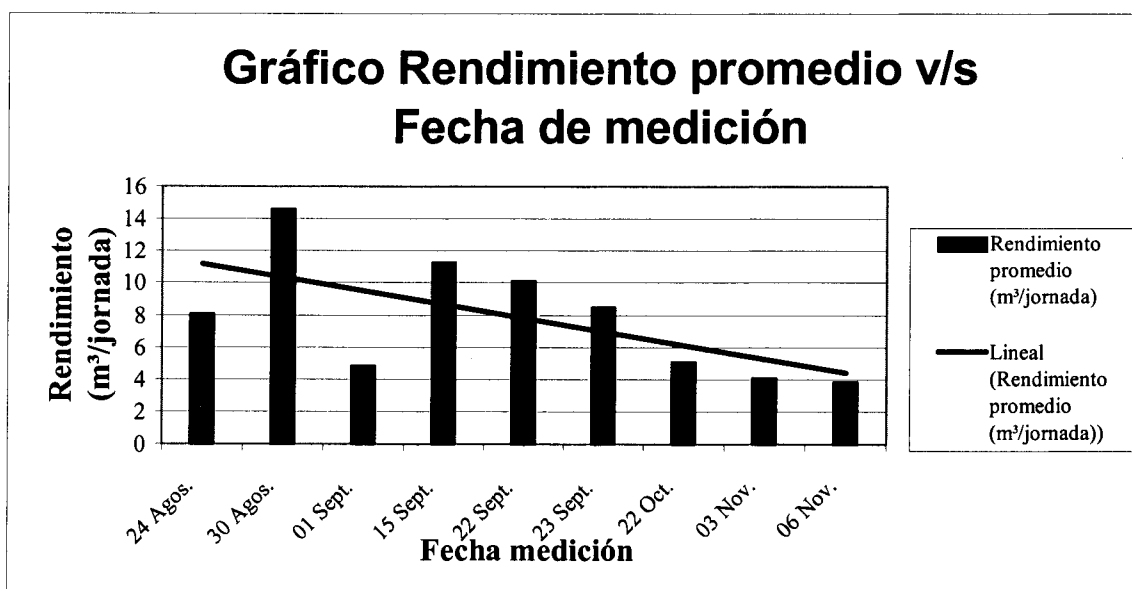
**Figura 3.- Gráfico rendimiento y pendiente media v/s predios con zanjas de infiltración**

Con respecto al rendimiento en relación a la densidad aparente (figura 4), tampoco se observa una relación entre las dos variables, ya que las mayores densidades aparentes, 1,7 y 1,76 gr/cc, presentan rendimientos de 5,04 y 14,60 m<sup>3</sup>/ha para los predios Malpaso y Maiquimiliu, respectivamente, lo que indica una gran diferencia entre los rendimientos, pero no entre las densidades aparentes que presenta el suelo de cada predio. Para densidades intermedias de 1,41 y 1,5 gr/cc, se observan rendimientos de 8,05 y 4,03 m<sup>3</sup>/ha, para los predios Chapeco y Las Pitras, respectivamente. Lo mencionado, confirma que la densidad aparente del suelo no es una variable importante para el rendimiento en la construcción de las zanjas de infiltración.



**Figura 4.- Gráfico rendimiento promedio y densidad aparente v/s predios con zanjas de infiltración**

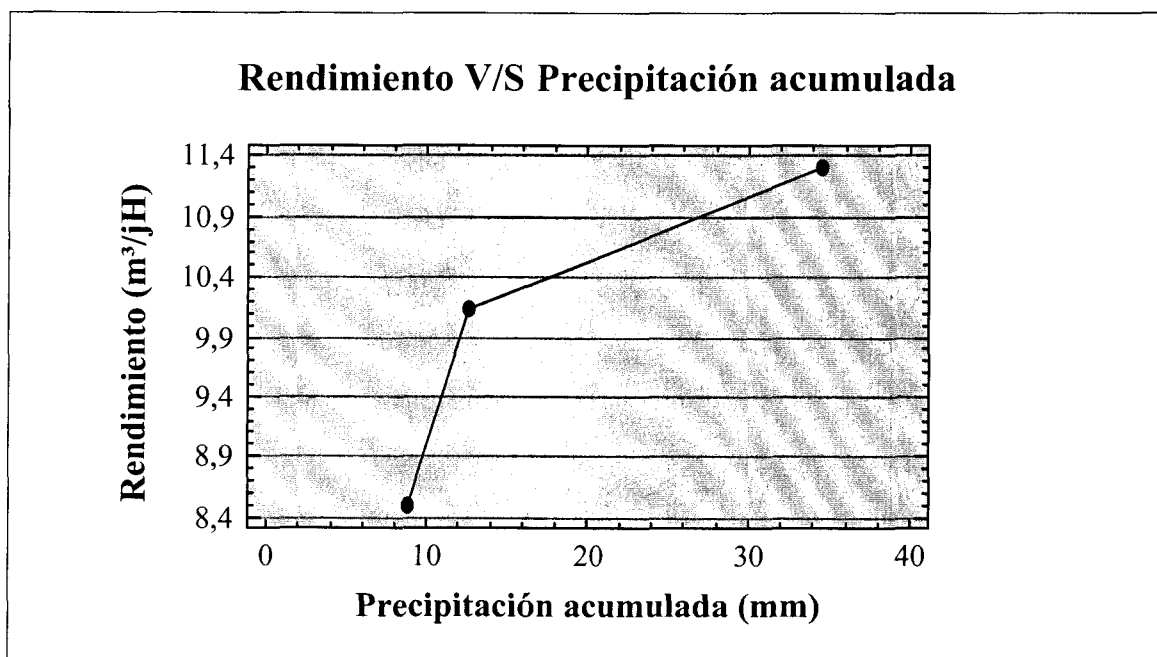
Con el objetivo de determinar una variable que explique los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración, se graficó el rendimiento v/s la fecha de medición de cada predio (Figura 5). Este gráfico, muestra claramente la tendencia que poseen los rendimientos, ya que, éstos disminuyen a medida que se acercan a la época estival. Por esta razón, se asume que la variable contenido de humedad del suelo es la que mayor importancia posee en los rendimientos obtenidos.



