



## MONOGRAFÍAS

# SUBSOLADO



**Roberto Pizarro T.  
Juan Pablo Flores V.  
Claudia Sangüesa P.  
Enzo Martínez A.  
Leonardo Román A.**



# Monografías

# **SUBSOLADO**

**Roberto Pizarro Tapia**  
**Juan Pablo Flores Villanelo**  
**Claudia Sangüesa Pool**  
**Enzo Martínez Araya**  
**Leonardo Román Arellano**

Monografías

## **SUBSOLADO**

**PROYECTO IDI - CORFO**  
**Determinación de Estándares de Ingeniería en Obras de**  
**Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos,**  
**para la Mantenición e Incremento de la Productividad Silvícola.**

**Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda.,**  
**está conformada por:**

**Universidad de Talca**  
**Bosques de Chile S.A.**  
**Terranova S.A.**  
**Bosques Villanueva Ltda.**

**Instituciones asociadas:**

**Instituto Forestal (INFOR)**  
**Banestafío Microempresas S.A.**  
**Corporación Nacional Forestal (CONAF)**  
**Dirección General de Aguas (DGA)**  
**Forestal Celco S.A.**  
**Prodecop - Secano**  
**Universidad Politécnica de Madrid**

Registro de Propiedad Intelectual N° 145214

ISBN 956-299-557-7

Talca, Chile, Diciembre 2004

Diseño de Portada  
Marcela Alborno Dachelet

Diagramación  
Mabel Urrutia Olave

Corrección de textos  
Cristián Jordán Díaz

Impresora Contacto Ltda.  
Impreso en Chile

**Índice**

	Pág.
Conceptos previos de la conservación del suelo	5
Subsolado: una práctica conservacionista	7
Proyecto EIAS - Chile	11
Consideraciones finales	23
Referencias bibliográficas	25
Anexos	27



## Conceptos previos de la conservación del suelo

La erosión del suelo es sin duda uno de los mayores problemas medioambientales a escala mundial y es también la amenaza más importante para la sostenibilidad y el mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos. Aunque el proceso de la erosión ha tenido lugar a lo largo de toda la historia, se intensificó considerablemente en la segunda mitad del siglo XX, fundamentalmente como consecuencia de un laboreo excesivo que deja el suelo desmenuzado, más susceptible al arrastre y sin ninguna protección frente a los agentes causantes de la erosión.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2000) ha identificado como una de las principales causas de degradación del suelo, a la aplicación de técnicas inadecuadas de preparación de tierras y de labranza. Este problema está conduciendo a un rápido deterioro físico, químico y biológico de una gran parte de los suelos, con fuertes descensos en la productividad agrícola y forestal, y un mayor deterioro del medio ambiente.

Cuando se evalúa la aptitud productiva de una cierta área y la necesidad de introducir prácticas específicas de manejo y recuperación de suelos, se debe considerar una serie de características de la tierra. Además de las características ambientales, como la lluvia, y otros aspectos relacionados con las condiciones de la tierra, como la topografía y las condiciones reales del suelo, se debe examinar la presencia de factores limitantes, como la profundidad, textura y porosidad, entre otras a fin de poder considerar las implicaciones que puede acarrear la adopción de ciertas prácticas.

Así, la conservación comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental proteger, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, el agua y los agentes biológicos, permitiendo la conservación del medio ambiente así como una producción sostenible. De este modo es posible conseguir una gestión sostenible en el tiempo, sin degradar los recursos naturales, pero sin renunciar a mantener los actuales niveles de producción (Saavedra, 1998).

Cabe destacar, que en el sector forestal se han introducido en los últimos años diferentes técnicas silvícolas mecanizadas que facilitan la extracción de la madera, así como las operaciones de limpieza y la preparación del terreno para la siguiente rotación. Es decir, los sistemas tradicionales de explotación forestal y acondicionamiento del suelo han sido sustituidos por otros más agresivos que no sólo eliminan completamente la vegetación y los residuos de tala, sino que, incluso, llegan a destruir o a modificar profundamente las características físico-químicas de los suelos originales, potenciando su destrucción por erosión. Pero por otra parte, la aplicación de técnicas de preparación de terrenos también pueden ser utilizadas para controlar o detener procesos erosivos, como es el caso del subsolado, técnica que puede ser de gran utilidad. El subsolado se ha instaurado como una práctica de uso masivo de conservación y aprovechamiento hídrico, permitiendo mejoras en la infiltración de agua en el suelo y en el crecimiento de raíces, tanto para los cultivos agrícolas, como en las plantaciones forestales. En Chile, esta técnica es muy utilizada en las faenas de establecimiento forestal del secano costero e interior, favoreciendo los rendimientos de plantación y el prendimiento de los sectores plantados.

Entre las prácticas de conservación de aguas y suelos más utilizadas en Chile, se puede establecer la siguiente clasificación, a saber:

### Prácticas Mecánico-estructurales

- Diques (mampostería, transversales de madera, roca pesada, estructuras gavionadas, concreto ciclópeo)
- Muros de contención y/o sostenimiento
- Canales de desviación
- Terrazas de captación
- Drenes subterráneos

- Colectores de aguas lluvias

#### Prácticas Agronómicas-culturales

- Surcos en contorno
- Subsulado
- Fajas de contención
- Terrazas

#### Prácticas Hidrológico-forestales

- Zanjas de infiltración
- Diques de polines impregnados
- Canales de evacuación de aguas lluvias (en tierra sin revestimiento)
- Empalizadas y/o ordenamiento de desechos en fajas

En este marco, el presente documento tiene como finalidad contribuir al mayor conocimiento de las prácticas tradicionales de conservación, en particular, el subsulado, como una técnica de establecimiento agroforestal que permite alcanzar grandes beneficios económicos y medioambientales. Asimismo, la monografía, esta orientada a presentar algunos resultados obtenidos en plantaciones forestales de *Pinus radiata* (D.Don), del secano costero e interior de Chile central.

## *Subsolado: una práctica conservacionista*

El subsolado es una técnica consistente en la roturación profunda del suelo, hecha con una herramienta de corte vertical. Dicha técnica posee varios objetivos según la forma de realización y puede aplicarse a una amplia gama de situaciones con mal drenaje.

La Corporación Nacional Forestal, CONAF (2004) define el subsolado como un tratamiento mecanizado al suelo que permite controlar la escorrentía superficial y aumentar la infiltración. Ella recomienda el subsolado con camellón, el cual consiste en un subsolado perpendicular a la pendiente, con camellón y surcos en ambos costados. Señala que el subsolado debe tener una profundidad mínima de 0,5 m. La altura mínima del camellón, ubicado sobre el subsolado es de 0,3 m y el espaciamiento entre líneas de subsolado queda definido según la densidad de plantación.

FAO (2000), en el «Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos», da a conocer las características de la labranza por medio de la subsolación, y señala que ésta se debería considerar como una práctica de recuperación de suelos degradados en terrenos con problemas graves de compactación. Por lo general, la subsolación no es una labranza que se pueda usar cada año en la rutina de la preparación de suelos.

La principal ventaja del subsolado es que rompe las capas compactadas y afloja el suelo, sin invertirlo, como ocurre en el caso de la utilización del arado; así no lleva el subsuelo a la superficie y deja a la vez la mayoría de los rastrojos sobre el suelo. La aplicación de este tipo de técnica puede observarse en las fotografías 1 y 2.

En suelos bien drenados, la mayor profundización de las raíces puede aumentar los rendimientos, especialmente en áreas con déficit de humedad. También se puede mejorar el drenaje de los suelos, obteniendo mayores rendimientos. A menudo la subsolación de suelos arcillosos beneficia tanto el enraizamiento del cultivo como el drenaje del suelo y, por lo tanto, supera tanto los problemas de déficit de humedad, en la época seca, como el exceso de humedad, en la época de lluvia.



**Fotografía 1.** Maquina subsoladora (D-6 con rastra sabana)

La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo está seco hasta ligeramente húmedo, lo cual es más difícil en suelos arcillosos. La subsolación en el estado seco requiere mucha potencia y frecuentemente deja agregados y vacíos grandes entre ellos, o sea, condiciones no favorables para la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas. La subsolación de suelos arcillosos en estado húmedo, crea un hueco por donde pasa la punta del subsolador, sin aflojar el perfil o romper la capa compactada.



