



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Evaluación de Productividad de *Pinus radiata*
(D. Don) asociada a Zanjas de Infiltración.
Llongocura, VII Región del Maule.**

Mario Horacio Pérez Münzenmayer

Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal

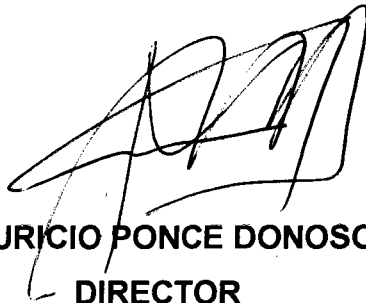
Profesor Guía: Víctor Mourgues Schurter
Profesor Patrocinador: Marisol Muñoz Villagra

Talca-Chile
2001

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

El alumno Sr. Mario Horacio Pérez Münzenmayer, ha realizado la memoria: "Evaluación de Productividad de *Pinus radiata* (D. Don) asociada a Zanjas de Infiltración. Llongocura, VII Región del Maule", como uno de los requisitos para optar al título de Ingeniero Forestal. El profesor guía es el profesor Sr. Víctor Mourgues Schurter y el profesor patrocinador es la Sra. Marisol Muñoz Villagra.

La comisión de calificación, constituida por el Sr. Víctor Mourgues Schurter, Srta. Marisol Muñoz Villagra y Sr. Roberto Pizarro Tapia, evaluó la memoria con una nota de 6,3 (seis coma tres).

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Mauricio Ponce Donoso', written over a faint rectangular stamp.

**MAURICIO PONCE DONOSO
DIRECTOR**

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

DEDICATORIA

A mí esposa "Aurora Marín Navarrete",
por ser mi inspiración y fuente de amor...

A Don "Víctor Mourgues Schurter",
quien más que ser un maestro, fue
siempre un ejemplo de persona,
digno de admiración

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a quienes de una u otra forma me dieron su apoyo y aportaron a la realización de esta investigación, en especial a:

Don Víctor Mourgues Schurter por su dedicación y apoyo incondicional durante todo el periodo de este estudio.

A Don Ivan Chacón Contreras, quien además de ser siempre un buen profesor fue siempre un buen amigo.

A la profesora Marisol Muñoz Villagra, por su apoyo y amistad durante toda la carrera.

A mi grupo de trabajo durante los últimos años de carrera, con quienes crecí como persona y con quienes cuento hasta el día de hoy bajo todas circunstancias: Cristian Bravo, Eduardo Jara.

A mi familia, comenzando por mi señora y mis padres, a quienes debo su esfuerzo y dedicación por muchos años para lograr lo más importante de mi vida, ser un "Ingeniero Forestal".

**A todos Uds. les estaré
agradecidos eternamente...**

RESUMEN

Los suelos del secano costero de la séptima región de Chile, se han caracterizado por su fragilidad y mal uso desde tiempos remotos, esto explica las actuales condiciones de degradación asociadas a múltiples procesos erosivos, uso inadecuado y posterior empobrecimiento.

En 1991 la Corporación Nacional Forestal (CONAF de Talca) inicia un proyecto en la localidad de Llongocura, comuna de Curepto, VII región, Chile con la finalidad de recuperar estos suelos, empleando como medida principal zanjas de infiltración y plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don).

El presente estudio tiene por objeto evaluar el impacto de las zanjas de infiltración en la productividad de bosques establecidos en dos modalidades, con y sin zanjas de infiltración.

El mecanismo de evaluación proyectó los volúmenes de ambos rodales (simulando esquemas de manejo) a edades de cosecha, comparando las diferencias productivas a través de los indicadores:

- Volumen Total
- Volumen Aserrable sin nudos
- Volumen Aserrable País
- Volumen Pulpable

El estudio concluye que el impacto de las zanjas de infiltración se traduce en el aumento de los volúmenes totales en un 61 % promedio en edades de corta entre 18 y 21 años.

La construcción de zanjas de infiltración produjo aumentos de hasta 5 veces más volumen aserrable sin nudos, 73 % de aserrable país y nulo efecto en el producto pulpable.

Tras una evaluación económica privada, se confirma la viabilidad del estudio dado que los ingresos generados por la construcción de zanjas, van desde 2 a 4 veces más que sin estas.

Finalmente, se recomienda la construcción de zanjas de infiltración asociadas a plantaciones de *Pinus radiata* en condiciones de clima, topografía y suelo similares.

SUMMARY

The soils of the coastal unirrigated land of the seventh region of Chile, have been characterized by their fragility and wrong use from remote times, this explains the current associated conditions degradation to multiple erosives processes, and inadequate use later impoverishment.

In 1991 the Forest National Corporation (CONAF) begins a project in the town of Llongocura, commune of Curepto, VII region, Chile with the purpose of recovering these soils, using as main measure infiltration gutters and plantations of *Pinus radiata* (D. Don).

The present study has the objective to evaluate the impact of the infiltration gutters in the productivity of forests settled in two modalities, with and without infiltration gutters.

The evaluating mechanism projected the volumes of both rodals (simulating handling outlines) to crop ages, comparing the productive differences through the indicators:

- Total volume
- Volume sawed without knots
- Volume sawed country
- Volume Pulpable

The study concludes that the impact of the infiltration gutters is related to the increase of the total volumes of 62% average to cutting-ages between 18 and 21 years old.

The construction of infiltration gutters produced increases of up to 6 times more volume sawed without knots, 78% of sawed country and null effect in the pulpable product.

After a private economic evaluation, you confirms the viability of the study since the revenues generated by the construction of gutters, go from 2 to 4 times more than without these.

Finally, the construction of infiltration gutters associated to plantations of *Pinus radiata* is recommended in climate conditions, topography and similar soil.

INDICE

| | |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.- OBJETIVOS | 3 |
| 2.1.- Objetivo General | 3 |
| 2.2.- Objetivos Específicos | 3 |
| 3.- ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO | |
| 3.1.- Ubicación | 4 |
| 3.2.- Características del Sector | 5 |
| 3.3.- Características de la plantación | 5 |
| 3.4.- Zanjas de Infiltración | 5 |
| 3.5.- Características del suelo | 6 |
| 3.6.- Clima | 6 |
| 4.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA | 7 |
| 4.1.- Zanjas de Infiltración | 7 |
| 4.2.- Investigaciones Asociada a Zanjas de Infiltración | 8 |
| 4.3.- Importancia del Agua | 11 |
| 4.4.- Sitio Forestal | 12 |
| 4.5.- Antecedentes de Intervenciones silvícolas | 13 |
| 4.6.- Simuladores | 14 |
| 4.7.- Análisis Económico | 15 |
| 5.- MATERIALES Y METODOS | 16 |
| 5.1.- Marco general | 16 |
| 5.2.- Materiales y Equipo | 16 |
| 5.3.- Metodología | 17 |
| 5.4.- Datos y ajustes | 18 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.5.- Pre-Simulación | 18 |
| 5.6.- Esquemas de Manejo | 19 |
| 5.7.- Simulación | 19 |
| 5.8.- Rentabilidad Privada de Construir Zanjas de Infiltración | 20 |
| 5.9.- Análisis Económico | 21 |
| 5.10.- Costos y Precios | 21 |
| 5.11.- Costos Generales | 21 |
| 5.12.- Bonificación | 22 |
| 5.13.- Precios por Productos Forestales | 23 |
| 5.14.- Cálculo de Rentabilidad | 23 |
| 5.15.- Presentación de Resultados y Análisis, Conclusiones y Recomendaciones | 24 |
| 6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANALISIS | 25 |
| 6.1.- Datos Promedio y Ajuste | 25 |
| 6.2.- Pre-Simulación | 26 |
| 6.3.- Esquemas de Manejo | 26 |
| 6.4.- Resultados de la Simulación | 28 |
| 6.5.- Rentabilidad Privada de Construir Zanjas de Infiltración | 33 |
| 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 37 |
| 7.1.- Conclusiones | 37 |
| 7.2.- Recomendaciones | 38 |
| 8.- BIBLIOGRAFIA | 39 |
| 9.- ANEXOS | 42 |
| 9.1.- Anexo1: Esquemas de Manejo | |
| 9.2.- Anexo 2: Resultados por Año de Productos y VES | |
| 9.3.- Anexo 3: Efecto Porcentual de las Zanjas en el Vol. Total por Año | |

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRAFICOS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura N°1. Mapa de ubicación del predio | 4 |
| Cuadro N°1. Productos del Bosque | 20 |
| Cuadro N°2. Costos por Actividad | 22 |
| CuadroN°3. Costos y Bonificación por Actividad | 22 |
| Cuadro N°4. Precio por Tipo de Producto | 23 |
| Cuadro N°5. Datos para Simulación | 25 |
| Cuadro N°6. Indices de Sitio | 26 |
| Cuadro N°7. Esquemas de Manejo Utilizados | 27 |
| Cuadro N°8. Volúmenes por Producto según Manejo con y sin Zanjas | 28 |
| Gráfico N°1. Curvas de Volumen por Año | 29 |
| Cuadro N°9. Diferencias Porcentuales por Producto | 30 |
| Gráfico N°2. Ganancia Porcentual Atribuida a Las Zanjas de Infiltración | 32 |
| Cuadro N°10. Edad Óptima por Manejo para Zanjas y Testigo | 33 |
| Cuadro N°11. VES por Manejo con y sin Zanjas | 34 |
| Cuadro N°12. Porcentaje de Rentabilidad con Respecto al Testigo | 35 |

1.- INTRODUCCIÓN

La zona de la Cordillera de la Costa, es uno de los sectores de Chile Central más erosionado, debido a múltiples factores, comenzando a mediados del siglo XIX con la eliminación de los bosques para uso extensivo en el cultivo de cereales hasta agotar el suelo y posteriormente abandonarlo por largos períodos. En estos suelos desprovistos de vegetación se iniciaron múltiples procesos de degradación como erosión hídrica, erosión eólica, compactación, etc., situación que se agravó por el régimen pluviométrico de precipitaciones cortas e intensas en el período invernal, que origina alta escorrentía superficial, seguido luego de un periodo estival seco y prolongado.

En la actualidad el hecho de no respetar la Capacidad de Uso de estos suelos, y además de la inexistencia de técnicas adecuadas de cultivo agrícola, continúa empeorando la situación e impidiendo la recuperación de estos.

La degradación de los suelos se aprecia principalmente por la escasa vegetación existente, erosión grave de cárcavas y barrancas, junto con erosión grave de manto, pérdida total o parcial de materia orgánica, compactación, etc., disminuyendo la infiltración y la capacidad de retención de agua, acelerando los procesos erosivos por exceso de escurrimiento.

En 1990, CONAF inicia un Proyecto de Recuperación de Suelos asociando algunas prácticas de conservación con el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* (D.Don), confiando en que esta estrategia podría constituir una buena combinación para retornar la productividad a estos suelos. Dentro de este proyecto se han realizado investigaciones por etapas, comenzando por Acevedo 1993, Saavedra 1998 y finalmente el presente estudio, quedando aún otras etapas por desarrollar.

La principal medida de conservación realizada corresponde a zanjas de infiltración, cuyo objetivo principal es hacer una captación de aguas lluvia, que trae asociado el beneficio para el bosque recién plantado y la retención de sedimentos transportados por el escurrimiento superficial.

La cosecha de aguas lluvia altera el balance hídrico al disminuir la pérdida de agua por escorrentía, permitiendo su almacenamiento y acortando de esta forma el largo período de sequía asociado al sector, con lo cual mejoran las posibilidades de éxito para el establecimiento de las plantaciones.