**Figura 5.- Gráfico rendimiento v/s fecha de medición, zanjas de infiltración**

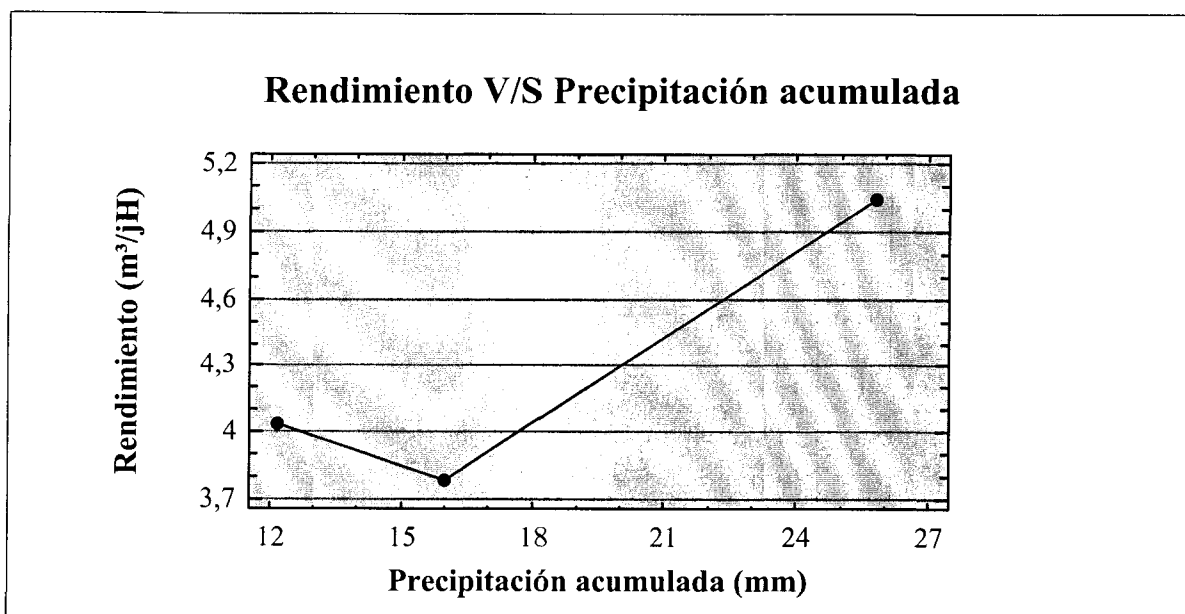
Con el objetivo de determinar la importancia del contenido de humedad del suelo en los rendimientos obtenidos, se registró la precipitación acumulada durante los veinte días previos a la medición para cada uno de los predios involucrados en el estudio.

La Figura 6, muestra la relación entre el rendimiento y la precipitación acumulada para la Región de O'Higgins; a través de ella se observa una clara relación entre las dos variables, ya que los mayores rendimientos se obtuvieron en los predios en que la precipitación acumulada es más alta.



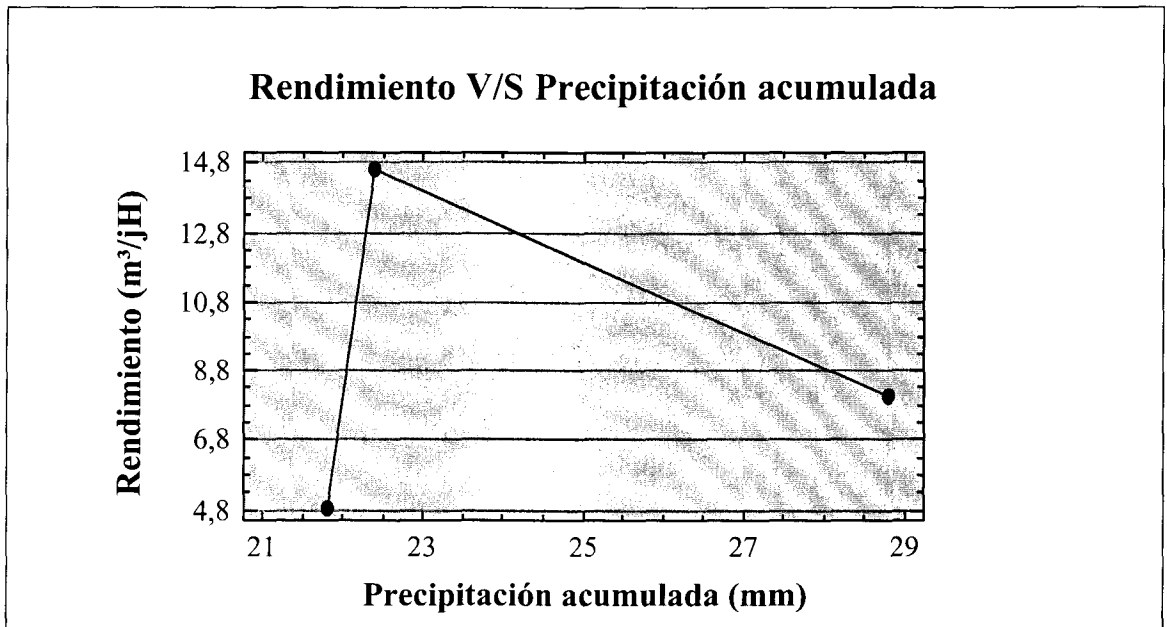
**Figura 6.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la construcción de zanjas de infiltración en la Región de O'Higgins**