**Fotografía 2.** Preparación de terrenos con técnica de subsolación (comuna de San Javier, Chile)



El efecto beneficioso de la subsolación en algunos suelos dura muy poco, especialmente en los suelos endurecidos; en aquellos suelos muy susceptibles a la compactación, puede durar sólo una temporada.

En este contexto, la preparación del suelo sirve para acoger a la planta y facilitar el enraizamiento; con esta preparación se mejoran las características edáficas del suelo y se pueden alcanzar los objetivos de aumentar la profundidad útil del terreno por medio de una acción mecánica, aumentar la capacidad de retención y redistribución de agua en un terreno con el fin de aumentar la velocidad de infiltración y reducir la escorrentía hídrica. Asimismo, la labranza del terreno facilita la penetración radicular por medio de la rotura de distintas capas de suelo y mejora la aireación del mismo.

En labores de preparación de suelos para plantación forestal existen 3 tipos de subsolado:

El **subsolado lineal**, que consiste en producir cortes perpendiculares en el suelo formando líneas, sin realizar volteo de horizontes, para así aumentar la profundidad del perfil, favorecer la infiltración del agua y proporcionar a las raíces un medio adecuado para su desarrollo. Se utiliza generalmente un tractor oruga de 120 HP cuando está equipado con un solo rejón (ripper); de 140 HP si trabaja con dos rejones; y de 170 HP si los rejones son tres. Los rejones generalmente tienen una longitud mínima de 80 cm y llevan la punta inferior protegida por una bota recambiable (figura 1). Además este tipo de obras puede realizarse con otro tipo de maquinaria, como es el caso del bulldozer (Bajo, 2004). Se recomienda que las labores de subsolado se realicen con 2 meses de antelación a la plantación.

Un subsolado lineal con separación de surcos de 3 m, en máxima pendiente, se puede considerar un tipo de preparación válida para una gran parte de los terrenos.

Por otro lado, no es conveniente subsolar según líneas de nivel en zonas de alta pluviosidad, ya que es posible que estos surcos queden encharcados, lo cual resulta perjudicial para la plantación de cualquier especie forestal.

El **subsolado pleno** consiste en romper los horizontes del suelo, subsolando en líneas separadas por 1 m. Se suele utilizar en los terrenos llanos y compactos, dando un efecto de laboreo total. El número de rejones acoplados al tractor debe ser el máximo que permita la potencia del mismo (Bajo, 2004).



Figura 1. Brazos de un subsolador

El subsolado se recomienda hacerlo siempre en la misma dirección y realizarlo con dos meses de antelación respecto al momento de la plantación, cuando el suelo esté seco.

Finalmente, el **subsolado cruzado** consiste en la rotura de los horizontes del suelo sin voltearlo, realizando dos pasadas de subsolador; una en una dirección y la otra en dirección perpendicular u oblicua con respecto a la primera. Este método suele utilizarse en terrenos llanos. El terreno debe prepararse al menos dos meses antes de la plantación. Las plantas se colocan en los puntos de cruce entre las líneas subsoladas. En una segunda fase, el bulldozer vuelve a pasar sobre la faja rozada, clavando ahora los 2 o 3 rejones con que esté equipado. Con esta labor se rompen los horizontes del suelo sin producir su inversión. Para esta labor se recomienda utilizar un tractor de cadenas de potencia igual o superior a 120 HP, equipado con dos o tres rejones en su parte trasera. El tractor debe trabajar siempre en pendientes inferiores al 30% y siguiendo las curvas de nivel. La separación entre los ejes de las fajas será de 5 m (Bajo, 2004).

El subsolado tiene que ser lo más profundo posible. Para suelos muy pedregosos o muy compactos puede resultar necesario que el «ripper» o rejón lleve aletas. Ello permite abrir un surco suficiente y facilita la correcta preparación del lugar de plantación. Es conveniente levantar periódicamente el «ripper» para evitar la continuidad del subsolado, así como hacer plataformas para la colocación de las plantas. Siguiendo las indicaciones referidas, este método de preparación no debe traer problemas de arrastre de tierra.





## Proyecto EIAS - Chile

En Chile, el subsolado es una técnica de uso muy común entre las empresas forestales y los pequeños propietarios de subsistencia, el cual consiste en realizar un surco en la curva de nivel, a una profundidad variable, entre los 0,5 y 1,0 m, para lo cual se emplea un bulldozer o tractor. Esto permite que la plantación se realice en los surcos, favoreciendo el desarrollo radicular de las plantas. En este sentido, el distanciamiento entre las líneas de subsolado está en estrecha relación con la densidad de plantación y es independiente de factores tales como la intensidad de precipitación y la pendiente.

El proyecto EIAS, «Determinación de estándares de ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola», ejecutado por la Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda., pretende también contribuir a un mayor y mejor conocimiento de las obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos, aportando elementos de ingeniería hidrológica de diseño, para incrementar la productividad de los suelos de aptitud forestal del territorio árido y semiárido de Chile, utilizando estándares específicos para tres tipos de obras que se estudiarán, a saber, zanjias de infiltración, subsolado y canales de desviación. De esta forma, este proyecto generará elementos necesarios para nuevos marcos de actuación, que permitirán una implementación amigable de estas técnicas, en términos económicamente factibles y que favorezca marcos de actuación ecológicamente sustentables.

En este marco, el proyecto EIAS contempla la evaluación de 5 módulos experimentales implementados con la técnica de subsolado, los que están asociados a una plantación de *Pinus radiata* (D. Don), con el fin de conocer el impacto productivo de éstas, en términos de prendimiento, crecimiento y desarrollo de las plantaciones. Para ello, se establecieron 2 diseños experimentales de subsolado, los cuales se diferenciaron exclusivamente por el distanciamiento entre líneas de subsolado. Esto se puede apreciar en las figuras 2 y 3.

Subsolado Tipo 1: Distanciamiento entre líneas a 5 m.

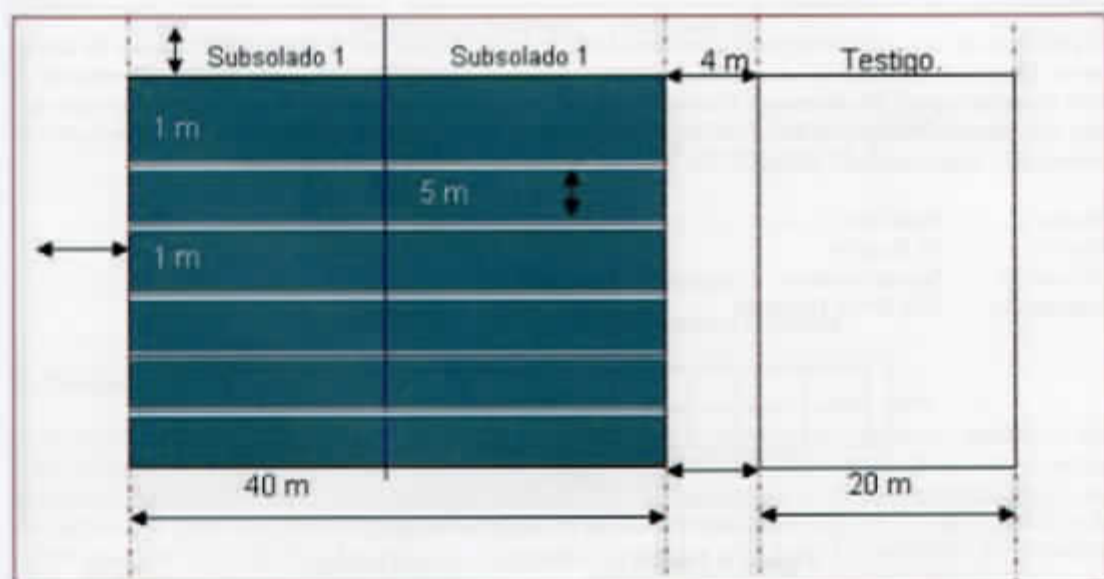


Figura 2. Diseño de parcela, Subsulado 1, con distanciamiento entre líneas de 5 m