El efecto de esta última acción constituye lo más importante en beneficio del bosque establecido en el lugar, ya que favorece el balance hídrico.

En la actualidad el impacto de las zanjas de infiltración en la zona de estudio, sobre el crecimiento del bosque se deja notar a simple vista con las diferencias de alturas existentes entre rodales con condiciones similares, pero sin zanjas.

2.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo General

Evaluar el impacto de zanjas de infiltración en la productividad de una plantación de *Pinus radiata* (D.Don).

2.2.- Objetivo Específico

Evaluar los potenciales productivos del bosque con y sin zanjas bajo diversos esquemas de manejo.

Comparar los volúmenes de las modalidades simuladas a edades de corta para los rodales tratados con zanjas y testigo.

3.2.- Características del Sector

En el área de estudio, la erosión es severa y muy severa, encontrándose desde erosión de manto a abundantes cárcavas. Es el suelo, que por su génesis y grado de explotación agrícola, presenta la mayor erosión de los suelos de Chile. Sin embargo, el pino radiata crece bien dentro de las cárcavas de erosión (CIREN CORFO 1996).

Su posición topográfica es de cerros y lomajes de la formación granítica de la cordillera de la costa, con pendiente de 0 a 50 %. Presenta erosión severa de cárcavas, zanjas abundantes, depósitos de suelo transportado, correspondiendo a suelos forestales con capacidad de uso VII.

3.3.- Características de la plantación

Corresponde a una plantación de 9 años de *Pinus radiata* (D. Don), establecida a una densidad de 1600 árb/há en el año 1991.

3.4.- Zanjas de Infiltración

Se construyó un sistema de zanjas de infiltración, diseñadas de modo que la totalidad del escurrimiento fuera interceptado e infiltrado (diseño empírico).

Las zanjas de infiltración fueron dispuestas en curvas de nivel a una distancia aproximada de 20 a 25 metros. Se construyeron con una sección cuadrada de 30 centímetros por 3 metros de largo como máximo. En la curva de nivel las zanjas fueron separadas dejando un taco de tierra de 20 cm.

3.5.- Características del suelo

Son suelos profundos, formados en el lugar a partir de rocas graníticas, bien evolucionados, de texturas arcillosas en todo el perfil, color pardo rojizo amarillento en la superficie y color rojo amarillento en profundidad. Descansa sobre un sustrato constituido por roca granítica muy meteorizada y rica en cuarzo y feldespatos. La profundidad efectiva del suelo fluctúa entre profundo y moderadamente profundo, ocasionalmente delgado y está asociado al grado de erosión que presentan en sus distintas secciones (CIREN CORFO 1996).

En general la acción antrópica ha hecho desaparecer la totalidad del horizonte "a", el "b" total o parcialmente, y con abundantes afloramientos del "c" e incluso de la roca original poco intemperizada. La situación extrema de alteración se encuentra en los grandes sistemas de cárcavas, en las cuales se han perdido varios metros de profundidad de perfil.

3.6.- Clima

Climáticamente corresponde al gradiente entre el semiárido y el subhúmedo, con precipitaciones anuales entre 250 y 1000 mm (Ministerio de Agricultura y otros, 1994).

Las precipitaciones son intensas y ocurren en un corto periodo de tiempo.

Una parte importante de estas precipitaciones no puede infiltrar debido a la intensa alteración de la superficie del suelo. En el área de estudio, CONAF estimó las pérdidas por escurrimiento en 75 %, o más (CONAF 1991).

4.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

4.1.- Zanjas de Infiltración

Según Rázuri (1986), 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 disipar la energía producida por su caída, aparte de otras funciones específicas como la de almacenar agua o retener sedimentos. El mismo autor afirma que la justificación principal de las Zanjas de Infiltración debe descansar básicamente sobre el efecto que producen en la estabilización del suelo, es decir, para combatir la erosión y como agentes propiciadores de humedad para los fines de reforestación.

Carlson (1990), recomienda hacer trabajos especiales de preparación del sitio para captar agua, entre otras la construcción de zanjas de infiltración en sitios con pendientes pronunciadas y en suelos erosionados y secos.

El aumento de agua disponible producido por el efecto de las zanjas de infiltración, altera uno de los factores de sitio más importantes e influyentes en el establecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales (secano costero de la VII región del Maule).

Las zanjas de laderas no modifican la inclinación del terreno, pero si la longitud efectiva de esta, al seccionar el espacio de escurrimiento total en varias porciones (Rázuri 1986).

En general, para la implementación de zanjas de infiltración primero se traza una curva de nivel. A continuación y siguiendo las marcas del trazado se abre un surco de 30 – 40 cm de profundidad. La tierra que se extrae se coloca uniformemente en el borde inferior de la zanja, formando una especie de camellón.

Las zanjas son tabicadas a intervalos regulares, de manera que permitan el almacenamiento de agua de precipitación, para su posterior absorción. (Carlson 1990)

Al respecto Mourgues (1998), recomienda comenzar el establecimiento de las zanjas lo más cercano a la divisoria de aguas posible, y en el caso de existir otra propiedad de por medio aumentar el tamaño normal de la primera corrida. El diseño contempla la construcción en curvas de nivel con separaciones de 30 cm por zanja construida. La zanja en sí posee una sección cuadrada de 30 cm (ancho aproximado de una pala) con un largo de 3 a 6 metros. En su confección se tendrán las siguientes consideraciones:

- No se construirán zanjas a menos de 3 m de una cárcava.
- La tierra extraída de la zanja se deposita aguas abajo.
- En zonas con obstáculos (rocas, tocones, etc) la zanja se construirá paralelamente en la parte superior o inferior según lo amerite el caso.
- La separación entre zanjas, según la curva de nivel, será de 20 a 30 m, variando según la inclinación del suelo.

Es de importancia mencionar que el aporte de agua realizado al suelo no es cosa de un momento en el tiempo, ya que su almacenamiento en el cerro permite mantener el agua por periodos prolongados de tiempo y en grandes cantidades, hecho que beneficia el crecimiento en periodos secos.

4.2.- Investigaciones Asociada a Zanjas de Infiltración

Dentro del Proyecto para el control de la erosión realizado por CONAF (1990) en la séptima región se hizo una investigaciones asociada a las zanjas de infiltración, (Acevedo y Del Río, 1993), determinándose que las consecuencias de

su establecimiento en las etapas iniciales de una plantación de *Pinus radiata* (D. Don) derivaban en un mejor prendimiento, y aumento en altura de un 62 % promedio con respecto a una plantación sin zanjas.

Dentro del mismo proyecto, Saavedra 1998, en un estudio comparativo entre prácticas de conservación (zanjas de infiltración) y subsolado, determinó que la práctica más recomendable corresponde a las zanjas de infiltración, ya que mejoran el establecimiento y permiten aumentar los volúmenes de *Pinus radiata* (D. DON) hasta cuatro veces (con respecto a un sector sin zanjas) a la edad de 7 años en zonas semiáridas del secano costero de la VII Región.

La Organización Internacional FAO 1995, describe en el "Manual Integrado de Practicas Conservacionistas", algunas técnicas de conservación de suelos con la finalidad de entregar apoyo para una agricultura sostenible en tierras de América Latina. En el caso de las zanjas de infiltración, en Chile, VIII región del BIO-BIO, las labores de ayuda han comenzado con ensayos en aquellos terrenos con cárcavas, donde la permeabilidad es entre moderada y baja.

En el manual se señala, que las dimensiones de las zanjas dependerán de las características del suelo, de su uso, de las precipitaciones y de la vegetación. Por ejemplo, para una precipitación de 23 mm/hora, las dimensiones adecuadas son de 20 cm de ancho y 40 cm de profundidad, más de 20 cm de colchón de infiltración por 1 metro de ancho. La distancia normalmente utilizada es de 15 a 20 m entre zanjas (FAO 1995).

La política silvoagropecuaria del Gobierno Chileno pone énfasis en evitar la erosión del suelo, el sobrepastoreo, mejorar la agricultura, mejorar la calidad de vida de la población rural y en prevenir la migración campo-ciudad.

En aras de lo anterior, uno de los esfuerzos realizados, corresponde al Proyecto Cuencas CONAF/JICA "Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile", realizados en la IV Región y Metropolitana.

| Región | Comuna | Sector | Distancia desde Stgo. |
|----------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|
| Región Metropolitana | Melipilla | San Pedro Alto Loica | 120 Km. |
| Región Metropolitana | Santiago | Lo Barnechea Yerba Loca | 40 Km. |
| IV Región | Choapa | Illapel Las Cañas | 260 Km. |

Con respecto a las zanjas de infiltración, una de las obras de regulación del flujo hídrico, no solamente favorece el reabastecimiento de agua en el suelo, sino que, dadas las características del escurrimiento, mitigan la erosión por su capacidad de intercepción y almacenamiento del flujo de agua superficial (CONAF-JICA 1998).

La nueva Ley sobre Fomento Forestal Chilena, tiene por entre sus objetivos principales regular la actividad forestal en suelos degradados y para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional (CONAF 1999).

Uno de los mecanismos para combatir los suelos degradados del país radica en la bonificación por la construcción de practicas mecánicas en contra de los procesos erosivos; entre estos las zanjas de infiltración.

Su importancia radica en su capacidad para: disminuir la velocidad de las aguas lluvias, aumentar la infiltración del agua en el suelo, reducir la escorrentía superficial, retener los sedimentos removidos por el flujo hídrico, acumular agua de las lluvias para el riego (CONAF 1999).

Las características estándar de su diseño y construcción corresponden en su sección transversal a un trapecio, con dimensiones de 0,2 m de ancho en la base, 0,52 a 1 m en la parte superior, 0,2 m a 0,4 m de profundidad, 1:1,0 de pendiente lateral superior, y 1:0,6 de pendiente lateral inferior.

Las zanjas pueden tener un largo que varía entre 2,5 a 5 m, separadas por intervalos horizontales de 0,5 m a 1 m.

El intervalo vertical entre zanjas en función de la pendiente de la ladera (desde 5 m en pendientes moderadas a 3 m en pendientes escarpadas) (CONAF 1999).

4.3.- Importancia del Agua

“El aprovisionamiento de humedad en los suelos determina en gran medida el tipo de árbol que puede cultivarse y, de esta manera, influye en la distribución de los bosques en todo el mundo. Los suelos que están abundantemente dotados de minerales son del todo improductivos si no tienen agua; por otra parte, suelos de arenas empobrecidas pueden sostener bosques razonablemente productivos, si cuentan con humedad adecuada” (Pritchett 1986).

De hecho, una adecuada humedad del suelo es tan esencial para el crecimiento de los árboles y para el desarrollo del campo forestal que la calidad del sitio se determina en gran medida, por aquellas propiedades físicas del suelo que influyen en la humedad del suelo (Pritchett 1986).

Peña 1983, afirma que la disponibilidad de agua determina el potencial de crecimiento del *Pinus radiata* (D.Don) en un tipo de clima mediterráneo.

Schlatter 1995, señala que en general los factores más importantes que explican la productividad de un determinado suelo en relación con los índices de sitio por orden de importancia, corresponden a textura, clima y el intercambio catiónico; sin embargo, el mismo autor señala que para suelos graníticos la

materia orgánica es el factor más significativo y en segundo lugar, con un aporte similar, los factores textura y capacidad de agua aprovechable.