La figura 7, muestra la relación entre el rendimiento y la precipitación acumulada para la Región del Maule, a través de ella se observa que el mayor rendimiento obtenido en esta región, presenta la mayor cantidad de precipitación durante los veinte días previos a las mediciones. Además, es posible observar que en los predios que poseen los menores rendimientos, correspondientes a los predios Las Pítras y Lote uno, con rendimientos promedio de 4,03 y 3,79 respectivamente, no se mantiene la relación entre las dos variables. Lo anterior, se atribuye a que en el predio Lote uno se les paga a los jornales por día trabajado, en cambio en el predio las Pítras, se les paga por zanja construida. Esto conllevaría a la obtención de mayores rendimientos en el predio en que los jornales poseen un sueldo por zanja construida.



**Figura 7.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la construcción de zanjas de infiltración en la Región del Maule**

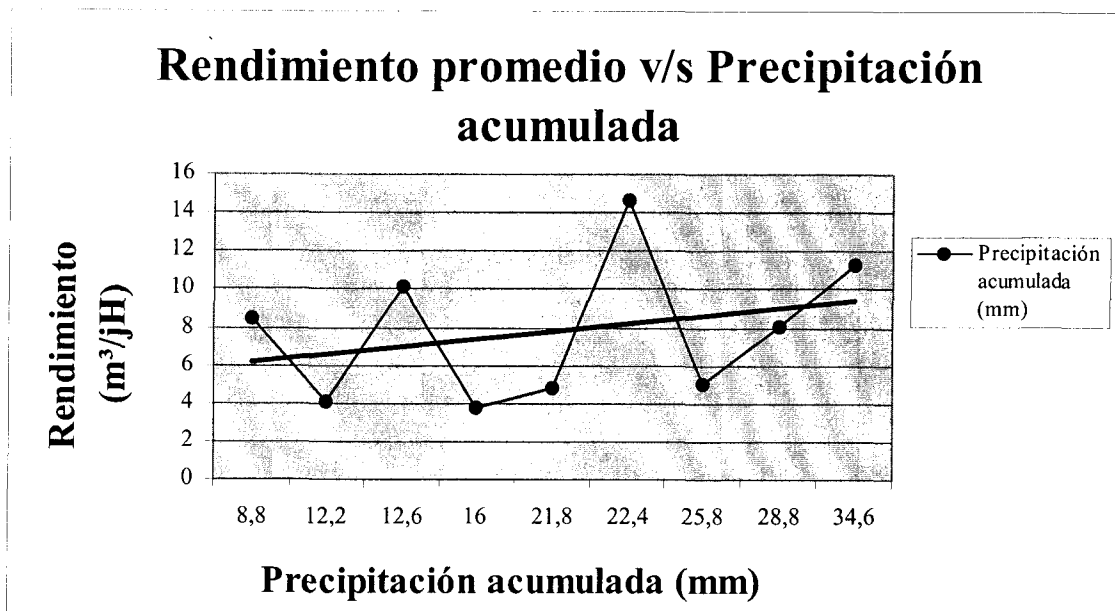
En la figura 8, se observa la relación entre el rendimiento y la precipitación acumulada para la Región del Bío Bío. A través de la figura se observa que el predio Maiquimiliu presenta un mayor rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración, a pesar de que no presenta la mayor cantidad de precipitación acumulada; ésto se explica por la mala calidad de obras realizadas en este predio, ya que en visitas posteriores se observó que las zanjas se encontraban completamente deterioradas producto de precipitaciones caídas en la zona y por ende se deduce que el alto rendimiento estuvo asociado a una deficiente construcción de las obras.



**Figura 8.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para la construcción de zanjas de infiltración en la Región del Bío Bío**

La figura 9, muestra la relación entre el rendimiento promedio y la precipitación acumulada para todos los predios en que tuvo lugar la medición de zanjas de infiltración; a través de ella es posible observar la tendencia del aumento de los rendimientos, cuando la precipitación acumulada durante los veinte días previos a las mediciones, es más alta.

A partir de lo mencionado anteriormente, es posible afirmar que el contenido de humedad presente en el suelo es la variable que mayor relevancia posee en los rendimientos determinados en este estudio.



**Figura 9.- Gráfico rendimiento v/s precipitación acumulada, para predios de zanjas de infiltración**

Con respecto a la calidad de zanjas de infiltración estudiadas, cabe mencionar que se observa que en general existe una carencia en la aplicación de elementos de ingeniería hidrológica en su construcción, ya que, el diseño y la distribución de éstas en el terreno, no son muchas veces los adecuados para que éstas cumplan de manera eficiente el objetivo que poseen.

#### **7.2.2.- Costos de construcción de zanjas de infiltración**

A través de la tabla 50 se extrae que los costos involucrados en la construcción de zanjas de infiltración, para las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío respectivamente, corresponden solo al 10,3; 10,1 y 7,5 % del valor establecido en la tabla de costos por CONAF. A partir de lo anterior se deduce que la Corporación sobrestima los costos

involucrados en la construcción de zanjas de infiltración en un 970,83; 990,65 y 1.337,24 % para las regiones de O'Higgins, Maule y Bío Bío respectivamente.