## Subsolado Tipo 2: Distanciamiento entre líneas a 4 metros

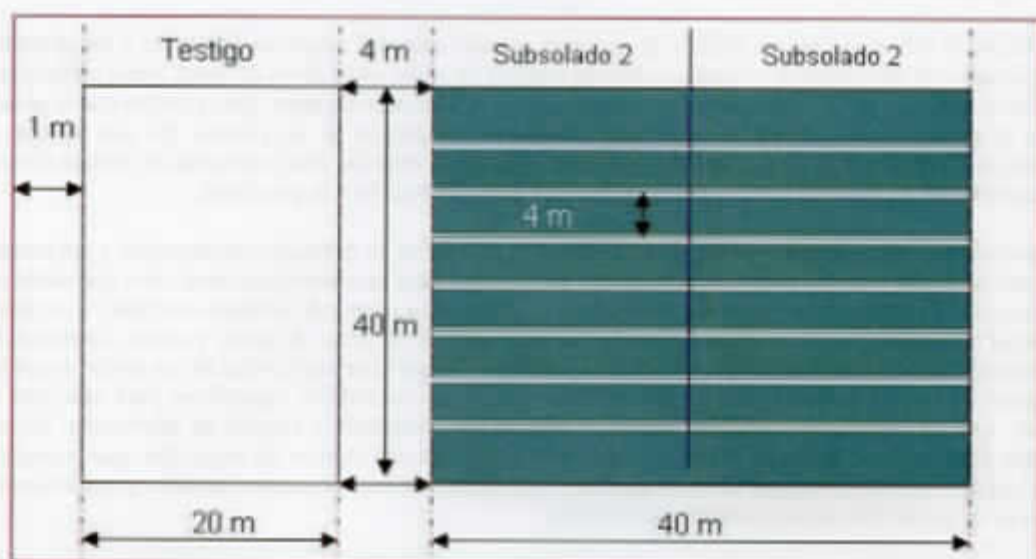


Figura 3. Diseño de parcela, Subsulado 2, con distanciamiento entre líneas de 4 m

Los ensayos establecidos para una plantación de *Pinus radiata* (D. Don) con subsolado, en los siguientes sectores del secano costero e interior de las regiones VI, VII y norte de la VIII, (Anexo A), respondieron a las siguientes características topográficas del terreno, de plantación, y de fertilización, a saber:

#### i. Hidango

El predio es de uso agropecuario. Su cubierta es de especies herbáceas y algunos ejemplares de zarzamora. El relieve corresponde a un lomaje suave y bastante regular; su pendiente media corresponde al 16% con una exposición Noroeste. El ensayo consta de cuatro tratamientos, con una repetición cada una, más dos parcelas testigo, es decir, sin tratamiento (figura 4). La exposición de todos los tratamientos es Noroeste, y una pendiente promedio de 16%. El diseño del ensayo es el siguiente:

Ensayo: Hidango  
 Región: VI Región  
 Ubicación: Secano costero  
 Propietario: C.E. INIA Hidango



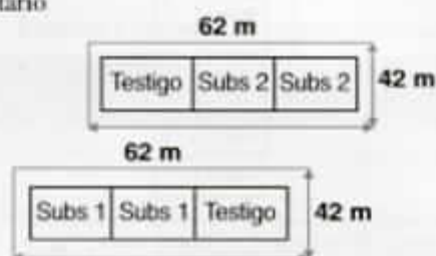
Subs1: Subsulado 1; Subs2: Subsulado 2

Figura 4. Diseño experimental ensayo Hidango

#### ii. La Rosa

Corresponde a un paisaje de cerro y el ensayo se ubica en la parte alta de éste. El ensayo se dividió en 2 módulos, ubicados en laderas distintas, pero bajo las mismas condiciones (figura 5). Éstas presentan pendiente del 15% y exposiciones iguales, la cual corresponde a Este.

Ensayo: La Rosa  
 Región: VI Región  
 Ubicación: Secano interior  
 Propietario: Pequeño propietario



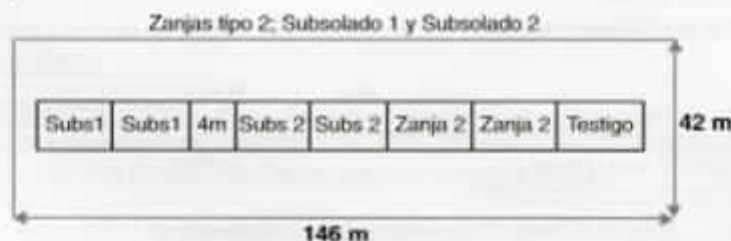
Subs 1: Subsulado 1; Subs 2: Subsulado 2

Figura 5. Diseño experimental del ensayo La Rosa

### iii. Botacura

Este predio pertenece a Bosques de Chile S.A. y el lugar de ensayo presentaba una plantación de pino insigne adulto que fue aprovechado durante el año 2001. El ensayo se encuentra dividido en dos módulos cercanos entre sí, y ambos al lado del camino interior del predio, en la parte media baja de un cerro; uno con exposición Oeste (subsulado y zanjas) y el otro más pequeño con exposición Norte (zanjas). El ensayo consta de cuatro tratamientos, con una repetición cada una, más dos parcelas testigo, es decir, sin tratamiento (figura 6). La exposición de los tratamientos es zanjas tipo 1 exposición Oeste; zanjas tipo 2, subsulado 1, y subsulado 2 exposición Norte-oeste. El diseño del ensayo es el siguiente:

Ensayo: Botacura  
 Región: VII Región  
 Ubicación: Secano interior  
 Propietario: Bosques de Chile S.A.



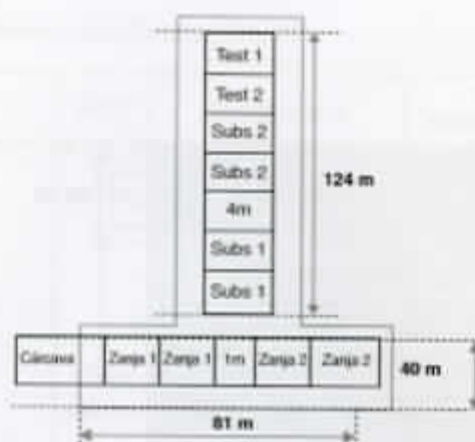
Subs1: Subsulado 1; Subs2: Subsulado 2

Figura 6. Diseño experimental del ensayo Botacura

### iv. Parrón.

Este predio pertenece a Bosques de Chile S.A., y al igual que el anterior fue explotado durante el año 2001. El ensayo se encuentra al lado del camino interior del predio, en la parte media alta de un cerro, con una exposición Noreste y una pendiente media de 20%. El ensayo consta de cuatro tratamientos, con una repetición cada una, más dos parcelas testigo, es decir, sin tratamiento (figura 7). La exposición de los tratamientos es zanjas tipo 1 y zanjas tipo 2 exposición norte, y subsulado 1 y subsulado 2 exposición oeste. El diseño del ensayo es el siguiente:

Ensayo: Parrón  
 Región: VII Región  
 Ubicación: Secano costero  
 Propietario: Bosques de Chile S.A.



Subs 1: Subsulado 1; Subs 2: Subsulado 2; Test 1: Testigo 1; Test 2: Testigo 2

**Figura 7.** Diseño experimental del ensayo Parrón

## vi. Manzanares

Este predio históricamente ha sido usado para la siembra de trigo, correspondiendo a un lomaje suave con exposición noroeste y pendiente media de 20%. Está dividido en tres módulos y se estudiará el diseño de zanjas de infiltración y subsulado. El ensayo consta de cuatro tratamientos, con una repetición cada una, más dos parcelas testigo (figura 8). Todos los ensayos poseen exposición Noroeste y pendiente media de 20%. De igual forma, se realizaron dos tipos de subsulado, los cuales se diferenciaron exclusivamente por el distanciamiento entre líneas de subsulado.

Ensayo: Manzanares  
 Región: VIII Región  
 Ubicación: Secano interior  
 Propietario: Bosques Villanueva Ltda.



Subs 1: Subsulado 1; Subs 2: Subsulado 2

**Figura 8.** Diseño experimental del ensayo Manzanares

En el anexo B, en los cuadros 7 y 8, se presentan las características físicas y químicas, además de los componentes nutricionales para cada ensayo del Proyecto EIAS.

