Pseudotsuga menziesii

Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Silvícola Nacional

0000788

MONOGRAFIA

52(83)

PINO oregón

INFOR - CONAF

Pseudotsuga menziesii

Pino Oregón es una especie muy apreciada debido a las cualidades, buena forma y crecimiento rápido. Es nativa de Norteamérica y ha sido plantada, con éxito, en varios países, incluyendo Chile, donde se desarrolla desde Maule a Magallanes principalmente entre la VIII y X Región. Su madera se caracteriza por una marcada diferencia de color entre la madera temprana y la tardía, siendo ésta última más oscura. También es muy dura, por lo que se usa extensamente para propósitos estructurales, madera aserrada y tableros contra- enchapados en construcciones.

AUTORES:
Verónica Loëwe M.
Manuel Toral I.
Gabriel Pineda B.
Paulina Fernández Q.
María Eugenia Camelio R.
Claudia López L.
Elizabeth Urquieta N.

CONTRAPARTE TÉCNICA CONAF:
Michael Bourke
Armando Sanhueza

97

INFOR

174.752(83)
LOEm
C.2

POTENCIALIDAD DE ESPECIES Y SITIOS PARA UNA DIVERSIFICACIÓN SILVÍCOLA NACIONAL

Monografía de

PINO OREGÓN

Pseudotsuga menziesii

1752 A
1752







INFOR

Registro de propiedad intelectual N° 99123
Santiago de Chile, 1997

Autor: **INFOR - CONAF**
Equipo de trabajo:
VERÓNICA LOEWE M.
MANUEL TORAL I.
GABRIEL PINEDA B.
PAULINA FERNÁNDEZ Q.
CLAUDIA LÓPEZ L.
Mª EUGENIA CAMELIO R.
ELIZABETH URQUIETA N.

Contraparte técnica CONAF:
MICHAEL W. BOURKE
ARMANDO SANHUEZA S.

Financiamiento de la presente edición:

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA, F.I.A.
Ministerio de Agricultura. Chile.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, CONAF
Ministerio de Agricultura. Chile.

INSTITUTO FORESTAL, INFOR
Corporación de Fomento a la Producción. Chile.

Esta publicación se terminó de imprimir en Noviembre de 1998.
El texto reproducido y las opiniones vertidas en este documento, son de responsabilidad exclusiva de los autores
Fue impreso por: Neuenschwander & Cruz. Santiago Chile

INFOR

ÍNDICE

ÍNDICE
Prólogo
1. ANTECEDENTES GENERALES 11
1.1 EL PINO OREGÓN EN EL MUNDO Y EN CHILE 11
1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA 12
1.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA 13
1.3.1 Distribución natural 13
1.3.2 Comportamiento de la especie 13
1.3.3 Asociaciones naturales de Pino oregón 14
1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL 15
1.4.1 Descripción botánica de la especie 15
1.4.2 Fisiología 16
1.4.2.1 Consumo hídrico 16
1.4.2.2 Temperaturas umbrales de crecimiento 17
1.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS 17
1.5.1 Floración y fructificación 17
1.5.2 Diseminación de semillas 19
1.5.3 Depredación animal de semillas 19
1.5.4 Regeneración natural 20
1.5.5 Conclusiones acerca de la regeneración natural 20
1.6 ASPECTOS GENÉTICOS DE LA ESPECIE 21
2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS 27
2.1 CLIMA 27
2.2 SUELO 28
2.3 TOPOGRAFÍA 28
3. PLAGAS, ENFERMEDADES Y DAÑOS 29
3.1 DAÑOS ABIÓTICOS 29
3.2 FUNGOSAS 29
3.2.1 Pudrición de raíces 29
3.2.1.1 Pudrición de raíces por Rhizina 29
3.2.1.2 Pudrición de raíces por Phytophthora y Fusarium 29
3.2.1.3 Pudrición laminada de raíz 30
3.2.1.4 Pudrición de raíz por Annosus 30
3.2.2 Pudrición central 30
3.2.3 Enfermedad de mancha negra en la raíz 30
3.3 ENTOMOLÓGICAS 31
3.4 CANCROS Y OTROS 32

INFOR

3.4.1 Cancro de Phomopsis 32
3.4.2 Pérdida de acículas en Pino oregón 32
3.4.3 Muérdago enano en Pino oregón 32
4. SILVICULTURA Y MANEJO 35
4.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA SILVICULTURA 35
4.1.1 Métodos silviculturales de regeneración natural 35
4.1.1.1 Tala rasa 35
4.1.1.2 Método del árbol semillero 36
4.1.1.3 Cortas sucesivas 36
4.1.1.4 Método de selección 36
4.1.2 Reproducción artificial 37
4.1.2.1 Recolección de conos 37
4.1.2.2 Procesamiento de las semillas y daños 38
4.1.2.3 Almacenamiento de semillas 40
4.1.2.4 Tratamientos pregerminativos 41
4.1.2.5 Requerimientos para el desarrollo de las plántulas 43
4.1.3 Reproducción vegetativa 45
4.2 ESTABLECIMIENTO 46
4.2.1 Viverización 46
4.2.1.1 Fertilización 47
4.2.1.2 Riegos 48
4.2.1.3 Poda de raíces y descalce de las plantas 48
4.2.1.4 Sombreaderos 50
4.2.1.5 Problemas sanitarios en vivero, asociaciones con micorrizas y otros 51
4.2.1.6 Control de malezas en vivero 52
4.2.1.7 Conclusiones acerca de la viverización 53
4.2.2 Establecimiento 54
4.2.2.1 Siembra directa 54
4.2.2.2 Plantación 54
4.2.2.3 Conclusiones acerca del establecimiento 59
4.3 TRATAMIENTOS INTERMEDIOS 60
4.3.1 Raleo 60
4.3.1.1 Raleo a desecho 61
4.3.1.2 Raleo comercial 63
4.3.1.3 Tipos de raleo 63
4.3.1.4 Intensidad del raleo 66
4.3.1.5 Frecuencia del raleo 67

INFOR

4.3.1.6 Efectos del raleo sobre las poblaciones forestales 68
4.3.1.7 Conclusiones acerca del raleo 70
4.3.2 Poda 71
4.3.3 Nutrientes 74
4.4 ESQUEMAS DE MANEJO DE PLANTACIONES 76
5. PRODUCCIÓN 79
5.1 CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA MADERA DE PINO OREGÓN 79
5.1.1 Descripción general 79
5.1.2 Procesamiento 80
5.1.3 Resistencia a la pudrición 80
5.1.4 Usos de la madera 80
5.2 PRODUCCIÓN NACIONAL 86
5.2.1 Exportaciones forestales de Pino oregón 87
5.2.2 Principales productos exportados 87
5.3 PRECIOS DE MERCADO 88
6. ANTECEDENTES DENDROMÉTRICOS 89
6.1 CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO 89
6.2 FUNCIONES DE VOLUMEN Y CRECIMIENTO PARA PINO OREGÓN, EN RODALES ESTABLECIDOS EN CHILE 93
6.2.1 Funciones de volumen para Pino oregón 93
6.2.1.1 Funciones locales de volumen para cuatro rodales en Voipir 93
6.2.1.2 Función general de volumen para los cuatro rodales anteriores 93
6.2.1.3 Función general de volumen para cuatro rodales cuyas edades fluctúan entre 15 y 35 años, en Voipir 93
6.2.1.4 Función local de volumen para un rodal puro, y sin manejo, de Pino oregón, ubicado en las cercanias de Collipulli (37°56' Lat S; 72° Long. O.) 93
6.2.1.5 Cuadro de volumen por troza, en base a muestreo en fundo Voipir 94
6.2.2 Funciones de crecimiento para Pino oregón 94
6.2.2.1 Ecuación de Gompertz en crecimiento acumulado en DAP, para rodal cercano a Collipulli 94

INFOR

6.2.2.2 Ecuación logística en crecimiento acumulado en altura total 95
6.2.2.3 Ecuación de relaciones polimórficas en crecimiento acumulado en área basal y volumen total 95
6.2.3 Factores de forma 95
6.2.3.1 Factor de forma natural 95
6.2.3.2 Factor de forma artificial 96
6.3 CURVA GUÍA DE ÍNDICE DE SITIO (RANGO DE EDAD DE 7 A 24 AÑOS) PARA LA PROVINCIA DE VALDIVIA 96
7. EVALUACIÓN ECONÓMICA 99
7.1 ANTECEDENTES 99
7.1.1 Determinación de volumetrías 99
7.1.2 Rotación 99
7.2 MARCO DE EVALUACIÓN 100
7.3 ANTECEDENTES BÁSICOS 101
7.3.1 Indicadores económicos 101
7.3.2 Valor de la jornada de trabajo 101
7.4 COSTOS DIRECTOS 101
7.4.1 Costos de establecimiento 101
7.4.2 Costos de manejo 101
7.4.3 Costos de cosecha 102
7.4.4 Costos de administración 102
7.4.5 Costos de mantención 102
7.4.6 Costos de protección forestal 102
7.5 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LOS PRODUCTOS 102
7.6 ESQUEMAS DE MANEJO SEGÚN EL TIPO DE ESCENARIO 103
7.7 RESULTADOS 114
8. OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PINO OREGÓN, VII - X REGIÓN 117
8.1 INTRODUCCIÓN 117
8.2 RESUMEN DE LAS ÁREAS REGIONALES POTENCIALES PARA PINO OREGÓN 117
8.3 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PINO OREGÓN, VIII - X REGIÓN 118

INFOR

8.3.1 Zona de estudio 118
8.3.2 Información general utilizada 118
8.3.3 Información específica utilizada 118
8.3.4 Requerimientos ecológicos de Pino oregón 119
8.3.4.1 Período vegetativo 119
8.3.4.2 Días libres de heladas 119
8.3.4.3 Humedad relativa 119
8.3.4.4 Precipitación 119
8.3.4.5 Índice de humedad 119
8.3.4.6 Días óptimos 120
8.3.4.7 Temperatura mínima absoluta 122
8.3.4.8 Drenaje del suelo 123
8.3.4.9 Altitud 123
8.4 ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PINO OREGÓN, VII - X REGIÓN 123
8.4.1 Área potencial para Pino oregón en la VII Región del Maule 123
8.4.2 Área potencial para Pino oregón en la VIII Región del Bío-Bío 123
8.4.3 Área potencial para Pino oregón en la IX Región de La Araucanía 125
8.4.4 Área potencial para Pino oregón en la X Región de Los Lagos 126

9. RECOMENDACIONES 129

Bibliografía 131
Anexos 143

ANEXO I : CUADRO RESUMEN PINO OREGÓN
ANEXO II : RESUMEN DE COSTOS
ANEXO III : RESUMEN DE INGRESOS
ANEXO IV : ILUSTRACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALES REGIONALES

INFOR

PRÓLOGO

En el año 1995, el sector forestal supera, por primera vez, los dos mil millones de dólares como valor total de las exportaciones de productos a partir, principalmente, de las plantaciones de Pino radiata y Eucalipto. El mismo año se pone en marcha el Proyecto Catastro de la Vegetación Nativa, instrumento que materializa el anhelo nacional por conocer el estado de estos recursos. Y, también ese año, se establece la necesidad de enfrentar la diversificación de las plantaciones forestales, mediante la puesta en marcha de un Programa de Diversificación, impulsado por la Corporación Nacional Forestal.

El propósito de diversificar demuestra el grado de madurez que ha alcanzado la Nación en esta materia, al proponerse un paso de gran importancia y un nuevo impulso al dinamismo del desarrollo forestal.

Para llevar a cabo esta tarea, cuyos propósitos son ampliar la base de sustentación de la silvicultura nacional y orientar una producción de mayor valor agregado hacia nuevos mercados, fue necesario, en primer lugar reunir las bases fundamentales del conocimiento disponible. Para ello se ha elaborado el material bibliográfico que a continuación se presenta, una colección de 11 Monografías de las siguientes especies: Lenga, Roble, Raulí, Coigüe y Canelo, entre las nativas, Pino oregón, Álamo, Castaño, Aromo australiano, Eucalipto regnans y Pino piñonero entre las exóticas y una detallada cartografía, a escala 1:250.000, que ilustra el área potencial de ellas, excepto Lenga y Canelo.

Las dos instituciones estatales del sector, la Corporación Nacional Forestal y el Instituto Forestal, han unido esfuerzos durante más de dos años para llevar a cabo este objetivo, el cual se inició mediante un riguroso proceso de selección de especies a partir de más de doscientas opciones iniciales. Durante este proceso participó un grupo de prestigiados especialistas en la materia, hasta llegar a las once que serían definitivamente elegidas y objeto del estudio detallado.

El equipo de trabajo, compuesto por investigadores de INFOR dirigidos por la ingeniero forestal Verónica Loewe y, como contraparte técnica de la Corporación Nacional Forestal, los ingenieros forestales Michael Bourke y Armando Sanhueza, puso en práctica una metodología de estudio basada en la observación y análisis de los Factores Limitantes

INFOR

al crecimiento de las especies, logrando resultados en tres campos principales de información:

a: caracterización de las especies escogidas en cuanto a sus requerimientos esenciales de suelo y clima;
b: definición de los sitios en los cuales pueden obtenerse buenos desarrollos;
c: examen de las condicionantes económicas de estos cultivos en varios escenarios.

Diversas instituciones y profesionales también participaron en el proceso aportando valiosa información y experiencias. Especial mención le cabe a la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo, mediante el concurso del ingeniero forestal señor Jaime Ulloa, quien aportó valiosos antecedentes sobre el cultivo del Álamo. Así mismo Viveros Máfil, por intermedio del ingeniero forestal señor Fernando Schultz, aportó antecedentes sobre la misma especie. El ingeniero forestal señor Herbert Siebert entregó importante información sobre el cultivo del Aromo australiano. También el profesor Iván Chacón, de la Universidad de Talca, tuvo una destacada labor en la elaboración de la información económica.

A todos ellos y a otros profesionales que colaboraron entusiasta y desinteresadamente, nuestra gratitud.

Gonzalo Paredes Veloso
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

José Antonio Prado Donoso
Director Ejecutivo
Corporación Nacional Forestal

INFOR

1.
ANTECEDENTES GENERALES

1.1 EL PINO OREGÓN EN EL MUNDO Y EN CHILE

Debido a las cualidades de su madera, su buena forma y crecimiento rápido, el Pino oregón es una especie altamente apreciada en el mercado internacional. Nativa de Norteamérica, es en su región de origen, una de las más importantes, con una superficie de bosques comerciales que alcanza a los 15 millones de hectáreas (USDA, 1981 *cit. por* INFOR, 1986).

Ha sido plantada con éxito en Holanda, Gran Bretaña, Francia, Alemania, España, Polonia, Nueva Zelanda y otros países (Bucarey, 1968). Por ejemplo, en Nueva Zelanda actualmente el Pino oregón comprende cerca del 5 % de los recursos forestales exóticos, y está localizado mayoritariamente en bosques de Central North Island. Los volúmenes explotados son del orden de 350.000 m^3/año, con una producción de madera aserrada de 175.000m^3 (Cown, 1992).

En ese país tiene buena reputación como madera estructural firme y estable, y se ha exportado a Australia por muchos años, en competencia con el Pino oregón de Norteamérica. Sin embargo, la futura política con respecto a Pino oregón en Nueva Zelanda no está clara, e incluso es probable que el rol de la especie decrezca y las plantaciones se limiten a terrenos marginales para el Pino radiata (*Op. cit).* Esto, a pesar de que alcanza crecimientos medios del orden de los 17,5 a 24,5 m^3/ha/año, constituyéndose, junto a Pino radiata, en las especies exóticas de mayor rendimiento (Bucarey, 1968).

En Europa, el Pino oregón es el árbol de origen norteamericano más exitoso, con rodales vigorosos en 24 países. Al año 1987, según Toval *et al.*(1993), Francia tenía 220.000 ha plantadas, Alemania 80.000 ha e Inglaterra 46.000 ha. Al año 2020 supuestamente Francia alcanzará las 500.000 ha y Alemania planea forestar un 20 % de su superficie forestal con Pino oregón. En Inglaterra, la mayor tasa de crecimiento de esta especie incentivará la reforestación en valles donde actualmente hay ***Pinus sylvestris*** L. y ***Larix decidua*** Mill.

Respecto de nuestro país, su buen comportamiento en la mayoría de las áreas donde ha sido plantado, lo muestra como una de las opciones de forestación para diferentes zonas (Droppelmann, 1986). Ha sido establecida desde Maule a Magallanes, creciendo en forma excelente en algunas regiones (Contreras y Smith, 1973), entre

INFOR

los países americanos, Chile es uno de los que ha ensayado con mayor éxito.

En el área de plantaciones chilenas, se han encontrado dos zonas con crecimientos extraordinarios, que permitirán una amplia distribución de la especie: provincia de Arauco (Curanilahue) y en la provincia de Osorno. En estas, el crecimiento de las plantas de Pino oregón es mayor que ***Pinus radiata*** D. Don. Otra zona que presenta buenas características es Villarrica, Fundo Voipir y el Fundo Flor del Lago, donde los incrementos fluctúan de 7,5 a 11,8 m^3/ha/año en plantaciones de 10 años (Bucarey, 1968). A diciembre de 1993, en Chile existían 12.090 ha de plantaciones de Pino oregón ubicadas entre las regiones VIII y XI.

1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

FAMILÍA: ***Pinaceae.***

GÉNERO: ***Pseudotsuga***. Este género incluye 6 especies, 2 en el oeste de Norteamérica y las otras 4 en un rango limitado en el este de Asia, en China. Taiwan y Japón (Fowells, 1965). Otras versiones indican que el género está compuesto de alrededor de 7 especies arbóreas siempreverde distribuidas en Asia y Norteamérica, entre las que se puede nombrar a ***P. macrocarpa***, ***P.japonica***, ***P. sinensis*** y ***P. menziesii***, (Serra, 1987).

NOMBRE CIENTÍFICO: ***Pseudotsuga menziesii*** (Mirb.) Franco.

SINÓNIMOS: ***Pseudotsuga taxifolia*** (Poir) Britton; ***Pseudotsuga douglasii*** (Lindl.) Carr.; ***Pseudotsuga mucronata*** (Raf.) Sudw.; ***Pinus taxifolia*** Lambert: ***Abies donglasii*** Lindley.

NOMBRES VULGARES: Pino oregón, Abeto de Douglas, Douglas spruce, Douglas fir, Douglas tree, Douglas pine, Douglas hemlock. Douglas vert, Oregon Douglas-fir, Oregon pine, Oregon spruce, Oregon larch, Oregon fir, Coast Douglas fir, British Columbia pine. British Columbia fir, Columbian pine, red fir, yellow fir, red pine, Puget Sound Pine, Douglastanne, Douglasie, sapin de Douglas.

VARIEDADES: Algunos botánicos europeos dividen la especie en variedad ***viridis*** o verde, ***glauca*** o azul y ***caesia*** o gris, determinando sus distribuciones en función de zonas climáticas y de crecimiento. En el sector norte de las Montañas Rocallosas (en la zona oeste de América del Norte) se encuentra la variedad ***caesia*** y en la parte sur la ***glauca. Pseudotsuga menziesii var. viridis***, se encuentra en la región entre la cadena montañosa y el Océano Pacífico (Kannegiesser, 1988). En Norteamérica se diferencian dos variedades naturales con formas intermedias, ***P. menziesii var. menziesii***, que crece en las cercanías de la costa hasta Sierra Nevada, y ***P. menziesii var. glauca*** o interior que habita en las Montañas Rocallosas (Serra, 1987; Kannegiesser, 1988). Ambas se diferencian en el color del follaje, la forma del cono, la tasa de crecimiento y los requerimientos ambientales (Fowells, 1965). No obstante, Burshel y Huss (1987) consideran que el color del follaje no es determinan

INFOR

te para establecer variedades. En cambio, si lo es el porcentaje de extraíbles en las hojas, especialmente de terpenos, cuyas proporciones están fijadas genéticamente para cada variedad. Por otra parte, se puede establecer una diferenciación ecológica de las variedades, de acuerdo con la posición que ocupan en la sucesión vegetacional. La variedad ***menziesii*** es una especie de subclímax, y es desplazada por otras más tolerantes a la sombra a medida que evoluciona el bosque, pero establece rodales puros coetáneos después de catástrofes, mientras que la variedad ***glauca*** representa la vegetación clímax o terminal en la sucesión forestal. De estas variedades, ***P. menziesii vaz menziesii*** es la más importante, tanto en su país de origen como en aquellos donde se ha introducido, siendo considerada como una especie económicamente interesante por su crecimiento rápido, buena forma. sanidad y la calidad de su madera (Kannegiesser, 1988).

1.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

1.3.1 Distribución natural

Pino oregón crece extensivamente al oeste de Norteamérica, desde la Columbia Británica, en Canadá y por la costa del Pacífico hasta Arizona y México (Fowells, 1965; Pérez, 1983; Serra, 1987). Específicamente se distribuye desde los 55° Lat N hasta los 20° Lat N en el Oeste de América del Norte (Burschel y Huss, 1987). Hasta aproximadamente los 36° Lat N se extiende en forma continua entre la costa del Pacífico y la ladera este de las Montañas Rocallosas. Hacia el sur, se aleja de la costa permaneciendo en los sectores más montañosos hasta alcanzar su límite al sur de México (Kannegiesser, 1988).

