

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



El *Pino radiata* D. Don en su hábitat natural.

Por:

SERGIO AZUARA ARTEAGA.

MONOGRAFIA

Presentada como requisito para obtener el título de:

Ingeniero Forestal.

Buenavista, Saltillo. , Coahuila, México.

Abril del 2001.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

EL PINUS RADIATA D. DON. EN SU HÁBITAT NATURAL

MONOGRAFIA

POR

SERGIO AZUARA ARTEAGA

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
FORESTAL.**

APROBADA

**M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO.
PRESIDENTE DEL JURADO**

**ING. SERGIO BRAHAM SABAG.
PRIMER SINODAL**

**ING. SAMUEL PEÑA GARZA.
SEGUNDO SINODAL**

EL COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO.

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. ABRIL DEL 2001.

INDICE DE CONTENIDO	Pág
Biografía.....	i
Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Indice de cuadros y figuras.....	iv

El *pinus radiata* D. Don. EN SU HABITAT NATURAL.

A. Introducción.....	1
A.1. Origen del cultivo de coníferas.....	3
A.2. Distribución de los bosques en México.....	4
A.3. Clasificación taxonómica del <i>Pinus radiata</i>	5
A.4. Descripción de la especie.....	6
A.5. Distribución geográfica natural.....	9
A.6. Características climáticas.....	12
A.7. Características edáficas.....	14
A.8. Usos especiales del <i>Pinus radiata</i>	16
B. Tratamientos culturales.....	17
B.1. Siembra.....	17
B.2. Epoca.....	17
B.3. Plantación.....	18
B.4. Cuidados.....	19
B.5. Aclareos.....	19
B.6. Podas.....	22
B.7. Terminación de podas.....	24
Otros tratamientos.....	24
B.8. Laboreo del suelo.....	24
B.9. El abonado.....	25

B.10. Roza.....	25
C. Características de la vegetación.....	28
C.1. Daños causados por agentes físicos.....	29
C.2. Daños causados por agentes bióticos.....	29
C.3. Regeneración.....	30
C.4. Consideraciones ecológicas.....	31
D. Introducción del Pinus radiata en México.....	32
D.1. Chihuahua.....	33
D.2. México.....	34
D.3. Querétaro.....	38
D.4. Guerrero.....	39
D.5. Hidalgo.....	40
D.6. Oaxaca.....	41
D.7. Jalisco.....	41
Otros estados.....	41
E. Introducción del Pinus radiata en el mundo.....	45
E.1. Nueva Zelanda.....	45
E.2. Chile.....	46
E.3. Australia.....	48
E.4. España.....	49
E.5. Sudáfrica.....	51
E.6. Canadá.....	51
E.7. Estados Unidos.....	51
E.8. Bolivia.....	52
E.9. Brasil.....	52
F. Requerimientos nutricionales del Pinus radiata.....	55
F.1. Síntomas visuales de deficiencia.....	57

F.2. Análisis foliar.....	60
F.3. Análisis de suelo.....	62
G. Los elementos nutricionales y su respuesta.....	63
G.1. Nitrógeno.....	63
G.2. Fósforo.....	65
G.3. Magnesio.....	66
G.4. Cobre.....	67
G.5. Boro.....	67
H. Influencia de los factores fisiograficos en el crecimiento.....	69
H.1. Posición de la pendiente.....	72
H.2. Exposición.....	76
H.3. Pruebas bajo condiciones controladas.....	81
I. Conclusiones.....	82
I.1. Recomendaciones.....	83
I.2. Bibliografía.....	84

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “**, por haberme permitido culminar en ella mi carrera profesional.

A los **catedráticos** de nuestra **Alma, Mater** por los conocimientos adquiridos durante el paso por las diferentes aulas de nuestra universidad.

Al M.C. Reynaldo Alonso Velasco.

Por su apoyo y disposición en todo momento para la elaboración de este trabajo, sin la cual hubiese sido imposible la realización del mismo.

Al Ing. Sergio Braham Sabag.

Por su valiosa ayuda en la revisión del presente trabajo así como por impartirme clases y transmitirme sus enseñanzas.

Al Ing. Samuel Peña Garza.

Por su colaboración en la revisión y por sus valiosas aportaciones para mejorar este trabajo.

Al M.C. Alfredo Sánchez López .

Por su gran amistad humilde y sincera durante mi estancia en esta institución, los cuales fueron parte importante para llegar hasta este momento.

Al Ing. José Domínguez Vasquez.

Por su apoyo, amistad, y confianza que siempre brindo en mi, en cualquier momento que fue necesario sin ningún interés alguno.

Ala Lic. Graciela Guardiola González.

Por su invaluable ayuda en la elaboración de este trabajo en computadora.

A mis amigos:

Pedro Ruiz Sánchez, Arturo Valencia, Erasmo Valdés Azuara.