## Plantación

La plantación se realizó en el año 2002, sin casilla, ya que considera el trabajo hecho por el subsolador. La línea de plantación va sobre la del subsulado; así se plantó a 4 x 2,5 m en el subsulado de 4 m, y de 5 x 2 m en el subsulado de 5 m.

**Subsulado:** El subsulado se realizó a dos distancias, determinado dos distanciamientos de plantación, de 4 x 2,5 m en el subsulado de 4 m y de 5 x 2 m en el subsulado de 5 m. De esta forma, se mantuvo una densidad común de 1.000 plantas por hectárea.

**Testigo:** La plantación se realizó en casilla a un distanciamiento de 4 x 2,5 m.

El tipo de planta utilizado, fue aquel que fuese el más adecuado para cada sitio, siendo éstas de procedencia conocida y genéticamente mejoradas, determinadas por cada empresa participante del proyecto. En el cuadro 1, se muestran el tipo de planta, el proveedor y el número de plantas por ensayo.

**Cuadro 1.** Número de plantas por ensayo

Ensayo	Tipo de planta	Proveedor	Número de Plantas
Hidango	Semilla Raíz desnuda LC30	Forestal Celco S.A.	1.000
La Rosa	Semilla Raíz desnuda LC30	Forestal Celco S.A.	600
Manzanares	Toppin NA 828	Bosques Villanueva Ltda.	900
Parrón	Cutting BQ39-NA15	Bosques de Chile S.A.	1.100
Botacura	Cutting BQ39-NA15	Bosques de Chile S.A.	900

### Fertilización

Una de las actividades más importantes del establecimiento forestal es la fertilización ya que estimula principalmente el crecimiento radicular y permite a la planta hacer una rápida ocupación del suelo, aprovechando de forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles; así se logra una mayor sobrevivencia, un rápido crecimiento inicial y una mejor adaptación al sitio. El tipo de fertilizantes y las dosis que se utilizaron dependieron más de las condiciones del sitio que de los requerimientos de la especie. Para los ensayos del Proyecto EIAS, se llevaron a cabo las siguientes fertilizaciones.

**Hidango y La Rosa:** Una vez terminadas las etapas de aplicación de herbicidas y posterior plantación, fue ejecutada la fertilización de las plantas. El producto utilizado corresponde a Boronatrocalcita o Boronatro de calcio, en dosis de 50 gr por planta.

**Botacura y Parrón:** La etapa de fertilización consideró los siguientes componentes: Boro, N, K y P en dosis de 120 gr por planta.

**Ensayo Manzanares:** Luego de la plantación y control químico posplantación, se ejecutó la fertilización de las plantas de pino insignie en el ensayo. Los componentes utilizados correspondieron a N-2%; P-12%; K-4%; S-4%; Mg-3%; Ca-3% y B-2% en dosis de 110 gr por planta.

En la fotografías siguientes (3 y 4) se aprecia el ensayo La Rosa (VI Región), donde se realizó la plantación junto con fertilización, y la plantación con *Pinus radiata* (D. Don), asociada a la línea de subsolado en el ensayo Parrón (VII Región).



**Fotografía 3.** Ensayo La Rosa, Subsolado a 4 metros, plantación junto a la fertilización



**Fotografía 4.** Ensayo Parrón, plantación con *Pinus radiata* (D. Don) en la línea de subsolado a 4 m



## Crecimiento y desarrollo

Entre los meses de marzo y abril del año 2003, se cuantificó el prendimiento y establecimiento de las plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don) en todos los ensayos. Esta medición contempló un muestreo del 30% de la población de plantas de *Pinus radiata* (D. Don), de cada uno de los ensayos (Fotografía 5).



Fotografía 5. Medición de plantas (altura y diámetro de cuello)

De esta forma, se obtuvo una estimación para el prendimiento, valor crítico que determina la necesidad de un replante; los valores de prendimiento, en todos los ensayos superaron el 80%, lo que indicó que no era necesario un replante. Los valores se muestran en el cuadro 2.

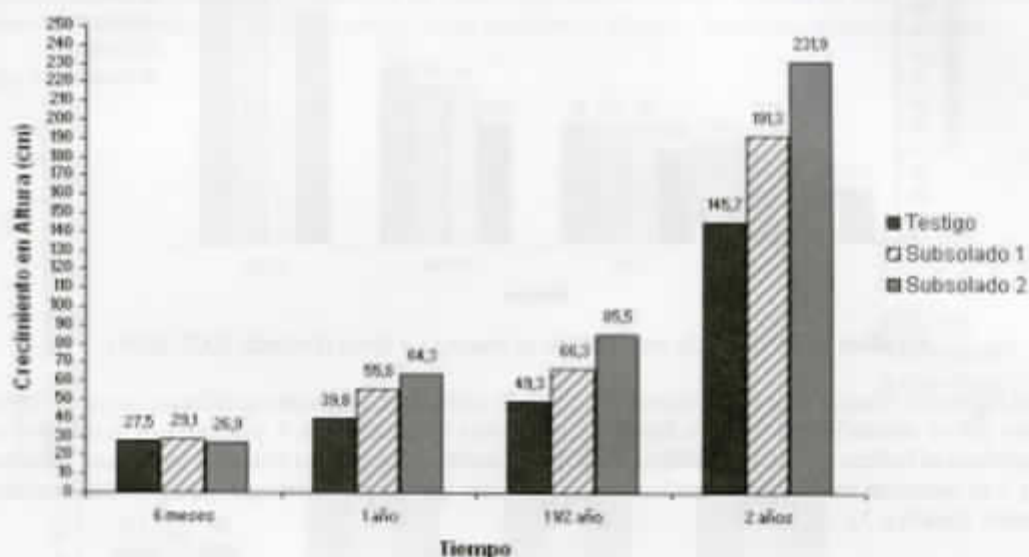
Cabe señalar que, de los 5 ensayos que fueron plantados en la temporada 2002, el caso del ensayo Botacura presentó una pérdida total, ya que fue afectado por un incendio forestal, por consiguiente, no se pudo estimar el crecimiento ni prendimiento, no siendo posible su comparación entre tratamientos. Dicho ensayo fue replantado en mayo del 2003.

Cuadro 2. Evaluación del establecimiento de la plantación (2002-2003) de *Pinus radiata* (D. Don)

Variables	Testigo	Subsolado 1 a 5 metros	Subsolado 2 a 4 metros
<b>HIDANGO</b>			
Altura promedio (cm)	39,8	55,8	64,3
Diámetro promedio (mm)	8,8	11,4	14,0
Prendimiento (%)	86,5	86,0	95,3
<b>LA ROSA</b>			
Altura promedio (cm)	44,4	50,0	52,0
Diámetro promedio (mm)	9,9	11,1	10,7
Prendimiento (%)	93,9	85,1	89,1
<b>PARRÓN</b>			
Altura promedio (cm)	48,8	46,9	43,4
Diámetro promedio (mm)	10,9	9,2	8,0
Prendimiento (%)	95,3	100,0	100,0
<b>MANZANARES</b>			
Altura promedio (cm)	49,4	68,0	71,5
Diámetro promedio (mm)	10,3	14,1	14,4
Prendimiento (%)	95,0	94,7	88,6

Asimismo, en agosto de 2003, en marzo y septiembre de 2004 se realizaron censos a los ensayos, con el objetivo de cuantificar el crecimiento y desarrollo de las plantas, por un período de 6 meses, y qué efecto se obtendría de la obra de conservación de aguas y suelos, en particular el subsolado, en términos del aprovechamiento hídrico y el enraizamiento de las plantas. Estas mediciones fueron contrastadas con los valores propios de la zona testigo. Los resultados se muestran en un gráfico temporal de crecimiento para cada uno de los ensayos del proyecto.

#### Hidango



**Gráfico 1.** Crecimiento en altura en el ensayo Hidango (Período 2002-2004)

En Hidango (Gráfico 1), los resultados revelan que las plantas de pino establecidas con una previa preparación del suelo, en este caso subsolado, han logrado alcanzar mayores crecimientos en altura. Así, el subsolado 2 posee un crecimiento 60% mayor que la zona testigo, mientras que, el subsolado 1, denotó un 30% más de crecimiento mayor que éste último, al segundo año del establecimiento.