La variedad ***glauca*** se encuentra en las Montañas Rocallosas, en la ladera este de las Montañas Cascadas y en la Sierra Nevada, desde Columbia Británica y Alberta hasta México. La variedad ***menziesii*** se distribuye en la cercanía de la costa hasta Sierra Nevada, específicamente al este de las Montañas Cascadas en Washington y Oregon, al oeste del rango costero en la Columbia Británica, y oeste de Sierra Nevada en el norte de California (Fowells, 1965; INFOR, 1986; Serra, 1987; Kannegiesser, 1988).

1.3.2 Comportamiento de la especie

Burschel y Huss (1987) mencionan que el Pino oregón en su lugar de origen ha sido clasificado como una especie entre pionera y clímax, sin embargo, dado que casi siempre se desarrolla asociado a especies más tolerantes, rara vez mantiene una posición de clímax por lo que es reconocida más bien como una especie de subclímax.

Según los mismos autores, Pino oregón requiere de alto contenido de humedad del aire y humedad del suelo media. Indican entre sus características la alta resistencia a la sequía, una mediana demanda de nutrientes, una tolerancia media a la

INFOR

sombra y un muy alto riesgo de daño con las heladas tardías. También es muy intolerante a la competencia de raíces (Toval *et al.*, 1993).

En función de su adaptación al stress hídrico (Greaves *et al.* 1978), señalan que Pino oregón se caracteriza por tener:

- Tolerancia media a una intensidad de luz baja.
- Tolerancia media a temperaturas bajas o altas.
- Alta tolerancia (capaz de sobrevivir y crecer) al stress de humedad en la planta.
- Tolerancia media a bajos niveles nutricionales.

Para su satisfactorio establecimiento y desarrollo requiere más luz que ***Tsuga heterophylla***, ***Thuja plicata***, ***Picea sitchensis***, ***Abies grandis***, ***Tsuga mertensiana***, ***Abies amabilis***, ***Sequoia sempervirens***, ***Abies concolor***, ***Libocedrus decurrens***, o ***Chamaecyparis lawsoniana***, especies con las cuales a menudo comparte hábitat en el sudoeste de Oregon o en el norte de California. El Pino oregón es de igual tolerancia que ***Pinus lambertiana***, ***Pinus monticola***, y ***Abies magnifica***. Sólo tres especies comúnmente asociadas con Pino oregón: ***Pinus ponderosa***, ***Pinus jeffreyi*** y ***Abies procera*** son catalogadas como menos tolerantes.

Cuando ocurren grandes disturbios como incendios, tala rasa o grandes plagas, el Pino oregón, es capaz de regenerar formando extensos rodales coetáneos; posteriormente esta conífera es gradualmente reemplazada por especies más tolerantes como ***Tsuga spp.***, ***Thuja spp.*** y ***Abies spp.*** (Fowells, 1965).

En su hábitat natural, cuando se hacen intervenciones en los bosques de Pino oregón asociados a latifoliadas como ***Alnus rubra*** y ***Acer macrophyllum***, la regeneración de éstas, debido a su crecimiento más rápido, puede llegar a suprimir totalmente la regeneración del Pino oregón.

1.3.3 Asociaciones naturales de Pino oregón

En su distribución natural, en la parte central más seca, se encuentra en rodales vastos y casi puros, coetáneos. En los lugares más húmedos crece asociado con especies latifoliadas como ***Alnus rubra***, ***Arbutus menziesii*** y algunas del género ***Acer***. Más al sur se encuentra acompañando a ***Sequoia sempervirens***, que lo desplaza gradualmente (Grosse y Kannegiesser, 1988). También se asocia con ***Pinus ponderosa***, ***Pinus lambertiana*** Dougl., ***Libocedrus decurrens*** y varios ***Quercus***. Hacia el límite de su distribución norte costera, el Pino oregón da paso a ***Tsuga heterophylla***, ***Thuja plicata*** y ***Picea sitchensis;*** y en elevaciones mayores a, ***Abies spp.*** y ***Tsuga mertensiana*** (Fowells, 1965). Según el autor, el Pino oregón es el componente principal de 4 tipos forestales:

1. Pino oregón del Pacífico
2. ***Pseudotsuga menziesii - Tsuga heterophylla***
3. ***Chamaecyparis lawsoniana - Pseudotsuga menziesii***
4. ***Pinus ponderosa*** del Pacífico - ***Pseudotsuga menziesii***

INFOR

y es el componente secundario de los siguientes tipos forestales:

1. ***Alnus rubra***.
2. ***Picea sitchensis***
3. ***Tsuga heterophylla***.
4. ***Picea sitchensis - Tsuga heterophylla***
5. ***Abies amabilis - Tsuga spp.***
6. ***Thuja plicata - Tsuga heterophylla.***
7. ***Thuja plicata.***
8. ***Sequoia sempervirens***
9. ***Quercus alba***
10. ***Quercus spp. - Arbutus menziesii***

Los bosques naturales de Pino oregón, se encuentra dentro de la siguiente cadena de sucesiones forestales (Greaves *et al.*, 1978): ***Alnus rubra*** (especie intolerante, pionera), ***Pseudotsuga menziesii*** (especie moderadamente tolerante), ***Tsuga heterophylla*** (especie tolerante).

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

1.4.1 Descripción botánica de la especie

Pino oregón es un árbol de gran tamaño que puede alcanzar 50 a 90 m de altura y diámetros de 2 a 4,5 m. Puede vivir más de 400 años, e incluso hasta los 1.000 años en condiciones naturales (Pérez, 1983; Burschel y Huss, 1987; Serra, 1987; Kannegiesser, 1988).

Su fuste es recto, cilíndrico, ligeramente cónico, con una copa piramidal, con ramas horizontales dispuestas en verticilos. En árboles jóvenes la copa llega hasta el suelo (Pérez, 1983; Prado *et al.*, (1986); Serra, 1987; Kannegiesser, 1988).

La corteza tiene un color grisáceo, café rojiza. En árboles jóvenes es gris, delgada, suave y cubierta por bolsas de resina. En el árbol maduro se torna café - rojizo, gruesa, esponjosa, agrietada, áspera, escamosa y con un espesor que puede llegar a 10 cm o más. Contiene alrededor de 20 a 50 % de tejido suberoso y aproximadamente un 30 % de extraíbles como ceras y otras sustancias químicas (Isaac y Dimock, 1958).

Las hojas son acículas lineales, planas y obtusas en el ápice, o agudas en los brotes primarios, blandas y flexibles, de color verde - amarillento, verde oscuro o verde azuladas, de 1,5 a 5,5 cm de longitud, por 1,5 cm de ancho. Se angostan hacia la base, formando un pecíolo corto. En la cara superior presentan dos bandas estomáticas blanquecinas separadas por una vena media y en el envés dos canales

INFOR

resiníferos superficiales (Pérez, 1983; Prado *et al.*, (1986) Grosse y Kannegiesser, 1988; Kannegiesser. 1988).

Pseudotsuga menziesii es una conífera diclino monoica, es decir, presenta flores masculinas y femeninas separadas pero en el mismo árbol. Los amentos masculinos crecen lateralmente en las ramas (Fowells, 1965), en la parte inferior de éstas y son de color verde - amarillo o anaranjado a la floración (Pérez, 1983; Serra, 1987).

Los conos femeninos son péndulos, oval - aovados, cilíndricos, de color café, con pedúnculos cortos, con anchas escamas redondeadas y cóncavas, ligeramente delgadas y ocasionalmente algo alargadas en el ápice, más largas que anchas. Tienen numerosas y características escamas trífidas (estériles o tectrices) de 6 a 12 cm de largo que nacen bajo las escamas del cono (Fowells, 1965; Pérez, 1983: Prado *et al.*, (1986), Serra. 1987; Kannegiesser, 1988).

Estos conos nacen en posición terminal de pequeñas ramillas. usualmente en la parte superior del árbol, madurando en una estación y permaneciendo adheridos al árbol durante el siguiente año (Fowels, 1965). Miden de 35 a 180 mm de largo por 30 a 70 mm de ancho, Prado *et al.*, (1986).

Las semillas son pequeñas, de 0,4 cm con un ala de color café rojizo, y contienen 6 a 12 cotiledones (Fowells, 1985). Se ocultan de a dos semillas bajo las brácteas ovulíferas (Kannegiesser, 1988).

1.4.2 Fisiología

1.4.2.1 Consumo hídrico

Pino oregón reduce su fotosíntesis en respuesta a la reducción de disponibilidad de agua en el suelo, acompañada por aumento de temperatura del aire y descenso de la humedad relativa (Harrington *et al.* 1994). Por otra parte, Bouten *et al.* (1992) encontraron que la distribución de la humedad captada anualmente y los flujos de percolación dependían principalmente de las propiedades físicas del suelo.

En Alemania se pudo constatar que anualmente el Pino oregón consume, en términos de materia seca por kg de acículas, entre 275 a 410 litros de agua en condiciones de humedad suficiente (Gross, 1988).

Investigadores italianos describieron el balance hídrico de plantaciones de 26 años ubicadas en Los Apeninos, con densidades de 2.044 árboles/ha y alturas medias de 14 m, localizadas a 900 msnm en clima mediterráneo. Para ello midieron el potencial hídrico del suelo con tensiómetros, durante el verano de 1985, relacionándolo a la radiación solar neta, la temperatura del aire y la humedad relativa del aire dentro del dosel, demostrando que Pino oregón está bien adaptado a la sequía, ya que aún en suelos secos, con raíces superficiales y alta demanda evaporativa, los árboles no mostraron evidencia de stress hídrico (Kowalik *et al.*, 1988).

INFOR

En Suiza, experiencias con rodales de 85 años, establecieron que bajo condiciones favorables, la evapotranspiración evaluada en términos de captación de agua por las raíces, alcanzó valores sobre los 5 mm/día, obteniendo un promedio de 2,0 a 2,4 mm/día para toda la época de crecimiento. Se estimó también que durante el invierno, 1/7 de la precipitación anual, es almacenada en el suelo del bosque, por lo cual se puede considerar este monto como un reservorio de agua para períodos de déficit.

En Nancy, Francia, investigaciones realizadas con árboles de 24 años creciendo en parcelas raleadas indicaron tasas de 1,6 a 8,0 y 22 l/día/arb, durante el período estival, según la ubicación de los individuos en los estratos suprimido, intermedio y dominante respectivamente (Granier, 1987).

Por otra parte, una experiencia práctica llevada a efecto en el mismo país, relacionó el consumo de agua y los raleos en plantaciones de 19 años evaluando el balance hídrico y el incremento diametral; se concluyó que el raleo redujo la severidad y la duración del período de carencia de humedad en el suelo, ya que la evapotranspiración bajó, especialmente durante los tres primeros años. Además el crecimiento aumentó sustancialmente y se alargó el período en que éste ocurre. Al cabo de 5 años, tanto las parcelas raleadas como la testigo, presentaban una evapotranspiración similar (Aussenac y Granier, 1988).

1.4.2.2 Temperaturas umbrales de crecimiento

Procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, la respiración y otras reacciones, dependen de la temperatura. Greaves *et al.* (1978), señalan que las plantas de Pino oregón tienen un máximo desarrollo cuando la temperatura diurna del aire es de 30 °C y la del suelo de 20 °C. Con temperaturas de 15 °C y 10 °C respectivamente, se verifica que los individuos presentan la mitad del crecimiento en comparación con aquellos que se desarrollan a temperaturas ideales. Por otra parte, el crecimiento de las raíces de las plántulas comienza cuando la temperatura del suelo excede los 5 °C y se incrementa rápidamente después de los 10 °C, alcanzando el máximo a los 20 °C; sin embargo a temperaturas de 30 °C no se produce crecimiento de las raíces (Lopushinsky y Max, 1990).

1.5 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

1.5.1 Floración y fructificación

En Estados Unidos, el ciclo reproductivo de Pino oregón se extiende a lo largo de 17 meses, período en el cual se pueden distinguir las siguientes etapas:

Las yemas florales femeninas y masculinas se forman a fines del verano, pero permanecen latentes hasta la primavera siguiente.

Las flores femeninas son receptivas al polen casi inmediatamente después de

INFOR

su apertura, y la polinización se realiza dentro de los siguientes 7 a 10 días pudiendo prolongarse por alrededor de tres semanas.

La fertilización del estróbilo femenino ocurre cerca de dos meses después de la polinización y los conos fertilizados maduran durante una estación de crecimiento. El estróbilo masculino desaparece poco después de la diseminación del polen.

Cuando los conos han alcanzado su tamaño final, se lignifican, se secan, y sùs semillas maduras son dispersadas a fines del otoño (Fowells, 1965; Kannegiesser, 1989). Esta última autora menciona que las condiciones climáticas tienen relación con la producción de conos y que los eventos fenológicos varían con la latitud, altitud, entre los árboles de una localidad y en la copa de un mismo individuo.

El tiempo atmosférico parece tener poco efecto directo sobre el desarrollo de los conos (Fowells, 1965), no obstante heladas anormales podrían matar los conos femeninos jóvenes, y lluvias continuas podrían impedir la polinización.

La semilla madura a mediados o fines del verano (fines de agosto o principios de septiembre en su lugar de origen) y su diseminación comienza cerca de dos semanas después de su maduración. La fecha de dispersión, sin embargo, depende en gran medida de la ocurrencia de tiempo seco para abrir los conos (Fowells, 1965).

Rodríguez (1975), menciona que en el fundo Bellavista en Traiguén (IX Región), la floración ocurre en septiembre y las semillas maduran en febrero. Para la localidad de Valdivia, Brun (1963) describe flores de color verde - rosado que son polinizadas a principios de octubre. Durante el verano el estróbilo se lignifica y libera las semillas en marzo. Las yemas vegetativas se abren una vez ocurrida la polinización, alcanzando las hojas su forma definitiva en diciembre.

Árboles que crecen en zonas abiertas de su distribución natural comienzan a producir semillas en gran cantidad entre los 20 y 30 años, y la máxima producción ocurre entre los 200 y 300 años de edad. Un árbol maduro creciendo en esas condiciones produce cerca de 450 gr/año. Sin embargo, sólo una parte de los árboles que se encuentran dentro de un rodal es productor, y probablemente producen una décima parte de lo que se obtiene en árboles que crecen en lugares abiertos (Fowells, 1965).

En árboles juveniles, los conos son más grandes y contienen un mayor número de semillas viables. La producción de conos y semillas es muy variable en cada árbol y de año en año: en promedio, se produce una buena cosecha cada 2 a 11 años. Se ha determinado que entre 2 cosechas buenas, por lo menos una es vana, en adición a dos o más cosechas livianas o medianas (Fowells, 1965; Kannegiesser, 1989).

En la provincia de Arauco, Contreras (1982) cita árboles de 15 años de edad que producían conos y semillas fértiles. Según Rodríguez (1975) en el Fundo Voipir, el Pino oregón comienza a fructificar entre los 15 y 18 años.

El Pino oregón no produce semillas hasta los 10 años de edad y cerca de 4,5 m de altura (*Op. cit.*). Serra (1987) informa que esta especie comienza a producir conos

INFOR

a los 12 años de edad, y la semillación es anual con 82.000 semillas por kg y más de 60 % de germinación.

Se ha realizado algunas experiencias para aumentar la producción de conos y semillas, con raleos a distinta intensidad, observándose que no tienen efecto en años de baja producción, pero en años de alta producción, los raleos incidieron considerablemente, aumentando en casi tres veces con raleos fuertes (Reukema,1972).

También mediante fertilización se puede inducir la fructificación. Experiencias han mostrado que aplicando fertilizante a una plantación de 20 años, después de 2 y 4 años se observaron mayores producciones (Miller y Wert, 1979, cit. por Kannegiesser, 1989). Sin embargo, el fertilizante no produce efecto si es aplicado dos semanas antes o después de la apertura de las yemas.

1.5.2 Diseminación de semillas

Las semillas son principalmente diseminadas por el viento y la gravedad (Fowells, 1965; Kannegiesser, 1989). Maduran a fines del verano y la dispersión se inicia aproximadamente dos semanas después. En condiciones climáticas secas los conos se abren, en cambio un clima húmedo retarda la apertura y, por tanto, la dispersión.

Su diseminación en terreno es muy variable. Se puede esperar que alcancen en condiciones favorables, una distancia de hasta 6 veces la altura del árbol (Fowells, 1965a). Otros autores indican una distancia de 90 m a 180 m, o una vez y media la altura de los árboles dominantes (Kannegiesser, 1989). Normalmente sólo un pequeño número logra germinar y producir plántulas (Grosse y Kannegiesser, 1988).

1.5.3 Depredación animal de semillas

Los mamíferos son el segundo factor, después de los insectos, en causar daño a las semillas. En su lugar de origen, las ardillas cortan los conos antes de su maduración, enterrándolos profundamente.

Más dañinos que las ardillas son los roedores, las ingieren, apenas comienza su caída (Fowells, 1965; Kannegiesser, 1989). Sin embargo, a la vez presentan un efecto beneficioso, debido a su hábito de enterrarlas superficialmente donde encuentran condiciones adecuadas para germinar (Grosse y Kannegiesser, 1988).

También las aves son consumidoras de semillas, pero no se ha medido en qué cantidad (Fowells, 1965). Sin embargo. su efecto es benéfico al actuar como dispersor, ya que no pierden viabilidad al pasar por el tracto digestivo. En algunos casos mejora la germinación por la disminución de la resistencia de la testa (Kannegiesser, 1989).

Durante años de baja o mediana producción de conos, los insectos, roedores y pájaros pueden reducir la disponibilidad de semillas a niveles seriamente bajos (Fowells, 1965). Otro factor que disminuye la cantidad de semillas viables en el suelo son las quemas después de una explotación (Kannegiesser, 1989).

INFOR

1.5.4 Regeneración natural

En su distribución natural, las semillas de Pino oregón caen en otoño e invierno y se mantienen inactivas, dado que la mayoría están inmaduras y presentan latencia embrionaria y de testa hasta la primavera. Luego, las condiciones de frío y humedad en el suelo durante el invierno producen una estratificación natural (Kannegiesser, 1989).

Cuando la temperatura del suelo alcanza en promedio 15 °C, se inicia la germinación. En su lugar de origen, comienza a partir del 1° de abril en los lugares más cálidos, y a más tardar el 10 de julio en los lugares más fríos. Puede continuar de 2 a 4 semanas (Fowells, 1965).

Las semillas de Pino oregón tienen germinación epígea (Schopmeyer, 1974) y pueden germinar en casi todo tipo de sustrato, siempre que se den las condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Aunque los requerimientos de humedad son altos, el suelo debe estar bien drenado (Fowells, 1965).

Es normal que tres cuartos de las plántulas mueran durante los primeros 2 años, generalmente por daño de temperaturas altas, sequía, competencia, heladas, ataques de insectos, enfermedades como pudrición de raíz y «damping-off», lagomorfos, aves y roedores (Fowells, 1965; Kannegiesser, 1989).

La regeneración es generalmente más exitosa en zonas sombreadas (exposición norte en el hemisferio norte) o bajo algún dosel protector, en exposiciones más soleadas. Las plántulas nuevas necesitan sombra, pero una vez establecidas crecen mejor a plena luz del sol (Fowells, 1965). Se ha observado muy buenos resultados de regeneración y sobrevivencia con un 50 a 70 % de luz solar (Kannegiesser, 1989).

En el estado de plántula, el crecimiento del tallo en altura y diámetro usualmente continúa por 3 ó 4 meses después de la apertura de las yemas. El crecimiento en altura generalmente finaliza a mediados del verano, mientras el crecimiento en diámetro lo hace a mediados del otoño.

A pesar de la lentitud inicial, 2 a 5 cm durante los 2 primeros años, el crecimiento en altura aumenta gradualmente hasta volverse constante entre los 6 y 10 años, hasta 30 cm anuales (Fowells, 1965).

1.5.5 Conclusiones acerca de la regeneración natural

De lo señalado por diversos autores, Grosse y Kannegiesser (1988) concluyen lo siguiente:

- A mediados de la primavera, cuando la temperatura del suelo alcanza en promedio los 15 °C, se inicia la germinación en EE.UU.
- Suelos con textura medianamente gruesa, pero capaces de retener humedad son favorables para la germinación.
- El principal factor de mortalidad en las plántulas recién emergidas es la alta temperatura de la superficie del suelo prolongada por varias horas.

INFOR

• La sobrevivencia y el establecimiento de las plántulas se favorece con sombra natural o artificial. Así se minimizan los daños causados por factores climáticos.

• Dentro de los métodos de corta para obtener regeneración natural, los más favorables para Pino oregón son la tala rasa modificada, es decir en fajas o manchones, y el árbol semillero.

• El crecimiento inicial en altura es de 2 a 5 cm durante los 2 primeros años. Alcanza una tasa constante de unos 30 cm entre los 6 y 10 años de edad.

• El incremento en altura es inversamente proporcional a la cantidad de sombra recibida y no es estadísticamente distinto si la plántula se establece en suelo mineral o con humus.

• Para instalarse en un sitio, la plántula de Pino oregón requiere la sombra y protección de un dosel superior. A medida que se desarrolla, éste debe desaparecer o bien cambiar a un rodal lateral que proyecte sombra intermitente.

1.6 ASPECTOS GENÉTICOS DE LA ESPECIE

Múltiples investigaciones realizadas en Estados Unidos, Europa y Nueva Zelanda han demostrado que la gran diversidad de ambientes naturales ocupados por el Pino oregón ha contribuido a generar una gran variabilidad genética, la que se refleja en los caracteres morfológicos, sobrevivencia de las plantas, propiedades físico-mecánicas, velocidad de desarrollo de los individuos, y otros (varios autores, cit. por Droppelmann, 1986).