Dadas las características del sector en estudio, se hace evidente que la productividad no estará determinada por los contenidos de materia orgánica, ya que ésta es mínima o nula debido a los procesos erosivos y usos inadecuados del terreno. Por otra parte, el factor textura no ha sido intervenido significativamente, manteniéndose constante su aporte a la productividad. Por el contrario, el factor capacidad aprovechable de agua, sería sustancialmente aumentado con la cosecha de aguas lluvia interceptadas por las zanjas de infiltración.

4.4.- Sitio Forestal

“Sitio es un complejo compuesto de muchos factores que están influenciando el desarrollo del bosque. Sitio no es un factor y sitio no es todos los factores, sino que es la suma de todos los factores efectivos, entre los cuales uno o más son dominantes (Peña 1983)”.

“Los componentes del sitio forestal están representados por cuatro grandes grupos de factores: factores bióticos (plantas y animales presentes), factores abióticos (climáticos y edáficos), factores fisiográficos y factores antropogénicos (Peña 1983)”.

“El crecimiento en altura es considerado como el mejor indicador de la capacidad de sitio para el desarrollo de los árboles (Donoso 1981)”.

Schlatter (1995), indica que entre los factores que mejor explican la variación del Índice de Sitio para suelos graníticos, están aquellos relacionados con los contenidos de materia orgánica y en segundo lugar textura y capacidad de agua aprovechable.

Es así como las características del sitio forestal determinarán en gran medida la especie más indicada y las limitaciones de manejo silvícolas aplicables.

4.5.- Antecedentes de Intervenciones silvícolas

Dado, las características de bajos rendimientos de los rodales existentes en suelos altamente erosionados, es prácticamente inconcebible la idea de realizar manejos intensivos a rodales de *pinus radiata* (D.Don) en estos suelos, pero estudios recientes de crecimiento (7 años de edad), bajo zanjas de infiltración, han arrojado crecimientos asociados a suelos altamente productivos” (Saavedra, 1998) por lo que se justifica la prueba de esquemas de manejo intensivos.

La silvicultura nacional para madera tiene principalmente tres objetivos básicos; producción de madera con nudos para pulpa o madera reconstituida, madera estructural o aserrable país y madera sin nudos. Todos los regímenes silviculturales pueden producir madera de estos tres tipos, pero en diferentes proporciones. Es por ello que los esquemas de manejo son orientados según la combinación de productos que se desea obtener del bosque.

Sutton (1983), plantea que las intervenciones silvícolas deben estar claras antes del establecimiento de la plantación para orientar desde un principio todos los esfuerzos al producto que se desea obtener, ya que las características del rodal a la edad de corta quedan determinadas en sus primeros 10 años, posteriormente es técnicamente difícil y económicamente ineficiente cambiar los objetivos de la producción.

Las intervenciones silvícolas que se realizan a través del largo período de maduración del bosque son múltiples, y según sea su intensidad de aplicación y la edad a la cual se realizan, se obtendrán diferentes volúmenes y productos a la

edad de corta. De estas intervenciones, los raleos y podas son muy determinantes en la medida que una correcta aplicación de éstos determinará el fracaso o el éxito del bosque final.

Los manejos silvícolas aplicables al bosque son múltiples, como a su vez lo son también sus resultados. Es por ello que se pretende seleccionar alternativas de manejo tradicionales ya probadas para acotar el número de evaluaciones que se le podrían realizar al bosque.

Los esquemas de manejo asociados a cada tipo de bosque pueden ser determinados a través de distintos métodos; uno de ellos consiste en el empleo del Índice de Sitio como principal indicador para determinar la intensidad del manejo. Al respecto Sutton (1983), señala que regímenes del tipo intensivo, con objetivos de producir madera sin nudos, se justificarán para aquellos suelos con índices de sitio superiores a 28 m.

Los esquemas de manejo seleccionados para este estudio, son similares a los empleados por Forestal Mininco S.A. (anexo 1) que entregan una amplia gama de manejos posibles para plantaciones de pino según el Índice de Sitio asociado a sus primeras etapas de desarrollo, además de emplear políticas de manejo muy similares a las promovidas por Sutton.

4.6.- Simuladores

Existen en la actualidad variados métodos matemáticos y simuladores que permiten obtener los resultados futuros de volumen y valor económico de un rodal relativamente joven (5 a 10 años) a la edad de corta (15 a 30 años), permitiéndonos de esta forma adelantarnos, con cierto grado de confianza, a los resultados futuros de la plantación actual.

Uno de los simuladores más importantes en la actualidad es el “Simulador Radiata”, ampliamente conocido y utilizado en el ámbito forestal y académico, ya que permite obtener índices de sitio, producción a la edad de corta bajo diferentes esquemas de manejo, evaluaciones económicas, etc. Otra característica de suma importancia radica en una amplia base de datos que asocia parámetros y funciones diferentes según cual sea el área de estudio.

4.7.- Análisis Económico

Aunque no es parte de los objetivos de esta memoria, se realiza la evaluación económica para enriquecer el contenido de ésta.

Existen múltiples indicadores económicos que sirven para determinar la rentabilidad de un esquema de manejo, dentro de los cuales destacan la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y valor económico del suelo (VES) que es una generalización de VAN para un número infinito de rotaciones.

El indicador económico VES (valor económico del suelo), es el empleado para poder evaluar rotaciones de distinta duración. Dado que el VES lleva los valores a un número infinito de rotaciones, se puede decidir cuál es el mejor desde el punto de vista económico.

Independientemente del valor comercial que puede alcanzar un suelo forestal, como consecuencia de la oferta y la demanda que este bien tenga en el mercado, el valor económico del suelo dependerá de la capacidad de producir bienes o servicios, y del valor que éstos alcancen en el mercado. La definición del valor económico del suelo, entonces, corresponde al mismo concepto de valor económico de cualquier bien de capital, el que en términos prácticos es el valor actual de todos los beneficios futuros netos generados por el suelo (Chacón, 1995).

5.- MATERIALES Y METODOS

5.1.- Marco General

Para determinar el impacto de las zanjas de infiltración se comparan los volúmenes de dos plantaciones aledañas de *Pinus radiata* (D. Don), en las mismas condiciones fisiográficas, establecidas en la microcuenca del Estero Barroso. Los tratamientos aplicados, previos a la plantación efectuada en 1991, corresponden a:

- a) Zanjas de Infiltración: práctica mecánica, dispuesta en curvas de nivel a una distancia aproximada de 20 a 25 metros. Se construyeron con una sección cuadrada de 30 centímetros por 3 metros de largo como máximo. En la curva de nivel las zanjas fueron separadas dejando un taco de tierra de 20 cm.
- b) Testigo, esta modalidad no tiene ningún tipo de tratamiento de suelos.

5.2.- Materiales y Equipo

Los datos a obtener en el desarrollo de esta investigación corresponden a Índices de Sitio y a los volúmenes por hectárea desde los 5 a los 25 años. Los indicadores a obtener para la comparación corresponden a volúmenes totales y por tipo de producto. Para ésto serán empleados los siguientes materiales:

- Equipo computacional y planillas de cálculo.
- Simulador Radiata V 5.0. perteneciente a Bosques de Chile S.A.

5.3.- Metodología

a) Los datos de diámetro y altura son tomados de Saavedra (1998). Estos datos fueron determinados en cada situación, a partir de un muestreo aleatorio que considera 4 fajas de 5 metros de ancho, con una longitud que depende del largo de la ladera en la cual está establecida la plantación.

b) La necesidad del muestreo radica en la obtención de datos representativos de las áreas en estudio, para luego ser procesados e incorporados al Simulador Radiata. Este es el encargado de proyectar y obtener los volúmenes en las diferentes etapas de desarrollo de los rodales (con zanjas de infiltración y testigo).

c) Fuera de evaluar los potenciales volúmenes por hectárea, se comparan los volúmenes asociados a diversos esquemas de manejo. Estos manejos son incorporados al simulador, lo que permite obtener los volúmenes por producto y por año (aserrable sin nudos, aserrable país y pulpable)

d) La selección de los esquemas de manejo de Forestal Mininco S.A. está determinada por el Índice de Sitio y otros esquemas determinados por el autor.

e) Para evaluar la productividad del bosque con zanjas con respecto al testigo, se definen los siguientes indicadores en m³/sc:

- Volumen total por hectárea.
- Volumen Aserrable 2 por hectárea (aserrable sin nudos).
- Volumen Aserrable 1 por hectárea (aserrable país).
- Volumen pulpable por hectárea.

En general se simularon 3 grados de exigencia silvícola al rodal con zanjas y testigo, de manera de comparar los volúmenes capaces de producir a edades distintas de rotación.

Con estos resultados se hizo una Evaluación Económica Privada, para determinar la rentabilidad de la construcción de zanjas de infiltración, como una forma de enriquecer el estudio, aún sin formar parte de los objetivos.

5.4.- Datos y ajustes

En una primera etapa, se realizaron las tablas de rodal para obtener la información dasométrica promedio de ambas plantaciones (con y sin zanjas), requeridas por el simulador para el ajuste de datos (área basal, altura dominante, número de árboles por hectárea, diámetro mínimo y máximo).

Esta información es asociada a funciones de AB (área basal) y altura, de tal manera de obtener los parámetros anteriores a la edad de 5 años, con la finalidad de probar esquemas intensivos.

5.5.- Pre-Simulación

Previo a la simulación se ingresan los datos al Simulador Radiata. El sólo ingreso de éstos arroja en forma inmediata el Índice de Sitio asociado al bosque, lo que permite definir los esquemas de manejo a utilizar y su posterior incorporación al Simulador Radiata.

5.6.- Esquemas de Manejo

La factibilidad de emplear los esquemas de manejo Intensivos y Extensivos está determinada por los Indices de Sitios (anexo 1, esquemas Forestal Mininco); de esta manera se aplica el manejo que se estime más conveniente, según las características del lugar en que se encuentren. Adicionalmente se prueban otros esquemas determinados por el autor.

También se simulan los volúmenes sin manejo con la finalidad de evaluar la productividad sin ningún tipo de intervención silvícola.

En síntesis, se plantean 6 manejos; 3 de tipo Intensivo, 2 Extensivo y una última opción sin ningún tipo de intervención

Una vez determinados los esquemas de manejo, éstos son incorporados al Simulador. Posteriormente se simulan las variables de cada modalidad (con y sin zanjas de infiltración) completándose un total de 12 simulaciones, cada una con los resultados volumétricos desde el año 5 al 25 (Anexo 2).

5.7.- Simulación

Para la determinación del Índice de Sitio, y la producción de volumen a la edad de corta, el simulador requiere las siguientes variables: Edad inicial, edad final, número de árboles por hectárea, área basal por hectárea, altura dominante, diámetro mínimo y máximo, esquema de manejo a aplicar y tipo de producto.

Las variables del rodal corresponden a valores tomados a la edad de 7 años, las cuales se ajustarán con el Simulador Radiata a la edad 5. Finalmente se simulan los esquemas de manejo electos hasta los 25 años.

5.8.- Rentabilidad Privada de Construir Zanjas de Infiltración

Este ítem no está contemplado dentro de los objetivos de este estudio, pero se ha desarrollado y expuesto dentro de la metodología y los resultados para ampliar el conocimiento sobre el aporte realizado por las zanjas de infiltración sobre *Pinus radiata* (D. Don).

Este tipo de evaluación se conoce como *proyecto puro*, y no se concideran los posibles efectos externos que genere la operación del proyecto; tales como contaminación, polución, efectos sobre la flora y fauna, cambios en los hábitos de vida, valorización de terrenos aledaños, entre otros.