Al evaluar cada tratamiento de subsolado (distanciado a 4 y 5 m), con su respectiva zona testigo, en el ensayo La Rosa se pudo evidenciar una clara diferencia en el crecimiento de las plantas de pino, a favor de las plantas ubicadas en la zona subsolada. Cabe mencionar, que este ensayo está dividido en dos módulos separados en dos laderas, distanciadas unos 200 m entre ellas. Así, las diferencias porcentuales de crecimiento en altura de las plantas entre el subsolado 1 y 2, alcanzan los valores de 25% y 5%, respectivamente (Gráfico 2).

## La Rosa

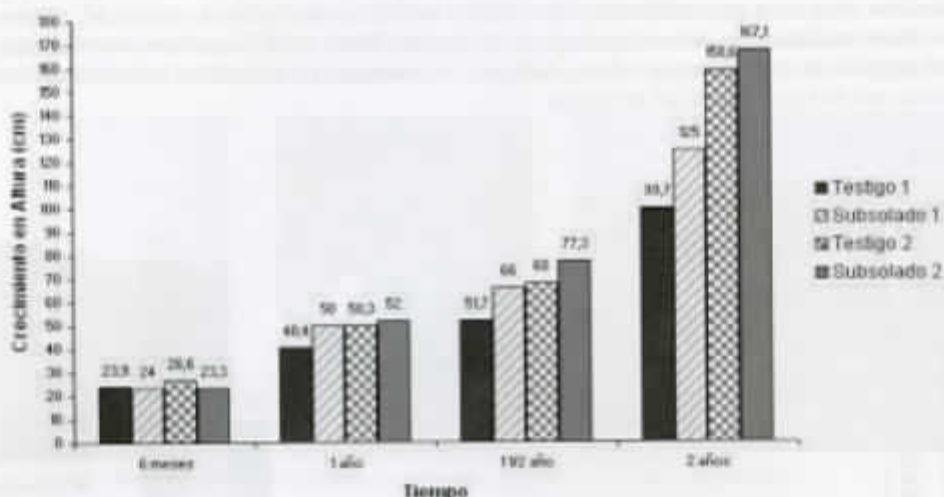


Gráfico 2. Crecimiento en altura en el ensayo La Rosa (Período 2002-2004)

En el ensayo de Manzanares se realizaron dos tipos de subsolado, los cuales se diferenciaron exclusivamente por el distanciamiento entre líneas de subsolado (distanciado a 4 y 5 m). Los resultados son categóricos al indicar que el establecimiento y crecimiento de las plantas ubicadas en la línea subsolada a 4 y 5 m, alcanzan valores por sobre los 56% y 68% más que las zonas testigos (sin subsolar), respectivamente (Gráfico 3).

## Manzanares

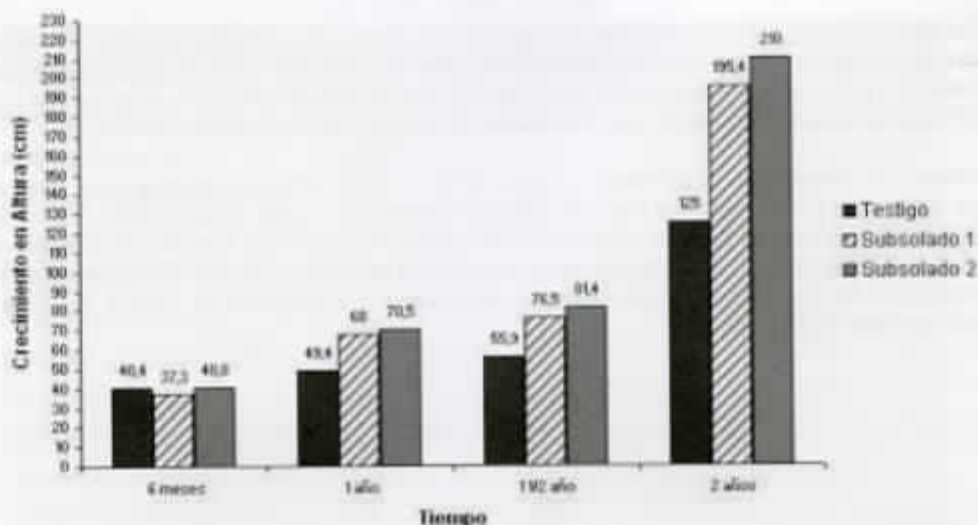


Gráfico 3. Crecimiento en altura en el ensayo Manzanares (Período 2002-2004)

Sin embargo, dichos resultados no se han observado en los ensayos de Parrón (secano costero) y Botacura (secano interior), donde las zonas testigo al parecer poseen un micrositio (suelo, nutrientes) de mejor calidad, que pudiese explicar en estos primeros dos años de establecimiento, una leve superioridad en la altura promedio de plantas de la zona testigo por sobre el sector con subsolado. Estudios llevados a cabo por Faúndez (2004), sobre crecimiento y desarrollo de plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don) en los ensayos del proyecto EIAS, y Pavez (2004), sobre evaluación de los contenidos de humedad y la densidad aparente en suelos con zanjas de infiltración en los mismos ensayos, no permitieron concluir acerca de las razones edafoclimáticas, ni fisiológicas que provocaron las diferencias en los crecimientos de las plantas en los sectores con preparación de suelo y los sectores testigo. A pesar de ello, los gráficos 4 y 5 muestran los resultados de crecimiento de los ensayos de Parrón y Botacura, respectivamente.

## Parrón

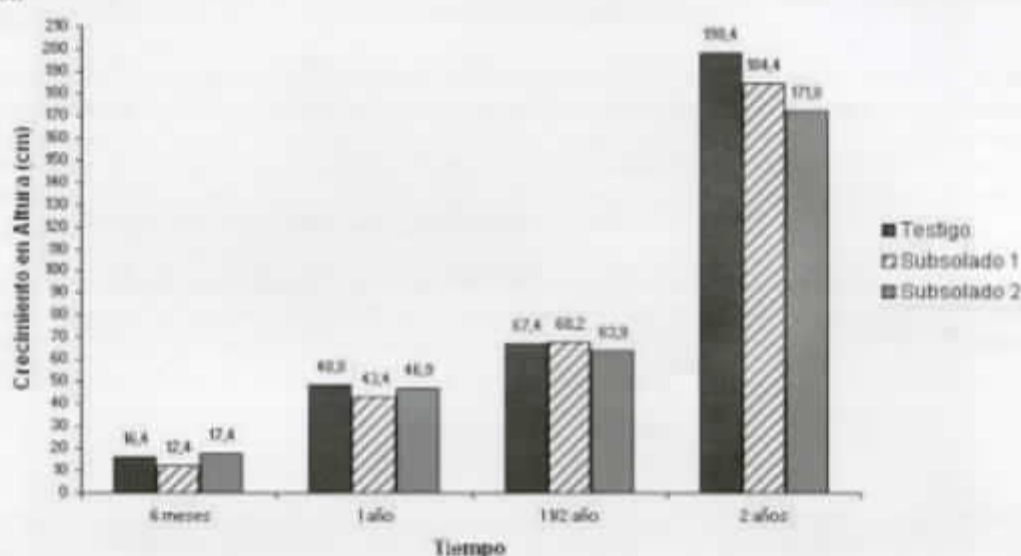


Gráfico 4. Crecimiento en altura en el ensayo Parrón (Período 2002-2004)