Por darme su amistad de manera incondicional y apoyarme siempre.

Ala generación LXXXIX:

Por la convivencia en que permanecemos durante la formación de nuestra carrera de ingenieros forestales.

Ala Virgen de Guadalupe y ha Dios:

Por brindarme licencia e iluminación y por haberme permitido terminar mi carrera profesional que más adelante me servirá para el sustento y bienestar para mi familia y para la sociedad.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Teófila Arteaga Orozco.

Renato Rene Azuara Guerrero.

Por todo el apoyo brindado a través de mis estudios y con la promesa de seguir siempre adelante. Con amor y respeto. “ gracias “

A mis hermanos:

Sixto

Hector

Ana Lilia

Por el cariño fraternal, alergia, confianza y por todo el apoyo recibido durante mi formación profesional.

A mis abuelos:

Sixto Azuara Guerrero. (+)

Celestino Arteaga (+)

Bulmara Guerrero

Josefina Orozco

A mi esposa:

Graciela Guardiola González.

Por todo el amor y el apoyo brindado que deposito en mi, durante mi carrera, por ser una persona noble y sencilla. (T.Q.M.)

Con amor y cariño:

A mi sobrino Hector Aldair Azuara M., que forma parte de nuestra vida y que son la felicidad del hogar, así como a mis primos y primas.

pero muy especial Ami primo C. Ing. Antonio Valdés Azuara y a su apreciable familia, por todo el apoyo que siempre me brindaron.

Con todo respeto:

Mis tíos y tías por todo el apoyo moral que siempre me brindaron durante mi formación profesional, en especial a mi tío Lucio Azuara Guerrero. “ Don Lucho “

INDICE DE CUADROS

Pág

1.- Caracterización de los suelos del área de distribución del Pinus radiata.....	27
2.- Productividad del Pinus radiata en los principales países donde ha sido introducido	54
3.- Síntomas de deficiencias nutricional en Pinus radiata.....	59
4.- Niveles foliares de referencia para Pinus radiata.....	61

INDICE DE FIGURAS

Pág

1.- Descripción botánica del Pinus radiata.....	8
2.- Distribución natural del Pinus radiata.....	11
3.- Introducción del Pinus radiata en México.....	44
4.- Introducción de Pinus radiata en el mundo.....	53
5.- Requerimientos fisiograficos en el crecimiento.....	71
6.- Descripción de un área respecto a su curvatura topográfica.....	75
7.- Irradiación relativa atraves del día.....	80

INTRODUCCION

México es poseedor de una gran biodiversidad forestal y faunística, distribuida en tres grandes ecosistemas: templado frío, tropical y zonas áridas.

Las zonas forestales tienen una superficie estimada en 141.5 millones de hectáreas, de cuales 49.6 corresponden a zonas arboladas.

Estos ecosistemas se ven continuamente sometidos a diversos factores que inciden

en su degradación y deforestación, siendo los principales: los cambios de uso de suelo no autorizados (desmontes) , cortas clandestinas, plagas forestales, avance de la mancha urbana, incendios forestales, etc.

Los incendios no son la principal causa de deforestación en nuestro país, pero sí una más importantes de la degradación de las zonas forestales, y por su espectacularidad, los que mayor impacto causan en la opinión pública, teniéndose la creencia errónea de que son la primera causa de deforestación a nivel nacional, cuando apenas contribuyen con el 2.2%.

Es por eso, que en nuestro país se vive un creciente interés por el mejoramiento del ambiente a través de la reforestación. Muchas veces estas tendencias son inerciales, es decir que se mueven por impulso externo ya sea económico para ciertos productores agropecuario y/o forestales del país o de otro tipo para el ciudadano, colono o estudiante, que simplemente lo hace por deber.

El país ha sufrido una seria tendencia en cuanto a disminuir sus fronteras forestales sobre todo en las últimas décadas, ya que la tasa de deforestación oscila

entre las 300 y las 600 mil hectáreas cada año, mientras que en contra parte la reforestación es apenas de un 10%, es decir de entre 30 y 40 mil has. anuales.

La presión de esta deforestación recae principalmente en las zonas tropicales y subtropicales del país, ya que políticas mal enfocadas o la primera necesidad de subsistencia de los pobladores rurales, forza a la tala inmoderada de bosques para establecer procesos productivos que genere ingresos en el corto plazo.

Esta situación es interesante analizar ya que una alta proporción de estas áreas es de vocación forestal maximiza la potencialidad de sus recursos en la producción de maderas u otros bienes y servicios.

Muchas veces, después de la roza-tumba-quema, los ejidatarios o comuneros cultivan tierras con pendientes escarpadas para sembrar y cultivar maíz y frijol, provocando con ello un alto grado de erosión eólica o hídrica por la exposición del suelo, y en 3 o 4 años abandonan las áreas cultivadas para abrir nuevos bosques a la agricultura.