Para evaluar la rentabilidad privada del rodal de pino con zanjas de infiltración en la localidad de Llongocura, se emplearon los indicadores: Volumen Total y Volumen por Producto (aserrable 2, aserrable 1, pulpable).

Se comparan los ingresos por volumen, por tipo de manejo para las modalidades con y sin zanjas de infiltración con la finalidad de determinar la existencia de diferencias.

Para la comparación de los rodales testigo y con zanjas se emplearán los siguientes productos.

Cuadro N°1: Productos del Bosque.

| Tipos de Productos | Diámetros Cm | Largo Troza Mt |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Aserrable 2 (sin nudos) | > 28 | 4,1 |
| Aserrable 1 (país) | >18 | 4,1 |
| Pulpable | > 10 | 2,44 |

5.9.- Análisis Económico

Para determinar económicamente si las zanjas de infiltración son rentables, se compara el beneficio económico que es capaz de producir el bosque año a año bajo diferentes esquemas de manejo en un infinito número de rotaciones, utilizando el indicador económico de rentabilidad VES (Valor Económico del Suelo).

La tasa de descuento empleada corresponde al 10%, que es una aproximación al 10,14% empleado en la Región, para proyectos forestales en general (Lobos 2000).

5.10.- Costos y Precios

Los valores empleados para todas las etapas del proceso de maduración del bosque, corresponden a costos e ingresos reales o actualizados al año 1999. Éstos se obtuvieron de tesis de grado, documentos técnicos de confección de zanjas de Infiltración y tabla de costos de CONAF para Forestación y recuperación de suelos.

5.11.- Costos Generales

Los costos que se detallan a continuación están en base a los esquemas de manejo seleccionados y a los parámetros definidos en la revisión bibliográfica.

A continuación se detallan los costos por hectárea asociados al proceso de maduración del bosque:

Cuadro N°2: Costos por Actividad.

| COSTOS | \$ |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Roce | 25.000 |
| Quema | 6.000 |
| Cercado | 25.000 |
| Calificación y Plan de Manejo | 40.000 |
| Plantas y Plantación | 80.000 |
| 415 mts de zanjas de infiltración/ Ha | 60.000 |
| Solic Bonif Zanjas | 14.000 |
| Est de Prend, Solic de Bonif. Plan | 14.000 |
| Primera Poda y Raleo a desecho | 70.000 |
| Plan de Manejo, certificación de poda y raleo y solicitud de bonificación | 14.000 |
| Segunda Poda | 50.000 |
| Tercera Poda | 50.000 |
| Plan de Manejo Raleo comercial | 23.000 |
| Administración anual | 3.000 |

5.12.- Bonificación

Los valores que se presentan a continuación corresponden a pesos por hectárea.

Cuadro N°3: Costos y Bonificación por Actividad.

| Actividad | Costo \$/ha | 75% Bonificación \$/ha |
|------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Construcción de Zanjas | 403.380 | 302.535 |
| Plantación | 210.499 | 157.874 |
| Primera Poda | 34.123 | 25.592 |
| Primer Raleo | 17.878 | 13.408 |

Fuente: Tabla de costos CONAF

Bonificación por metro de zanja construido 972 pesos (año 2000).

5.13.- Precios por Productos Forestales

Los valores que a continuación se detallan corresponden a valores en pié de *Pinus radiata* (D. Don).

Cuadro N°4: Precio por Tipo de Producto.

| Tipo de Producto | \$/m3 |
|----------------------|--------|
| Aserrable 2 sin nudo | 20.000 |
| Aserrable 1 nudoso | 12.000 |
| Pulpable | 4.000 |

Fuente: Jara, E. 2000.

5.14.- Cálculo de Rentabilidad

Es fundamental para el cálculo del indicador económico VES, contemplar todos los costos y beneficios ocurridos en cada etapa del bosque y los volúmenes por producto que hallan ocurrido hasta el momento de la evaluación.

El planteamiento matemático del valor económico del suelo tiene la siguiente expresión:

$$VES = \sum_{j=0}^r \frac{(B_j - C_j) * (1 + i)^{(r-1)}}{(1 + i)^r - 1}$$

B_j: beneficio económico a la edad j

C_j: costo a la edad j

i: tasa interna de retorno

r: edad de rotación

n: edad del bosque

Criterios empleados para la evaluación:

- 1.- Los costos de administración son incorporados desde el primer año.
- 2.- Los raleos a desecho no generan ingresos
- 3.- Los raleos comerciales hacen su aporte económico considerando los valores de producto en pie, castigados en un 20% por las dificultades propias asociadas a la faena.
- 4.- Los ingresos generados por los raleos comerciales son capitalizados desde el momento en que ocurren hasta la corta del rodal, al igual que otros ingresos ocurridos durante el desarrollo del bosque.
- 5.- Los volúmenes de los productos obtenidos, son multiplicados por sus respectivos valores en pie, asumiendo la cosecha de todo el bosque en cada evaluación.

5.15.- Presentación de Resultados y Análisis, Conclusiones y

Recomendaciones

En esta etapa se exponen y analizan los resultados, comenzando por aquellos que orientan y permiten llegar a los objetivos de este estudio. Una vez expuestos los resultados se concluye sobre el efecto de las zanjas de infiltración en la productividad y se dan las recomendaciones correspondientes.

6.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados del estudio corresponden en una primera etapa, a los ajustes efectuados para poder simular a partir de los 5 años, con la finalidad de incorporar manejos intensivos.

6.1.- Datos Promedio y Ajuste

El Cuadro N°5 presenta los datos promedio previos al ajuste (7 años) y los posteriores a éste (5 años), necesarios para la simulación.

La información básica requerida para la simulación a la edad 5, fue la que se detalla a continuación.

Cuadro N°5. Datos para Simulación.

| Variables | Rodal con Zanjas | | Rodal Testigo | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Edad Inicial (años) | 7 | 5 | 7 | 5 |
| Edad Final Máxima | 25 | 25 | 25 | 25 |
| N° de Arboles | 1475 | 1490 | 1338 | 1346 |
| Area Basal | 17 | 7 | 8 | 2,36 |
| Altura Dominante (400) | 11,58 | 7,88 | 8,5 | 5,67 |
| Diámetro Mínimo (cm) | 7,8 | 3,5 | 4,8 | 1,5 |
| Diámetro Máximo (cm) | 19,2 | 16,5 | 12,9 | 10 |

Un primer resultado de importancia es arrojado por las diferencias de área basal y altura dominante a los 5 años. La modalidad con Zanjas presenta un área basal 2 veces mayor que el Testigo y en altura una superioridad del 39 %.

6.2.- Pre-Simulación

El siguiente cuadro corresponde al Índice de Sitio, resultado entregado por el simulador en forma inmediata al ingresar los datos.

Cuadro N°6: Índices de Sitio.

| | Zanjas | Testigo |
|------------------------|---------------|----------------|
| Índice de Sitio | 30,1 | 24,5 |

Nota: Estos valores son fijos y no son modificados por los esquemas que se empleen.

Los índices de sitio que se muestran en el Cuadro N°6 son entregados por el simulador, y corresponden a la primera diferencia significativa arrojada por la construcción de zanjas de infiltración.

La diferencia equivale a un 23 % entre ambos rodales, mostrando una clara alteración del sitio forestal al aumentar el agua disponible para el bosque.

Se deja notar que para las condiciones de suelo, topografía y clima del área de estudio, la influencia del factor agua en el crecimiento es notable.

6.3.- Esquemas de Manejo

La determinación de los Índices de Sitio recomienda utilizar el esquema de manejo Intensivo 2 y Extensivo 1, según el Anexo 2. Los esquemas de manejo Intensivo 1 y 3, Extensivo 2 y Sin Manejo, son determinados e introducidos por el autor para probar más alternativas de producción y finalmente recomendar la más apropiada.

Los esquemas de manejo, son detallados en el Cuadro N°7, señalando el año y la intensidad de la intervención.

Cuadro N°7: Esquemas de Manejo Utilizados.

| Edad / N° de Arb/ha. | MI1 | MI2 | MI3 | ME1 | ME2 | Sin M |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1ª Poda | 5 / 700 | 5 / 700 | 5 / 700 | - | - | - |
| 2ª Poda | 7 / 500 | 7 / 300 | 7 / 300 | - | - | - |
| 3ª Poda | 9 / 300 | - | - | - | - | - |
| 1º Raleo Desecho | 5 / 700 | 5 / 700 | 5 / 700 | - | - | - |
| 1º Raleo Comercial | 11 / 300 | 11 / 300 | 13 / 300 | 11 / 600 | 13 / 800 | - |
| 2º Raleo Comercial | - | - | - | 14 / 400 | 16 / 600 | - |

Fuente: Forestal Mininco S.A. modificado por el autor.

Nota:

Mli = Manejo Intensivo 1, 2 y 3.

MEi = Manejo Extensivo 1 y 2

Sin M = Sin Manejo

i = número del esquema de manejo

De los esquemas de manejo intensivos seleccionados se destaca la característica de un raleo temprano a desecho (5 años) y uno comercial posterior a los 11 años.

En los manejos extensivos destacan dos raleos comerciales y ninguna poda ni raleo a desecho.

6.4.- Resultados de la Simulación

Los resultados volumétricos para cada esquema de manejo simulado se presentan en el cuadro N°8:

Cuadro N°8: Volúmenes por Producto según Manejo con y sin Zanjas.

| | Testigo (m3sc/ha) | | | | Zanjas (m3sc/ha) | | | |
|--------------|--------------------|----------------|----------|---------------|-------------------|----------------|----------|---------------|
| | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | Vol. Total | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | Vol. Total |
| MI 1 | 12,5 | 104,7 | 48,9 | 166,1 | 71,8 | 163,6 | 40,5 | 275,9 |
| MI 2 | 12,5 | 104,7 | 48,9 | 166,1 | 79,7 | 163,5 | 39,4 | 282,6 |
| MI 3 | 11,0 | 104,3 | 49,5 | 164,8 | 55,1 | 162,8 | 43,3 | 261,2 |
| ME 1 | - | 146,9 | 52,6 | 199,5 | - | 257,3 | 50,3 | 307,6 |
| ME 2 | - | 130,8 | 90,0 | 220,8 | - | 239,9 | 99,7 | 339,6 |
| Sin M | - | 159,5 | 191,6 | 351,1 | - | 333,1 | 232,2 | 565,3 |

Los detalles de los volúmenes (indicadores) obtenidos por el simulador desde el año 5 al 25 se pueden ver en el Anexo 2.

Cabe mencionar que los rodales sin manejo y los con manejo extensivo, no presentan el producto “aserrable 2”, ya que esta categoría corresponde a trozas sin nudos.

Los resultados señalados en el cuadro anterior, permiten determinar que las zanjas de infiltración generan un mayor impacto productivo en aquellos indicadores de mayor valor agregado (Aserrable 1 y 2).