## Botacura

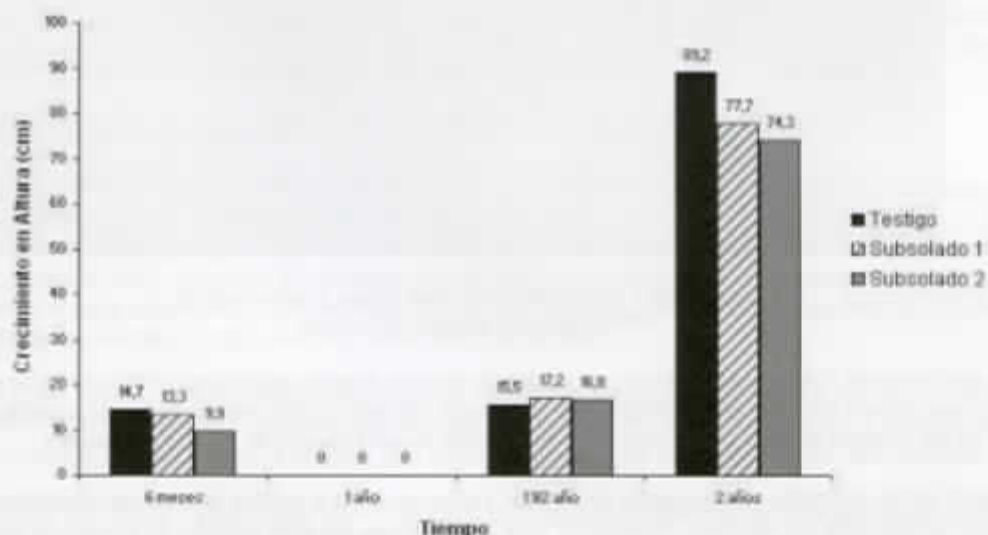


Gráfico 5. Crecimiento en altura en el ensayo Botacura (Período 2002-2004)

Por otro lado, los resultados del crecimiento diamétrico (DAC) de las plantaciones de *Pinus radiata* (D. Don), se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Diámetro de cuello promedio de las plantas de *Pinus radiata* (D. Don), en sectores con/sin preparación de suelo (establecimiento hasta 2 años)

Ensayos/tratamientos	Testigo	Subsolado 1 (a 5 metros entre líneas)	Subsolado 2 (a 4 metros entre líneas)
	6 meses	0,5	0,5
<b>Hidango</b>	1 año	0,9	1,1
	1 1/2 año	1,2	1,7
	2 años	3,9	4,9
<b>La Rosa</b>	6 meses	0,4*0,5**	0,4
	1 año	1*/1**	1,1
	1 1/2 año	1,4*/1,7**	1,7
	2 años	2,5*/3,9**	3
<b>Manzanares</b>	6 meses	0,8	0,8
	1 año	1	1,4
	1 1/2 año	1,3	1,8
	2 años	3,4	5,1
<b>Parrón</b>	6 meses	0,3	0,3
	1 año	1,1	0,8
	1 1/2 año	1,8	1,7
	2 años	6,6	6,3
<b>Botacura</b>	6 meses	0,3	0,3
	1 año	0	0
<b>***</b>	1 1/2 año	0,5	0,5
	2 años	2	1,7

\* zona testigo 1 (subsulado 1); \*\* zona testigo 2 (subsulado 2);

\*\*\* replante por incendio del ensayo

Los resultados de DAC muestran la misma tendencia observada en el crecimiento en altura de las plantas (h), o sea, existen mayores crecimientos para las plantas ubicadas en las zonas con preparación de suelos que en los sectores testigo, con excepción a lo ocurrido en los ensayos de Parrón y Botacura.

A partir de los resultados anteriormente mostrados, cabe establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos subsolados y la zona testigo. En este sentido, la prueba de hipótesis queda:

Hipótesis nula	$H_0$ : No existen diferencias significativas entre los tratamientos (valor $p > 0,05$ )
Hipótesis alternativa	$H_1$ : Sí existen diferencias significativas entre los tratamientos (valor $p < 0,05$ )

Asimismo, se detectó que las muestras obtenidas no presentan una distribución del tipo Normal, por lo que fue necesario realizar un análisis no-paramétrico de las muestras, aún cuando el número de datos supera las 30 observaciones, pudiéndose asumir la normalidad *per se* (Shao, 1970; Cid *et al.*, 1990).

En este caso se analizó las varianzas de variables numéricas de distribución asimétrica, para lo que se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba, al igual que el ANOVA, realiza el contraste de forma simultánea, para analizar si las  $k$  muestras vienen de la misma población, respecto a un parámetro de centralización, en este caso el rango medio (Berenson y Levene, 1992).

Los resultados evidenciaron que los ensayos de Hidango, Manzanares y La Rosa (Subsolado 1 *v/s* testigo), presentaron diferencias significativas en el crecimiento y el desarrollo diamétrico de las plantas, en favor de la utilización del subsolado. Sólo en uno de los módulos del ensayo de La Rosa (Subsolado 2 *v/s* testigo), no se pudo visualizar, hasta ahora, los beneficios de este preestablecimiento forestal, pero en términos absolutos, el promedio de crecimiento de las plantas en el sector con subsolado, distanciado a 4 metros, es superior a las plantas del sector testigo.

Finalmente, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney (o prueba de Wilcoxon) para establecer si hay diferencias entre los tratamientos, con relación a los 2 grupos formados y conocer de esta manera cuál es el tratamiento más adecuado para cada situación. Dichas pruebas son equivalentes entre sí y en ambas el contraste fue:

$$H_0: \text{Las medianas son iguales}$$

$$H_1: \text{Las medianas son diferentes (caso bilateral)}$$

Los resultados fueron categóricos en indicar, que casi la totalidad (4 de 5) de las pruebas de hipótesis se rechazan (no se acepta  $H_0$ ), o sea, las medianas son distintas y con esto se puede afirmar que los datos provienen de poblaciones distintas. Para ello, se recomienda rescatar el tratamiento con mayor valor de crecimiento. En este contexto, y de acuerdo los promedios de crecimientos de cada tratamiento, los sectores con plantas de *Pinus radiata* (D. Don) habilitados con subsolado a 4 m (tipo 2), resultan con una mejor respuesta de establecimiento en los primeros años de plantación, y también con una mayor productividad silvícola. Asimismo, se puede inferir que el subsolado a 4 m distribuye más homogéneamente el agua disponible para las plantas, que un subsolado distanciado a 5 m. Dicha apreciación resulta fundamental en los valores de crecimiento y desarrollo de las plantas.

### Costo/rendimiento de Subsulado

En términos de costos, los trabajos de subsolado para los ensayos de Hidango, La Rosa, Parrón, Botacura y Manzanares son muy variables, y dependen principalmente del tractor o bulldozer utilizado (D-5, D-6, D8, tractor agrícola), porque la potencia varía de acuerdo a la máquina, siendo el D-8 el que posee una mayor potencia (HP). Asociado a lo anterior, la experticia del operador de la máquina fue un elemento fundamental en la utilización y aprovechamiento eficiente de ésta, y por consiguiente, esto incidió directamente en los costos y rendimientos de subsolado por hectárea.

En el mismo marco, la topografía es un elemento restrictivo para los tractores D-8, ya que no pueden superar el 30% de pendiente, mientras que los tractores D-5 y D-6, son más pequeños y compactos, lo que les permite trabajar en curva de nivel con mayor movilidad, en sectores un poco más abruptos.

La limpieza del terreno (vegetación, raíces, tocones, pedregosidad, y presencia de rocas) resultó también fundamental en los rendimientos obtenidos por unidad de superficie. En sitios donde se realizó previamente una tala de bosque y donde quedan tocones en un número importante, los trabajos de preparación

del suelo, para una próxima plantación, serán menos eficientes que sectores o laderas donde no existan tocones; asimismo, esa menor eficiencia se repetirá en los sectores con mayor pedregosidad y/o presencia de rocas.

Otro elemento relevante en el rendimiento de un tractor, es la humedad presente en el suelo, siendo una de las condicionantes ambientales más importantes, ya que se requieren suelos secos que permitan el perfecto agrietamiento vertical de la línea de subsolado y no facilite el hundimiento de la máquina.

A continuación, el cuadro 4 muestra los metros lineales de construcción de subsolado distanciado a 4 y 5 m, asociado a cada uno de los ensayos del proyecto EIAS.