## 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1.- Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas en este estudio son:

- Los rendimientos en la construcción de subsolado con camellón con bulldozer D8, fluctúan entre 1.708,9 y 3.856,9 (m/h) en los predios estudiados en la región del Maule.
- Los rendimientos de subsolado con camellón no son afectados significativamente por la textura y la densidad aparente del suelo. La pendiente media del terreno es la variable de mayor relevancia en el rendimiento del subsolado.
- Los rendimientos promedio en la construcción de zanjas de infiltración son de 10; 4,3 y 9,2 (m<sup>3</sup>/jH) para las regiones de O'Higgins, Maule y Bio Bio respectivamente. Las pruebas estadísticas aplicadas indican que existen diferencias significativas entre los rendimientos de las regiones estudiadas.
- Las variables textura, densidad aparente y pendiente media no son determinantes en el rendimiento en la construcción de zanjas de infiltración. La variable contenido de humedad del suelo, es la variable de mayor importancia en la construcción de esta obra de conservación de aguas y suelos.
- Los rendimientos en la construcción de zanjas de infiltración son menores en los predios en que los jornales reciben un pago fijo por día.

- Existe una sobreestimación de los costos por parte de CONAF en la construcción de zanjias de infiltración. La bonificación entregada por la Corporación, es en promedio 1.000 % superior a los costos que poseen las empresas de servicios forestales en las regiones estudiadas.
- Existe una carencia de elementos de ingeniería hidrológica en el diseño de zanjias de infiltración, lo que reduce la vida útil y función de la obra.

## **8.2.-Recomendaciones**

- Se recomienda ampliar el estudio a otras variables como pedregosidad del terreno, contenido de humedad del suelo y porcentaje de cubierta vegetal, entre otras.
- Se recomienda un mayor uso de elementos de ingeniería hidrológica en el diseño de zanjias de infiltración, con el fin de asegurar los objetivos que posee dicha obra.
- Se recomienda una capacitación previa al personal ligado a la construcción de las obras estudiadas, con el objetivo de asegurar mayores rendimientos y una mejor calidad de las obras.
- Finalmente, para asegurar mayores rendimientos en la construcción de zanjias de infiltración, se recomienda pagar por zanja construida a los jornales que realizan dichas obras.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R. 1995. Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS aplicación a las ciencias de la salud. *In* Estadística no paramétrica; el procedimiento Npar. Madrid, España. Editorial Díaz de Santo, S.A. p. 305-380.

Canavos, G. 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill. México. 646 p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 1999. Decreto ley N° 701 sobre fomento forestal y ley de bosques. Chile. 76 p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2004 a. Técnicas de recuperación de suelos degradados. Santiago, Chile. Consultado el 08 de jun. 2004. Disponible en:

[http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion\\_id=ddd39953cbb6d5904b89fb5b1f5bc160&unidad=0&](http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=ddd39953cbb6d5904b89fb5b1f5bc160&unidad=0&)

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2004 b. Bonificación en recuperación de suelos degradados. Santiago, Chile. Consultado el 08 de jun. 2004. Disponible en:

[http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion\\_id=30f48b7ec164aa1b8b55433elb40bedf&unidad=0&](http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=30f48b7ec164aa1b8b55433elb40bedf&unidad=0&)

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2005. Decreto ley 7001. Santiago, Chile. Consultado el 20 mar. 2005. disponible en:

[http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion\\_id=cd2a77e2755e728c214439621e2eefef&unidad=0&pagina](http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=cd2a77e2755e728c214439621e2eefef&unidad=0&pagina)

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente): MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 1994. Propuesta, plan nacional de conservación de suelos. Santiago, Chile. 68 p.

Díaz, G. 2001. Influencia de tiempos no productivos sobre la productividad de equipos de madereo. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 91 p.

García, J. 1999. La erosión hídrica: mecanismos y modelos. Curso evaluación y control de la erosión. España. 49 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2001. Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Chillán, Chile. 195 p. (Boletín INIA N° 15).

Mason y Lind. 1995. Estadística para administración y economía. Editorial Alfaomega. México. D.F. 520 p.

Mintegui, J; López, F. 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Bilbao, España. 306 p.

Montgomery, D; Runger, G. 1996. Probabilidad y estadística, aplicadas a la ingeniería. Editorial McGraw-Hill. México. 805 p.

Parra, N. 2001. Chile, líder en el combate contra la desertificación. Chile Forestal. N° 287: 30-34.

Pérez, M. 2001. Evaluación de productividad de *Pinus radiata* (D Don) asociadas a zanjas de infiltración. Llongocura, VII región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 41 p.

Pizarro, R; Hernández, J; Muñoz, J; Torres, H y Torres, E. 1998. Elementos de hidrología II. Instructivos Técnicos. Corporación Nacional Forestal, Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de las Naciones Unidas. La Serena, Chile. 87 p.

Pizarro, R; Sangüesa, C; Flores, J; Martínez. E.; y Ponce, M. 2003. Revisión y análisis de prácticas tradicionales de conservación de aguas y suelos en zonas áridas y semiáridas de Chile central. FDI-CORFO, Universidad de Talca, EIAS (Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos). Talca Chile. 111 p.

Pizarro, R; Sangüesa, C; Flores, J y Martínez. E. 2005. Elementos de ingeniería hidrológica para el mejoramiento de la productividad silvícola. FDI-CORFO, Universidad de Talca, EIAS (Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos). Talca, Chile. 178 p.

Ramos *et al.* 1981. Tratado del medio natural. Tomo III. Universidad politécnica de Madrid. España. 491 p.

Reyes, S. 1999. Función de rendimiento potencial para primera poda de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 61 p.

Siegel, S. 1972. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas. México. 346 p.

Suárez, F. 1980. Conservación de suelos. Editorial JICA. Costa Rica. 315 p.

Vásquez, M. 2001. Estudio de tiempo y rendimiento en función de variables del rodal para un feller buncher y un skidder con garra en faenas a tala rasa de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 76 p.

Vergara, M. 2000. Evaluación del rendimiento de torres de madereo en faenas a tala rasa. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad d Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 75 p.