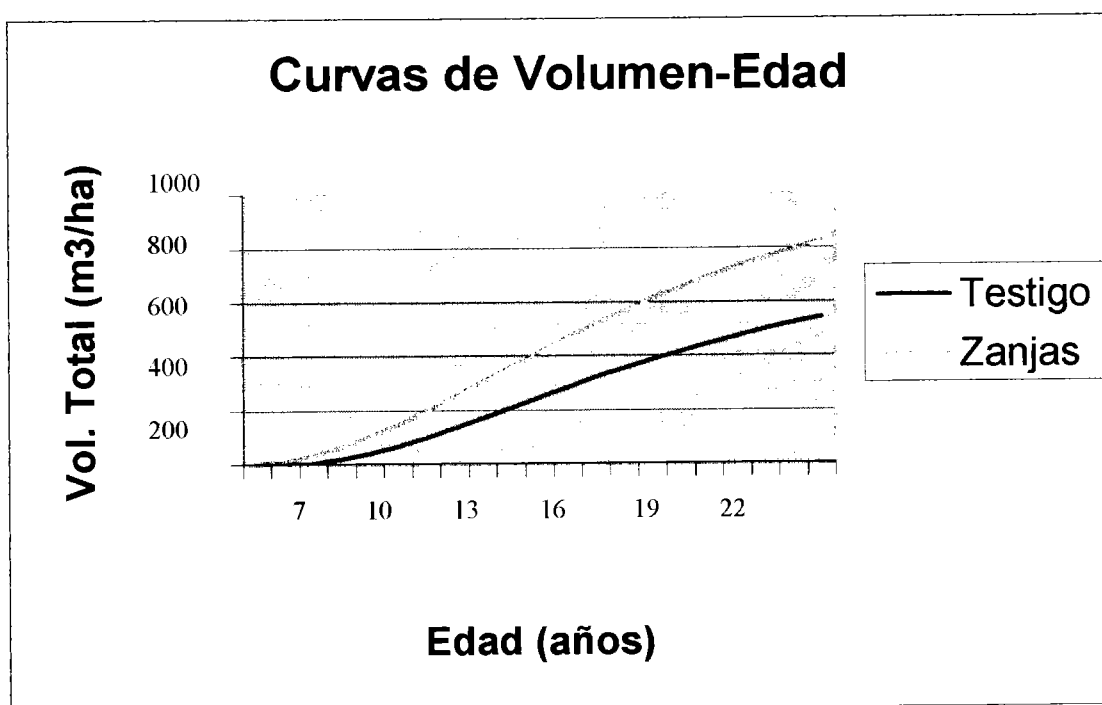
Con respecto a los esquemas de manejo intensivos, cuya orientación es la producción de madera de alta calidad, el Cuadro N°8 evidencia que estos objetivos son mejor representados con el Manejo Intensivo 2 tratado con zanjas.

De los esquemas de manejo extensivos tratados con zanjas, el 1, representa la mejor opción dado su mayor rendimiento en el indicador Aserrable 1.

Sí las condiciones de mercado determinaran que no existe diferencia de precio entre los productos obtenidos al final de la rotación, la mejor opción estaría representada por aquellos rodales tratados con zanjas de infiltración y sin ningún tipo de manejo, dado que de esta forma se maximiza el volumen total.

El comportamiento de los volúmenes totales por año, es representado en el siguiente gráfico, donde se ejemplifican los rodales sin manejo.

Gráfico N°1



La situación expuesta manifiesta el comportamiento aproximado de todos los esquemas de manejo aplicados (Gráfico N°1).

Se desprende del Gráfico N°1 la superioridad volumétrica en todas las edades de desarrollo del rodal tratado con zanjas, además de una tendencia de

éste a acrecentar esta diferencia con el paso del tiempo. Este resultado indica claramente el impacto que genera la construcción de zanjas en el volumen total, independientemente del manejo que se aplique.

A modo de ejemplo, a la edad de 20 años existe una diferencia en productividad de 110 m³/ha (61% promedio) del rodal con zanjas respecto al testigo, señal clara del aporte generado por esta práctica mecánica.

El mismo efecto es producido para el volumen de madera aserrable 1. De igual forma ocurre con el volumen aserrable 2, pero con una brecha más acentuada con el paso del tiempo. Y la madera pulpable no sufre mayores cambios.

Para apreciar las diferencias porcentuales por productos atribuidas al efecto de las zanjas de infiltración, se presenta el siguiente cuadro.

Cuadro N°9: Diferencias Porcentuales por Producto.

| Esquemas De Manejo | Porcentaje con respecto al testigo | | | Vol Total |
|--------------------|------------------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpa | % |
| M I 1 | 474 | 56 | -17 | 66 |
| M I 2 | 538 | 56 | -19 | 70 |
| M I 3 | 401 | 56 | -12 | 58 |
| M E 1 | - | 75 | -4,4 | 54 |
| M E 2 | - | 83 | 11 | 54 |
| Sin M | - | 108 | 21 | 61 |
| Promedio | 471 | 73 | -3 | 61 |

En forma inmediata, se puede apreciar que el hecho de incorporar zanjas de infiltración a este tipo de bosque, trae asociado un aumento notable en los productos por hectárea de más alto valor comercial (aserrable 2), alcanzando hasta un 538 % para el caso del manejo intensivo 2.

Los valores negativos se traducen en los porcentajes en que el rodal sin zanjás genera mayores volúmenes pulpables. Este resultado se asocia a un bosque de una calidad inferior dado su tendencia a producir madera pulpable.

Los esquemas de manejo intensivos se ven claramente potenciados en la producción de madera aserrable 2 (sin nudos), llegando en promedio a 4,7 veces más de volumen por hectárea con respecto al testigo. También se observa en el Cuadro N°9 un aumento del 73 % en promedio de madera aserrable 1.

Es importante destacar que los esquemas de manejo intensivos tienen por objetivo la producción de maderas de alta calidad sin nudos, lo que se refleja claramente con los bajos resultados en la producción de madera pulpable. Inferior en un 16 % respecto al rodal testigo. Este resultado no corresponde a una desventaja, sino a la redistribución de las capacidades productivas del bosque.

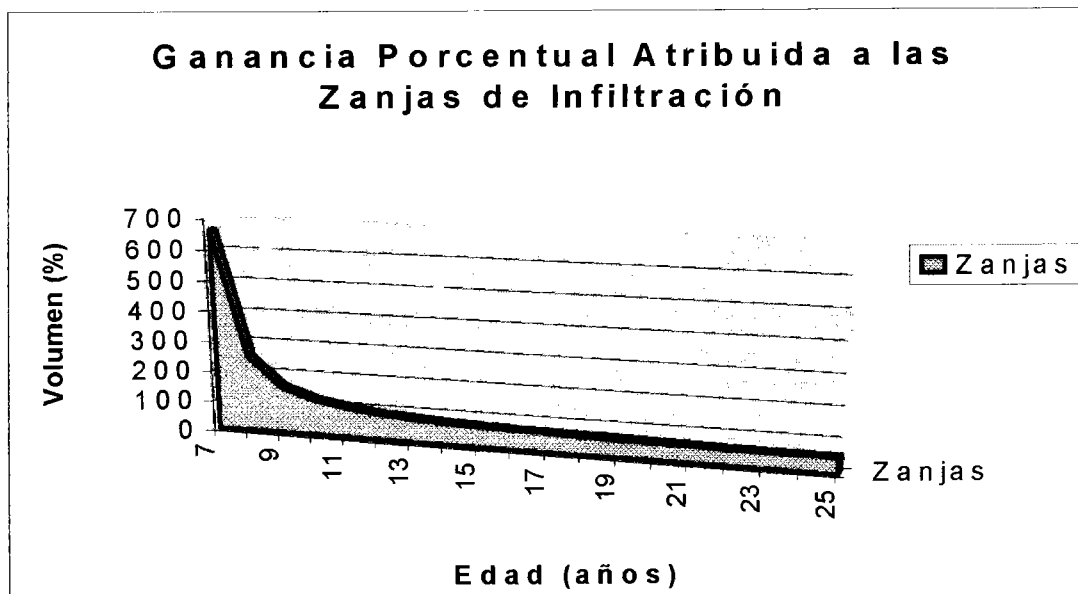
Para los esquemas de manejo extensivos se aprecia que el aporte en agua generado por las zanjás se traduce en el aumento de los productos aserrable 1 y pulpable en un 79 % y un 3,5 % promedio respectivamente.

La comparación entre rodales sin intervención silvícola, refleja que el rodal tratado con zanjás produce un 108 % más de madera aserrable 1 y un 21 % más de madera pulpable que el testigo (Cuadro N°9).

Se destaca, que el mayor efecto de las zanjás con respecto al testigo se deja notar sobre los productos de mayor valor comercial (aserrable 1y 2), con aumentos promedios de 73 y 471 %. Su efecto sobre la madera pulpable es cercano a 0 %.

El siguiente gráfico expone la ganancia porcentual atribuida al efecto de las zanjas de infiltración con respecto al testigo (anexo 3).

Gráfico N°2



El impacto de las zanjas de infiltración produce una diferencia porcentual notable en los primeros años de la plantación, tendiendo a una estabilización a partir del noveno año aproximadamente (ver Gráfico N°2).

Para todos las situaciones con zanjas de infiltración, se cuenta con aumentos de los volúmenes totales de un 61 % promedio a los 20 años con respecto al testigo.

6.5.- Rentabilidad Privada de Construir Zanjas de Infiltración

El valor económico del suelo ha permitido determinar el año de rotación que entrega el mayor beneficio económico para un infinito número de rotaciones, en rodales tratados con zanjas y como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro N°10: Edad Óptima por Manejo para Zanjas y Testigo.

| Manejo | Edad de Rotación | |
|--------|------------------|---------|
| | Zanjas | Testigo |
| MI 1 | 21 | 22 |
| MI 2 | 21 | 22 |
| MI 3 | 21 | 22 |
| ME 1 | 18 | 19 |
| ME 2 | 18 | 19 |
| Sin M | 18 | 19 |

En el Anexo 2 se detallan todos los años con su respectivo indicador (VES), indicando el óptimo de cosecha.

Se desprende del cuadro N°10 que la edad óptima de cosecha, para los rodales con y sin manejo, se obtiene siempre a menor edad en el caso de zanjas de infiltración, lo cual es un beneficio en todos los casos.

Esta disminución de un año en el periodo de rotación puede no representar una diferencia relevante en una primera impresión, sin embargo, en el largo plazo (Ejemplo: 20 rotaciones), el capital perdido puede llegar a ser equivalente al valor del bosque.

A continuación se presenta el VES (\$/ha) según la edad óptima de cosecha determinado por el sistema con zanjas.

Cuadro N°11: VES por Manejo con y sin Zanjas.

| Manejo | Rodal con Zanjas (\$/ha) | Edad (años) | Rodal Testigo (\$/ha) | Edad (años) |
|---------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| M I 1 | 1.099.713. | 21 | 258.645. | 22 |
| M I 2 | 1.157.645. | 21 | 283.163. | 22 |
| M I 3 | 1.213.344. | 21 | 357.529. | 22 |
| M E 1 | 1.435.742. | 18 | 562.213. | 19 |
| M E 2 | 1.442.905. | 18 | 560.604. | 19 |
| Sin M | 1.540.014. | 18 | 609.550. | 19 |

Las tablas con los resultados para todas las edades se encuentran en el Anexo 2.

Como se aprecia en el Cuadro N°11, para todos las situaciones el mayor beneficio económico, es siempre generado por el bosque tratado con zanjas, independiente del manejo que se le dé.

Es de suma importancia observar que el mayor ingreso es generado por una condición sin manejo (VES=\$1.540.014./ha), lo cual cuestionaría la aplicación de los esquemas de manejo intensivos y extensivos en esas condiciones.

En el caso de las intervenciones silvícolas, a pesar de no entregar los mayores ingresos, se observó que entre ellos los mejores resultados se obtuvieron de los manejos extensivos, por sobre los intensivos con VES de \$1.442.905./ha y \$1.213.344./ha respectivamente.