**Cuadro 4.** Trabajos de subsolado (superficie y metros lineales) en los ensayos del proyecto EIAS

	Subsolado 4 m	Subsolado 5m
Superficie afecta por tratamiento (hectáreas)	0,16	0,16
Metros lineales por parcela	400	320
Metros lineales por hectárea	2.500	2.000

Ensayos: Parrón, Botacura, Manzanares, La Rosa, Hidango

En términos de costos (Cuadro 5), los trabajos realizados en el sector de Hidango fueron los más costosos por unidad de superficie (hectárea), dado por el precio del operador forestal que incorporó en su valoración, la eficiencia y eficacia del trabajo de rotura del terreno y la experticia del operador de la máquina subsoladora. Los rendimientos variaron según la profundidad de rotura del suelo, donde en los ensayos de Parrón y Botacura alcanzó los 50 cm, mientras que en Hidango, alcanzó un subsolado entre los 70 y 80 cm de profundidad. A pesar del mayor costo determinado para este último sector, es menester destacar los mayores beneficios otorgados a la plantación de Hidango, en términos de prendimiento y crecimiento (altura promedio en subsolado 2 = 2,31 m; y subsolado 1 = 1,91 m, al segundo año de establecimiento), generaron mayores condiciones de aprovechamiento hídrico a la planta y el mejoramiento del proceso de enraizamiento.

**Cuadro 5.** Costos y rendimiento de subsolado para los ensayos experimentales del proyecto EIAS

	ENSAYOS				
	Parrón	Botacura	Manzanares	La Rosa	Hidango
Maquina utilizada	D-5	D-5	D-6	Tractor agrícola	D-8
Subsolado 4m (ml)	400	400	400	400	400
Subsolado 5m (ml)	320	320	320	320	320
Costo subsolado (\$/ml)	47	47	98	134	306
Costo Subsolado 4m (\$/ha)	117.063	117.063	245.833	334.201	763.889
Costo Subsolado 5m (\$/ha)	93.650	93.650	196.667	267.361	611.111
Rendimiento (ml/ha)	720,0	720,0	240,0	411,4	360,0

ml: metro lineal ha: hectárea

## Consideraciones Finales

En situaciones edafoclimáticas adversas del secano costero e interior de Chile central, se hace fundamental la incorporación de técnicas de conservación de aguas y suelos, como los subsolados, para incrementar los crecimientos y desarrollo de las plantaciones silvícolas, y aún más, en ocasiones pueden ser necesarias algunas intervenciones especiales para controlar procesos erosivos severos, especialmente cuando dichos terrenos fueron utilizados para la agricultura. En este contexto, cualquier práctica que promueva el manejo de vegetación permanente, en sentido contrario a la pendiente, ayudará a reducir el escurrimiento, a captar sedimentos y a aumentar la infiltración del agua en el suelo, reduciendo la erosión causada por la acción de la lluvia o el riego, permitiendo finalmente lograr mayores índices de calidad ecosistémica (agua, suelo, vegetación, flora y fauna).

Los resultados del Proyecto EIAS (Anexo C), son concordantes con lo esperado, y la diferencia observada entre el subsolado y los sectores sin obras, se explica por la mayor capacidad de infiltración de agua en el suelo, haciendo disponible una mayor humedad para las plantas de *Pinus radiata* (D. Don). En este sentido, donde el subsolado tiene sus mayores ventajas en el establecimiento forestal, logrando valores muy altos de prendimiento y sobrevivencia, en los primeros estadios de la plantación. Sin embargo, al transcurrir el tiempo (mayor a 4 o 5 años), las zanjas de infiltración deberían llegar a ser más eficientes en la captura e infiltración de agua en el suelo. Lo que ocurre es que a pesar de que el subsolado genera una micro zanja, esta no se puede comparar con el volumen de las zanjas de infiltración. Además, al generarse escorrentía, las micro zanjas del subsolado están siendo llenadas por las partículas de suelo arrastradas, lo que disminuye su capacidad de capturar agua. Esto último también ocurre en las zanjas de infiltración, pero puede resultar despreciable, comparado con el mayor volumen de captación que éstas presentan.

En este marco, cabe precisar que los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, señalan que es posible determinar algunos estándares de diseño y construcción de estas obras, para una mayor eficiencia de las técnicas de conservación de suelos en el objetivo de mantener la sobrevivencia y la productividad silvícola de la plantación, corroborando la directa relación entre humedad, y una mejor respuesta por parte de la plantación, para superar condiciones adversas.

Finalmente, se debe decir que siempre será deseable el menor distanciamiento posible entre líneas de subsolado, dado que de esa forma se produce una mejor distribución horizontal y vertical del agua de escorrentía, con el consiguiente efecto benéfico para el establecimiento de plantaciones forestales.





## Referencias Bibliográficas

- Bajo, V. 2004. Tractores todo terreno de alta estabilidad; En Guía de Maquinaria Forestal. Disponible en <http://usuarios.lycos.es/maquinariaforestal/MF/ttaeagr.htm>
- Berenson, M.; Levene, D. 1992. Basic business statistics: Concepts and applications. 5th Ed. Prentice-Hall, Inc., EE.UU. 953 pp.
- Cid, L.; Mora, C.; Valenzuela, M. 1990. Estadística matemática. Probabilidades e inferencia estadística. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias. Departamento de Matemáticas. Concepción. Chile. 319 p.
- CONAF. 2004. Técnicas de recuperación de suelos degradados. Disponible en <http://www.conaf.cl>
- Critchley, W.; Siegert, K. 1996. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, Tomo I: Bases técnicas y experiencias en África y Asia. Oficina Regional de la FAO para América latina y El Caribe. Chile.
- Di Prinzio, A.; Ayala, C. y Magdalena, J.C. 1997. Evaluación energética de distintas técnicas de subsolado y sus efectos sobre la densidad aparente del suelo. Agro-Ciencia 13(1):61-67.
- FAO. 2000. Manual de practicas integradas de manejo y conservación de suelos, 220 p. Disponible en [www.fao.org](http://www.fao.org). Consultado en marzo 2004
- Faúndez, M. 2004. Análisis comparativo del desarrollo de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don) y de la retención del suelo erosionado, en obras de conservación de aguas y suelos. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Chile. 62 p.
- Naderman, G.C. Jr 1990. An overview: Subsurface compaction and subsoiling in North Carolina. North Carolina Agricultural Extension Service, North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA. 37 p.
- Pavez, A. 2004. Análisis del comportamiento temporal del contenido de humedad, en suelos sometidos a obras de conservación (zanjas de infiltración y subsolado), en áreas de las regiones VI, VIII y VIII. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Chile. 86 p.
- Pizarro, R.; Sangüesa, C.; Flores, J.; Martínez, A.; Ponce, M. 2004. Revisión y análisis de prácticas tradicionales de conservación de aguas y suelos en zonas áridas y semiáridas de Chile Central. Chile. 111 p.
- Pizarro, R.; Flores, J.; Sangüesa, C.; Martínez, A.; García, J. 2004. Diseño de obras para la conservación de aguas y suelos. Chile. 146 p.
- Proyecto EIAS. 2002. Proyecto: Determinación de Estándares de Ingeniería en Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos para la Mantención e Incremento de la Productividad Silvícola. FDI-CORFO. Sociedad Estándares de Ingeniería para aguas y suelos. Universidad de Talca. Chile. Disponible en <http://eias.otalca.cl>
- Reeder R.C.; Wood, R.K. and Finck, C.L. 1993. Five subsoiler designs and their effects on soil properties and crop yields. Transactions of the ASAE. Vol. 36(6):1525-1531.
- Saavedra, J. 1998. Análisis comparativo de técnicas de recuperación de suelos en áreas degradadas; efectos en la humedad del suelo la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus radiata* (D. Don). Microcuenca del Estero Barroso, VII Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Universidad de Talca. Chile.
- Shao, S. 1970. Estadística para economistas y administradores de empresas. Editorial Herrero Hermanos, SUCS. S.A. México. 786 p.