Investigaciones realizadas en Nueva Zelanda establecen que las mejores procedencias para ser empleadas en este país son las de Washington y el norte de California (Cown, 1992).

En España donde se considera al Pino oregón como una especie promisoria para la Península Ibérica en general, se ha realizado un extensivo ensayo de procedencias (91 en total), provenientes de las regiones costeras e interiores del sur de Columbia, Washington, Oregon y norte de California y de rodales naturales de dos especies relacionadas en el este de México, los cuales se instalaron en las regiones montañosas del noroeste y norte central de España, y sus resultados pueden ser extrapolados con seguridad a regiones como el norte de Portugal, y al noroeste, oeste central y sur de España (Toval *et al.*, 1993).

La evaluación se hizo en base a la altura alcanzada en los primeros 5 a 6 años después de la plantación, observándose variaciones de 0,6 a 2,5 m de altura entre los árboles dominantes de los distintos ensayos. En la mayoría de las plantaciones, los árboles de las mejores procedencias superaron en más de tres veces a la altura de aquellos de las peores procedencias.

INFOR

Los ensayos arrojaron como conclusión que las 44 mejores procedencias se concentran en zonas de baja a mediana altitud en las laderas que dan hacia el Pacífico, donde las masas de aire del Océano Pacífico dominan el clima.

Los bosques de mayor interés se sitúan en las regiones de la costa e interior, incluyendo:

- Las laderas marítimas del rango costero norte del noroeste de Carolina.
- El rango costero de Oregon y Washington.
- La Península Olímpica.
- El Estrecho de Georgia en el sudoeste de la Columbia Británica.
- Las laderas interiores de las Montañas Olímpicas.
- El rango de la costa y las cascadas que enfrentan el «Puget Trough» en el oeste de Washington.
- El Valle de Willamette en el noroeste de Oregon.

La mayoría de las procedencias de rápido crecimiento provienen de latitudes entre los 44 a 50° Lat N y altitudes de 60 a 730 msnm, de climas con estaciones de crecimiento prolongadas, regímenes lluviosos favorables, suelos de buen drenaje e inviernos fríos pero no rigurosos, con alta influencia costera.

La densidad de la madera es un parámetro de particular importancia al tratar de identificar las mejores procedencias, ya que la madera de Pino oregón es esencialmente de tipo estructural y no de uso general. Según Harris (1985), su madera puede ser usada para otros propósitos solo si no logra las propiedades básicas de resistencia y estabilidad para usos estructurales. Los requerimientos especiales de su silvicultura harán a su madera muy costosa, como para ser usada en aplicaciones menos demandantes.

Recalcando esto, un estudio realizado en Nueva Zelanda detectó que la resistencia de la madera de Pino oregón varía no sólo según el sitio, sino que también es fuertemente dependiente de la procedencia. Por ejemplo, entre 45 procedencias, a los 16 años, se detectó que la densidad de la madera fluctúa entre 360 y 410 kg/m^3. Otros estudios en ese mismo país, indican que las propiedades físico mecánicas del Pino oregón son mucho más aleatorias que las encontradas en Pino radiata y es probable que puedan ser atribuibles a causas genéticas (New Zealand Forest Research Institute, 1978, cit. por Droppelmann, 1986).

De lo dicho se desprende que el origen geográfico de las semillas es un factor importante en las plantaciones forestales, ya que condiciona el éxito en su establecimiento y su productividad. Esto es especialmente importante en el caso de una especie introducida y más aún cuando el área de distribución es amplia y por ende su hábitat natural es diverso (Droppelmann, 1986).

INFOR

Otros antecedentes referidos a los patrones de variabilidad genética, respecto de las respuestas morfológicas y fenológicas al déficit hídrico, son descritas en progenies de 7 familias de 4 poblaciones de Pino oregón ***(Pseudo tsuga menziesii var menziesii)*** muestreadas en sitios costeros e interiores en Oregon (Joly *et al.*, 1989), encontrándose diferencias que parecen reflejar la adaptación al ambiente, ya que las poblaciones del interior se caracterizaron por una brotación temprana, menores tasas de extensión en el aparato radicular y relaciones tallo/raíz más altas.

En Chile, en la mayoría de los casos, no se conoce con exactitud el origen de las semillas que han generado las plantaciones de Pino oregón. Además, son escasas las investigaciones que entregan resultados del comportamiento del Pino oregón de diferentes orígenes geográficos (Droppelmann, 1986).

Rocuant (1967) indica que para Valdivia y Villarrica, los mejores valores obtenidos en crecimiento corresponden a procedencias de altitudes bajas de la costa de Oregon y Washington.

Droppelmann (1986) realizó una evaluación al ensayo de procedencias de Pino oregón, establecido el año 1967 en el Fundo Las Palmas, Valdivia, en el cual se han estudiado las siguientes procedencias (Cuadro 1):

CUADRO 1

INFORMACIÓN SOBRE ENSAYO DE PROCEDENCIAS, UBICADO EN VALDIVIA

Origen geográfico		Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Zona	Distancia a costa (km)
Estado de Washington	Hoodsport	47°25'	123°10'	263	interior	80
	Montesano	47°00'	123°36'	12	costa	15
Estado de Oregon	Ashford	46°35'	122°09'	480	interior	150
	Tillamook	45°55'	123°50'	55	costa	20
	Vernonia	45°50'	123°10'	250	interior	70
	Blodgett	44°30'	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.
	South Santiam	44°25'	122°25'	265	interior	120
	Leaburg	43°45'	122°53'	225	interior	100
	Yoncalla	43°35'	123°15'	100	interior	80
	Coquille	43°10'	124°15'	66	costa	12
	Gold Beach	42°40'	124°25'	70	costa	2

Fuente: Droppelmann (1986)

INFOR

En su análisis, este autor detecta que las características de crecimiento presentan gran variabilidad dentro de procedencias, principalmente en volumen, lo que indica posibilidades de selección para el mejoramiento genético en estos caracteres.

En cuanto a la variabilidad entre procedencias, los mejores resultados corresponden a las cercanas a la costa. Es así como en altura, la procedencia Coquille es significativamente superior a las demás, con un promedio de 17,5 m a los 17 años de 15 árboles dominantes y codominantes.

Con anterioridad, Rocuant (1967) evaluó este mismo ensayo tanto en vivero como durante el primer año tras su establecimiento, observando que la mejor altura había sido alcanzada por la procedencia Coquille, con un valor de 37,14 cm a los dos años de viverización.

Respecto a las características de forma, Droppelmann (1986) indica que, en general, todos los caracteres presentan gran variabilidad, pero las más variables son el ángulo de ramas, cantidad de ramas y rectitud del fuste. El diámetro de ramas, bifurcación y relación altura/DAP son los de menor variación.

Entre procedencias, a excepción de la relación altura/DAP, no existen diferencias estadísticamente significativas, y no se aprecia algún tipo de relación entre el comportamiento de estos caracteres y la distancia desde la costa, latitud o altitud de la fuente de semillas.

En general, las procedencias que muestran un comportamiento superior son Vernonia (interior), Yoncalla (interior) y Ashford (interior), mientras que Leaburg (interior), Montesano (costa) y South Santiam (interior) presentan los resultados más bajos.

Sobre la relación altura/DAP, Ashford arroja el mayor valor y presenta diferencias estadísticamente significativas con South Santiam y Tillamook.

El autor no observa relación, entre los resultados de los caracteres de crecimiento y la latitud o altitud de la fuente de semillas, ni entre las características de forma del árbol y la distancia de la costa, altitud o latitud de la fuente de semillas.

La evaluación del ensayo se presenta en el Cuadro 2.

INFOR

CUADRO 2

EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE PROCEDENCIAS EN FUNDO LAS PALMAS, VALDIVIA (17 AÑOS)

Procedencia		Supervivencia (%)	Densidad (arb/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Área basal (m^2/ha)	Volumen (m^3/ha)	Volumen individual (m^3/árbol)
Tillamook costa	Promedio	49	1.224	15,5	20,2	42,0	343,2	0,26
	Dom. Cod.*			16,4	22,8			
Yoncalla interior	Promedio	69,4	1.735	15,2	17,4	46,0	369,8	0,23
	Dom. Cod.*			16,4	21,0			
Ashford interior	Promedio	71,4	1.786	14,6	16,8	45,7	355,3	0,19
	Dom. Cod.*			16,2	19,4			
Leaburg interior	Promedio	72,4	1.811	14,2	17,2	46,7	351,4	0,20
	Dom. Cod.*			15,6	20,6			
Coquille costa	Promedio	73,5	1.837	16,1	18,5	54,4	464,5	0,27
	Dom. Cod.*			17,5	22,2			
Sth. Santiam interior	Promedio	73,5	1.837	15,7	18,9	57,5	471,3	0,28
	Dom. Cod.*			16,7	23,4			
Hoodsport interior	Promedio	75,5	1.888	14,6	16,8	45,7	355,3	0,20
	Dom. Cod.*			16,0	20,2			
Vernonia interior	Promedio	76,4	1.913	14,4	16,7	45,5	351,1	0,21
	Dom. Cod.*			16,1	20,7			
Goldbeach costa	Promedio	85,7	2,143	16,0	18,5	54,4	464,5	0,25
	Dom. Cod.*			16,8	22,0			
Montesano costa	Promedio	93,6	2.347	15,5	17,4	52,1	482,3	0,23
	Dom. Cod.*			16,8	21,1			

Fuente: Droppelmann (1986)

* Árboles dominantes y codominantes corresponden a los 15 mejores árboles del ensayo

INFOR

2.
REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

En el presente capítulo se ha recopilado información sobre los requerimientos del Pino oregón a nivel climático y edáfico. Mayor detalle de los requerimientos ecológicos de la especie ver capítulo 8, Obtención de Zonas Potenciales para el establecimiento de Pino oregón (pag. 119).

2.1 CLIMA

Las principales masas comerciales de Pino oregón se encuentran en las zonas costeras, cuyo clima marítimo es bastante homogéneo. Esto coincide con lo que sucede en su área de dispersión natural, donde el clima es templado y húmedo, y la precipitación ocurre mayoritariamente en invierno, con una media de 1.660 mm y variando de 920 a 2.500 mm. Durante el verano, que en el hemisferio norte corresponde a los meses de julio a septiembre, las precipitaciones alcanzan montos cercanos a 300 mm (Bucarey, 1968).

Otros autores indican que la precipitación media anual fluctúa entre 1.000 y más de 3.000 mm, según la localidad (Fowells, 1965; Elgueta, *et al.*, 1971, cit. por Droppelmann, 1986).

Con respecto a la humedad relativa, se puede indicar que ésta oscila entre 50 y 90 % durante el período más seco de los días estivales (Bucarey, 1968).

En su región natural la temperatura media anual es de 10,3 °C, oscilando entre 7 y 13 °C. La temperatura máxima media del mes más cálido es 15 a 20 °C, en tanto que la temperatura mínima media del mes más frío alcanza los 3 a 6 °C. Por su parte, la temperatura mínima absoluta es de 34 °C bajo cero, y la temperatura máxima absoluta de 43 °C. Por último, la temperatura media del período vegetativo alcanza valores de 12,8 °C a 16 °C (Fowells, 1965; Bucarey, 1968).

Respecto del número de días libres de heladas, Fowells (1965) y Bucarey (1968) señalan que fluctúa entre 82 y 230 en la costa, ó 170 a 200 días en las montañas, siendo en promedio de 212 y 138 días respectivamente.

La cantidad de nieve acumulada en las zonas más altas de su distribución, en que una gran parte de las precipitaciones de invierno ocurren en forma de nieve, puede llegar a 3 m o más (Fowells, 1965; Bucarey, 1968).

INFOR

En algunos estudios se ha observado que plantas jóvenes de Pino oregón alcanzan su máxima tasa de fotosíntesis y producción de materia seca alrededor de 25 % de la luz solar total. En plantas adultas este valor alcanza un 60 % (Clearly *et al.* 1978).

2.2 SUELO

Por lo general Pino oregón se ubica sobre suelos pardos podzólicos, pardos, pardos lateríticos, pardos forestales y pardos litosólicos (Bucarey, 1968). Su origen principalmente es sedimentario con intrusiones de rocas volcánicas y en otros sectores netamente es de origen volcánico (Fowells, 1965).

El mejor desarrollo lo logra en suelos bien drenados (Contreras, 1982), no prosperando en suelos con drenaje pobre o suelos con una capa impermeable cerca de la superficie (Fowells, 1965).

Además deben tener buena aireación, con una profundidad media a alta, es decir mayor a 1 m (Bucarey, 1968).

El pH en suelos de su distribución natural es ácido fluctuando entre 4,5 - 6,5. En el oeste de Washington y oeste de Oregon, alcanzan su mejor desarrollo en suelos con pH 5 a 5,5 (Fowells, 1965).

En general, la especie evita los suelos pesados tanto orgánicos como minerales, los excesos de arena, sal o agua, cuyas consecuencias son generalmente sequías o deficiencias de oxígeno (Bucarey, 1968).

La textura varía en un amplio rango desde arcillas gravosas hasta arenas arcillosas. No obstante, los mejores suelos son aquellos compuestos por arcillas, arcillas arenosas y arcillas limosas, con un sustrato areno-ripioso en las laderas o terrazas; en los valles predominan los suelos aluviales y en la costa hay suelos francos y franco arcillosos o suelos pardos lixiviados. Las arenas también están muy generalizadas en su distribución de origen.

Un estudio realizado en el oeste de Washington, mostró que el índice de sitio para Pino oregón estaba positivamente correlacionado con la profundidad del suelo, aunque no se tienen los valores específicos (Greaves *et al.*, 1978). Requiere de al menos 60 cm.

2.3 TOPOGRAFÍA

La variedad ***menziesii*** en su límite sur se ubica desde el nivel del mar y hasta los 2.000 msnm, en tanto que en su límite norte alcanza sólo los 900 msnm (Fowells, 1965).

En la zona septentrional de su distribución natural, Pino oregón se desarrolla principalmente en ladera sur; hacia el Ecuador la especie se encuentra también en exposiciones norte. La topografía predominante corresponde a montañas, valles planos y fondo de cañones húmedos (Fowells, 1965; Bucarey, 1968).

INFOR

3.
PLAGAS, ENFERMEDADES Y DAÑOS

Existen varias enfermedades que pueden afectar a Pino oregón en plantaciones en la costa noroeste del Pacífico. A continuación se da cuenta de las más comunes.

3.1 DAÑOS ABIÓTICOS

Agente causal: **Viento seco.** Descripción: Las plántulas súbitamente se vuelven rojas, a menudo esto no ocurre hasta los primeros días cálidos de primavera (Clearly *et al.*, 1978). Daño: Muerte de acículas individuales, ramas o la plántula completa. Son dañadas especialmente las plántulas localizadas en terrenos expuestos cuando el suelo se congela.

Agente causal: **Heladas tardías**. Descripción: El follaje nuevo se arruga o curva y muere abruptamente. Daño: Causa pérdida de crecimiento más que la muerte. Puede ser un problema recurrente en plantaciones fuera de sitios aptos (*Op. cit.*).

3.2 FUNGOSAS

3.2.1 Pudrición de raíces

3.2.1.1 Pudrición de raíces por *Rhizina*

Agente causal: ***Rhizina undulata***. Descripción: Cuerpos fructíferos color café a negro, con forma de copa, 2 a 10 cm de sección, dispuestos en el suelo cerca de las plántulas. Las raíces infectadas están cubiertas por un micelio blanco (Clearly *et al.*, 1978). Daño: Enfermedad de la raíz, asociado con mortalidad de la planta en sitios recientemente quemados.

3.2.1.2 Pudrición de raíces por *Phytophthora y Fusarium*

Agente causal: ***Phytophthora spp.*** Descripción: Los primeros síntomas son decoloración de follaje o marchitez; manchas rojizas en las raíces infectadas. Daño: Pudrición de raíces; podría producirse muerte súbita por stress hídrico. Puede matar grupos aislados de plantas de hasta 5 años de edad en el lapso de 1 año. Es un problema local en Washington y Columbia Británica. Es peor en suelos de viveros húmedos, con alta retención de agua; árboles enfermos, plantados en un sitio no adecuado

INFOR

tienen pocas posibilidades de sobrevivir (*Op. cit.*). Este agente se encuentra presente en Chile. ***Fusarium spp***, produce pudrición de la raíz principal y de las secundarias en individuos de 30 a 50 cm de altura, produciendo la muerte de los individuos.

3.2.1.3 Pudrición laminada de raíz

Agente causal: ***Phelliaces (Poria) weirii.*** Descripción: Micelio de hongo en la superficie de la corteza de la raíz; el micelio tiene barbas de color café - rojizo visto bajo lupa de mano. Produce una pudrición suave y de color claro. Daño: Pudrición de raíces; los árboles infectados presentan reducción del crecimiento en ramillas y en el eje principal, amarillamiento de la copa, eje principal inclinado. El hongo se dispersa por contacto de raíces, comenzando desde raíces viejas infectadas, pasa a las raíces vivas del rodal: plantaciones exitosas pueden ser infectadas. Ataca árboles de todas las edades y produce continuamente mortalidad en rodales jóvenes. En árboles viejos produce muerte al contribuir a su desarraigamiento o a un quiebre cerca de la base. Es dentro de los hongos, el agente dañino más serio de Pino oregón (Fowells, 1965; Clearly *et al.*, 1978).

3.2.1.4 Pudrición de raíz por *Annosus*

Agente causal: ***Fomes annosus***. Descripción: Pequeños hongos (cuerpos fructíferos) en la base de los árboles o tocones, que varían en forma desde bastón a capas planas; son café por arriba y blancos por debajo; las raíces podridas se tornan esponjosas o como cuerda y de color claro. Daño:Pudrición de raíz, los síntomas en la copa son similares a los de la pudrición laminar de raíces. La infección es vía esporas aéreas o contacto entre raíces; ocasionalmente mata a Pino oregón (Clearly *et al.*, 1978).

3.2.2 Pudrición central

Agente causal: ***Fomes pini*** y ***Polyporus schweinitzii***. Daño: Produce pudrición central en árboles jóvenes de Pino oregón. ***Polyporus schweinitzii*** produce también la muerte en árboles viejos por desarraigamiento o al quebrarse la base del árbol (Fowells, 1965).

Agente causal: ***Fomes subroseus.*** Daño: Provoca pudrición central en individuos jóvenes. Generalmente se introduce a través de puntas quebradas (*Op. cit.*).

3.2.3 Enfermedad de mancha negra en la raíz

Agente causal: ***Verticicladiella spp.*** Descripción: No se aprecian micelios dentro o fuera de la corteza; aparecen formas crecientes de manchas azul-negro o café-negro en las capas exteriores de madera. Daño: Mata las raíces y eventualmente a todo el árbol, los síntomas en la copa son similares a los de la pudrición laminar de

INFOR

raíz. Se dispersa de raíz a raíz y probablemente por insectos; el año 1978 había sido descrita como enfermedad, con un potencial desconocido. En Chile este agente está presente.

3.3 ENTOMOLÓGICAS

Agente causal: ***Dendroctonus pseudotsugae.*** Daño: Ataca árboles juveniles o maduros, matándolos tanto en áreas pequeñas como extensas durante las epidemias. Los focos epidémicos se desarrollan de manera característica en zonas de árboles volteados por el viento, árboles quemados y, a veces, en árboles volteados durante faenas de explotación (Fowells,1965).

Agente causal: ***Melanophyla drummondi.*** Daño: Causa daños similares al anterior pero circunscritos a superficies pequeñas (*Op. cit.*).

A continuación se indican algunos insectos que atacan las semillas de Pino oregón, cuya intensidad es mayor durante años de baja producción; pueden afectar el 10 % de las semillas durante un año con buena producción, y hasta más del 50 % en un año de mala cosecha (Ching y Lavender, 1978).

Agente causal: ***Megastigmus spermotrophus*** Wachtl. Daño: No se observan evidencias externas ya que las larvas se alimentan del interior de cada semilla. Puede ser particularmente dañino en años de mala cosecha de conos, en el sur de Oregon (Ching y Lavender, 1978). Taladra los conos verdes y pone huevos en las semillas inmaduras. La nueva avispa adulta sale por un pequeño agujero en la testa de la semilla. Este insecto ha sido observado en semillas de Pino oregón en Norteamérica, Gran Bretaña y Nueva Zelanda (Kannegiesser, 1989). Sólo puede detectarse cortando la semilla o con rayos X.

Agente causal: ***Barbara colfaxiana*** (Kearfott). Daño: A este insecto se le conoce como polilla del cono de Pino oregón. Horada dentro de éste con o sin aserrín, o secreción de resina que evidencie su presencia. El 75 % o más de las semillas pueden ser dañadas. Es especialmente destructiva en áreas cálidas, secas. Esta polilla deposita los huevos en los estróbilos femeninos, y las orugas se desarrollan, perforan las escamas y semillas hasta alcanzar el centro del cono, donde ocurre la metamorfosis que culmina con el estado adulto (Ching y Lavender, 1978; Kannegiesser, 1989).

Agente causal: ***Dioryctria abritella***. Daño: Genéricamente a esta especie se le conoce como gusano de los conos, el cual excava túneles indiscriminadamente a través de escamas y semillas, los conos son frecuentemente destruidos, a menudo con depósitos de aserrín en el exterior.