En el siguiente cuadro se muestran las diferencias porcentuales de los ingresos producidos por el bosque, debido al efecto de las zanjas de infiltración.

Cuadro N°12: Porcentaje de Rentabilidad con Respecto al Testigo.

| Manejo | Edad óptima de Cosecha | Porcentaje % |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| M I 1 | 21 | 425 |
| M I 2 | 21 | 409 |
| M I 3 | 21 | 339 |
| M E 1 | 18 | 255 |
| M E 2 | 18 | 257 |
| Sin M | 18 | 253 |
| Promedio | | 323 |

La importancia de este análisis se deja ver en los resultados, que rompen algunos mitos de la silvicultura tradicional asociada al área de estudio, comenzando por los largos periodos de rotación utilizados, situación que se revierte con los primeros resultados de este análisis, llegando a rotaciones de 18 años.

La construcción de zanjas de infiltración reduce el periodo óptimo de rotación del bosque en 1 año respecto al testigo, lo que se traduce en mayores ingresos en el largo plazo.

El beneficio entregado por las zanjas de infiltración en términos del indicador económico VES, señala que su implementación genera entre dos y hasta cuatro veces más ingresos que el testigo, con lo que se justifica la construcción de éstas con creces.

Este beneficio es extensible a casos particulares de pequeños propietarios que eventualmente podrían realizar la construcción y mantenimiento de las zanjas en sus terrenos, sin la necesidad de invertir en podas y raleos.

La utilización de las zanjas de infiltración tendría para estos suelos ya no sólo una función de protección, sino además una función social al mejorar las expectativas de ingreso en los productores forestales.

Las zanjas de infiltración tienen bajos costos de construcción por lo que con capacitación adecuada están al alcance de todo tipo de productores forestales, convirtiéndose en una alternativa viable para aumentar la productividad de suelos erosionados del secano costero de la séptima región, además de su protección.

Estos resultados son aplicables a la generación de nuevos proyectos forestales que contemplen un beneficio de hasta cuatro veces sus posibilidades de ingresos al incorporar el sistema de zanjas (en estas condiciones). A esto se agregan los beneficios adicionales de retención de sedimentos, aumento de los cauces naturales en periodos secos, mejora de la calidad del agua, alimentación de napas, etc.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.- Conclusiones

- Uno de los primeros beneficios generados por las zanjas en un clima mediterráneo con 6 meses secos, es la modificación del Índice de Sitio en forma sustancial (23%). Este hecho es de suma importancia, ya que los factores del sitio son muy difíciles de alterar, especialmente en términos de costo, mientras que las zanjas de infiltración representan una medida que puede modificar favorablemente el Índice de Sitio y a muy bajo costo.
- La construcción de las zanjas de infiltración genera un impacto positivo en la productividad del bosque, aumentando en un 61 % el volumen capaz de producir con respecto al testigo.
- La construcción de zanjas produjo un aumento en el volumen total para todos los esquemas de manejo sin presentar diferencias significativas entre ellos.
- Los productos más beneficiados con la construcción de zanjas de infiltración corresponden a los aserrables, con aumentos promedios de 471 % para aserrable 2 y de 73 % para aserrable 1.
- De todos los esquemas de manejo simulados, se observó que los mejores resultados en volumen, se dan sin ningún tipo de intervención silvícola (con zanjas) con un valor de 565 m³/ha a una edad de rotación de 18 años.

7.2.- Recomendaciones

- Para propietarios que se encuentren en condiciones similares de clima y suelo, se recomienda la construcción de zanjas de infiltración, independientemente de los objetivos de producción, ya que las zanjas aumentan la productividad en todos los casos.
- Si el objetivo de una plantación es volumen total por hectárea independiente de la calidad, se recomienda, además de la construcción de zanjas, no realizar manejo.
- Si el objetivo final del bosque es la producción de madera de alta calidad, se recomienda el esquema de manejo intensivo dos.
- Adicionalmente, se recomienda la construcción de zanjas de infiltración, ya que acorta el periodo de rotación, y entre esquemas se acorta hasta en un 17 % aproximadamente.

8.- BIBLIOGRAFIA

Acevedo V. Luis y Del Río M. Germán, 1993. "Zanjas de Infiltración en la Microcuenca de Estero Barroso (Curepto)". . Tesis para Optar al grado de Técnico Forestal Universidad Católica del Maule. Escuela de Tecnología Forestal, Talca, Chile. Pág. 1-14.

Carson Paul, 1990. "Establecimiento y Manejo de Practicas Agroforestales en la Sierra Ecuatoriana". CORMEN impresores gráficos, Quito, Ecuador. Pág. 24-111.

Chacón C. Iván 1995. "Decisiones Económico Financieras en el Manejo Forestal". Editorial Universidad de Talca. Talca, Chile. Pág. 159-248.

Chile Forestal 1999. "Tabla General de Costos de Forestación y Establecimiento de Cortinas, para la temporada de Forestación 2000". Imprenta Colorama S.A. Santiago, Chile. Pág. Contratapa.

CIREN CORFO, 1996. Descripción de suelos Materiales y Símbolos, "Estudio Suelos de Secano VII Región". Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile. Pág. 58-66.

CONAF 1990. "Zanjas de Infiltración para Control de Erosión y Cosecha de Lluvias". Proyectos Regional. Talca, Chile. Pág. 1-43.

CONAF 1999. "Recuperación de Suelos Degradados en el Marco de la Nueva Ley de Fomento Forestal". Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. Pág. 1-70.

CONAF-JICA 1998. "Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrograficas de la Zona Semiárida de Chile". Proyecto de Cuencas CONAF-JICA. Santiago, Chile. Pág. 1-29.

Donoso Z. Claudio, 1981. "Ecología Forestal". Editorial Universitaria S.A. Santiago, Chile. Pág. 153-232.

FAO 1995, "Manual Integrado de Practicas Conservacionistas", Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Pág. 1-30.

Jara V. Eduardo, 2000. "Comparación de Dos Modalidades de Gestión de Fomento Forestal en la Comuna de Curepto". Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales. Talca, Chile. Pág. 22-72.

Lobos G, 2000. "Evaluación Económica del Bosque Natibo en Vilches Alto, VII Región, Chile. 2000". Universidad de Talca, Departamento de Economía y Finanzas de la Facultad de Ciencias Empresariales. Talca, Chile. Pag –1-12.

Ministerio de Agricultura, CONAF, Universidad de Chile, FAO/PNUMA, 1994. "Diagnóstico y Propuesta de Plan Nacional de Acción para Combatir la Desertificación". Talca, Chile.

Mourgues Sch. Victor 2000. "Diseño de Zanjas de Infiltración". Comunicación personal. Talca, Chile.

Peña P. Fredy, 1983. Tesis de Título. "Relación Suelo Productividad en Rodales de *Pinus radiata* (D.Don) en la Sexta Región". Universidad de Chile. Pág. 3-14.

Pritchett William, 1986. "Suelos Forestales – Propiedades, Conservación y Mejoramiento". Editorial Limusa S.A. Pág. 140-212.

Rázuri R. Luis, 1986. "Estructuras de Conservación de Suelos y Aguas", Serie: Riego y Drenaje RD-32. Pág. 1-8.

Saavedra M. Jaime, 1998. "Análisis Comparativo de Técnicas de Recuperación de Suelos en Áreas Degradadas: Efecto en la Humedad del Suelo, la Supervivencia y Crecimiento de *Pinus radiata* (D.Don). (Microcuenca de Estero Barroso, VII Región)". Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales. Talca, Chile. Pág. 1-35.

Sutton William, 1983. "Manejo de Plantaciones de *Pinus radiata* (D.Don)". Transcripción de charla en Arauco. Concepción, Chile. Pág. 1-57.

Simulador Radiata Plus V 5.0. 1986.

Schlatter E. Juan, 1995. "Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales". Simposio IUFRO para Cono Sur Sudamericano. Imprenta Universitaria S.A. Temuco, Chile.

9.- ANEXOS

9.1.- Anexo 1

Regimen de Manejo Intensivo

| Podas | Poda 1 | | | Poda 2 | | | Poda 3 | | | |
|----------|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Edad de Referencia (años) | DOS Objetivo (cm)1 | Densidad (n°arb/ha) | Edad de Poda (años) | DOS Objetivo (cm) 1 | Densidad Final (n°arb/ha) | Edad de Poda (años) | DOS Objetivo (cm) 1 | Densidad Final (n°arb/ha) | Severidad m de copa residual 2 |
| 25-26 | 7 | 14,5 | 700 | 7 | 14,5 | 500 | 9 | 14,5 | 300 | 4,5 |
| 27-29 | 6 | 14,5 | 700 | 7 | 14,5 | 500 | 9 | 14,5 | 300 | 4,5 |
| 30-32 | 5 | 15 | 700 | 7 | 15 | 300 | | | | 4,5 |
| 33 y más | 5 | 15 | 700 | 7 | 15 | 300 | | | | 4,5 |

1: DOS máximo del tramo podado

2: Longitud mínima de copa residual

3: Ultima poda, debe ser a la altura fija, a fin de asegurar la altura de poda objetivo en los árboles remanentes

| Raleos | Raleo a desecho | | Raleo Comercial | |
|----------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Edad de Referencia (años) | Densidad Residual (n°arb/ha) | Edad de Referencia (años) | Densidad Residual (n°arb/ha) |
| 25-26 | 7 | 900 | 13 | 500 |
| 27-29 | 6 | 800 | 12 | 450 |
| 30-32 | 5 | 700 | 11 | 300 |
| 33 y más | 5 | 600 | 11 | 250 |

Zonas de Crecimiento: 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10

Regimen de Manejo Extensivo

| Clase de Sitio | Raleo Comercial 1 | | Raleo Comercial 2 | |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Edad de Referencia | Densidad Residual | Edad (años) | Densidad Residual |
| 26 | 13 | 800 | 16 | 600 |
| 28 | 12 | 700 | 15 | 500 |
| 31 | 11 | 600 | 14 | 400 |
| 34 | 9 | 500 | 12 | 300 |

Todas las Zonas de Crecimiento

*: de los 400 árboles más altos junto con la poda 1

Fuente: modificada por el autor.