# APÉNDICES

## APÉNDICE 1.-

### 1.1.- Planilla zanjas de infiltración

<b>Predio</b>			
<b>Ubicación</b>			
<b>Encargado</b>			
<b>Fecha</b>			
<b>Dimensiones</b>	<b>Base (cm)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Largo (m)</b>
<b>Pedregosidad</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>

Nº zanja	Tiempo Construcción (min)	Tiempo muerto (s)	Tiempo Traslado (s)	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (m)	Pendiente (%)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							



## 1.2.- Planilla subsolado con camellón

<b>Predio</b>			
<b>Ubicación</b>			
<b>Encargado</b>			
<b>Fecha</b>			
<b>Características</b>	<b>Camellón: (si) (no)</b>	<b>Profundidad:</b>	
<b>Maquina</b>			

Nº línea	TES (s)	TGM (s)	TM (s)	DS (m)	DE (m)	Pendiente (%)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

TES: tiempo efectivo de subsolado; TGM: tiempo giro máquina; TM; tiempo muerto; DS: distancia subsolada;

DE: distanciamiento entre líneas.

## APÉNDICE 2.-

### 2.1.- Muestras de suelo, para subsolado con camellón

**Tabla 1.- Análisis de suelo subsolado con camellón**

<b>Predio</b>	<b>Densidad aparente (gr/cc)</b>	<b>Arena %</b>	<b>Limo %</b>	<b>Arcilla %</b>	<b>Clase Textural</b>
La Higuera	1,45	69	69	19	Franco arenoso
	1,32	65	65	19	Franco arenoso
El Remolino	1,43	67	67	21	Franco arenoso
	1,47	69	69	19	Franco arenoso
Caliboro	1,72	67	67	19	Franco arenoso
	1,72	65	65	23	Franco arenoso
Malpaso	1,67	75	75	15	Franco arenoso
	1,72	75	75	13	Franco arenoso

## 2.2.- Muestras de suelo, para zanjas de infiltración

**Tabla 2.- Análisis de suelo zanjas de infiltración**

<b>Predio</b>	<b>Densidad aparente (gr/cc)</b>	<b>Arena %</b>	<b>Limo %</b>	<b>Arcilla %</b>	<b>Clase Textural</b>
Chapeco	1,34	72	12	17	Franco arenoso
	1,48	69	11	20	Franco arenoso
Maiquimiliu	1,93	83	9	8	Franco arenoso
	1,59	75	5	20	Areno francoso
La Isla	1,05	78	15	7	Areno francoso
	1,41	61	17	22	Franco arcillo arenoso
Las Pitras	1,48	63	23	13	Franco
	1,52	63	15	23	Franco arcillo arenoso
Lote uno	1,29	66	19	15	Franco arenoso
	1,26	56	27	17	Franco arenoso
Malpaso	1,67	75	15	10	Franco arenoso
	1,72	75	13	12	Franco arenoso
El Cimarrón	1,61	38,6	9,9	21,5	Franco arcillo arenoso
	1,76	82,6	5,9	11,5	Areno francoso
San Francisco	1,57	76,6	7,9	15,5	Franco arenoso
	1,58	60,6	9,9	29,5	Franco arcillo arenoso
El Quillay	1,6	72,6	9,9	17,5	Franco arenoso
	1,71	76,6	7,9	15,5	Franco arenoso

## APÉNDICE 3.-

### 3.1.- Supuestos para análisis de varianza

#### 3.1.1.- Zanjas de infiltración

➤ Predios Región de O'Higgins

**Tabla 3.- Test de Hipótesis para los residuos**

Ho:	Media = 0
H1:	Media $\neq$ 0
Estadístico t	= 1.79608 E <sup>-7</sup>
Valor – p	= 1.0

El test de hipótesis planteado, indica que existen evidencias significativas para no rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 4.- Normalidad de residuos**

Estadística Chi-cuadrado	= 28,5664
Valor – p	= 0,806413
Estadística Shapiro-Wilks	= 0,952217
Valor – p	= 1,5612E-11

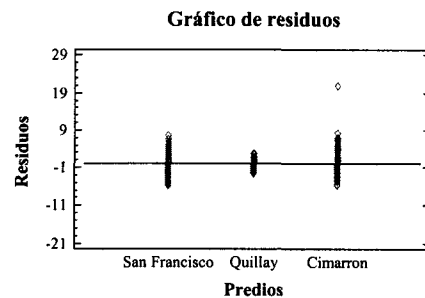
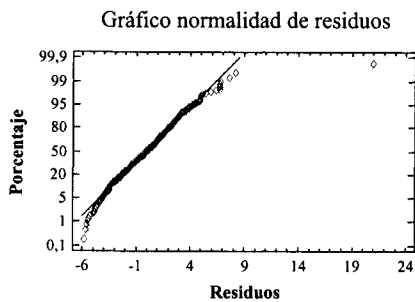
A través de las pruebas realizadas, se afirma con un 95 % de confianza que los residuos no poseen una distribución normal ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 5.- Homogeneidad de varianza**

Ho:	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$
H1:	$\sigma \neq \sigma$
Test Cochran's	= 0.603287
Valor - p	= 2.39775 E <sup>-8</sup>
Test Bartley's	= 1.11489
Valor - p	= 1.31964 E <sup>-8</sup>

Existen evidencias significativas para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianza con un 95 % de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Gráficos de normalidad y Homogeneidad de residuos**



➤ **Predios Región del Maule**

**Tabla 6.- Test de Hipótesis para los residuos**

Ho:	Media = 0
H1:	Media ≠ 0
Estadístico t	= 2.02752 E <sup>-5</sup>
Valor – p	= 0.999984

El test de hipótesis planteado, indica que existen evidencias significativas para no rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 7.- Normalidad de residuos**