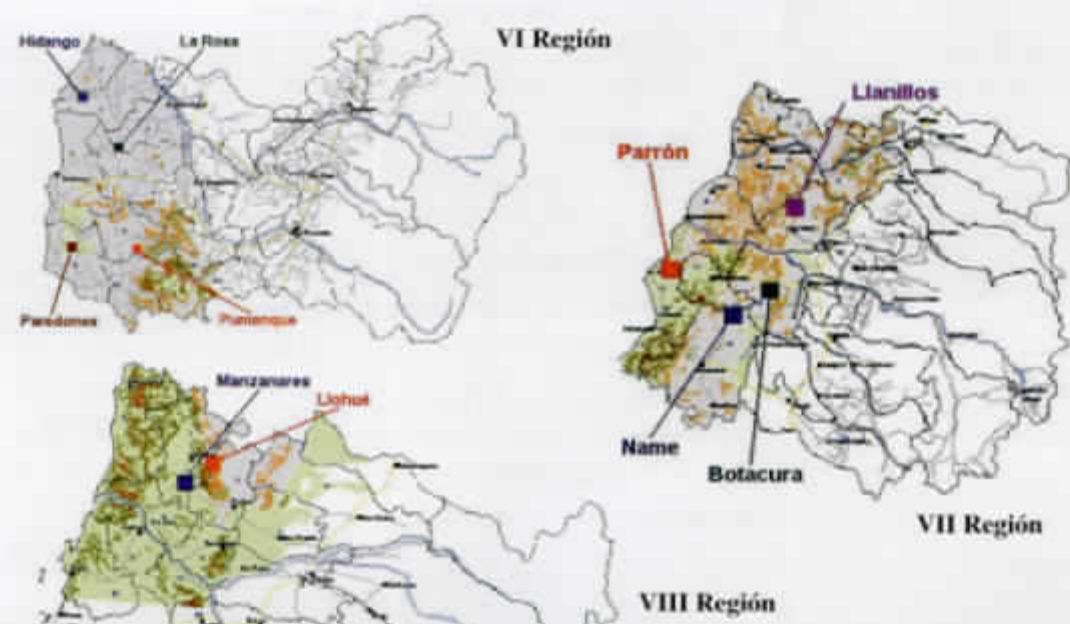


# *ANEXOS*

AMEXOS

## Anexo A

## Ubicación de los ensayos, Proyecto EIAS



**Cuadro 6.** Resumen de coordenadas geográficas de los ensayos (Proyecto EIAS, Chile)

NOMBRE DEL ENSAYO	NORTE	ESTE	ALTITUD m.s.n.m.	OBSERVACIONES
Hidango	6222770.638m	238911.234m	314.046m	Módulo integrado
La Rosa	6201528.680m	247906.363m	266.940m	Módulo integrado
Pumanque	6162459.861m	257691.262m	355.037m	Módulo integrado
Paredones	6162921.857m	230106.433m	44.662m	Módulo Canal de desviación.
Llanillos	6093528.253m	785158.111 m	484.956 m	Módulo Canal de desviación.
Botacura	6053072.990m	778930.054m	262.730 m	Módulo Subsulado 1 y 2 y Modulo Zanjas tipo 2.
	6052970.578m	779115.687m	266.623 m	Módulo Zanjas tipo 1.
Parrón	6063499.143m	725165.955m	305.827 m	Módulo integrado.
Name	6041715.657m	755284.995m	212.151 m	Módulo simple.
Manzanares	5973684.900m	723466.481m	97.296m	Módulo Zanjas tipo 1.
	5973669.701m	723443.126m	97.549m	Módulo Subsulado 1 y 2.
	5973478.232m	723159.854m	100.971m	Módulo Zanjas tipo 2.
Llohué	5979414.180m	727528.663m	633.183m	Modulo simple.

## Anexo B

## Características físicas y químicas de los suelos - Proyecto ELAS

Cuadro 7. Características físicas presentes en los ensayos

NOMBRE DEL ENSAYO	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	CAPACIDAD DE CAMPO	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE
<b>VIII REGIÓN</b>				
Llohué	Franco arcilloso	1,36	25,2	12,1
Manzanares	Franco arcilloso	1,38	26,0	12,4
<b>VII REGIÓN</b>				
Name	Franco arcilloso arenoso	1,27	29,92	19,68
Parrón	Arcilloso	1,44	16,66	9,02
Botacura	Franco arenoso	1,46	15,06	8,90
Llamillos	Franco arcilloso	1,32	24,24	13,63
<b>VI REGIÓN</b>				
Paredones	Arcillo arenoso	1,33	23,31	15,03
Pumanque	Franco arcillo arenoso	1,42	17,60	9,85
La Rosa	Franco arcilloso	1,31	25,19	16,79
Hidango	Franco arcillo arenoso	1,39	18,70	11,51

Fuente: Laboratorio de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca

Cuadro 8. Componentes nutricionales presentes en los ensayos por regiones

ENSAYO	N PPM	P PPM	K PPM	M.O. %	PH	C.E. DSM	CA CMOL/KG	MG CMOL/KG	K CMOL/KG	NA CMOL/KG	B PPM
<b>VIII REGIÓN</b>											
Llohué	10	3	22	0,4	5,6		2,08	2,02	0,06	0,21	0,14
Manzanares											
<b>VII REGIÓN</b>											
Name	3	5	16	0,69	6,56	0,023	3,38	1,65	0,86	0,09	0,28
Parrón	3	4	335	4,13	5,56	0,071	4,02	2,95	0,17	0,04	0,91
Botacura	3	13	67	1,37	6,31	0,027	3,83	1,16	0,20	0,02	0,32
Llamillos	4	2	103	2,99	6,14	0,049	5,25	1,89	0,26	0,05	0,24
<b>VI REGIÓN</b>											
Paredones	3	4	65	3,11	6,65	0,040	7,07	4,25	0,17	0,08	0,80
Pumanque	1	5	5	1,42	5,86	0,023	1,60	0,85	0,14	0,07	0,65
La Rosa	6	8	221	2,04	6,22	0,051	8,27	3,25	0,56	0,11	0,28
Hidango	4	6	236	2,14	6,13	0,063	11,05	3,55	0,60	0,11	0,30

P: Fósforo; K: Potasio; M.O: Materia orgánica; PH: Valor que determina si una sustancia es ácida C.E: Conductividad eléctrica; CA: Calcio; MG: Magnesio; NA: Sodio; B: Boro; PPM: Partes por millón; CMol/Kg: Centimoles por kilogramo.

Fuente: Laboratorio de Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca

## Anexo C

## Fotografías



(a)

(b)

(c)

**Fotografía 6.** Ensayo Manzanares, VIII Región. (a) Laderas erosionadas por malas prácticas agrícolas (b) Establecimiento de *Pinus radiata* (D.Don) con técnica de subsolado (c) Terreno en laderas con técnica de subsolado



(a)

(b)

(c)

**Fotografía 7.** Ensayo Parrón, VII Región. (a) Terreno post-cosecha a tala rasa de *Pinus radiata* (D.Don) (b) Preparación del suelo con subsolado (c) Tractor subsolador



(a)

(b)

(c)

**Fotografía 8.** Ensayo Hidango, VI Región. (a) Revisión de trabajos de subsolado, implementación del ensayo (b) Terreno subsolado, sector Hidango (c) Líneas de subsolado





**Fotografía 9.** Ensayo La Rosa, VI Región. (a) Panorámica del sector (b) Vista del ensayo La Rosa (c) Líneas de subsolado



**Fotografía 10.** Ensayo Botacura, VII Región. (a) Panorámica del sector (b) Incendio en el ensayo Botacura (c) Replante post-incendio forestal en Botacura



(a) (b) (c)



(d) (e)

**Fotografía 11.** (a) Tractor subsolador (<http://agrobyte.lugo.usc.es>) (b) Predio sometido a subsolado para plantación forestal (c) Ripper de subsolado (d) Restauración de ladera erosionada con trabajos de subsolado (e) Vista delantera de un tractor subsolador





**Proyecto marco: 00C7IT-08**

**"Determinación de estándares de Ingeniería en obras de conservación y aprovechamiento de aguas y suelos para la mantención e incremento de la productividad silvícola"**

**Financiamiento:**

**Fondo de Desarrollo e Innovación de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, Chile**

**Sociedad de Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos Ltda., sociedad está conformada por:**

**Universidad de Talca  
Bosques de Chile S.A.  
Bosques Villanueva Ltda.  
Terranova S.A.**

**Instituciones asociadas:**

**Instituto Forestal  
Banestado Microempresas S.A.  
Corporación Nacional Forestal  
Dirección General de Aguas  
Forestal Celco S.A.  
Prodecop - Secano  
Universidad Politécnica de Madrid**