Manejo Intensivo 1 Testigo (MI1-T)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | \$ 228.323 |
| 7 | 0 | 0 | 0,5 | \$ 231.180 |
| 8 | 0 | 0 | 2,9 | \$ 183.058 |
| 9 | 0 | 0 | 13,5 | \$ 159.411 |
| 10 | 0 | 0,6 | 29,2 | \$ 94.686 |
| 11 | 0 | 4,5 | 46,4 | \$ 34.072 |
| 11 | 0 | 0,1 | 14,8 | \$ 53.412 |
| 12 | 0 | 1,3 | 25,3 | \$ 16.173 |
| 13 | 0 | 5,7 | 34,6 | \$ 25.707 |
| 14 | 0 | 13,9 | 41 | \$ 69.870 |
| 15 | 0 | 26,4 | 43,8 | \$ 115.179 |
| 16 | 0,3 | 39,9 | 46,2 | \$ 154.049 |
| 17 | 1 | 54,3 | 47,6 | \$ 186.830 |
| 18 | 2,7 | 68,3 | 48,3 | \$ 213.764 |
| 19 | 5,6 | 81,3 | 48,7 | \$ 235.356 |
| 20 | 8,7 | 93,7 | 48,8 | \$ 249.736 |
| 21 | 12,5 | 104,7 | 48,9 | \$ 258.645 |
| 22 | 17,1 | 114,2 | 48,8 | \$ 263.197 * |
| 23 | 21,2 | 123,4 | 48,7 | \$ 262.934 |
| 24 | 25 | 132,1 | 48,6 | \$ 259.176 |
| 25 | 28,4 | 140,4 | 48,6 | \$ 252.742 |

Manejo Intensivo 1 Zanjas (MI1-Z)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 27.993 |
| 5 | 0 | 0 | 0,3 | \$ 9.647 |
| 6 | 0 | 0 | 0,8 | \$ 149.218 |
| 7 | 0 | 0 | 7,2 | \$ 184.982 |
| 8 | 0 | 0,2 | 21,3 | \$ 282.090 |
| 9 | 0 | 2,7 | 41,1 | \$ 352.721 |
| 10 | 0 | 9,8 | 64,3 | \$ 476.189 |
| 11 | 0 | 29,7 | 79,9 | \$ 620.203 |
| 11 | 0 | 1,1 | 36,6 | \$ 564.470 |
| 12 | 0 | 14 | 43,3 | \$ 650.048 |
| 13 | 0 | 33,3 | 46,5 | \$ 739.403 |
| 14 | 0,8 | 56,3 | 47,2 | \$ 823.828 |
| 15 | 3,7 | 79,5 | 46,6 | \$ 898.574 |
| 16 | 9,6 | 100,7 | 45,4 | \$ 962.618 |
| 17 | 20 | 117,5 | 44 | \$ 1.017.742 |
| 18 | 31,5 | 132,3 | 42,9 | \$ 1.056.516 |
| 19 | 45,4 | 143,5 | 41,9 | \$ 1.083.458 |
| 20 | 59 | 153,8 | 41,1 | \$ 1.097.131 |
| 21 | 71,8 | 163,6 | 40,5 | \$ 1.099.713 |
| 22 | 84,5 | 172 | 40,1 | \$ 1.094.273 |
| 23 | 95,9 | 180 | 39,8 | \$ 1.081.198 |
| 24 | 106,2 | 187,6 | 39,7 | \$ 1.063.010 |
| 25 | 115,2 | 195,2 | 39,5 | \$ 1.041.127 |

Manejo Intensivo 2 Testigo (MI2-T)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | \$ 228.323 |
| 7 | 0 | 0 | 0,5 | \$ 231.180 |
| 8 | 0 | 0 | 2,9 | \$ 183.058 |
| 9 | 0 | 0 | 13,5 | \$ 122.590 |
| 10 | 0 | 0,6 | 29,2 | \$ 60.176 |
| 11 | 0 | 4,5 | 46,4 | \$ 1.424 |
| 11 | 0 | 0,1 | 14,8 | \$ 20.765 |
| 12 | 0 | 1,3 | 25,3 | \$ 14.948 |
| 13 | 0 | 5,7 | 34,6 | \$ 55.559 |
| 14 | 0 | 13,9 | 41 | \$ 98.655 |
| 15 | 0 | 26,4 | 43,8 | \$ 143.058 |
| 16 | 0,3 | 39,9 | 46,2 | \$ 181.152 |
| 17 | 1 | 54,3 | 47,6 | \$ 213.265 |
| 18 | 2,7 | 68,3 | 48,3 | \$ 239.619 |
| 19 | 5,6 | 81,3 | 48,7 | \$ 260.706 |
| 20 | 8,7 | 93,7 | 48,8 | \$ 274.643 |
| 21 | 12,5 | 104,7 | 48,9 | \$ 283.163 |
| 22 | 17,1 | 114,2 | 48,8 | \$ 287.372 * |
| 23 | 21,2 | 123,4 | 48,7 | \$ 286.805 |
| 24 | 25 | 132,1 | 48,6 | \$ 282.777 |
| 25 | 28,4 | 140,4 | 48,6 | \$ 276.103 |

Manejo Intensivo 2 Zanjas (MI2-Z)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 27.993 |
| 5 | 0 | 0 | 0,3 | \$ 9.647 |
| 6 | 0 | 0 | 0,8 | \$ 149.218 |
| 7 | 0 | 0 | 7,9 | \$ 187.934 |
| 8 | 0 | 0,2 | 23,1 | \$ 288.386 |
| 9 | 0 | 3,2 | 43,2 | \$ 400.145 |
| 10 | 0 | 13,9 | 63,6 | \$ 539.813 |
| 11 | 0 | 32,5 | 80,9 | \$ 673.140 |
| 11 | 0 | 1,3 | 38,4 | \$ 614.385 |
| 12 | 0 | 16,1 | 43,6 | \$ 705.616 |
| 13 | 0,1 | 36,9 | 45,9 | \$ 798.329 |
| 14 | 1,1 | 60,8 | 46,1 | \$ 883.705 |
| 15 | 5,1 | 83,7 | 45,3 | \$ 960.366 |
| 16 | 12,7 | 103,8 | 44 | \$ 1.026.339 |
| 17 | 24 | 119,9 | 42,8 | \$ 1.080.156 |
| 18 | 37,1 | 133,5 | 41,6 | \$ 1.119.060 |
| 19 | 51,7 | 144,3 | 40,6 | \$ 1.144.215 |
| 20 | 65,8 | 154,5 | 40 | \$ 1.156.232 |
| 21 | 79,7 | 163,5 | 39,4 | \$ 1.157.646 |
| 22 | 92,8 | 171,7 | 39,1 | \$ 1.150.106 |
| 23 | 104,8 | 179,4 | 38,8 | \$ 1.135.398 |
| 24 | 115,3 | 187,1 | 38,6 | \$ 1.115.258 |
| 25 | 124,6 | 194,6 | 38,5 | \$ 1.091.631 |

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 345.197 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | \$ 228.323 |
| 7 | 0 | 0 | 0,5 | \$ 231.180 |
| 8 | 0 | 0 | 2,9 | \$ 183.058 |
| 9 | 0 | 0 | 13,6 | \$ 127.592 |
| 10 | 0 | 0,7 | 30,1 | \$ 57.164 |
| 11 | 0 | 4,9 | 48 | \$ 17.031 |
| 12 | 0 | 15,5 | 63,4 | \$ 103.409 |
| 13 | 0 | 29,8 | 77 | \$ 173.315 |
| 13 | 0 | 1,1 | 35,8 | \$ 131.787 |
| 14 | 0 | 10,7 | 41,1 | \$ 178.380 |
| 15 | 0 | 23,2 | 44,8 | \$ 222.593 |
| 16 | 0,2 | 37,5 | 46,8 | \$ 261.091 |
| 17 | 0,7 | 52,5 | 48,1 | \$ 292.615 |
| 18 | 2 | 67,2 | 48,9 | \$ 317.959 |
| 19 | 4,3 | 80,8 | 49,2 | \$ 336.976 |
| 20 | 7,1 | 93,4 | 49,4 | \$ 349.541 |
| 21 | 11 | 104,3 | 49,5 | \$ 357.529 |
| 22 | 15,1 | 114,3 | 49,4 | \$ 360.586 |
| 23 | 18,9 | 123,8 | 49,3 | \$ 359.249 |
| 24 | 22,4 | 132,9 | 49,1 | \$ 354.657 |
| 25 | 25,6 | 141,3 | 49 | \$ 347.335 |

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 27.993 |
| 5 | 0 | 0 | 0,3 | \$ 9.647 |
| 6 | 0 | 0 | 0,8 | \$ 149.218 |
| 7 | 0 | 0 | 7,9 | \$ 187.934 |
| 8 | 0 | 0,2 | 23,4 | \$ 289.436 |
| 9 | 0 | 3,4 | 43,8 | \$ 401.185 |
| 10 | 0 | 14,7 | 64,2 | \$ 547.343 |
| 11 | 0 | 33,9 | 81,6 | \$ 696.129 |
| 12 | 0,6 | 65 | 89,1 | \$ 857.780 |
| 13 | 2,9 | 98,9 | 94,8 | \$ 990.988 |
| 13 | 0,1 | 23,4 | 49,3 | \$ 897.856 |
| 14 | 0,1 | 45,1 | 50 | \$ 969.108 |
| 15 | 1,2 | 68,8 | 49,8 | \$ 1.034.671 |
| 16 | 4,8 | 91,5 | 48,7 | \$ 1.091.868 |
| 17 | 11,5 | 111,2 | 47,4 | \$ 1.139.007 |
| 18 | 20,9 | 127,5 | 46 | \$ 1.174.691 |
| 19 | 31,6 | 141,4 | 44,9 | \$ 1.198.101 |
| 20 | 43,6 | 152,7 | 43,9 | \$ 1.211.196 |
| 21 | 55,1 | 162,8 | 43,3 | \$ 1.213.345 |
| 22 | 65,8 | 172,3 | 42,7 | \$ 1.207.108 |
| 23 | 76 | 180,9 | 42,3 | \$ 1.194.982 |
| 24 | 85,4 | 188,9 | 42,1 | \$ 1.178.238 |
| 25 | 93,6 | 196,7 | 42 | \$ 1.157.818 |

MANEJOS EXTENSIVOS

Manejo Extensivo 1 Testigo (ME1-T)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 207.607 |
| 6 | 0 | 0 | 0,1 | \$ 158.594 |
| 7 | 0 | 0 | 3,8 | \$ 102.649 |
| 8 | 0 | 0 | 17 | \$ 29.144 |
| 9 | 0 | 0,9 | 37,5 | \$ 52.950 |
| 10 | 0 | 3,7 | 61,7 | \$ 135.547 |
| 11 | 0 | 12,9 | 84,6 | \$ 221.339 |
| 11 | 0 | 11,4 | 49,4 | \$ 204.200 |
| 12 | 0 | 26,1 | 60,3 | \$ 293.085 |
| 13 | 0 | 47,2 | 66,5 | \$ 380.604 |
| 14 | 0 | 70 | 72,1 | \$ 451.190 |
| 14 | 0 | 57,6 | 47,7 | \$ 433.574 |
| 15 | 0 | 79,7 | 49,7 | \$ 485.328 |
| 16 | 0 | 102,2 | 51 | \$ 522.593 |
| 17 | 0 | 124,7 | 52 | \$ 547.638 |
| 18 | 0 | 146,9 | 52,6 | \$ 562.213 |
| 19 | 0 | 168,4 | 53 | \$ 567.871 |
| 20 | 0 | 189,1 | 53,3 | \$ 566.551 |
| 21 | 0 | 209,3 | 53,4 | \$ 560.430 |
| 22 | 0 | 228,5 | 53,3 | \$ 549.838 |
| 23 | 0 | 246,6 | 53,3 | \$ 535.965 |
| 24 | 0 | 263,8 | 53,1 | \$ 519.888 |
| 25 | 0 | 280 | 52,8 | \$ 502.235 |