Estadística Chi-cuadrado	= 50.403
Valor – p	= 0,02003783
Estadística Shapiro-Wilks	= 0,974161
Valor – p	= 0.0328425

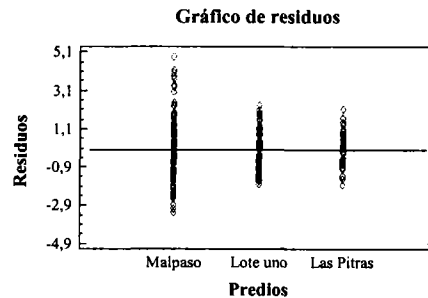
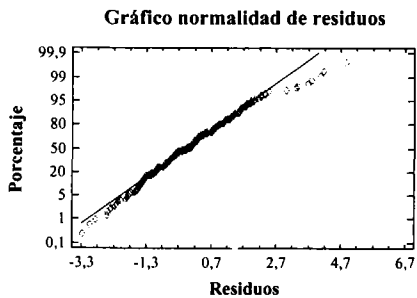
A través de las pruebas realizadas, se afirma con un 95 % de confianza que los residuos no poseen una distribución normal ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 8.- Homogeneidad de varianza**

Ho:	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$
H1:	$\sigma \neq \sigma$
Test Cochran's	= 0.60328
Valor - p	= $3.65847 E^{-6}$
Test Bartley's	= 1.08949
Valor - p	= $1.54977 E^{-5}$

Existen evidencias significativas para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianza, con un 95 % de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Gráficos de normalidad y homogeneidad de los residuos**



➤ **Predios Región del Bío Bío**

**Tabla 9.- Test de Hipótesis para los residuos**

Ho:	Media = 0
H1:	Media ≠ 0
Estadístico t	= 1.72358 E <sup>-6</sup>
Valor – p	= 0.999999

El test de hipótesis planteado, indica que existen evidencias significativas para no rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 10.- Normalidad de residuos**

Estadística Chi-cuadrado	= 27.9371
Valor – p	= 0,310759
Estadística Shapiro-Wilks	= 0,961859
Valor – p	= 0.00663975

A través de las pruebas realizadas, se afirma con un 95 % de confianza que los residuos no poseen una distribución normal ( $\alpha = 0.05$ ).

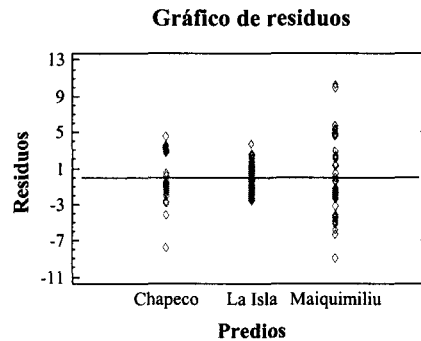
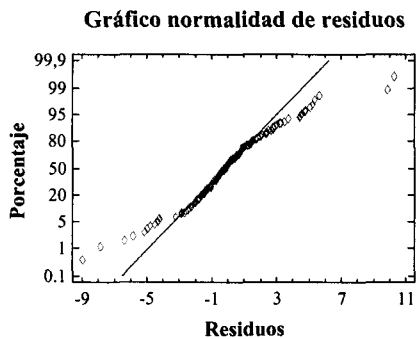


**Tabla 11.-Homogeneidad de varianza**

Ho:	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$
H1:	$\sigma \neq \sigma$
Test Cochran's	= 0.678969
Valor - p	= 4.75669 E <sup>-9</sup>
Test Bartley's	= 1.79369
Valor - p	= 0.0

Existen evidencias significativas para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianza, con un 95 % de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Gráficos de normalidad y homogeneidad de residuos**



➤ **Entre regiones, zanjas de infiltración**

**Tabla 12.- Test de Hipótesis para los residuos**

Ho: Media = 0	
H1: Media 0	
Estadístico t	= 0.00001
Valor – p	= 0.99999

El test de hipótesis planteado, indica que existen evidencias significativas para no rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 13.- Normalidad de residuos**

Estadística Chi-cuadrado	= 142,286
Valor – p	= 1,4775E <sup>-10</sup>
Estadística Shapiro-Wilks	= 0,909595
Valor – p	= 0,0

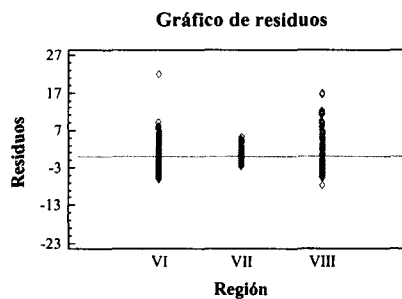
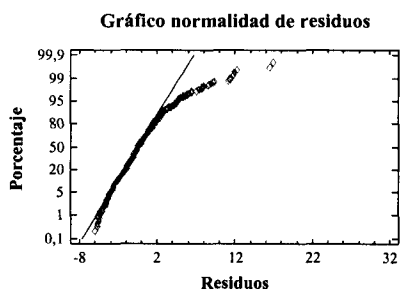
A través de las pruebas realizadas, se afirma con un 95 % de confianza que los residuos no poseen una distribución normal ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 14.- Homogeneidad de varianza**

Ho:	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$
H1:	$\sigma \neq \sigma$
Test Cochran's	= 0,689515
Valor - p	= 0,0
Test Bartley's	= 1,45461
Valor - p	= 0,0

Existen evidencias significativas para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianza, con un 95 % de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Gráficos de normalidad y Homogeneidad de residuos**



### 3.1.2.- Subsolado con camellón

**Tabla 15.- Test de Hipótesis para los residuos**

Ho:	Media = 0
H1:	Media $\neq$ 0
Estadístico t	= -3,03913 E <sup>-6</sup>
Valor – p	= 0,999998