Agente causal: ***Contarina washingtonensis.*** Johnson. Daño: Conos infestados severamente pueden morir prematuramente, a pesar de que haya poca evidencia externa de infección leve o moderada. Las larvas se alimentan de las escamas, y pueden reducir la viabilidad de las semillas (Ching y Lavender, 1978).

INFOR

En su región de origen, más de 60 especies de insectos son predadoras de los conos de Pino oregón, pero sólo unas pocas pueden destruir una cantidad significativa de semillas. Las especies señaladas anteriormente pueden destruir suficientes semillas en un área como para hacer completamente inútil una cosecha de conos. Las infecciones son generalmente más destructivas durante una cosecha pobre o escasa, dado que casi toda puede ser dañada. La mayoría de los daños por insectos pueden ser observados en los conos, antes de que las semillas maduren.

La aplicación de insecticidas sistémicos al follaje de los árboles, en una etapa temprana de crecimiento, reduce significativamente el daño por insectos a las semillas de Pino oregón. Estas aplicaciones no reducen la viabilidad de las semillas sanas. Sin embargo, el costo de estos productos químicos y la dificultad de su aplicación limitan su uso a huertos semilleros y otras aplicaciones específicas (*Op. cit.*).

3.4 CANCROS Y OTROS

3.4.1 Cancro de *Phomopsis*

Agente causal: ***Phomopsis sp.*** Descripción: Cancro anual, lesión hundida en el tronco o en la base de la rama, con decaimiento del árbol si el cancro ciñe como una faja al tronco. Daño: Muerte y a veces sirve como corte infeccioso para la entrada de hongos de pudrición. Puede producir decaimiento y muerte extensiva después de condiciones climáticas severas, especialmente heladas. Este agente se encuentra en nuestro país.

3.4.2 Pérdida de acículas en Pino oregón

Agente causal: ***Rhabdoclise pseudotsuga.*** Descripción: Puntos de color amarillo en las hojas, que luego se tornan café - rojizo; aspecto moteado. El árbol parece chamuscado en los casos severos. Cuerpos frutales con forma de bote aparecen en el envés de las hojas en primavera. Daño: ***Rhabdoclise pseudotsuga*** mata las acículas; cuando es severo el ataque mata a todas, excepto las acículas más jóvenes. Las acículas se caen. Una infección persistente produce pérdidas de crecimiento. Patrones de infección dispersos; es esencialmente una enfermedad de árboles jóvenes o hasta alrededor de los 30 años edad.

3.4.3 Muérdago enano en Pino oregón

Agente causal: ***Arceuthobium spp.*** Descripción: Las plantas de muérdago crecen arraigadas en la madera; los tallos con flores crecen a través de la corteza. Las infecciones jóvenes causan hinchazón de las ramas. Daño: Pérdida de crecimiento y muerte; causa también sequía en la copa, cancro de tronco, o conduce a un ataque de escarabajos de corteza. Reduce la producción y rigor de la semillación. Se dispersa

INFOR

por semillas provenientes de las partes aéreas del muérdago; la mayoría se distribuyen en un radio de 6 m. La mayor mortalidad ocurre entre plántulas o brinzales. Lo específico de su huésped permite realizar control silvícola en la mayoría de las situaciones. Es un problema serio en el sudoeste de Oregón, y en el este de las Cascadas.

INFOR

4.
SILVICULTURA Y MANEJO

4.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA SILVICULTURA

4.1.1 Métodos silviculturales de regeneración natural

4.1.1.1 Tala rasa

La tala rasa en grandes extensiones en secuencias progresivas es una práctica común en Pino oregón, y se justifica principalmente por razones económicas (Hermann, 1978). En bosques naturales sobremaduros, se recomienda realizar tala rasa, debido a la alta tasa de árboles con pudrición. Sin embargo, el éxito obtenido en el establecimiento de plantaciones con este método no implica que talas rasas extensas sean una necesidad biológica para obtener una regeneración exitosa.

Las cortas deben ser hechas de tal manera que no queden zonas taladas a una distancia mayor a tres veces la altura de los árboles, desde las orillas con árboles de donde provendrá la semilla (Greaves y Hermann, 1978).

Se ha ocupado con éxito la tala rasa en paños, en rodales vírgenes de Pino oregón en el área de Puget Sound y en las Cascadas de Oregon. Sin embargo, este método puede ser una pobre alternativa en terrenos de difícil acceso y porque se puede dañar a la regeneración, cuando se cosechan rodales adyacentes.

Es más conveniente tala rasa en fajas, pues evita la creación de un microclima muy severo para la regeneración. Este método permiten que los árboles circundantes proyecten sombra sobre la regeneración, favoreciendo su establecimiento (Hermann, 1978; Kannegiesser, 1989).

Sin embargo, los resultados de regeneración mediante tala rasa son poco satisfactorios y más bien erráticos. Las fallas ocurren principalmente por altas temperaturas en los suelos deforestados, especialmente en pendientes cálidas y secas; por peligro de heladas, donde la fuente de semillas es inadecuada o por la ocurrencia cíclica y poco frecuente de producciones abundantes de semillas de la especie.

Greaves y Hermann (1978) y Kannegiesser (1989) concluyen que el establecimiento de regeneración natural usando tala rasa debe ser hecho sólo en sitios favorables, lo que generalmente corresponde a orientaciones norte, noreste o noroeste, para el hemisferio norte, en nuestro hemisferio, las exposiciones sur serán más favorables.

INFOR

4.1.1.2 Método del árbol semillero

Según Kannegiesser (1989), se ha obtenido buenos resultados dejando 15 a 25 arb/ha. Se recomienda también, en algunos estudios de Norteamérica, dejar de 8 a 20 arb/ha dependiendo del sitio.

Esta autora indica también que, el método presenta la ventaja de poder usarse en superficies mayores que la tala rasa, ya que además de proyectar sombra, los árboles semilleros son mejores productores y dispersores de semillas que los rodales circundantes en una tala rasa.

Garman (1955), encontró que la sombra suave e intermitente proyectada por los árboles semilleros mejoraba el establecimiento de la regeneración de Pino oregón en Columbia Británica, considerando suficiente dejar 8 a 20 arb/ha, dependiendo del sitio. Sin embargo, para Greaves y Hermann (1978), este método no asegura la regeneración, y ésto, combinado con el alto valor de los árboles remanentes y el alto costo de su posterior cosecha, han hecho que se haya eliminado como método de regeneración natural en su distribución natural en el Pacífico Noroeste.

4.1.1.3 Cortas sucesivas

El método de cortas sucesivas ha sido usado experimentalmente con Pino oregón en Oregón, dando muy buenos resultados en rodales en la costa de su distribución natural (Hermann, 1978). Favorece el establecimiento de la especie, mientras los árboles remanentes sean Pino oregón. Se transformaría así en el método del árbol semillero, con la diferencia que el número de individuos a dejar es mayor (Grosse y Kannegiesser, 1988). Provee usualmente de mejores condiciones a la regeneración para su establecimiento que tala rasa.

Si el dosel que forma la cosecha final es mixto se debe tener en cuenta el grado de luminosidad que necesita Pino oregón para regenerarse. Teniendo pocas posibilidades si ésta es menor al 20 %. Los mejores resultados se han obtenido con niveles de luminosidad alrededor de un 50 % *(Op. cit.)*.

Un estudio en las Montañas Cascadas de Oregón recomienda dejar 23 a 41 m^2/ha de área basal para proteger adecuadamente a las plántulas de condiciones ambientales severas (Greaves y Hermann, 1978). Según Kannegiesser (1989), dos años después de establecida la regeneración se debe hacer la corta final, para no perjudicar el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

4.1.1.4 Método de selección

Bosques vírgenes de Pino oregón han respondido pobremente a la aplicación del método de selección. Este método es inadecuado para de Pino oregón de la costa, debido a que esta especie es menos tolerante que sus competidores. La aplicación del método de selección está restringido a sitios secos, particularmente en el sudoeste de Oregón, donde la especie representa un clímax fisiográfico (Hermann, 1978).

INFOR

4.1.2 Reproducción artificial

4.1.2.1 Recolección de conos

Para la reproducción artificial del Pino oregón, es muy importante recolectar los conos en el momento adecuado, ya que éstos a menudo se abren y sueltan las semillas sólo poco días después de que hayan madurado. Existen patrones climáticos que gobiernan la velocidad con que los conos se abren y por lo tanto, la apropiada identificación de semillas maduras y conos es imprescindible (Lavender, 1978).

La madurez de los conos puede variar en más de un mes entre árboles en zonas altas o bajas, y hasta 3 semanas en árboles adyacentes. Sobre esta base se ha sugerido que el período de recolección en una localidad no sea mayor a 2 ó 3 semanas, aunque existe evidencias de semillas de alta calidad recolectadas después de un mes de su madurez.

Aparentemente la única característica confiable de la madurez de la semilla es el largo del embrión como porcentaje del largo de la cavidad de la semilla. Cuando el largo del embrión alcanza un 90 % del largo de la cavidad las semillas están maduras. A medida que el embrión crece, el endosperma pierde el aspecto lechoso, característico de semillas inmaduras, y se convierte en un tejido firme. El color café oro de la cubierta, con el ala del mismo color y que ésta última se desprenda intacta de su bráctea indican madurez. Otro parámetro relacionado con su madurez es el contenido de azúcar el cual debe ser menor de 1,5 %, dato poco práctico en terreno. La gravedad específica de los conos de Pino oregón, el peso de las semillas, el peso del cono y su color, no tienen relación con la madurez.

La colección de conos se puede adelantar 1 ó 2 semanas a la madurez de las semillas, lo cual es conveniente ya que si se colectan los conos muy tarde, la mayoría de las semillas más vigorosas se habrán perdido.

Es conveniente comenzar la recolección desde fines del verano a mediados del otoño. En el sur de Oregón se debe colectar tempranamente especialmente en elevaciones bajas; en los sitios más al norte y con mayores elevaciones, la colecta se realiza a fines del período de recolección (*Op. cit.*).

Los conos deben ser almacenados en un ambiente frío y húmedo hasta la madurez de las semillas (*Op. cit.*); luego se deben colocar en un lugar sombreado y que permita un paulatino secado al aire antes de extraer las semillas (Ching y Lavender, 1978).

No se produce reducción en la germinación con un almacenamiento de hasta 3 meses, siempre y cuando las condiciones sean cuidadosamente monitoreadas y se prevenga la aparición de hongos. En condiciones adecuadas, las semillas inmaduras pueden aumentar su viabilidad durante su almacenamiento en los conos. Estos deben ser mantenidos en sacos con buena circulación de aire, en condiciones secas, para obtener un gradual descenso del contenido de humedad, y la temperatura no debe exceder los 13 °C (Schopmeyer, 1974; Lavender, 1978). Para Edwards (1986), las

INFOR

condiciones de almacenamiento más favorables son temperaturas ambientales entre 5 y 10 °C, humedad relativa de 65 a 75 % y buena circulación del aire, así pueden almacenarse por 3-5 meses sin que la semilla pierda su viabilidad.

4.1.2.2 Procesamiento de las semillas y daños

Un procedimiento habitual para la extracción de semillas es abrir los conos al aire libre, si el clima es cálido, o secándolos en hornos a temperaturas de 32 a 43 °C, por 2 a 48 horas. Se abren completamente cuando pierden un 35 a 51 % de su peso húmedo.

Es común el presecado en sacos, dispuestos en estantes, en cobertizos techados abiertos por los lados (Schopmeyer, 1974). Es riesgoso secar en horno los conos verdes a fines del verano, ya que puede reducir la viabilidad de las semillas (Lavender, 1978).

Rodríguez (1975), obtuvo buenos resultados al secar conos cosechados en el fundo "Voipir", durante 24 horas a una temperatura inicial de 30 °C. Ésta se aumentó gradualmente hasta llegar a 60 °C con ventilación. En caso de no disponer de ventiladores, un secado uniforme a 50 °C durante 48 horas proporciona buenos resultados.

Una vez abiertos, los conos se pasan por cribas para separar las semillas; luego se separan las alas y se ventilan o soplan para remover las semillas huecas, las alas y el polvo. También se usan vibradores o separadores neumáticos para continuar con la separación (Schopmeyer, 1974).

Los equipos de extracción de semillas y aparatos para separar las alas de las semillas pueden dañar a estas últimas. Grietas o descolorido en la testa, indican daño. Las semillas maduras que han sido cuidadosamente manipuladas son brillantes, comparadas con la apariencia opaca y a menudo polvorienta de las que han sufrido daño por el procesamiento mecánico, aunque existen daños que sólo pueden ser evidentes después del almacenamiento (Lavender, 1978). Si son manipuladas indebidamente también se vuelven oscuras tras la estratificación, durante el período de incubación (Ching y Lavender, 1978).

INFOR

CUADRO 3

ESPECIFICACIONES DEL SECADO DE LOS CONOS Y RENDIMIENTO DE SEMILLAS

Especie	Período de secado al aire (días)	Período de secado al horno (horas)	Temperatura del secado al horno (°C)	Kg de semillas por cada kg de conos
P. m. var. glauca	14 a 60	2 a 10	37 a 43	0,01 a 0,013
P. m. var. menziesii	8 a 21	16 a 48	32 a 43	0,01 a 0,016

Fuente: Schopmeyer (1974)

CUADRO 4

NÚMERO DE SEMILLAS DE PINO OREGÓN POR KILÓGRAMO

Variedad	Mínimo	Medio	Máximo
P. m. var. menziesii	57.320	88.180	127.870
P. m. var glauca	52.910	79.370	414.470

Fuente: Ching y Lavender (1978)

En Pino oregón, el vigor de la semilla y posterior tamaño de la planta están fuertemente correlacionados. El vigor de la semilla puede ser afectado adversamente de muchas maneras, entre la cosecha del cono y el uso de la semilla. El control se realiza a través de las pruebas de calidad tradicionales como el test de pureza y de germinación, entre otros (Ching y Lavender, 1978).

El test de germinación se realiza comúnmente sobre papel absorbente, algodón, vermiculita, arena, suelo, mezclas de suelo y arena, bajo un termoperíodo que alterna 30 °C por 8 horas durante el día y 20 °C durante 16 horas ya sea con o sin luz (Schopmeyer, 1974). El test sirve para comparar lotes de semillas vigorosas y débiles, las semillas vigorosas presentan una germinación rápida y temprana, y además su máximo de germinación ocurre antes que en las semillas débiles. La germinación total sin embargo, podría mostrar poca diferencia bajo las condiciones favorables del laboratorio (Ching y Lavender, 1978).

Un período de estratificación corto, estimula una germinación rápida y uniforme. La mayoría de las semillas tratadas así germinan dentro de las primeras dos semanas del período de prueba.

Si el pre-enfriamiento causa una reducción en el vigor germinativo, indica comúnmente una o más de las condiciones siguientes:

- Las semillas no estaban totalmente maduras al momento de cosechar los conos y de extraerlas.

- Las semillas fueron dañadas durante el procesamiento. Las semillas se deterioraron durante el almacenamiento.

INFOR

CUADRO 5

TEST DE GERMINACIÓN PARA PINO OREGÓN

Especie	Temperatura	Duración	Recomendaciones adicionales
P. m. var. menziesii	20 - 30° C	21 días	Luz; pre-enfriar 21 días a 3-5° C.
P. m. var glauca	20 - 30° C	21 días	Luz; Procedencias del centro y sur de las Montañas Rocosas no son sensibles a la temperatura
P. m. var caesia	20 - 30° C	21 días	Luz; pre-enfriar 21 días a 3-5 °C

Fuente: Ching y Lavender (1978)
Nota: La luz corresponde a 8 horas diarias de fotoperíodo con una fuente de luz blanca fluorescente y fría.

Dado que los test de germinación son largos, si se quiere una evaluación rápida de calidad, se pueden cortar muestras de semillas y observar si están vacias, dañadas por insectos, arrugadas, o bien juzgar su estado por la apariencia y color del endosperma y el embrión. También se puede observar la elongación de la radícula extrayendo la testa y remojándolas en una solución débil de peróxido de hidrógeno, o bien cultivando el embrión. Por otra parte se puede diferenciar tejido muerto de vivo con cloruro de tetrazolium o con rayos X. En todo caso, estos métodos generalmente sobrestiman su viabilidad, pero sirven como una aproximación rápida (Schopmeyer, 1974).

4.1.2.3 Almacenamiento de semillas

Debido a la irregularidad de la producción de semillas de Pino oregón año a año, se hace necesario su almacenamiento para cubrir los años de malas cosechas. Para mantener una alta viabilidad es necesario mantenerlas con una humedad de 6 a 9 % y almacenarlas en recipientes sellados.

Temperaturas entre 0 y 4,5 °C mantendrán su viabilidad hasta por 7 años. Si el tiempo de almacenamiento es mayor, las temperaturas deben ser menores a 0 °C; probablemente una temperatura adecuada para un almacenamiento a largo plazo es -5 °C (Lavender, 1978). Con almacenamiento a -17 °C se ha logrado mantener la viabilidad por 10 a 20 años. Por el contrario, a temperatura ambiente la viabilidad decae rápidamente (Schopmeyer, 1974).

Se recomienda usar tambores rígidos con protecciones de plástico, porque previenen la absorción o pérdida de humedad. Los recipientes no deben ser apilados, ya que la presión puede dañar aquellas que se encuentran en los recipientes inferiores (Schopmeyer, 1974; Ching y Lavender, 1978).

Las semillas que serán usadas para una siembra a corto plazo, a menudo son almacenadas en recipientes temporales, donde es poco práctico el control de la temperatura absoluta y la humedad. En un ensayo, la única combinación de temperatura y humedad que redujo significativamente la viabilidad fue una temperatura de 30 °C

INFOR

combinada con una alta humedad relativa de 93 %, durante dos semanas. Semillas mantenidas a altas temperaturas (30 °C) y baja humedad relativa (30 %), resistieron exitosamente por 11 semanas. Otro estudio demostró igual germinación mantenidas entre -18 °C y 0 °C, y a temperaturas naturales fluctuantes del invierno, siempre a 6,4 % de humedad en la semilla, o bajo condiciones de terreno, por 6 meses (Lavender, 1978).

Hasta hace algunas décadas se consideraba que las semillas de Pino oregón se mantenían viables durante varios años después de haberse dispersado. Isaac (1943) realizó un ensayo enterrando semillas en tres posiciones: inmediatamente bajo la superficie del suelo, a 2,5 y a 5 cm de profundidad. Estos tratamientos se repitieron cuatro veces en el bosque y otras cuatro en zonas deforestadas, comprobándose que éstas pierden gran parte de su viabilidad después de 1 año en terreno. Sin embargo, Lavender (1978), señala que no se han hecho estudios sobre viabilidad que midan el efecto de almacenamiento en terreno por corto tiempo seguido por almacenamiento controlado a largo plazo.

Schopmeyer (1974) y Ching y Lavender (1978), indican que el mínimo recomendado de pureza y viabilidad en semillas de Pino oregón, para transacciones comerciales es de:

Semillas puras por unidad de peso: 95 %
Viabilidad: 70 %

4.1.2.4 Tratamientos pregerminativos

- **Tratamiento químico**

En siembra directa se hace necesario proteger las semillas para evitar su ingestión por animales. Un método consiste en remojarlas o cubrirlas con sustancias químicas repelentes. Sin embargo, este tratamiento puede producir una sustancial pérdida de vigor germinativo (Ching y Lavender, 1978).

- **Estratificación**

Las semillas de Pino oregón sufren dormancia que puede ser quebrada exponiéndolas a largos fotoperíodos o a la acción de ciertos químicos. Pero, generalmente se les aplica una estratificación en ambiente húmedo y frío (Lavender, 1978).

Los pretratamientos difieren entre los lotes de semillas o la variedad de Pino oregón. Las de la costa de su distribución natural provenientes de zonas bajo los 460 msnm, requieren una estratificación más larga que las recolectadas entre los 910 y 1.200 msnm.

Los lotes más vigorosos y sanos demuestran una respuesta positiva más fuerte a la estratificación, que los lotes dañados o débiles. Incluso, semillas débiles o deterioradas pueden ser dañadas por este tratamiento (*Op. cit.*).

INFOR

El tratamiento se realiza primero remojándolas en agua (el volumen del líquido debe ser al menos 20 veces mayor al volumen de semillas), a temperatura ambiente, esto es 18 a 21 °C, por 24 a 48 horas o hasta que adquieran un contenido de humedad de 60 a 70 % (Schopmeyer, 1974; Lavender, 1978). Luego se guardan en bolsas de plástico a una temperatura de 0 a 4,5 °C.

El período de almacenamiento varía de 3 semanas para test de germinación en laboratorio, a 6 u 8 semanas en operaciones de vivero. Después de un período de estratificación de 80 días o más, la germinación más rápida ocurre a temperaturas de 10 a 15,5 °C. Las estratificaciones más largas producen germinaciones más rápidas y tempranas en platabandas. Este procedimiento estimula el desarrollo de plántulas de buen tamaño al primer año, sin extender el período de crecimiento activo más allá de mediados del verano (Lavender, 1978).

En Chile, Escobar (1968) cit. por Grosse y Kannegiesser (1988) concluye que los pretratamientos aceleran la germinación de semillas de Pino oregón. El mejor tratamiento fue la estratificación entre 20 y 40 días.

En el vivero experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile las semillas se estratifican en bolsas de polietileno, colocándolas a una temperatura de 4 °C durante 30 días, previo remojo (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Un tratamiento interesante se realizó en el fundo «Voipir», Villarrica. Las semillas fueron remojadas en agua por 72 horas y luego se extendieron en capas delgadas a una temperatura promedio de 20 °C, sembrándose al primer indicio de germinación (Rodríguez, 1975).