Manejo Extensivo 1 Zanjas (ME1-Z)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 165.583 |
| 6 | 0 | 0 | 7,6 | \$ 253.681 |
| 7 | 0 | 0,2 | 28,7 | \$ 392.779 |
| 8 | 0 | 3,2 | 56,2 | \$ 540.237 |
| 9 | 0 | 9,8 | 88,7 | \$ 689.387 |
| 10 | 0 | 28,3 | 116,1 | \$ 870.816 |
| 11 | 0 | 49,6 | 145,8 | \$ 1.009.874 |
| 11 | 0 | 40,5 | 70,9 | \$ 965.754 |
| 12 | 0 | 74 | 77,2 | \$ 1.119.471 |
| 13 | 0 | 110,2 | 81,2 | \$ 1.238.242 |
| 14 | 0 | 148,2 | 83,8 | \$ 1.328.228 |
| 14 | 0 | 117,9 | 53,2 | \$ 1.293.482 |
| 15 | 0 | 154,9 | 52,6 | \$ 1.363.795 |
| 16 | 0 | 189,6 | 51,6 | \$ 1.403.582 |
| 17 | 0 | 224,2 | 50,9 | \$ 1.427.714 |
| 18 | 0 | 257,3 | 50,3 | \$ 1.435.743 |
| 19 | 0 | 288,8 | 49,8 | \$ 1.431.354 |
| 20 | 0 | 318,6 | 49,4 | \$ 1.417.457 |
| 21 | 0 | 346,5 | 49,1 | \$ 1.396.178 |
| 22 | 0 | 372,3 | 49 | \$ 1.369.316 |
| 23 | 0 | 396,4 | 48,9 | \$ 1.339.090 |
| 24 | 0 | 418,7 | 48,8 | \$ 1.306.561 |
| 25 | 0 | 439,2 | 48,9 | \$ 1.272.790 |

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 207.607 |
| 6 | 0 | 0 | 0,1 | \$ 158.594 |
| 7 | 0 | 0 | 3,8 | \$ 102.649 |
| 8 | 0 | 0 | 17 | \$ 29.144 |
| 9 | 0 | 0,9 | 37,5 | \$ 52.950 |
| 10 | 0 | 3,7 | 61,7 | \$ 135.547 |
| 11 | 0 | 12,9 | 84,6 | \$ 233.750 |
| 12 | 0 | 24,5 | 108,4 | \$ 319.982 |
| 13 | 0 | 43,1 | 126,4 | \$ 397.532 |
| 13 | 0 | 37,2 | 85,7 | \$ 378.480 |
| 14 | 0 | 59,2 | 92,2 | \$ 448.541 |
| 15 | 0 | 79,8 | 102,2 | \$ 498.024 |
| 16 | 0 | 102,4 | 109,7 | \$ 536.293 |
| 16 | 0 | 88,7 | 82,7 | \$ 521.139 |
| 17 | 0 | 110,1 | 85,6 | \$ 545.707 |
| 18 | 0 | 130,8 | 90 | \$ 560.605 |
| 19 | 0 | 150,9 | 94 | \$ 566.677 * |
| 20 | 0 | 170,4 | 97,4 | \$ 565.832 |
| 21 | 0 | 191 | 98,5 | \$ 561.847 |
| 22 | 0 | 209,8 | 100,2 | \$ 552.121 |
| 23 | 0 | 227,7 | 101,7 | \$ 539.134 |
| 24 | 0 | 244,7 | 102,9 | \$ 523.758 |
| 25 | 0 | 260,9 | 103,7 | \$ 506.818 |

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 165.583 |
| 6 | 0 | 0 | 7,6 | \$ 253.681 |
| 7 | 0 | 0,2 | 28,7 | \$ 392.779 |
| 8 | 0 | 3,2 | 56,2 | \$ 540.237 |
| 9 | 0 | 9,8 | 88,7 | \$ 689.387 |
| 10 | 0 | 28,3 | 116,1 | \$ 870.816 |
| 11 | 0 | 49,6 | 145,8 | \$ 1.022.285 |
| 12 | 0 | 83,1 | 166,5 | \$ 1.180.599 |
| 13 | 0 | 117,7 | 186,8 | \$ 1.287.792 |
| 13 | 0 | 94,3 | 111,9 | \$ 1.240.457 |
| 14 | 0 | 129,5 | 121 | \$ 1.330.077 |
| 15 | 0 | 168,1 | 126,6 | \$ 1.400.170 |
| 16 | 0 | 205,7 | 132,2 | \$ 1.443.329 |
| 16 | 0 | 175 | 96,5 | \$ 1.414.890 |
| 17 | 0 | 206,8 | 97,7 | \$ 1.432.221 |
| 18 | 0 | 239,9 | 99,7 | \$ 1.442.906 |
| 19 | 0 | 271,4 | 101,7 | \$ 1.440.550 |
| 20 | 0 | 300,8 | 103,6 | \$ 1.427.282 |
| 21 | 0 | 331,8 | 101,7 | \$ 1.410.612 |
| 22 | 0 | 359,1 | 101,6 | \$ 1.385.592 |
| 23 | 0 | 384,5 | 101,3 | \$ 1.356.368 |
| 24 | 0 | 408,1 | 100,9 | \$ 1.324.517 |
| 25 | 0 | 429,8 | 100,6 | \$ 1.291.039 |

SIN MANEJO

Sin Manejo Testigo (Sin M-T)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 0 | \$ 207.607 |
| 6 | 0 | 0 | 0,1 | \$ 158.594 |
| 7 | 0 | 0 | 3,8 | \$ 102.649 |
| 8 | 0 | 0 | 17 | \$ 29.144 |
| 9 | 0 | 0,9 | 37,5 | \$ 52.950 |
| 10 | 0 | 3,7 | 61,7 | \$ 135.547 |
| 11 | 0 | 12,9 | 84,6 | \$ 233.750 |
| 12 | 0 | 24,5 | 108,4 | \$ 319.982 |
| 13 | 0 | 43,1 | 126,4 | \$ 406.911 |
| 14 | 0 | 62,8 | 143,9 | \$ 473.468 |
| 15 | 0 | 84,6 | 160 | \$ 526.509 |
| 16 | 0 | 109,8 | 171,9 | \$ 569.527 |
| 17 | 0 | 134,8 | 182,6 | \$ 596.207 |
| 18 | 0 | 159,5 | 191,6 | \$ 609.550 |
| 19 | 0 | 184,1 | 199,2 | \$ 613.360 * |
| 20 | 0 | 208,9 | 205,7 | \$ 610.666 |
| 21 | 0 | 234,7 | 209,2 | \$ 603.243 |
| 22 | 0 | 258,9 | 212,5 | \$ 589.363 |
| 23 | 0 | 282,5 | 214,6 | \$ 571.754 |
| 24 | 0 | 305,3 | 215,8 | \$ 551.341 |
| 25 | 0 | 327,6 | 215,9 | \$ 529.292 |

Sin Manejo Zanjas (Sin M-Z)

| Edad | Aserrable 2 | Aserrable 1 | Pulpable | VES |
|------|----------------|----------------|----------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 3,1 | \$ 165.583 |
| 6 | 0 | 0 | 7,6 | \$ 253.681 |
| 7 | 0 | 0,2 | 28,7 | \$ 392.779 |
| 8 | 0 | 3,2 | 56,2 | \$ 540.237 |
| 9 | 0 | 9,8 | 88,7 | \$ 689.387 |
| 10 | 0 | 28,3 | 116,1 | \$ 870.816 |
| 11 | 0 | 49,6 | 145,8 | \$ 1.022.285 |
| 12 | 0 | 83,1 | 166,5 | \$ 1.180.599 |
| 13 | 0 | 117,7 | 186,8 | \$ 1.297.171 |
| 14 | 0 | 155,1 | 204,1 | \$ 1.385.179 |
| 15 | 0 | 200,6 | 213,7 | \$ 1.464.503 |
| 16 | 0 | 244,2 | 223,3 | \$ 1.509.812 |
| 17 | 0 | 287,8 | 229,8 | \$ 1.531.965 |
| 18 | 0 | 333,1 | 232,2 | \$ 1.540.014 |
| 19 | 0 | 376,1 | 233,6 | \$ 1.530.046 |
| 20 | 0 | 418,9 | 233,7 | \$ 1.510.885 |
| 21 | 0 | 460 | 232,4 | \$ 1.481.946 |
| 22 | 0 | 500,2 | 229,1 | \$ 1.446.947 |
| 23 | 0 | 538,2 | 225,1 | \$ 1.406.402 |
| 24 | 0 | 574,4 | 220,4 | \$ 1.362.690 |
| 25 | 0 | 609 | 214,8 | \$ 1.317.257 |

Manejo Intensivo 1

| Edad | % |
|------|------|
| 5 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | 1340 |
| 8 | 641 |
| 9 | 224 |
| 10 | 149 |
| 11 | 115 |
| 11 | 153 |
| 12 | 115 |
| 13 | 98 |
| 14 | 90 |
| 15 | 85 |
| 16 | 80 |
| 17 | 76 |
| 18 | 73 |
| 19 | 70 |
| 20 | 68 |
| 21 | 66 |
| 22 | 65 |
| 23 | 63 |
| 24 | 62 |
| 25 | 61 |

Manejo Intensivo 2

| Edad | % |
|------|------|
| 5 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | 1480 |
| 8 | 703 |
| 9 | 244 |
| 10 | 160 |
| 11 | 123 |
| 11 | 166 |
| 12 | 124 |
| 13 | 106 |
| 14 | 97 |
| 15 | 91 |
| 16 | 86 |
| 17 | 81 |
| 18 | 78 |
| 19 | 74 |
| 20 | 72 |
| 21 | 70 |
| 22 | 69 |
| 23 | 67 |
| 24 | 66 |
| 25 | 65 |

Manejo Intensivo 3

| Edad | % |
|------|------|
| 5 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | 1480 |
| 8 | 714 |
| 9 | 247 |
| 10 | 156 |
| 11 | 118 |
| 12 | 96 |
| 13 | 84 |
| 13 | 97 |
| 14 | 84 |
| 15 | 76 |
| 16 | 72 |
| 17 | 68 |
| 18 | 65 |
| 19 | 62 |
| 20 | 60 |
| 21 | 58 |
| 22 | 57 |
| 23 | 56 |
| 24 | 55 |
| 25 | 54 |

Manejo Extensivo 1

| Edad | % |
|------|------|
| 5 | - |
| 6 | 7500 |
| 7 | 661 |
| 8 | 249 |
| 9 | 157 |
| 10 | 121 |
| 11 | 100 |
| 11 | 83 |
| 12 | 75 |
| 13 | 68 |
| 14 | 63 |
| 14 | 62 |
| 15 | 60 |
| 16 | 57 |
| 17 | 56 |
| 18 | 54 |
| 19 | 53 |
| 20 | 52 |
| 21 | 51 |
| 22 | 50 |
| 23 | 48 |
| 24 | 48 |
| 25 | 47 |

Manejo Extensivo 2

| Edad | % |
|------|-----|
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | 661 |
| 8 | 249 |
| 9 | 157 |
| 10 | 121 |
| 11 | 100 |
| 12 | 88 |
| 13 | 80 |
| 13 | 68 |
| 14 | 65 |
| 15 | 62 |
| 16 | 59 |
| 16 | 58 |
| 17 | 56 |
| 18 | 54 |
| 19 | 52 |
| 20 | 51 |
| 21 | 50 |
| 22 | 49 |
| 23 | 47 |
| 24 | 46 |
| 25 | 45 |

Sin Manejo

| Edad | % |
|------|------|
| 5 | - |
| 6 | 7500 |
| 7 | 661 |
| 8 | 249 |
| 9 | 157 |
| 10 | 121 |
| 11 | 100 |
| 12 | 88 |
| 13 | 80 |
| 14 | 74 |
| 15 | 69 |
| 16 | 66 |
| 17 | 63 |
| 18 | 61 |
| 19 | 59 |
| 20 | 57 |
| 21 | 56 |
| 22 | 55 |
| 23 | 54 |
| 24 | 53 |
| 25 | 52 |