El test de hipótesis planteado, indica que existen evidencias significativas para no rechazar la hipótesis nula con un 95% de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 16.- Normalidad de residuos**

Estadística Chi-cuadrado	= 26,6106
Valor – p	= 0,643635
Estadística Shapiro-Wilks	= 0,972509
Valor – p	= 0.0296976

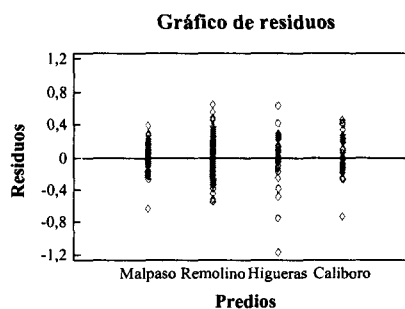
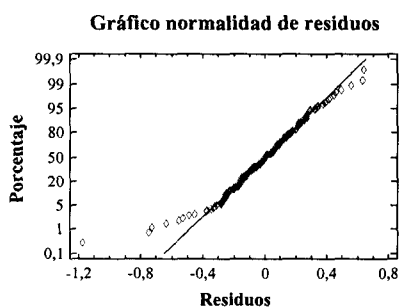
A través de las pruebas realizadas, se afirma con un 95 % de confianza que los residuos no poseen una distribución normal ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 17.- Homogeneidad de varianza**

Ho:	$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$
H1:	$\sigma \neq \sigma$
Test Cochran's	= 0,470708
Valor - p	= 3.00798 E <sup>-6</sup>
Test Bartley's	= 1,08518
Valor - p	= 4,44636 E <sup>-4</sup>

Existen evidencias significativas para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianza, con un 95 % de confianza ( $\alpha = 0.05$ ).

**Gráficos de normalidad y Homogeneidad de residuos**



## APÉNDICE 4.-

### 4.1.- Prueba *U* de Mann-Whitney

#### 4.1.1.- Zanjas de infiltración

➤ Predios Región de O'Higgins

**Tabla 18.- Prueba *U* de Mann-Whitney, San Francisco v/s El Quillay**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 126,863
Media línea de muestra 2: 78,6176
W = 2078,0
Valor p = 1,652 E <sup>-4</sup>

**Tabla 19.- Prueba *U* de Mann-Whitney, San Francisco v/s El Cimarrón**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 144,971
Media línea de muestra 2: 169,46
W = 11896,0
Valor p = 0.0228526

**Tabla 20.- Prueba U de Mann-Whitney, El Quillay v/s El Cimarrón**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 42,8824
Media línea de muestra 2: 75,87
W = 2537,0
Valor p = 1,89468 E <sup>-5</sup>

➤ **Predios Región del Maule**

**Tabla 21.- Prueba U de Mann-Whitney, Malpaso v/s Lote uno**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 120,221
Media línea de muestra 2: 70,1045
W = 2419,0
Valor p = 1.79743 E <sup>-8</sup>

**Tabla 22.- Prueba U de Mann-Whitney, Malpaso v/s Las Pitras**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 109,843
Media línea de muestra 2: 70,1429
W = 2332,0
Valor p = 9.65227 E <sup>-6</sup>

**Tabla 23.- Prueba U de Mann-Whitney, Lote uno v/s Las Pitras**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 57,7537
Media línea de muestra 2: 67,0804
W = 2160,0
Valor p = 0,149206

➤ **Predios Región del Bío Bío**

**Tabla 24.- Prueba U de Mann-Whitney, Chapeco v/s La Isla**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 82,4483
Media línea de muestra 2: 42,5974
W = 277,0
Valor p = 2,75919E <sup>-9</sup>

**Tabla 25.- Prueba U de Mann-Whitney, Chapeco v/s Maiquimiliu**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 18.5862
Media línea de muestra 2: 45.1892
W = 969.0
Valor p = 2.39325 E <sup>-8</sup>



**Tabla 26.- Prueba U de Mann-Whitney, Maiquimiliu v/s La Isla**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 39,2727
Media línea de muestra 2: 95,4324
W = 2828,0
Valor p = 0,0

➤ **Entre regiones, zanjas de infiltración**

**Tabla 27- Prueba U de Mann-Whitney, Región de O'Higgins v/s Maule**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 432,123
Media línea de muestra 2: 140,487
W = 13931,0
Valor p = 0,0

**Tabla 28.- Prueba U de Mann-Whitney, Región de O'Higgins v/s Maule**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1: 278,697
Media línea de muestra 2: 169,42
W = 13931,0
Valor p = 0,0

**Tabla 29- Prueba U de Mann-Whitney, Región del Maule v/s Bío Bío**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 167,587
Media línea de muestra 2: 269,549
W = 28249,5
Valor p = 0,0

#### 4.1.2.- Subsulado con camellón

**Tabla N°30- Prueba U de Mann-Whitney, Malpaso v/s El Remolino**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 84,6327
Media línea de muestra 2: 75,6916
W = 2321,0
Valor p = 0,252024

**Tabla 31.- Prueba U de Mann-Whitney, Malpaso v/s Las Higueras**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 25,7755
Media línea de muestra 2: 64,3125
W = 1530,0
Valor - p = 0,0

**Tabla 32.- Prueba U de Mann-Whitney, Malpaso v/s Caliboro**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 27,2041
Media línea de muestra 2: 65,6579
W = 1754,0
Valor p = 1,95266 E <sup>-12</sup>

**Tabla 33.- Prueba U de Mann-Whitney, El Remolino v/s La Higuera**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 54,6449
Media línea de muestra 2: 121,344
W = 3355,0
Valor p = 0,0