Si las semillas han de ser sembradas directamente, es conveniente hacerlo a principios del invierno para permitir una estratificación natural antes de que el suelo se vuelva tibio y seco. A pesar de que este procedimiento extiende el período de exposición a predadores, el tratamiento con un químico adecuado les permite germinar normalmente. Por el contrario, una siembra tardía podría reducir las pérdidas por predación, pero la germinación se retardaría bastante y sobrevivirían pocas plántulas (Lavender, 1978).

Grosse y Kannegiesser (1988) señalan que las principales conclusiones acerca de los tratamientos pregerminativos son:

- Para homogenizar y acelerar la germinación se utiliza la estratificación húmeda y fría.
- Las semillas se remojan en agua a temperatura ambiente (17-22 °C) por 24 a 36 horas y posteriormente se estratifican en un medio húmedo entre 0-5 °C por una semana como mínimo.
- Un contenido de humedad del 60-70 % previo a la estratificación aumenta la velocidad de germinación. Además, después de ser estratificadas, pueden secarse al aire por 24 horas y ser almacenadas por largos períodos sin perder viabilidad.

INFOR

• La estratificación por más de 80 días hace posible la germinación a temperaturas de incubación menores a 15 °C. Períodos más cortos pero a temperaturas de 20 y 30 °C, favorecen la velocidad de germinación.

4.1.2.5 Requerimientos para el desarrollo de las plántulas

Para una óptima viverización y desarrollo de plantas de Pino oregón, interesa conocer algunas relaciones entre variables ambientales y su desarrollo.

- **Efecto de la temperatura**

Las plántulas crecen bajo distintas combinaciones de temperaturas del aire, diurnas y nocturnas, y del suelo, que dan como resultado diferentes producciones de peso seco.

Como se mencionó anteriormente el crecimiento máximo observado para Pino oregón ocurre cuando la temperatura diurna del aire es de 30 °C y la temperatura del suelo de 20 °C. La temperatura nocturna del aire tiene poca influencia en el crecimiento. Las plántulas desarrolladas a una temperatura del aire de 15 °C y una temperatura del suelo de 10 °C, sólo alcanzan la mitad del crecimiento respecto del logrado con un día de crecimiento en las condiciones óptimas (Greaves *et al.*, 1978).

El crecimiento de las raíces de plántulas de Pino oregón comienza cuando la temperatura del suelo excede los 5 °C y se incrementa rápidamente después de los 10 °C, alcanzando el máximo a los 20 °C. Sin embargo a temperaturas de 30 °C no se produce crecimiento de las raíces. Por su parte, el máximo incremento del tallo también ocurre a los 20 °C (Lopushinsky y Max, 1990).

- **Intensidad de luz**

En plantas jóvenes, un incremento en la intensidad de luz usualmente aumenta el vigor de la planta y su tasa de crecimiento. Greaves *et al.* (1978) demostraron que en plantas de Pino oregón, la fotosíntesis neta y la producción de materia seca se duplican a intensidades que varían entre 5 y 20 % de luz solar total, a temperatura constante de 18 °C. De igual forma, el crecimiento del eje principal aumenta a medida que aumenta la intensidad de la luz.

Las plántulas de Pino oregón son tolerantes intermedias a la sombra y crecen con 10 a 20 % de la luz solar total. Mas tarde necesitan de un 50 a 60 % del total de luz solar, para alcanzar su crecimiento óptimo (*Op. cit.*).

- **Requerimientos de nutrientes**

Las coníferas requieren nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, y trazas de fierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cobalto y cloro. Si la planta presenta una fuerte carencia de alguno de ellos o un desbalance, usualmente presenta uno o varios de estos síntomas (*Op. cit.*).

• Decoloración del follaje tornándose usualmente amarillo o rojo.

INFOR

- Muerte de parte o de todas las acículas y tallos.
- Largo reducido de acículas.
- Escaso crecimiento en altura.

Los niveles y la proporción de nutrientes para el buen desarrollo de coníferas en zonas templadas, se indica en los Cuadros 6 y 7.

CUADRO 6

NIVELES DE NUTRIENTES SUGERIDOS PARA PLÁNTULAS DE PINO OREGÓN

Nutriente	Unidad	Cantidad
Nitrógeno (N)	%	0,12 - 0,23
Fósforo (P)	partes por millón	15 - 20
Óxido fosfórico disponible (P_2O_5)	kg / ha	90 - 112
Potasio	partes por millón	80 - 100
Óxido de potasio (K_2O)	kg / ha	224
Calcio (Ca)	Miliequivalentes/100 g [1]	2,5 - 5,0
Magnesio (Mg)	Miliequivalentes/100 g [1]	1,0

Fuente: Clearly *et al.*, (1978)
(1) 1 Miliequivalente es igual a 1/1.000 del peso de una sustancia que combina con un gramo de hidrógeno u ocho gramos de oxígeno

CUADRO 7

PROPORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL SUELO PARA EL BUEN CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CONÍFERAS DE LA ZONA TEMPLADA

Nutrientes	Razón: Elemento/Fósforo
Fósforo, P	1:1
Nitrógeno, N	4:10
Potasio, K	1,5:2,0
Calcio, Ca	5:10
Magnesio, Mg	1:4
Azufre, S	2:4

Fuente: Clearly *et al.*, (1978)

En el Cuadro 7 se puede apreciar la relación que debe existir entre los nutrientes para un buen crecimiento en plantas de coníferas en la zona templada norte. Indica el balance ideal de nutrientes, tomando como base el fósforo. Por cada 10 unidades aprovechables de P en el suelo, deben existir 4 unidades aprovechables de N, y por cada 2 unidades aprovechables de P debe haber 1,5 de K.

INFOR

Timmis (1974) citado por Edwards (1989), determinó que el nivel de resistencia a las heladas desarrollado por plántulas de Pino oregón, está cercanamente relacionado a la proporción K/N en el follaje.

- **pH**

El pH afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Para la mayoría de las plántulas de coníferas el crecimiento óptimo ocurre entre pH 4 y 6. A mayor pH, los hongos del complejo damping-off pueden causar la muerte de la planta en el vivero. También, sobre pH 6 se produce deficiencia de algunos elementos traza, por lo que las plántulas se vuelven cloróticas y se achaparran sobre pH 7,5. Suelos muy ácidos (bajo 4.0) pueden producir disturbios nutricionales en elementos tales como el calcio y magnesio o toxicidad por manganeso y aluminio. La flora y fauna benéfica del suelo puede verse reducida con niveles de pH muy altos o muy bajos (Clearly *et al.*, 1978).

- **Humedad**

Requiere agua disponible y buen drenaje.

Las plántulas de Pino oregón han demostrado ser altamente intolerantes a inundaciones de invierno y verano (Clearly *et al.*, 1978).

- **Textura del suelo**

En general, se considera que en los viveros los suelos deben tener texturas franco - arcillosa.

4.1.3 Reproducción vegetativa

El Pino oregón no rebrota de las raíces o tocones. Una rama baja dejada en un tocón puede, eventualmente, crecer verticalmente y convertirse en un nuevo árbol. Este tipo de propagación es, sin embargo, limitada.

Se ha logrado enraizar esquejes de Pino oregón en arena y otros medios, especialmente con ayuda de hormonas. También se ha injertado esquejes en tocones de Pino oregón (Fowells, 1965).

Puede obtenerse una buena regeneración a partir de material vegetativo proveniente de árboles de 9 a 12 años de edad, en los cuales no siempre es necesario usar hormonas. Posteriormente su potencial de enraizamiento decrece rápidamente con la edad.

Los ejemplares provenientes de esquejes tienden a tener una forma similar a una rama durante los primeros 3 a 8 años, pero esta tendencia puede ser reducida con una cuidadosa selección del material (Schopmeyer, 1974).

INFOR

4.2 ESTABLECIMIENTO

4.2.1 Viverización

Las plantas de Pino oregón pueden ser producidas de distintas maneras, al parecer sin una determinada predilección. Es decir, a raíz desnuda, en tubetes o bolsas, o en platabandas y luego trasplantadas. La planta debe tener al menos dos años en vivero antes de ser llevada a terreno (Clearly *et al.*, 1978).

Algunos tipos de plantas comúnmente producidas son 1:0, 2:0, 3:0, 1:1, 1:2, 2:1 y 2:2. La más conveniente es la 2:2, siempre que ninguna circunstancia especial indique otra cosa (Schopmeyer, 1974). Otros autores señalan que por lo general, se producen plántulas del tipo 2:0 (Bonner, 1974; Van Dorsser, 1978).

La producción en tubetes o bolsas tiene la ventaja del manejo de las condiciones ambientales en viveros cubiertos, con calefacción, etc., y de mantener el sistema radicular intacto. Se puede sembrar directamente en cada bolsa o tubete y a su vez realizar inoculación controlada con micorrizas. El manejo de las plantas debe estar dentro de lo estipulado normalmente en los viveros, en cuanto a riego y nutrición (Clearly *et al.*, 1978).

De la época de siembra depende el tamaño de la plántula y el período de viverización. En la mayoría de los viveros de EE.UU. la siembra se realiza entre abril y junio, utilizando semillas estratificadas (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Para Chile, Rodríguez (1975) señala que se debe sembrar a más tardar los primeros días de septiembre para lograr el máximo crecimiento durante el primer período vegetativo y evitar los ataques de hongos.

Jenkinson y Nelson (1986) concluyen que con siembras en invierno y a principios de la primavera se puede obtener plantas 1:0 aptas para terreno, recomendando estratificar la semilla por 60 a 90 días y sembrar lo antes posible para utilizar toda la temporada de crecimiento.

Las platabandas se preparan antes de la siembra y en algunos casos se aplican herbicidas pre-emergentes y se incorporan fertilizantes a la mezcla del suelo (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Las semillas estratificadas, se secan superficialmente y se tratan con algún fungicida. Luego se siembran a una profundidad de 3 mm a 10 mm (Schopmeyer, 1974). Aldhous (1972) señala que independientemente del tipo de siembra, manual o mecánica, la profundidad fluctúa entre 3 y 6 mm. No se debe permitir que el suelo se seque pues esto produce un efecto contrario al logrado con la estratificación (Schopmeyer, 1974).

En viveros de los EE.UU. se siembra normalmente en surcos o hileras. Se trata de obtener 200 y 500 plantas/m^2, dependiendo del tipo. Jenkinson y Nelson

INFOR

(1986) consideran óptimo 325 plantas 1:0 por m^2. Para Van Dorsser (1978), se debe producir en promedio 17 plántulas 2:0 por m lineal.

Según Baker (1988), una posible técnica de viverización de Pino oregón es sembrar las semillas en platabandas y luego ralearlas a un espaciamiento de 10 x 14 cm. Cuando las plántulas ya tienen un año de edad, se hace una poda de raíces a 8 cm de profundidad a principios de septiembre (hemisferio sur), antes del inicio del crecimiento. Luego en diciembre, marzo, abril y mayo se realiza descalce de las plantas.

La densidad en una platabanda afecta el tamaño y vigor de la planta y su posterior comportamiento en terreno, disminuyendo la calidad a medida que aumenta la densidad. Para la producción de plantas a raíz desnuda, Aldhous (1972) indica como densidad adecuada de 270 a 320 plantas/m^2 a los 2 años en la platabanda, dependiendo de la fertilidad del suelo y otras condiciones del vivero. Por su parte, Schopmeyer (1974) indica como conveniente una siembra a una densidad tal que permita la producción de 190 a 540 plantas/m^2.

La producción de plántulas de Pino oregón en Chile, se efectúa con una densidad que no debe superar los 200 individuos/m^2. Si es mayor debe repicarse al año. Los mejores resultados se han obtenido con espaciamientos de 10 cm en la hilera y 15 cm entre ellas, totalizando 67 plántulas repicadas/m^2. En esta situación permanecen por 2 años. El repique se realiza durante los meses de invierno. Las plantas deberán tener más de 10 cm de altura y menos de 30 cm al ser trasplantadas, después de 2 temporadas se obtienen plántulas de 1,2 m de altura y 2 a 3 cm de diámetro (Rodríguez, 1975).

La experiencia ha indicado que una plántula con un diámetro de cuello de 2,5 cm es capaz de sobrevivir después de plantada en terreno (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Por su parte, Clearly *et al.* (1978) evaluaron la supervivencia en terreno de plantas de Pino oregón producidas a raíz desnuda y en tubetes, observándose que ambos tipos lograban el mismo porcentaje de prendimiento.

4.2.1.1 Fertilización

Muchos estudios destacan la importancia de realizar una fertilización en vivero para la posterior sobrevivencia y crecimiento de las plantas en terreno.

Anderson y Gessel (1966) fertilizaron plántulas 2:0 de Pino oregón con 57 kg N/ha, observando que entre un 80 y 90 % de las plántulas fertilizadas sobrevivieron, y alcanzaron una altura total de 1,9 m, en comparación con 1,7 m de aquellas sin tratamiento.

Con el objeto de definir el fertilizante más adecuado, Radwan *et al.* (1971) aplicaron sulfato de amonio ($(NH_4)SO_4$), nitrato de calcio ($(CNO_3)_2$) y urea a plántulas de Pino oregón 1:0. La dosis fue de 57 kg de N/ha. A las tres semanas, las plántulas fertilizadas con urea y nitrato de calcio mostraron cambios de color en el follaje,

INFOR

tornándose verde profundo, lo que se mantuvo hasta el momento de la extracción. Además se observaron efectos básicamente sobre el crecimiento en altura, siendo este favorecido por la aplicación de nitrato de calcio y urea, mejorando también, la sobrevivencia de las plántulas.

En todos los viveros, la fertilización básica está compuesta por N, P y K. Fósforo y Potasio se debe aplicar al suelo antes de la siembra, en dosis tales que se mantengan disponibles para las dos temporadas de crecimiento. Se debe evitar el uso de altas dosis de potasio, porque puede ser nocivo para el crecimiento. Los fertilizantes N, P y K provocan un aumento en la altura de un 9 % y de un 14 % para el peso seco de tallo, en relación a un testigo (Grosse y Kannegiesser, 1988).

El uso de nutrientes secundarios como Ca, Mg y B, parece indeseables. En viveros de Columbia Británica, estos elementos afectan la densidad de plántulas, especialmente el magnesio en un nivel alto. Cualquier incremento asociado a su aplicación, es el efecto de la reducción de la densidad (Van den Driessche, 1963).

Pino oregón es sensible a la baja disponibilidad de cobre. Árboles jóvenes de Pino oregón con una concentración de cobre menor a 2,6 ppm en sus acículas, presenta síntomas característicos como detención del crecimiento, muerte apical y deformación del tallo. Esto no ocurre con concentraciones sobre 3,8 ppm (Oldenkamp y Smilde, 1966).

Lambert y Weindensaul (1982), señalan que tratamientos de 0,16 ppm de cobre incrementa significativamente el desarrollo de plántulas de 5 meses de edad. Además determinaron la interacción entre cobre y nitrógeno, observándose un mayor incremento en la altura y el diámetro con altos niveles de nitrógeno. El cloro es menos favorable cuando existe deficiencia de nitrógeno.

4.2.1.2 Riegos

Al secar semillas por más de tres semanas pierden los efectos producidos por la estratificación (Hedderwick, 1968). Por lo que debe evitarse que las platabandas se resequen después de la siembra (Bonner, 1974).

Los riegos por aspersión deben iniciarse después de la siembra para humedecer la superficie del suelo y mantenerse especialmente durante el período de emergencia. Se realizan dos veces a la semana y deben ser prolongados (Jenkinson y Nelson, 1986). A fines de verano, los riegos deben distanciarse hasta su completa supresión, con el objeto de lignificar la plántula y facilitar el repique o la extracción del vivero (Rodríguez, 1975).

4.2.1.3 Poda de raíces y descalce de las plantas

Clearly *et al.*(1978) indican que las plantas con poda de raíces y descalce presentan una altura significativamente menor, al igual que el crecimiento en diámetro, menos formación de ramas y menos peso seco del tallo que plantas sin tratamiento.

INFOR

De la misma forma, una planta con descalce tiene una razón entre el largo del tallo y el diámetro significativamente menor, y raíces más delgadas y fibrosas. La poda de raíces y el descalce aceleran la dormancia y aumentan la resistencia al frío.

Se ha observado que la poda de raíces y el descalce aumenta la supervivencia en terreno de las plantas, especialmente en laderas mayormente expuestas a la radiación. Éstas se ven más vigorosas y tienen más ramas y yemas, presentan una mayor resistencia al daño por exposición de las raíces, a la sequía, al almacenamiento en frío y al trasplante. Se ha observado que el descalce en algunos tipos de suelos puede producir plantas cloróticas y desnutridas, a menos que se compense con una buena fertilización y mantención de la humedad.

La poda de raíces se efectua cuando estas han alcanzado 20 a 25 cm de profundidad, pasando un cuchillo horizontal a lo largo de la platabanda a una distancia de 8 a 10 cm de la superficie (Grosse y Kannegiesser, 1988).

La poda de raíces y descalce debe ser coordinado con la fase de crecimiento rápido, que en nuestro país comenzaría a fines de octubre, extendiéndose por tres meses. Esto debe ser así para prepararlas adecuadamente para el trasplante y controlar el crecimiento en altura. Una poda de raíz y descalce muy tempranos pueden producir plantas muy pequeñas y si es realizada muy tarde, las plantas pueden resultar muy grandes y no totalmente acondicionadas (Baker, 1988).

La poda de raíces realizada desde fines de octubre, estimula la formación de un sistema radicular más denso y compacto. Si se realiza a fines del verano se induce a la dormancia. Una poda de raíces temprana para producir una mayor proporción de raíces con respecto al tallo, seguida de descalce cada 1 ó 2 semanas mantienen un favorable equilibrio entre las raíces y el tallo, pero hay que cuidar que no se compacte excesivamente el suelo, en caso de que estas operaciones sean realizadas con maquinaria pesada (Clearly *et al.*, 1978).

INFOR

4.2.1.4 Sombreaderos

El Pino oregón en su primera etapa de vida requiere de semisombra (Rodríguez 1975). Strothmann (1971) evaluó niveles de sombramiento en plántulas 1:0 y 2:0, obteniendo los mejores resultados con un 50 %. Después de 2 años en las mismas condiciones se observó un 100 % de sobrevivencia.

Rodríguez (1975), señala que los mejores resultados en vivero se han obtenido con sombreaderos que permiten el paso de un 50 % de luminosidad. Estos son retirados paulatinamente hasta ser eliminados a mediados de otoño.

A continuación, se presentan 2 esquemas de procedimiento en viveros cubiertos de Oregón, Estados Unidos, publicados por Clearly *et al.* (1978), para producir plantas que serán puestas en terreno en otoño o en primavera, los cuales, modificando las fechas correspondientes, podrían tomarse como un esquema tentativo a ser considerado en la viverización de la especie en nuestro país.

Plantación otoñal:
Germinación: 15 de enero a 15 de junio
Crecimiento activo de las plántulas. Estimular con luz artificial por 14 horas cada día, para complementar la luz natural hasta el 1° de abril.
Período del 16 de junio al 1° de agosto:
Inducir la dormancia y el desarrollo de yemas de reposo para el invierno. Los siguientes pasos estimularán la transición de elongación activa del tallo a estado de dormancia:
- Stress hídrico moderado en la planta.
- 8 a 10 horas diarias de fotoperíodo.
- Bajo contenido de nitrógeno en las soluciones de nutrientes.

Período del 2 de agosto al 15 de octubre
Mantener las plantas con yemas de invierno a no más de 10 horas diarias de fotoperíodo, con un rango de temperatura de 13 °C a 24 °C.

Plantación primaveral:
Período del 1° de febrero al 1° de marzo:
Germinación de semillas.
Período del 10 de marzo al 1° de agosto:
Crecimiento activo de las plántulas. No se requiere iluminación suplementaria.
Período del 2 de agosto al 15 de septiembre:
Se induce a la dormancia y al desarrollo de las yemas de reposo invernal. Los siguientes pasos estimularán la transición de tallo en elongación activa a dormancia:
- Stress hídrico moderado en la planta. 8 a 10 horas diarias de fotoperíodo.

INFOR

- Bajo contenido de nitrógeno en las soluciones de nutrientes.

Período del 16 de septiembre al 15 de noviembre:

Mantener las plantas con las yemas de reposo invernal a no más de 10 horas de fotoperíodo, con un rango de temperatura diario de 13°C a 24°C. Mantener las plantas en un invernadero sin calefacción con una temperatura programada de alrededor de 4.5 °C hasta el trasplante.

4.2.1.5 Problemas sanitarios en vivero, asociaciones con micorrizas y otros

En Chillán, Herrera (1968) detectó pudrición de las raicillas y raíz principal y finalmente muerte de la planta en plántulas de Pino oregón causada principalmente por ***Fusarium spp.***. La diferencia de este fenómeno con el tradicional damping-off es que las plantas atacadas son de mayor tamaño que lo común (0,3 a 0,5 m de altura) y permanecen en pie después de su muerte.

En un estudio de identificaciones micológicas de agentes causantes de damping-off, realizado en viveros forestales de la X Región de Chile. Kunstmann *et al.* (1986) identificaron en plantas de Pino oregón a agentes patógenos tales como ***Fusarium moniliforme*** Scheld. y ***Cylindromcarpon spp.***, ***Fusarium sambucinum*** Fuckel y ***Truncatella truncata*** (Lav.) Steyaert, en muestras de tierra que contenían plantas de esta especie.