**Tabla 34.- Prueba U de Mann-Whitney, El Remolino v/s Caliboro**

H0: mediana 1 = mediana 2
H1: mediana 1 $\neq$ mediana 2
Media línea de muestra 1: 56,8411
Media línea de muestra 2: 118,5
W = 3762,0
Valor p = 0,0

**Tabla 35.- Prueba U de Mann-Whitney, Las Higueras v/s Caliboro**

H0:	mediana 1 = mediana 2
H1:	mediana 1 > mediana 2
Media línea de muestra 1:	52,3125
Media línea de muestra 2:	21,3421
W	= 70.0
Valor p	= 2,35563 E <sup>-10</sup>

#### APÉNDICE 4.-

Registro de la precipitación (mm) acumulada, durante veinte días previo a las mediciones

**Tabla36.- Precipitación región de O'Higgins**

Día	Estación (mm)		
	Paredones Predio El Cimarrón	Paredones Predio El Quillay	Paredones Predio San Francisco
1	0,0	1,2	0,0
2	0,0	15,4	1,2
3	0,0	12,0	15,4
4	0,2	4,0	12,0
5	0,2	0,2	4,0
6	0,2	0,2	0,2
7	0,0	0,2	0,2
8	0,0	0,2	0,2
9	1,2	0,2	0,2
10	15,4	0,2	0,2
11	12,0	0,2	0,2
12	4,0	0,2	0,2
13	0,2	0,2	0,2
14	0,2	0,2	0,2
15	0,2	0,8	0,2
16	0,2	5,6	0,8
17	0,2	0,2	5,6
18	0,2	0,0	0,2
19	0,2	0,0	0,0
20	0,2	0,2	0,0
<b>Total (pp)</b>	<b>34,6</b>	<b>8,8</b>	<b>12,6</b>

Fuente: Estándares de ingeniería para aguas y suelo (EIAS), Universidad de Talca

**Tabla 37.- Precipitación región del Maule**

Día	Estación (mm)		
	Llanillos	Name	Name
	Predio Malpaso	Predio Las Pitras	Predio Lote Uno
1	0,0	3,4	0,4
2	0,2	0,4	0,4
3	0,0	0,4	0,0
4	0,2	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,2
6	0,0	0,2	0,0
7	0,0	0,0	0,2
8	0,2	0,2	0,0
9	0,6	0,0	0,0
10	7,6	0,0	5,4
11	0,2	5,4	0,2
12	0,0	0,2	0,2
13	0,0	0,2	0,0
14	16,4	0,0	0,0
15	0,2	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0
17	0,2	0,0	0,0
18	0,4	0,0	5,8
19	0,0	5,8	0,2
20	0,0	0,2	4,0
<b>Total (pp)</b>	<b>25,8</b>	<b>12,2</b>	<b>16,0</b>

Fuente: Estándares de ingeniería para aguas y suelo (EIAS), Universidad de Talca

**Tabla 38.- Precipitación región del Bío Bío**

Día	Estación (mm)		
	Chequen Predio La Isla	Chequen Predio Chapeco	Chequen Predio Maiquimiliu
1	0,2	7,0	0,2
2	15,6	0,6	0,8
3	1,8	0,2	0,2
4	0,2	0,4	15,6
5	0,4	0,0	1,8
6	0,4	0,0	0,2
7	0,2	0,2	0,4
8	0,0	0,8	0,4
9	0,2	0,2	0,2
10	0,2	15,6	0,0
11	0,2	1,8	0,2
12	0,2	0,2	0,2
13	0,4	0,4	0,2
14	0,0	0,4	0,2
15	0,0	0,2	0,4
16	0,0	0,0	0,0
17	1,0	0,2	0,0
18	0,4	0,2	0,0
19	0,2	0,2	1,0
20	0,2	0,2	0,4
<b>Total (pp)</b>	<b>21,8</b>	<b>28,8</b>	<b>22,4</b>

Fuente: Estándares de ingeniería para aguas y suelo (EIAS), Universidad de Talca

## APÉNDICE 5.-

### Parámetros estimados para las funciones de distribución de probabilidad

**Tabla 39.- Parámetros subsolado con camellón**

Predios	Normal		Exponencial	Lognormal		Gumbel	
	x	s	$\lambda$	x	s	d	$\mu$
Malpaso	1823,81	426,82	0,0005	7,4694	0,3210	0,0030	1631,72
Las Higueras	3856,87	713,79	0,0003	8,2349	0,2337	0,0018	3535,63
Caliboro	2966,29	573,30	0,0003	7,9337	0,2228	0,0022	2708,28
El Remolinos	1708,93	519,35	0,0006	7,3912	0,3417	0,0025	1475,19

**Tabla 40.- Parámetros zanjas de infiltración**

Predios	Normal		Exponencial	Lognormal		Gumbel	
	x	s	$\lambda$	x	s	d	$\mu$
El Quillay	8,4915	1,6766	0,1178	2,1194	0,2002	0,7651	7,7370
San Francisco	10,1386	2,6831	0,0986	2,282	0,2694	0,4780	8,9311
El Cimarrón	11,3044	3,7787	0,0885	2,3773	0,3042	0,1916	8,0638
Malpaso	5,0386	1,5502	0,1985	1,5689	0,3165	0,8273	4,3409
Lote uno	3,7866	1,0687	0,2641	1,2906	0,2902	1,2001	3,3057
Las Pitras	4,0346	0,9594	0,2479	1,3658	0,2454	1,3368	3,6029
Chapeco	8,0459	2,8305	0,1243	1,8862	0,7135	0,4531	6,7720
La Isla	4,8403	1,2843	0,2066	1,5405	0,2754	0,9987	4,2624
Maiquimiliu	14,6012	4,5203	0,0685	2,6322	0,3189	0,2837	12,5668