Como especies con antecedentes saprófitos identificaron a ***Epicoccum purpurescens*** Ehrenberg, ***Zigorhynchus moelleri*** Vuillemin, ***Ulocladium atrum*** Preuss y ***Scytalidium lignicola*** Pesante.

En tierra que contenía plantas de la especie identificaron ***Myrothecium spp.***, ***Chaetomium funicola*** Cooke y ***Gliocladium roseum*** Bainier.

Chanway *et al.* (1989) realizaron un ensayo de inoculación en plántulas de Pino oregón creciendo en tubetes, con dos cepas de la bacteria ***Bacillus***, pudiendo concluir que ésta no afectó la emergencia de las semillas, pero sí el crecimiento posterior de la plántula. La primera cepa (L5) estimuló un significativo incremento en el diámetro del tallo, 8 semanas después de la siembra, pero no afectó la biomasa de la planta o el área de la raíz; sin embargo a las 12 semanas después de la siembra ya no se detectaban diferencias entre el testigo y las plantas inoculadas con la cepa L5. En cambio con la segunda cepa (L6), 12 semanas después de la siembra se detectó un incremento de 22 % de la superficie radicular.

INFOR

4.2.1.6 Control de malezas en vivero

Valdivieso (1970) estudió el efecto de la atrazina, prometrina y simazina en dosis de 3 y 4 kg de producto comercial (P.C.)/ha, aplicadas antes de la emergencia, sobre las malezas y plántulas de Pino oregón, en diferentes viveros en el sur de nuestro país. Detectó que el control fue excelente para plantas anuales y bueno para las malezas perennes, y que entre los productos empleados se destaca atrazina.

Por otra parte, en un ensayo sobre control químico de malezas en platabandas de Pino oregón, Gerding (1961) aplicó en primavera los siguientes herbicidas (Cuadro 8).

CUADRO 8

HERBICIDAS APLICADOS EN VIVERO DE PINO OREGÓN

Producto	Dosis
Simazina (simazina)	2,5 y 3,5 kg P.C. /ha
Sencor (metribuzin)	1,5 y 2,5 kg P.C. /ha
Velpar (hexazinona)	2,0 y 3,0 kg P.C. /ha, disueltos en 800 l/ha
Prefix (clortiamida)	30 y 40 kg P.C. /ha

Los resultados de este estudio son los siguientes:

Simazina y Sencor fueron efectivos en controlar todo tipo de malezas, especialmente las anuales. Velpar controló eficazmente todas las malezas anuales y perennes, tanto de hoja ancha como angosta y Prefix resultó menos efectivo que los otros herbicidas, lo que se tradujo en un menor crecimiento de las plantas.

La menor dosis de Prefix permitió un profuso desarrollo de malezas, en cambio la mayor dosis de Prefix ejerció un efecto tóxico sobre el Pino. La mayor dosis de Velpar produjo cierta mortalidad en la especie y el tratamiento de mayor dosis de Simazina más los de Sencor, favorecieron el desarrollo general de las plantas.

Un segundo tratamiento fue la aplicación del Velpar directamente sobre las plantas de Pino oregón y las malezas, 47 días después del trasplante de la platabanda de siembra. Las dosis fueron de 1, 2, 3 y 4 kg P.C./ha en 800 l/ha de agua. Se observó excelentes resultados con este producto, pero provocó daños en el follaje del Pino oregón, un menor crecimiento y mortalidad.

Finalmente, en un tercer ensayo, se aplicó Prefix (30 y 40 kg P.C./ha) en otoño en platabandas de trasplante de Pino oregón de 6 meses, 6 días después de realizado el trasplante. Se obtuvo un significativo éxito en el control de malezas, mucho mejor que cuando es aplicado en primavera. Además, la dosis mayor de Prefix presentó mejores resultados en el crecimiento de las plantas de Pino oregón que la dosis menor.

INFOR

De lo anterior se concluye, que Simazina y especialmente Velpar, controlan eficazmente las malezas. Prefix aplicado en otoño también es efectivo, pero no así las aplicaciones en primavera ya que resulta relativamente tóxico para Pino oregón. Pino oregón presenta un buen desarrollo con Simazina, Sencor y Prefix aplicado en otoño. Velpar aplicado sobre las plantas reduce su crecimiento, pero la mortalidad es baja; en cambio las aplicaciones de este herbicida sin contacto con las plantas presenta mejores resultados.

4.2.1.7 Conclusiones acerca de la viverización

Grosse y Kannegiesser (1988), mencionan en forma general las principales conclusiones acerca de las distintas actividades que se efectúan en el vivero de Pino oregón.

La época de siembra para Pino oregón en EE.UU., está limitada a los meses de abril y junio. Para producir plántulas del tipo 1:0, se recomienda sembrar a mediados de febrero.

En Chile la siembra para producir plántulas 2:0 ó 1:2 se debe iniciar a más tardar en septiembre.

Se trata de obtener un rendimiento entre 200 y 500 ejemplares por m^2, dependiendo del tipo de plántulas. Las hileras están distanciadas 15 cm. Entre las plántulas, los mejores resultados se han obtenido con espaciamiento sobre los 4 cm. La semilla se siembra entre 3 y 6 mm de profundidad.

Los riegos por aspersión deben mantenerse durante todo el período de emergencia. Hacia fines del verano deben distanciarse para suprimirse completamente en otoño.

La dosis óptima de fertilizantes corresponde a 135 kg/ha de N (peso del elemento) en forma de nitrato de amonio (con 33 % de N, por lo tanto corresponde a 409 kg del producto comercial), 35 kg/ha de P como superfosfato (20 % $P_2 0_5$, lo cual corresponde a 175 kg del producto comercial), aplicando primero P y K y 15 días después N, fuertes aplicaciones de nitrógeno (235 kg/ha) aumentan la sobrevivencia y el crecimiento en altura. Esto se repite al segundo año.

Pino oregón es sensible a la deficiencia de cobre. Para su crecimiento óptimo requiere una concentración mínima de 3 ppm en las hojas.

El uso de fertilizantes secundarios (Ca, Mg y B) afectan la densidad de las plántulas emergidas. Especialmente Mg en altas dosis aumenta la mortalidad de las plántulas.

La poda de raíces y el descalce son favorables para las plántulas de Pino oregón, cuando éstas son plantadas en sitios con veranos muy secos y calurosos. En estas situaciones el descalce y la poda de raíces mejora la sobrevivencia.

Las plántulas requieren un 50 % de sombra en las primeras etapas de su vida; hacia fines de verano la sombra se retira paulatinamente. La protección contra el sol no es necesaria durante el segundo año.

INFOR

4.2.2 Establecimiento

Puede realizarse mediante siembra directa y/o la plantación de material producido en vivero.

Según Toval *et al.* (1993), para el éxito en el establecimiento de un rodal, se debe lograr un crecimiento rápido en altura durante sus primeras etapas de desarrollo. Las plantas deben crecer lo suficientemente rápido como para sobrepasar y suprimir a competidores entre los que se puede considerar pastos, arbustos, otros árboles. En relación a ello, estos autores advierten que aquellas plantas que son incapaces de lograr 1 m de altura durante los primeros 5 años, jamás lograrán captar bien los recursos de sitio.

4.2.2.1 Siembra directa

La siembra directa es una técnica atractiva en aquellos lugares donde la topografía y la accesibilidad limitan y encarecen la plantación (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Pino oregón se ha sembrado en diferentes localidades de los Estados de Oregón, Washington y California. La época más favorable para la siembra directa es aquella en que se minimiza el período de exposición a factores destructivos como hongos, roedores y aves (*Op. cit.*).

En el hemisferio norte Lavender (1978) analizando siembras directas, realizadas entre septiembre y marzo concluyó que la época de siembra ejerce un efecto fuerte sobre la germinación y sobrevivencia de las plántulas, obteniéndose los mejores resultados en siembras realizadas desde noviembre a enero. Strothmann (1971), demostró que las siembras entre noviembre y diciembre entregan resultados superiores en cantidad de semillas germinadas y plántulas sobrevivientes. Las semillas sembradas en noviembre y diciembre están expuestas a condiciones frías y húmedas, estratificándose naturalmente, lo cual rompe la latencia. En cambio para la siembra de febrero y marzo la estratificación es insuficiente y posterga la germinación (Grosse y Kannegiesser, 1988).

4.2.2.2 Plantación

La plantación incluye una serie de actividades desde la extracción de la planta del vivero hasta su instalación y establecimiento en terreno:

- **Selección del sitio**

La selección del sitio es un factor que tendrá influencia decisiva para su crecimiento e incluso sobre las cualidades de la madera, más detalles sobre los factores ambientales en esta determinación ver puntos 1.3.2, 1.4.2 y capítulo 8 obtención de zonas potenciales para el establecimiento de Pino oregón.

INFOR

En un estudio sobre una amplia variedad de sitios dentro de la región de Canterbury, Nueva Zelanda, Ledgard y Belton (1985) observaron que de todas las variables ambientales de clima y suelo, la más fuertemente correlacionada con el crecimiento de la especie, es el gradiente de precipitación, por lo que pasa a ser una variable preponderante al momento de elegir el sitio de plantación.

El Pino oregón es muy sensible a las heladas, tardías o tempranas (Burschel y Huss, 1987).

Hay indicaciones de que existe un efecto significativo del sitio sobre la densidad de la madera, a pesar de la influencia paralela de la procedencia. Por esta razón, la selección del sitio es una consideración importante para las futuras plantaciones (Cown, 1992).

Resultados de pruebas sobre las propiedades mecánicas de la madera sugieren que, aparte del efecto sobre el duramen, la tasa de crecimiento está negativamente correlacionada con la resistencia de la madera (*Op. cit.*).

Bucarey (1968) recomienda como área de plantación en Chile, la zona comprendida desde el río Bío-Bío al sur, aumentando su importancia desde la cuesta de Lastarria al sur, ya que a partir de este sector, el Pino radiata se ve seriamente afectado por el tizón de las acículas. Respalda la propuesta anterior, el hecho de que mientras el crecimiento del Pino radiata se mantiene, a medida que avanza hasta las provincias de Osorno, Llanquihue, el crecimiento del Pino oregón aumenta.

En resumen se puede decir que al momento de seleccionar el sitio de plantación, se debe considerar como importante:

- El producto objetivo ya que la tasa de crecimiento podría ir en desmedro de la resistencia mecánica de la madera.
- Evitar heladas o plantarlo bajo protección.
- Considerar que a mayor precipitación se obtienen mejores rendimientos, y que este es el principal factor determinante del desarrollo de la especie. Bucarey (1968) detecta un gradiente positivo de desarrollo hacia el sur, que coincide con el aumento de la precipitación.
- Elegir sitios donde el crecimiento inicial de la especie sea rápido, pues de esto depende el éxito de la plantación.

- **Producción y clasificación de las plántulas**

Un factor importante para la plantación es la calidad de las plantas. En EE.UU., el tipo más usado es el 2:0. Las plántulas 1:1, no se desarrollan lo suficientemente bien como para recomendarlas. El uso de plántulas 2:1 ó 3:0 no se justifica puesto que su desarrollo es similar al de las 2:0 y se requiere un año adicional en vivero (Grosse y Kannegiesser, 1988).

INFOR

Además de considerar la edad, se debe tener en cuenta su tamaño. Algunos autores establecen calidades de plántulas basándose en su altura y diámetro del cuello. En Columbia Británica, Canadá se considera óptimo 38 cm de altura y 0,5 cm de diámetro (Smith y Walters, 1961).

Para seleccionar las mejores plantas, Chavasse (1977) aconseja fijarse en el ancho de cuello y no en la altura, ya que este último parámetro no ha demostrado una relación significativa con el posterior desarrollo en terreno. Otros estudios en Pino oregón, han mostrado que el shock del trasplante es igual en plantas de distinta altura, por lo que no sería la mayor altura un factor que asegure una mejor reacción al trasplante (Clearly *et al.*, 1978).

La relación tallo - raíz es un factor importante en la sobrevivencia. Hermann (1964), señala que la sobrevivencia de Pino oregón con raíces pequeñas fue significativamente inferior que aquellas con raíces largas, independiente del largo del tallo: este concepto puede ser aplicado a cualquier plantación. Edgren (1977) indica como aceptable una relación de tallo - raíz 2:1 para sitios secos y 4:1 para aquellos húmedos.

- **Época de plantación**

Las plantas pueden ser llevadas a terreno en otoño, invierno y primavera, pero en general, los mejores resultados se han obtenido cuando se planta en invierno o a principios de la primavera (Schopmeyer, 1974).

Al plantar en sitios con muy poca vegetación competitiva, se puede conseguir una buena sobrevivencia independiente de la fecha de extracción y de la duración del almacenamiento. La plantación tardía de individuos extraídos en marzo, provocará la máxima mortalidad (Zaerr y Lavender, 1972).

La plantación se debe realizar solamente cuando las condiciones ambientales sean favorables. En EE.UU., la época fluctúa entre noviembre y marzo. En California se han obtenido sobre un 90 % de sobrevivencia plantando en febrero y aún en marzo. Este mes ya es considerado riesgoso, debido al resecamiento del suelo.

El método de plantación más usado en la región noroeste del Pacífico en los EE.UU., es con azadón. Otro método consiste en eliminar los primeros 15 cm de la capa superior del suelo para plantar después. Así el sistema radicular entra en contacto rápidamente con el suelo estructurado.

Miller (1969), describe el interés por plantar en hoyos cavados con barrenos a presión. Este comparó estos métodos, encontrando que la sobrevivencia de las plantas usando barreno a presión y preparación del sitio fue de un 84 %, en tanto que el método tradicional logra sólo un 56 %.

González (1969), estudió el desarrollo de una plantación de Pino oregón durante su primer período vegetativo en el fundo «Las Palmas» de la Universidad Austral de Chile. Estas plántulas se plantaron con tres métodos distintos: Barra plantadora,

INFOR

azahacha y azadón. Este autor concluye que el método de plantación no afecta el desarrollo ni la sobrevivencia.

Las raíces de Pino oregón son especialmente sensibles a temperaturas bajo los -6,5°C por lo que se debe evitar esta situación durante la viverización o el almacenamiento de las plantas en frío antes de ser llevadas a terreno (Clearly *et al.*, 1978).

Las plantas que estén en completa dormancia durante la extracción desde el vivero, tendrán la mayor resistencia al daño o stress impuesto por la manipulación. Las cuatro fases de la dormancia en Pino oregón para el hemisferio norte, son:

- Inducción a la dormancia: Desde mediados de julio a mediados o fines de septiembre.
- Profundización de la dormancia: Desde mediados a fines de septiembre hasta mediados de noviembre. Características: La planta es susceptible a daño por desecación, almacenamiento en frío, o por el manejo normal en el vivero. Las yemas están ya bien formadas, y paulatinamente la planta va adquiriendo resistencia a las heladas.
- Dormancia completa: Desde mediados a fines de noviembre hasta fines de febrero. Características: Las plantas presentan su máxima resistencia al stress. Morfológicamente se ven iguales que en el estado anterior.
- Post-dormancia: Desde mediados a fines de febrero hasta la apertura de las yemas. Características: Las plantas gradualmente pierden su resistencia a las heladas y otros stress ambientales.

Para el traslado de plantas a raíz desnuda desde el vivero, o para un almacenamiento temporal de las plantas, se usan cajas de cartón completamente selladas con capas de plástico, de manera tal que se evite la pérdida de humedad. El almacenamiento sobretodo si será por tiempo prolongado debe ser en frío, a temperaturas bajo 4 °C. Para el traslado de plantas en tubetes o bolsas se deben tomar las mismas precauciones (*Op. cit.*).

- **Espaciamiento de la plantación**

El espaciamiento inicial de la plantación es importante porque de él depende, en gran parte, el volumen y el valor de los productos que se obtendrán al final de la rotación. Además influye en las operaciones, tales como raleos y podas, que deberán realizarse antes de la cosecha.

El Pino oregón es una especie que presenta una gran cantidad de ramas. Las dimensiones de éstas varían en un mismo individuo, independientemente de su posición y del espaciamiento. James y Revell (1978) indican que para mantener un diámetro basal promedio de la rama de 2,5 cm se deben plantar 1.736 árboles por hectárea. Esto equivale a un espaciamiento de 2,4 x 2,4 m.

En Nueva Zelanda, la aproximación general a la silvicultura del Pino oregón, ha sido el establecer plantaciones a un espaciamiento relativamente pequeño, con plantas de 2 años (Baker, 1988). La tendencia fue primero distanciamientos de 1,8 x

INFOR

1,8 m, luego 2,4 x 2,4 m, y posponer el raleo hasta los 30 años de edad, para asegurar una poda natural de las ramas en la parte baja de los troncos. Sin embargo, el éxito de este procedimiento depende en alguna medida de una buena sobrevivencia y buenas prácticas culturales desde el comienzo de la plantación, a pesar de lo cual el resultado siempre es heterogéneo, ya que los rodales varían en volumen y en la ramificación de los individuos (Cown, 1992).

Las densidades de plantación pasaron progresivamente de 4.000 - 5.000 individuos por hectárea antes de la Segunda Guerra Mundial, a alrededor de 2.500 cerca de 1960, para estabilizarse finalmente en 1.600 árboles por hectárea (Oswald y Parde, 1984).

Eversole (1955), considerando árboles con un DAP mínimo de 3,8 cm, indica que el área basal y el volumen cúbico decrecen con un mayor espaciamiento, siendo esta situación inversa cuando se analiza la situación de los árboles con DAP sobre 16,8cm. Al respecto, Oswald y Parde (1984), señalan que las alturas medias son homogéneas entre los distintos espaciamientos. En cambio, el diámetro cuadrático medio es un 60 % mayor en el espaciamiento 3 x 3 m que en el 1,5 x 1,5 m. De la misma forma, las parcelas más densas presentan un 33 % más de volumen total que las más espaciadas.

Reukema (1972), evaluó plantaciones de Pino oregón en Wind Experimental Forest hasta los 51 años de edad. A esta edad los 250 árboles más grandes, plantados inicialmente a 3,7 x 3,7 m, presentan una altura y DAP medios de 29 m y 34,5 cm, en comparación con 18 m y 19,8 cm en aquellos con menor espaciamiento (1,2 x 1,2 m).

La producción de volumen bruto fluctúa entre los 296 y 467 m^3/ha para los espaciamientos de 1,2 x 1,2 y 3 x 3 m respectivamente. El volumen cúbico para árboles con DAP sobre 14 cm fue de 164 y 445 m^3/ha. Durante los 27 y 51 años el incremento en volumen fue subiendo en función de un mayor espaciamiento.

En plantaciones con espaciamientos menores, sólo una pequeña fracción de los árboles alcanza dimensiones comerciales y una gran proporción del volumen total se produce en los restantes individuos. Con esto se retarda seriamente el crecimiento de los árboles dominantes y el rodal es menos resistente a la nieve y el viento (*Op. cit*).

- **Competencia interespecífica**

Bucarey (1968), indica que en Chile, el Pino oregón ha mostrado una buena adaptabilidad a las mezclas en sus diferentes grados, como también una buena capacidad para competir con malezas, como:

Zarzamoras ***Rubus ulmifolius*** Sch.

Quila: ***Chusquea quila*** (Mol.) Kunth.

Según el mismo autor, uno de los mayores problemas se presenta, en los pri

INFOR

meros años de su plantación, es que sus brotes apicales se dañan con el roce al ser dominado por las malezas. Esto se ha podido observar en plantaciones abandonadas e invadidas por zarzamora o Ulex (***Ulex europaeus*** L.).

Buenos resultados en términos de sobrevivencia y crecimiento se han obtenido al establecerlo como sub-plantación de Raulí (***Nothofagus alpina*** (Poepp. Endl) Oerst.) y Roble (***Nothofagus obliqua*** (Mirb.) Blume).

En cuanto al método de plantación y espaciamiento Bucarey (1968), señala que en suelos medios a profundos con exceso de maleza, ha dado buenos resultados de sobrevivencia y desarrollo surcar con arado de doble vertedera en líneas de 2 m de distancia y plantar en ellas.

- **Fertilización**

Respecto de la fertilización al momento de plantar, un estudio en Oregón, citado por Greaves y Hermann (1978) mostró que una aplicación de 24 % de nitrógeno elemental y 2,6 % de fósforo elemental incrementó significativamente el crecimiento de las plantas durante los siguientes 5 años. Otro estudio mostró un 42 % de aumento en el crecimiento en altura y 24 % aumento en el crecimiento en diámetro de plantas de Pino oregón plantadas con fertilizantes peletizados. Se usó una fórmula con resina ureaformaldehido, como fuente de nitrógeno concentrada y de lenta disolución.

4.2.2.3 Conclusiones acerca del establecimiento

Grosse y Kannegiesser (1988), sobre la reforestación hacen los siguientes comentarios:

- La relación tallo - raíz es importante en la sobrevivencia de las plántulas de Pino oregón plantadas en sitios secos, recomendándose una relación 2:1 y para sitios húmedos 4:1.
- Además se debe considerar la relación tallo/diámetro del cuello, que debiera estar entre los 35 y 50.
- La extracción desde el vivero debe estar coordinada con la época de plantación. El almacenamiento posterior a la extracción puede durar entre 0 y 9 semanas.
- La época de plantación en Chile va desde julio a septiembre.
- El método de plantación más efectivo es mediante el uso de azadón, barra plantadora o azahacha, para plántulas con poda de raíz.
- El espaciamiento más adecuado para Pino oregón fluctúa entre 2,5 x 2,5 y 3 x 3 m, dependiendo de los objetivos. Con estos espaciamientos se logra una buena estabilidad del rodal frente al viento y la nieve, y aunque la producción en volumen total es menor que en bosques más densos, los rendimientos en volumen comercial

INFOR

son mayores.

• La siembra directa es una alternativa viable para aquellos sectores poco accesibles y de topografía escarpada.

4.3 TRATAMIENTOS INTERMEDIOS

Reciben este nombre todas las intervenciones aplicadas entre dos períodos de regeneración, a través de las cuales la silvicultura pretende favorecer el crecimiento, la calidad y forma de los árboles y aumentar la cantidad y el valor de los productos finales.

4.3.1 Raleo

El raleo es la práctica silvicultural característica del manejo forestal intensivo, siendo su objetivo fundamental redistribuir el espacio para estimular el incremento de los árboles remanentes (Burshel y Huss, 1987), ya que mediante la corta periódica se permite utilizar todo el volumen producido por el rodal a lo largo de la rotación, anticipándose a la pérdida por efecto de competencia natural, pudiendo obtenerse retornos económicos antes de la cosecha final, en la medida que las dimensiones de los árboles extraídos lo permitan.

Para Chile, Bucarey (1968), indica que el Pino oregón, desde sus primeros raleos produce maderas, tales como postes para cercos de buena durabilidad, postes telefónicos, maderas de dimensiones bajas y finalmente maderas de altas dimensiones. En plantaciones industriales, estos raleos producirían madera para pulpa.

En Estados Unidos, la investigación respecto de raleos en Pino oregón comenzó en la década de los 60. En este sentido M^{c} Ardle *et al.* (1961) señalan que esta especie se caracteriza por un rápido crecimiento en altura, lo cual, junto a la intolerancia y otras cualidades genéticas, origina una fuerte competencia entre los individuos (Isaac y Dimock, 1958), provocándose una temprana diferenciación de las copas, apareciendo estratos de árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos. Los primeros desarrollan copas más amplias y de mejor forma, lo que determina la habilidad del árbol para responder a la liberación después del raleo (Worthington y Staebler, 1961).

Es también una especie de rápido crecimiento en diámetro, aún en rodales densos sin manejo, lo que es muy importante en las prácticas de raleo, cuyo principal objetivo es estimular el incremento diamétrico (M^{c} Ardle *et al.*,1961).

Según Fowells (1965), las plantas jóvenes de Pino oregón responden satisfactoriamente al ser liberados de arbustos competidores o árboles, siempre y cuando no hayan estado suprimidas muy severamente o durante mucho tiempo. Aunque los árboles del dosel intermedio también responden bien a raleos suaves, son los dominantes los que presentan una mayor respuesta.

INFOR

En cambio, los árboles que han crecido en un rodal cerrado están pobremente adaptados a una liberación drástica producida por un raleo muy fuerte, por lo que al quedar expuestos, los delgados troncos de pequeñas copas son altamente susceptibles a daño por nieve, viento y sobrecalentamiento al sol, además de que raleos drásticos pueden causar una fuerte reducción en el crecimiento en altura (*Op. cit.*).

De igual forma, en los países en los cuales ha sido introducido, continuamente se ha investigado los efectos de intensidad y tipos de raleo aplicables en diferentes etapas de crecimiento y condiciones de los rodales. Sobre la base de estas experiencias se puede constatar que existen distintas modalidades y divergencias entre distintos investigadores, o entre los esquemas de manejo de distintos países.

En Nueva Zelanda, por ejemplo, generalmente el primer raleo se retrasaba hasta cerca de los 30 años, para poder suprimir el crecimiento de las ramas en las trozas inferiores, lo que daba por resultado ramas de un diámetro menor a 50 mm y comúnmente menor a 25 mm. Sin embargo, este tipo de manejo dejó a la mayoría de los rodales de North Island susceptibles al ataque de ***Phaeocryptopus***. Se ha sugerido entonces, como mecanismo preventivo, un raleo más temprano que tendría un mayor efecto en el tamaño de las ramas y en la calidad de la madera (Cown, 1992).

Toval *et al.* (1993) indican que en sitios productivos, para dejar los ejemplares más robustos y mejorar los rendimientos de la madera, los raleos deben ser hechos dentro de los 10 primeros años de la plantación, acotando también que los raleos son más fáciles cuando los árboles son pequeños. Estos investigadores señalan también, que es prudente realizarlos una vez que los ejemplares de crecimiento más rápido han emergido sobre el resto.

4.3.1.1 Raleo a desecho

Debido a los inconvenientes de raleos tardíos, en especial el shock de aislamiento traducido en pérdidas de crecimiento en altura y mayor sensibilidad al daño por viento, nieve e insolación (Staebler, 1956), es que en Estados Unidos en los años 70 se introdujo la práctica del raleo a desecho o precomercial (Sutton, 1978). Su objetivo es eliminar el exceso de competencia y concentrar el crecimiento en aquellos árboles que alcanzarán dimensiones comerciales (Reukema, 1975; Reukema y Bruce, 1977).

Es necesario que esta actividad se realice a edades tempranas, una vez que los árboles han expresado sus características de calidad y crecimiento, lo cual ocurre alrededor de los 10 años en sitios buenos de Estados Unidos, o a los 15 en sitios de menor calidad, con una altura media que fluctúa entre los 3 y 5 m (Reukema, 1975).

Para determinar el momento de llevarlo a cabo, se debe considerar que mientras más se posterga el raleo a desecho, mayor será la pérdida en volumen no utilizable, debido a que el crecimiento se distribuye en todos los árboles y, proporcional

INFOR

mente aquellos que permanecerán hasta la corta final, incrementarán menos. Por otra parte, a mayor edad, más largo será el período de adaptación a las condiciones después del raleo (Grosse y Kannegiesser, 1988).

La intensidad del raleo a desecho y el espaciamiento posterior, dependen de las dimensiones, específicamente del diámetro cuadrático medio. Mientras más grande sea este valor, menor es el número de árboles a dejar. En el Cuadro 9, se indica el número de árboles a dejar después del raleo, determinado por la intersección entre la curva de máxima existencia y un diámetro cuadrático medio cualquiera (Reukema, 1975).

CUADRO 9

NÚMERO DE ÁRBOLES REMANENTES DESPUÉS DEL RALEO

DAP* en el momento del raleo (cm)	Número de árboles remanentes (arb/ha)
15	1.520
20	1.000
25	720

Fuente: Reukema (1975)
*: Diámetro cuadrático medio o DAP del árbol de área basal media.

Como regla general, se extrae todo el material indeseable en cuanto a calidad, forma y sanidad, tratando de dejar árboles de tamaño uniforme, es decir que no excedan el rango de 25 % del diámetro cuadrático promedio después del raleo, y que se distribuyan homogéneamente en el área (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Después de este raleo, la competencia se reanuda sólo cuando los árboles alcanzan nuevamente el área basal máxima, lo que será en un período menor respecto de rodales no intervenidos, adelantando la primera intervención comercial, en función de la calidad del sitio (Reukema, 1975). Por otra parte, el mejoramiento relativo en el crecimiento es mayor a medida que decrece la calidad del sitio.

En un rodal sin manejo, el dosel se cierra aproximadamente a los 20 años, culminando el crecimiento, por lo cual un raleo a desecho permite prolongar la tasa de crecimiento en altura.

Se puede concluir, que a pesar de no existir consenso en los regímenes de raleo apropiados, parece sí haber acuerdo en que el raleo a desecho representará en el futuro una de las opciones de manejo (Cown, 1992).

INFOR

4.3.1.2 Raleo comercial

Esta operación se realiza cuando la extracción considera individuos cuyas dimensiones son atractivas en algún mercado, permitiendo obtener retornos económicos. La periodicidad, la intensidad y el tipo de raleo están interrelacionados, por lo cual es difícil describir uno sin el otro (Grosse y Kannegiesser, 1988).

4.3.1.3 Tipos de raleo

La elección del tipo de raleo está determinada por las condiciones de rodal, la altura de los árboles y su edad, así como también por el producto que se desea obtener.

En Estados Unidos, se recomienda realizar raleos de selección tan pronto como los árboles alcancen dimensiones comerciales, siempre y cuando el rodal sea joven y capaz de reaccionar a la liberación (Worthington y Staebler, 1961).

El raleo por lo alto es el método más ampliamente ocupado en rodales de Pino oregón (Forestry Handbook for British Columbia, 1959; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988), recomendándose la extracción de árboles dominantes y codominantes en rodales menores de 50 años, lo cual favorece el crecimiento de los individuos residuales que ocupan estratos intermedios en el rodal original y sobre todo a los dominantes y codominantes remanentes que así pueden desarrollar su copa. En este sentido, las experiencias realizadas en rodales de 27 años, permiten concluir que el crecimiento se redistribuyó satisfactoriamente, aunque el diámetro medio cuadrático del rodal se mantenga constante (Dimock, 1956; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988).

En la actualidad, la tendencia parece cambiar, ya que los estudios más recientes realizados en Washington, concluyen que para maximizar el crecimiento en volumen, los rodales coetáneos de Pino oregón debieran ralearse por lo bajo (Oliver y Murray, 1983).

En Francia fueron ensayados raleos sistemáticos y selectivos por lo bajo en parcelas de Pino oregón de 14 a 28 años de edad, concluyéndose que en términos individuales, los árboles de mayores dimensiones son los que reaccionan mejor a la disminución competitiva; como conjunto, en tanto, las parcelas raleadas moderadamente por lo bajo presentan los mejores desarrollos (Thivolle-Cazat, 1983).

Desde el punto de vista del silvicultor, el raleo selectivo presenta ventajas, sin embargo sus restricciones conducen a balances financieros negativos. Ante esto, la solución podría ser el raleo sistemático, a pesar de que no es justo en la selección de los árboles, puesto que se aplica mecánicamente sin tomar en cuenta la calidad de los individuos. Sin embargo, éste sería el único raleo rentable en plantaciones de Pino oregón, excepto en rodales de alta calidad (*Op. cit.*).

En Francia, se desarrolló el raleo numérico, lo que consiste en dejar en pie un determinado número de árboles en función del diámetro cuadrático medio, los incre

INFOR

mentos medios anuales en DAP y área basal y el ciclo de corta (Delvaux, 1974).

En Alemania en tanto, cuando la altura superior bordea los 12 m, se eligen árboles de buenas características y vigor que permanecerán hasta el final de la rotación, eliminando con raleos selectivos los ejemplares que de alguna manera interfieran con el desarrollo de la copa de los individuos elegidos, cada vez que la altura se incrementa en 2 m (Cuadro 10). De este cuadro, se concluye que durante los primeros años se ralea periódicamente, en tanto que en el tercio final de la rotación, las intervenciones sólo se limitan a la extracción ocasional de los individuos enfermos o moribundos.

CUADRO 10

NÚMERO DE ÁRBOLES DESPUÉS DEL RALEO EN PINO OREGÓN

Altura superior (m)	Densidad (arb/ha)	Tipo de raleo
14	1.320	Raleo selectivo
16	1.100	Raleo selectivo
18	940	Raleo selectivo
20	780	Raleo selectivo
22	640	Raleo selectivo
24	540	Raleo selectivo
26	450	Raleo selectivo
28	380	Raleo selectivo
30	310	Raleo selectivo
32	260	Raleo por lo bajo
34	210	Raleo por lo bajo
36	180	Raleo por lo bajo
38	150	Raleo por lo bajo
40	150	Sin raleo

Fuente: Mitscherlich (1978; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988)

Por su parte, Drew y Flewelling (1979) presentan los siguientes cuadros (11 y 12), donde se pueden observar dos distintas experiencias sobre rendimiento en rodales de Pino oregón raleados a distintas intensidades, que pueden servir de ilustración.

De sus resultados, los autores concluyen que aquellos rodales raleados muy drásticamente rinden sustancialmente menos que aquellos no raleados. Al observar los cuadros se debe tener en cuenta que los raleos se aplicaron tratando de no alterar la distribución diamétrica del rodal, por lo que no se obtuvo los máximos tamaños medios de árboles.

INFOR

CUADRO 11

RENDIMIENTOS DE RALEO EN GOLDEN STATE FOREST, Nueva Zelanda

Parámetros	Control	Raleo suave	Raleo fuerte
Densidad final (arb/ha)	1.588	617	370
Volumen medio final (m^3/arb)	0,64	1,04	1,34
Volumen final (m^3/ha)	1.050	643,7	503,8
Primer raleo (m^3/ha)		21	21
Segundo raleo (m^3/ha)		98	153,9
Tercer raleo (m^3/ha)		181,9	174,9
Vol. final más vol. de raleo (m^3/ha)		944,6	853,6
% del rend. relat. al rend. sin raleo neto		90	82
% del rend. relat. al rend. sin raleo bruto	94	85	77

Fuente: Drew y Flewelling (1979)

CUADRO 12

RENDIMIENTOS DE RALEO EN KAINGAROA STATE FOREST, Nueva Zelanda, Y RÉGIMEN TEÓRICO PARA UN RENDIMIENTO ÓPTIMO

Parámetros	Control	Raleo suave	Raleo fuerte	Reg. óptimo
Densidad final (arb/ha)	1.096	385	276	346
Volumen medio final (m^3/arb)	0,84	1,49	1,72	1,68
Volumen final (m^3/ha)	930,6	580,7	482,8	580,7
Primer raleo (m^3/ha)		125,9	202,9	104,9
Segundo raleo (m^3/ha)		209,9	230,9	118,9
Tercer raleo (m^3/ha)				132,9
Vol. final más vol. de raleo (m^3/ha)	930,6	923,6	916,6	937,6
% del rend. relat. al rend. sin raleo neto		99	99	101
% del rend. relat. al rend. sin raleo bruto	99	98	97	

Fuente: Drew y Flewelling (1979)

INFOR

4.3.1.4 Intensidad del raleo

Definida como el promedio anual de volumen extraído entre el primero y el último raleo, la intensidad es una interrogante de difícil respuesta, ya que deben combinarse una serie de factores entre los que destacan las condiciones del rodal y las exigencias del mercado, las cuales varían en el tiempo y en lugar (Johnston *et al.*, 1967).

Dos factores complementarios determinan la intensidad: el número de árboles y sus dimensiones o el volumen a extraer en cada raleo y la frecuencia con que se vuelve a intervenir el mismo sector (Worthington y Staebler, 1961).

Comúnmente, la intensidad del raleo se expresa en los mismos términos que la densidad de una masa boscosa, siendo la expresión más sencilla el número de árboles en una superficie de referencia (Grosse y Kannegiesser, 1988).

En Francia se emplean dos modelos de silvicultura moderna, consistentes en ralear en beneficio de 100 a 300 árboles, previamente designados para la corta final, determinando la intensidad de la intervención en función de la altura y la densidad, a partir de las cuales se obtiene el parámetro Factor de Espaciamiento de HART-BECKING:

$$S = \frac{a}{Ho} * \frac{10.746}{Ho * Vn} * 100$$

Donde

S : Factor de Espaciamiento (%)
a : Espaciamiento (m)
Ho : Altura dominante (m)
Vn : Raíz cuadrada del número de árboles por hectárea

Aplicando esta metodología, se puede indicar que en los primeros dos tercios de la rotación el factor fluctúa entre 18 y 24 %, lo que corresponde a raleos fuertes o muy fuertes, comenzando cuando el rodal alcanza los 15 m de altura dominante, extrayéndose entre el 20 y 30 % de los árboles (Aussenac y Oswald, 1986).

Para Chile, Bucarey (1968) recomienda realizar raleos que dejen finalmente unos 100 árboles/ ha.

Otro índice muy utilizado para establecer la intensidad del raleo es el área basal. Sin embargo, esto presenta el problema de la determinación de los niveles mínimos y máximos de área basal que una especie puede soportar en un sitio y a una edad determinada. Empleando este criterio, Oliver y Murray (1983) concluyeron que mientras mas alta es la densidad residual, mayor es el incremento periódico anual, obteniendo volúmenes 18 % superiores con raleos suaves respecto de raleos fuerte o no ralear.

INFOR

Se debe tener presente que las diferencias en la distribución diamétrica para una misma área basal residual, puede alterar marcadamente las tasas de crecimiento de un rodal, por lo cual se concluye que al ralear no sólo se debe considerar el área basal residual, sino también la estructura que adquiere el rodal después (*Op. cit.*). Coincide con esto lo expresado por Williamson (1982), en el sentido de que el área basal es un pobre estimador en rodales jóvenes en los cuales los cambios en altura y forma son rápidos.

Experiencias norteamericanas desarrolladas desde 1961 (Estudio LOGS), evalúan ensayos de raleos de Pino oregón, especialmente en su variedad costera, concluyéndose que el incremento volumétrico está fuertemente relacionado con las existencias residuales, y que para una alta producción de volumen cúbico se requiere una gran densidad del rodal, no obstante, disminuir el crecimiento en diámetro en estas condiciones (Curtis y Marshall, 1986).

Curtis (1982, cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988) derivó para Pino oregón, el índice de densidad relativa:

$RD = AB/Dg^b$

Donde

RD : Densidad relativa
AB : Área basal (m^2/ha)
Dg : Diámetro cuadrático medio (cm)
b : Coeficiente

Este índice, ha sido aplicado a estudios de simulación para definir regímenes de raleo, a partir del cual se estimó el siguiente esquema. Con un raleo a desecho reducir el rodal a un número tal de árboles que, cuando alcancen el diámetro medio fijado para la primera intervención comercial, la densidad relativa fluctúe alrededor de 7. Los raleos sucesivos deben mantener el índice entre 6,4 y 7,1. El máximo no debe superar 7,9 a 8,6, excepto inmediatamente antes de la explotación final, mientras que el mínimo, no debiera ser inferior al rango de 4,3 a 5 en los primeros raleos.

4.3.1.5 Frecuencia del raleo

La frecuencia de los raleos, también llamada intervalo o ciclo de corta, está muy relacionada con la intensidad ya que los raleos fuertes eliminan la competencia por un período prolongado, lo que implica intervenciones más distanciadas, no obstante, provocan una disminución en los rendimientos, debido a que los árboles no ocupan el sitio por algún tiempo. Además debe ser considerada la capacidad de respuesta de la especie a las nuevas condiciones ambientales, la que a su vez está en función de la tasa de crecimiento, la edad y el sitio (Grosse y Kannegiesser, 1988).

INFOR

Muchos investigadores, han definido el intervalo de raleos empleando como criterio biológico un incremento fijo en altura, lo cual facilita la esquematización de las intervenciones, ya que el incremento se puede predecir con exactitud, basándose en las curvas de sitio (Worthington y Staebler, 1961). Sin embargo, Oliver y Murray (1983) opinaron que el período que Pino oregón requiere para adaptarse a las nuevas condiciones, es mayor que el que demora en incrementar 3 m de altura, como fue el criterio del estudio LOGS.

Por su parte, Reukema y Bruce (1977) definieron el intervalo máximo de raleo, como el tiempo necesario requerido para que el área basal residual vuelva al nivel normal denominado máximo. Si los intervalos son más cortos, el rodal no alcanzará su nivel superior de área basal y cada vez se extraerá un volumen menor. Si ocurre lo contrario y se ralea menos frecuentemente, se superará el máximo, lo que puede perjudicar seriamente el crecimiento individual.

En función del tipo de raleo empleado, extrayendo los árboles que ocupan el dosel superior, Reukema y Bruce (1977) constataron que el ciclo de corta, tiene poco efecto sobre el crecimiento y los costos de intervención.

En Francia durante la primera mitad de la rotación, los raleos se realizan con una periodicidad de 5 años, distanciándose a 10 años en la segunda mitad (Aussenac y Oswald, 1986).

Los raleos debieran realizarse frecuentemente en rodales jóvenes, alargando los ciclos a medida que el rodal envejece (Staebler, 1956).

4.3.1.6 Efectos del raleo sobre las poblaciones forestales

Los raleos se caracterizan por disminuir en mayor o menor medida la densidad del rodal. Cada intervención provoca una alteración de las condiciones ecológicas. Por ejemplo, al abrir el dosel disminuye la intercepción de las precipitaciones a nivel de copas, aumentando la cantidad de agua que alcanza el suelo, y paralelamente mejora la luminosidad dentro del bosque.

Aussenac *et al.* (1982) estudiaron la influencia de esta faena sobre los factores ecológicos, raleando sistemáticamente el 50% de los árboles de un rodal de Pino oregón de 19 años, con lo que se pudo verificar un aumento en la luminosidad del suelo de 7 % y de 17 % en las copas, siendo ambas mayores al 1 % en la situación testigo. Sin embargo, la intercepción de las precipitaciones bajó a 30 % en relación al 43 % antes de la intervención.

De estas investigaciones se pudo constatar que Pino oregón reacciona bien ante estas modificaciones del medio. Por ejemplo, durante el primer año la tasa de crecimiento aumentó considerablemente, superando en un 101 % al área basal de la situación no raleada, debido a la mayor tasa fotosintética, la que a su vez es consecuencia de una mayor disponibilidad de luz para las acículas, un mejoramiento del

INFOR

balance hídrico que disminuye la duración del stress, y una masa foliar un 15 % mayor, debido a una copa más voluminosa (Aussenac y Oswald, 1986). Estas nuevas condiciones permiten un mayor crecimiento expresado primero, a través de la expansión de la copa y luego de la superficie radicular.

En Canadá, en tanto, fue estudiado el efecto de un raleo fuerte, extrayendo 2/3 del área basal y/o fertilizando con 448 kg de nitrógeno/ha, concluyéndose que la fertilización incrementó la eficiencia en el uso del agua, aunque nada se indica del efecto sobre la tasa de crecimiento (Brix y Mitchell, 1986).

Por otro lado, a partir de un estudio realizado en Canterbury, Nueva Zelanda, Harris (1985) observa la siguiente relación entre el raleo y la densidad de la madera. Primero detecta que rodales no raleados creciendo en sitios malos no producen una madera con una densidad media significativamente mayor. Sus resultados sugieren que ralear a cualquier intensidad, incluso a intensidades que dejarían bajo los 200 árboles/ha, produciría un efecto muy bajo sobre la densidad de la madera. Finalmente establece que al menos para esta zona, el raleo puede ser llevado a cabo alrededor de los 15 años, sin deteriorar la densidad de la madera.

Esta actividad también presenta efectos sobre el crecimiento en diámetro. Considerando que el diámetro medio cuadrático, refleja la combinación entre el crecimiento de los árboles sobrevivientes y la mortalidad a través del tiempo (Grosse y Kannegiesser, 1988), se menciona que éste aumenta suavemente con la edad, en cambio, al ralear se produce un incremento abrupto, siendo entre 5 y 34 % mayor en comparación con el testigo, teniendo un comportamiento inverso al número de árboles, decreciendo a medida que se empobrece el sitio (Reukema y Bruce, 1977). El crecimiento de este parámetro aumenta en otro 10 a 15 % si además de ralear comercialmente, se realiza una intervención a desecho a temprana edad.

Por su parte, Curtis y Marshall (1986) concluyeron del estudio LOGS, que el incremento del diámetro cuadrático medio (Dg) está estrechamente relacionado y de manera inversa, al porcentaje del área basal dejada después de ralear. A medida que el porcentaje es mayor, el incremento periódico anual (IPA) disminuye de 1,5 a 1,0 cm, siendo de 0,6 cm el testigo. Por el contrario, el área basal se relaciona linealmente con las existencias residuales (Grosse y Kannegiesser, 1988).

En Francia, Thivolle-Cazat (1983) informaron de reacciones importantes en el crecimiento de Pino oregón después de ralear, al constatarse que intervenciones sistemáticas que redujeron el número de árboles a dos tercios del original, ocasionan un aumento en los diámetros entre un 10 y 65 %, respecto de los obtenidos en parcelas testigo. Además, los árboles en las clases diamétricas superiores reaccionaron mejor a la liberación de la competencia, debido a que presentaron mayor capacidad fotosintética, y que dicho incremento está en función del volumen o área basal dejada después del raleo.

INFOR

- **Efectos sobre el crecimiento en altura**

En general, los raleos no afectan significativamente la tasa de crecimiento en altura, sino por el contrario, intervenciones demasiado intensas o en rodales sobredensos pueden producir efectos negativos o estagnamiento (Reukema, 1972). Esto confirma lo afirmado por Fowells (1965), quien acotó que raleos drásticos en rodales jóvenes, pueden causar una fuerte reducción del crecimiento en altura.

- **Efectos sobre el crecimiento en volumen**

Para el silvicultor, es de gran importancia determinar los efectos de los distintos tipos e intensidades de raleo, sobre la producción en volumen de los rodales manejados.

Se ha demostrado que con ciertos regímenes de raleo aumenta el valor unitario de la madera, a pesar de que disminuye la producción volumétrica. Sin embargo los objetivos de maximización en volumen y en valor, son distintos y no se pueden lograr simultáneamente con un mismo régimen de raleo (Dengler, 1982; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988).

En general, los raleos no afectan la producción en términos cuantitativos, pero sí cualitativamente, lo que se refleja en un mayor porcentaje de individuos con dimensiones comerciales. No obstante, en raleos intensos la producción puede bajar ya que los recursos disponibles no serán por completo utilizados. Reukema (1972) estimó una reducción del 20 % al comparar el valor final con el volumen previo al raleo.

A pesar de la reducción aparente del volumen final, los raleos favorecen el incremento medio anual (IMA) en volumen de Pino oregón, además de confirmar la redistribución del crecimiento, lográndose un número reducido de árboles con mayores dimensiones durante toda la rotación, aumentando también la proporción de madera aserrable. Por otra parte, al agregar al volumen final el que se extrae en los raleos, el total en rodales manejados excede por un leve margen al de aquellos sin manejo (Reukema y Bruce, 1977).

4.3.1.7 Conclusiones acerca del raleo

En torno a este punto, Grosse y Kannegiesser (1988) concluyen lo siguiente:

- Es recomendable realizar raleos a desecho cuando los árboles presenten alturas medias entre los 3 y 5 m.
- La intensidad de este raleo está determinada por las dimensiones, especialmente en diámetro, que debe tener el rodal para el primer raleo comercial. Mientras mayor sea este valor, menor será el número de árboles a dejar.
- El raleo precomercial concentra el crecimiento en un número menor de árboles y favorece el incremento en altura, especialmente en sitios pobres.
- La reacción de los rodales frente al raleo, depende del tipo de intervención que se realice, su intensidad y frecuencia.

INFOR

• El tipo de raleo depende del producto que se quiera obtener. Una intervención por lo bajo maximiza el crecimiento volumétrico. En cambio, un raleo por lo alto permite obtener productos de mayores dimensiones en cada intervención, favorece el crecimiento de los árboles en los estratos intermedios y mejora el flujo de caja.

• La selección de los árboles es difícil durante los primeros estados de desarrollo del bosque. Así, se recomienda practicar un raleo sistemático en una primera etapa y posteriormente realizarlos en forma selectiva, favoreciendo los individuos elegidos para la corta final.

• Los raleos deben iniciarse a partir de una altura dominante de 10 a 15 m.

• La frecuencia de raleos está relacionada con la intensidad, a mayor intensidad, más largo es el intervalo. Con un criterio biológico, ésta se ha definido en función de un incremento fijo en altura. También se puede realizar cada cierto período de años, debiendo ser más frecuente en rodales jóvenes, distanciándolos en la segunda mitad de la rotación.

• La intensidad del raleo se expresa a través de índices de densidad. Los más utilizados son el número de árboles, extrayéndose entre el 25 y 33 %, y el área basal, sin disminuirla más allá de un 40 %.

• La altura final es independiente de la densidad de un rodal. El efecto del raleo sobre el crecimiento en altura es bajo, incluso puede ser negativo.

• El raleo aumenta el rendimiento útil de un bosque. El efecto es sobre la calidad de la madera obtenida al final de la rotación más que sobre la cantidad.

• En general, mientras más denso es el rodal, mayor será el volumen final. Es así que en rodales raleados al final de la rotación se obtiene un menor volumen, pero los árboles son de mayores dimensiones. Si a este volumen se le agrega el extraído en cada uno de los raleos, el total supera al de un rodal sin manejo.

4.3.2 Poda

En la mayoría de las especies arbóreas, las ramas mueren cuando los individuos crecen a espaciamientos estrechos, pero no caen del fuste sino hasta después de muchos años, ante lo cual, si se pretende lograr la producción de madera de calidad se deberá combinar podas con raleos. Las podas deben realizarse a los árboles de los estratos dominante y codominante, que sean vigorosos y sanos y tengan el fuste muy recto, especialmente en el sector donde se eliminarán las ramas por la vía natural.

En el caso específico de Pino oregón, cuando éste se desarrolla en rodales cerrados, las ramas inferiores pueden sufrir poda natural, la cual es muy lenta, pero resisten a la pudrición y persisten por largo tiempo (Fowells, 1965), hasta por más de 30 años en el fuste (Dengler, 1982; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988), por lo que para obtener madera de calidad, libre de nudos, se requiere podas aun cuando se plante a grandes densidades. Cown (1992) reafirma lo anterior, indicando que existe

INFOR

muy poco mercado para madera de Pino oregón de baja calidad, como la que se obtendría de árboles con ramas grandes, por lo que el manejo deberá comprometerse especialmente en tratar de obtener madera estructural, aprovechando la ventaja que reviste el que esta especie no produzca verticilos discretos de ramas, como ocurre con Pino radiata.

En países en los cuales se ha introducido esta especie se ejecutan diversos esquemas. Por ejemplo en Francia, para obtener un rollizo con 2/3 de su diámetro libre de nudos, se podan los 300 a 500 árboles más gruesos de la hectárea hasta 2 m de altura, cuando el rodal tiene una altura total media de 12 m (Aussenac y Oswald, 1986). Aquellos árboles designados para la explotación final, se intervienen 2 a 3 veces durante la rotación hasta alcanzar una altura de poda de 6 a 8 m (Oswald y Parde, 1984).

En Alemania. se establece, que el diámetro máximo para la primera intervención es de 12 cm pero en rotaciones de 120 años (Dengler, 1982; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988), en tanto que junto a la segunda poda, cuando el rodal presenta 20 m de altura media, se realiza el primer raleo.

Según la Sächsische Land für For. (1993), dentro de los planes de manejo del Pino oregón en dicho país, la poda es una faena calificada como imprescindible. El procedimiento indica que se deben podar los árboles «Z» o del futuro, que corresponden a aquellos que se observan sanos, vigorosos, de buena forma y crecimiento, de gran diámetro, dominantes o codominantes, y que sean los candidatos a quedar hasta el final de la rotación, tras los raleos.

En la normativa de manejo se plantea que el máximo de árboles a ser podados por hectárea debe ser de 150, y deben quedar a una distancia de 8 m. Si la meta final son árboles de unos 45 cm de diámetro, la primera poda se debe hacer hasta los 2 a 3 m cuando los individuos alcancen un DAP de 10 a 12 cm y la siguiente a los 6 m cuando alcancen un DAP de 12 a 16 cm, estimándose que el tiempo de trabajo por individuo para una poda hasta 2,5 m es de 5 a 6 minutos, y para una poda de 2,5 a 6 m de altura es de 6 a 8 minutos.

En Nueva Zelanda se ha proyectado rotaciones para Pino oregón de 50 años, considerando como regla general la realización de un raleo comercial entre los 30 y 40 años, ya que la poda en algunos casos es considerada como innecesaria o económicamente poco rentable, porque los rodales producen madera estructural de buena calidad y los recursos están principalmente dirigidos al Pino radiata (Keating, 1978).

No obstante lo anterior, en el Cuadro 13 se indica un esquema de podas para dicho país, el cual contempla una densidad inicial de 1.500 árboles/ha, de los cuales se seleccionan 250 a 500 para ser podados hasta los 3 m, cuando el rodal tiene una altura media de 8,5 m, para posteriormente podar hasta los 6 m el 50 % de los elegidos, cuando estos alcanzan los 14 m de altura media

INFOR

CUADRO 13

RÉGIMEN DE PODA APLICADO EN NUEVA ZELANDA

Edad (años)	Altura (m)		Nº de árboles/ha
	Media	de Poda	
13	9,5	0-2,4	740-865
15	11,6	2,4-4,3	370-430
18	14,3	4,3-5,5	370-430

Fuente: Lamb (1978; cit. por Grosse y Kanneisser, 1988)

Alternativamente se puede realizar poda a todos los árboles o combinar la poda a una altura de 1,5 a 2 m con el primer raleo, en caso que el rodal tenga un DAP medio de 8 a 12 cm (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Por otra parte, como la altura de poda está relacionada con el largo comercial de las trozas, en muchos países se poda sucesivamente hasta los 6 m, llegando incluso a 10 ó 15 m, de manera de extraer dos y más trozas libres de nudos, considerando la extracción de no más del 40 % de la copa viva en cada intervención, empleando este mismo criterio para establecer la frecuencia de las podas.

Otro criterio interesante de considerar es el ancho del cilindro central nudoso, realizando la siguiente poda cuando el diámetro superior del trozo libre de nudos iguala al inferior.

Para Chile, Bucarey (1968) recomendó realizar poda hasta unos 12 m con el fin de obtener madera para chapas, ya que su valor comercial es considerablemente más alto que el de madera aserrada.

Respecto de la época en que se realiza esta faena, es común que la poda se ejecute a fines de invierno o a principios de primavera, para adelantar el período de oclusión y cicatrización.

Cuando se trata de podar ramas muertas, se minimiza el riesgo de ataques fungosos, debido a la protección que provocan los bolsones de resina depositados en la base de las ramas. Sin embargo, cuando el objetivo es eliminar ramas vivas se deben extremar las precauciones debido a la susceptibilidad a ***Phomosis pseudotsugae*** ante lo cual, en Alemania se recomienda dejar un muñón de 10 cm que se corta a ras del árbol la primavera siguiente (Burshel y Huss, 1987), no obstante los numerosos estudios concuerdan en que el riesgo de ataque es muy bajo cuando el corte afecta a ramas cuyo diámetro es de 4 cm, como máximo.

La poda de ramas verdes es una labor que reduce la superficie foliar, lo que puede afectar la tasa de crecimiento en diámetro, más que en altura, ya que está en relación directa con la dimensión de la copa. En efecto, Mitscherlich (1978; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988) señala que al reducir la copa viva a la mitad, el creci

INFOR

miento en altura disminuye aproximadamente en un 8 %, pero en diámetro tal reducción es de un 30 %, en tanto que la recuperación de estos árboles es muy lenta y, en algunos casos, no se logra, por lo que podrían ser suprimidos por vecinos más vigorosos. Para evitar un efecto negativo sobre el crecimiento, la poda verde debe limitarse a 1/4 ó 1/3 o como máximo un 40 % de la copa viva (Burshel y Huss, 1987).

Por otra parte, la poda de ramas verdes puede producir protuberancias en el fuste, especialmente si el diámetro de las heridas es mayor a 2 cm, tal como lo indicó Dengler (1982; cit. por Grosse y Kannegiesser, 1988), quien constató que las heridas superiores a 3 cm todavía se encontraban abiertas después de 6 años, mientras que las más pequeñas cerraron rápidamente.

De igual forma, existen efectos indirectos de la poda, entre los cuales destaca la reducción del riesgo de propagación de incendios forestales, mayor facilidad de acceso y en la realización de las operaciones silviculturales posteriores.

4.3.3 Nutrientes

La forma más común de elevar el potencial productivo, es por la vía de la incorporación de elementos orgánicos y minerales rápidamente disponibles.

Es así que en Estados Unidos, el principal nutriente limitante para el crecimiento es el nitrógeno (N) (Daniel *et al.*, 1982), lo cual se ha controlado aplicando urea, compuesto que por su alto contenido de nitrógeno (46 %) asegura un mayor crecimiento en comparación con otros como el nitrato de amonio (34 %). Sin embargo, se debe tener precaución ya que en climas cálidos y secos las aplicaciones de urea pueden sufrir la pérdida gaseosa de nitrógeno, reduciéndose la cantidad disponible para el crecimiento del individuo.

Otros nutrientes comúnmente agregados al suelo son azufre (S), potasio (K) y fósforo (P), cuyas tasas de aplicación fluctúan entre 50 y 500 kg/ha de elemento activo, para un período mínimo de 5 a 7 años (Grosse y Kannegiesser, 1988).

Diferentes dosis son mencionadas en el Cuadro 14, las cuales complementan las existencias de nutrientes en el suelo y satisfacen los requerimientos anuales de Pino oregón.

CUADRO 14

REQUERIMIENTOS ANUALES DE NUTRIENTES EN LA COSTA OESTE DEL PACÍFICO (USA)

Nutriente	Requerimiento anual (kg/ha)
N	15 - 60
P	2 - 33
K	5 - 50
Ca	20 - 100

Fuente: Gessel et al., (1960; cit. por Grosse y Kanneisser, 1988)

INFOR

La incorporación de nutrientes al suelo, produce una mayor disponibilidad de ellos para la planta, lo que se expresa en el aumento de las tasas de crecimiento, mayor competencia que afecta directamente a los árboles de las clases diamétricas inferiores, observándose en muchos casos incrementos en la mortalidad de éstos (Daniel *et al.*. 1982).

Estudios realizados en este sentido señalan que después de 7 años de aplicadas fertilizaciones con distintas dosis de nitrógeno, se encontró que la mortalidad fluctuaba entre un 12 y 37 %, a dosis menores y más altas respectivamente (Miller y Pienaar, 1973). Gran parte de la mortalidad está asociada con los daños provocados en invierno por el viento, el hielo y la nieve, ya que con la fertilización se duplica el largo de las hojas y ramillas, en los diferentes estratos del dosel, lo cual permite una mayor acumulación de hielo y nieve y mayor resistencia al viento, y finalmente los árboles suprimidos no resisten y sucumben al peso (Reukema, 1968).

Por otra parte, la dosis de fertilizante se relaciona con el crecimiento de DAP, altura y volumen. En el diámetro, aplicando 160 kg/ha de N, el incremento es de 30 % pudiendo llegar hasta más de 120 % cuando la fertilización es más intensa, aduciéndose una mayor tasa de mortalidad, lo que origina una mayor disponibilidad de nutrientes y espacio (Miller y Pienaar, 1973).

De igual forma, se observa un incremento en la tasa de crecimiento en altura, que fluctuó entre un 37 y un 92 %, respecto de la parcela testigo *(Op. cit.)*. Respecto del incremento volumétrico, estos autores informan incrementos de 55 a 109 % respecto de la parcela testigo, lo que se traduce en que para un período de 7 años el volumen aumentó entre 36 y 71 m^3/ha más que el testigo, lográndose los valores mayores con las dosis de N más altas.

A la luz de lo expresado será necesario concentrar los incrementos producidos por la fertilización, en los árboles que posean las características deseadas, ante lo cual se recomienda combinar esta operación con raleos, ya que esto tiene efectos sinérgicos, es decir, el resultado es mayor que la suma de los porcentajes parciales (Grosse y Kannegiesser, 1988), porque la luz puede ser la limitante del crecimiento en estos sitios (Brix, 1970). De esta manera se pueden lograr aumentos de más de un 100 % del crecimiento con la combinación, comparado con aproximadamente un 50 % si sólo se fertiliza o se ralea (Miller y Reukema, 1977).

Greaves *et al.*, (1978), a modo general recomiendan los siguientes sistemas de manejo para suplir las necesidades nutricionales del Pino oregón.

- Minimizar la remoción o relocación de nutrientes dentro de un sitio a través de la conservación del follaje de los árboles y las ramas.
- Voltear, trozar y diseminar los restos es mejor que cosechar el árbol completo, quemando el material no comercializable.
- Mejorar la temperatura y humedad del suelo forestal.

INFOR

• En el Pacífico noroeste es conveniente reducir la densidad del rodal en exposiciones norte. A mayores altitudes o en los límites septentrionales de Pino oregón es probable que aumente la humedad y temperatura del suelo en las noches, y sea favorable para una más rápida descomposición de materia orgánica. El disminuir la densidad del rodal en orientaciones sur y en las zonas meridionales de la distribución del Pino oregón podría ser, sin embargo, menos favorable para el ciclo mineral.

• Favorecer sucesiones vegetacionales con especies que fijen nitrógeno o bien que acumulen nutrientes en gran cantidad.

4.4 ESQUEMAS DE MANEJO DE PLANTACIONES

Las plantaciones de pino oregón pueden ser manejadas bajo esquemas forestales y/o silvopastorales.

De esta manera, en Nueva Zelanda las plantaciones consideran rotaciones de 50 a 70 años (Cown, 1992). Por su parte Fenton (1976), en un estudio sobre rentabilidad de Pino oregón propuesto por Rotorua Conservancy, considera una rotación de 55 años bajo el siguiente esquema de manejo:

Objetivo de cosecha: Trozas de DAP igual o superior a 55 cm.
Limpieza de terreno: manual o quemando.
Espaciamiento de plantacción: 1,8 m entre filas y 2,4 m en la fila.
Densidad: 2.240 árboles/ha.
Plantar árboles que tengan de 2 a 3 años en vivero.
Reforestar en caso de que la supervivencia sea menor a un 85 %.
Efectuar cortas de limpieza.
Efectuar un raleo de desecho a los 20 años dejando 740 árboles/ha.
Efectuar un raleo comercial a los 35 años dejando 370 árboles/ha.
Cosechar a tala rasa.

En base al esquema anterior, se logra una tasa interna de retorno (TIR) de 5,8 a 7,5 %, la que varía en función de los distintos escenarios analizados. Sin embargo, en ningún caso se alcanza el 10 % mínimo exigido en dicho país para aceptar económicamente el cultivo o el 13,8 % obtenido por Pino radiata en las mismas condiciones de sitio.

Por otra parte, estudios realizados en Oregón, Estados Unidos, demostraron que el silvopastoreo también es factible con la especie, ya que compatibilizando ambos objetivos puede evitarse la reducción del crecimiento del cultivo principal. El pastoreo del sotobosque puede reducir el stress hídrico durante períodos secos, debido a la disminución en el consumo de agua por parte de las plantas forrajeras. Además, la combinación de vegetación fijadora de nitrógeno y el pastoreo, incrementa la captación de este nutriente por parte de los árboles asociados. Esta modalidad puede ser

INFOR

llevada a efecto en base a grupos de 5 árboles, cuyo espaciamiento es de 7,6 m entre ellos, y una pradera forrajera para ovejas (Carlson *et al.*, 1994).

Experiencias similares realizadas con plantas jóvenes de Pino oregón, determinaron que la entrada sucesiva de ganado consumidor de gramíneas y vegetación baja, redujo el área de transpiración y el crecimiento de las raíces de estas últimas, en forma tal que permitió incrementar la disponibilidad hídrica del agua en el suelo para la plantación (Karl y Doescher, 1993).

INFOR