Por otro lado el manejo de los recursos forestales debe hacerse considerándose todos los componentes biofísicos del ecosistema, esto es el suelo, la vegetación en su conjunto, la fauna, la biodiversidad y los procesos naturales, considerando así mismo a los dueños o poseedores como componentes del mismo.

Es indispensable que el plan de manejo de los recursos forestales cuente con solidez biológica y económica, pero además debe ser aceptado por la población rural y urbana del área de influencia.

ORIGEN DEL CULTIVO DE CONIFERAS

La relación del hombre con el bosque es desde los primeros registros de la historia. En tales épocas las coníferas no representaban gran importancia para el hombre debido a su escasa capacitación técnica de las sociedades primitivas. Las actividades de conservación y administración eran desconocidas, por lo que el bosque representaba un elemento del ambiente con pocas oportunidades de uso y esto trajo la apropiación irrestrictiva de los productos forestales y el desmonte, con el fin de dar otros usos al suelo (Mendoza, 1991).

Coinciden estos actores que por tal motivo la primera política referente al uso de los bosques, en gran parte del mundo, resulto ser la eliminación de la comunidad silvestre para usar el suelo en la agricultura, ganadería, u otras formas de explotación.

Antecedentes históricos en Líbano, Egipto y Siria indican el incremento de la capacidad humana de intervención ya fuera por progreso tecnológico o por aumento poblacional, tuvo como consecuencia obvia la destrucción forestal.

Esta situación obligó al hombre a tener que recurrir a iniciar las plantaciones forestales especialmente con sus diferentes fines y así poder satisfacer la demanda de las necesidades humanas.

DISTRIBUCION DE LOS BOSQUES EN MÉXICO

Los bosques de coníferas, son frecuentes en las zonas de clima templado y frío del hemisferio boreal, también caracteriza muchos sectores del territorio mexicano, donde presentan amplia diversidad florística y ecológica.

Se les encuentra prácticamente del nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea; prospera en regiones de climas semiárido, semi húmedo y francamente húmedo, varios existen solo en condiciones edáficas especiales (Rzedowski, 1983).

Las coníferas en México se localizan según Rzedowski, entre los 1200 a 4500 msnm por lo tanto las encontramos en los estados del centro, norte y parte del sur del país.

CLASIFICACION TAXONOMICA

Según, Rzedowki, (1979) ubican al *Pinus radiata* de la siguiente manera:

Reino _____ Metaphyta
División _____ Spermatophyta
Subdivisión _____ Gymnospermae
Clase _____ Pinopsida
Orden _____ Pinales
Familia _____ Pináceas
Genero _____ Pinus
Especie _____ radiata D. Don.

DESCRIPCION DE LA ESPECIE

Martínez (1948) en su libro los Pinos Mexicanos, hace la siguiente caracterización del *Pinus radiata* (fig.1).

Árbol de 13 a 33 metros de altura y un diámetro normal de 30 a 60 cm; copa densa, angosta, redondeada y con frecuencia irregular, corteza hundida, áspera y escamosa, de 3 a 5 cm de espesor, de color moreno oscuro, a veces casi negra; ramas fuertes y extendidas; ramillas delgadas, algo glaucas cuando tiernas.

Hojas en grupos de 3, a veces 2, por rareza 4 o 5 en algunos fascículos, de 8.5 a 15cm de largo, a veces hasta 17.5 cm, algo delgadas de color verde oscuro, brillantes.

Las células endodérmicas delgadas; dos haces fibro vasculares separados; hipodermio tienen dos o tres canales resiníferos, medios ocasionalmente con uno interno; paredes de uniforme Vainas persistentes, anilladas de 6 a 12 mm.

Resinas ovoides, brillantes de color castaño.

Conos masculinos densos de color amarillo, conillos mucronados de color púrpura oscuro. Conos anchamente ovoides, casi globosos cuando se abren, asimétricos, de 10 a 14 cm de largo, en grupos de tres a cinco, sésiles o casi sésiles, muy reflejados y

oblicuos, de color moreno rojizo. Son tenazmente persistentes y pueden durar cerrados muchos años.

Escamas duras, uniformes, redondeadas o cuadrangulares, de 3.5 cm de largo por unos 18 mm de ancho, ensanchadas en su parte media, con apófisis aplanadas o poco levantadas; cúspide hundida, con una espina muy pequeña y caediza. Las escamas del lado externo, cercanas a la base presentan apófisis abultadas.

Semilla elipsoidal, algo comprimida, muy oscura, de unos seis mm con ala de color moreno claro, longitudinalmente estriada, ensanchada hacia arriba y oblicua en el ápice de 18 a 25 mm de largo por unos 6 a 8 de ancho. La madera es ligera, suave y quebradiza, de textura uniforme.

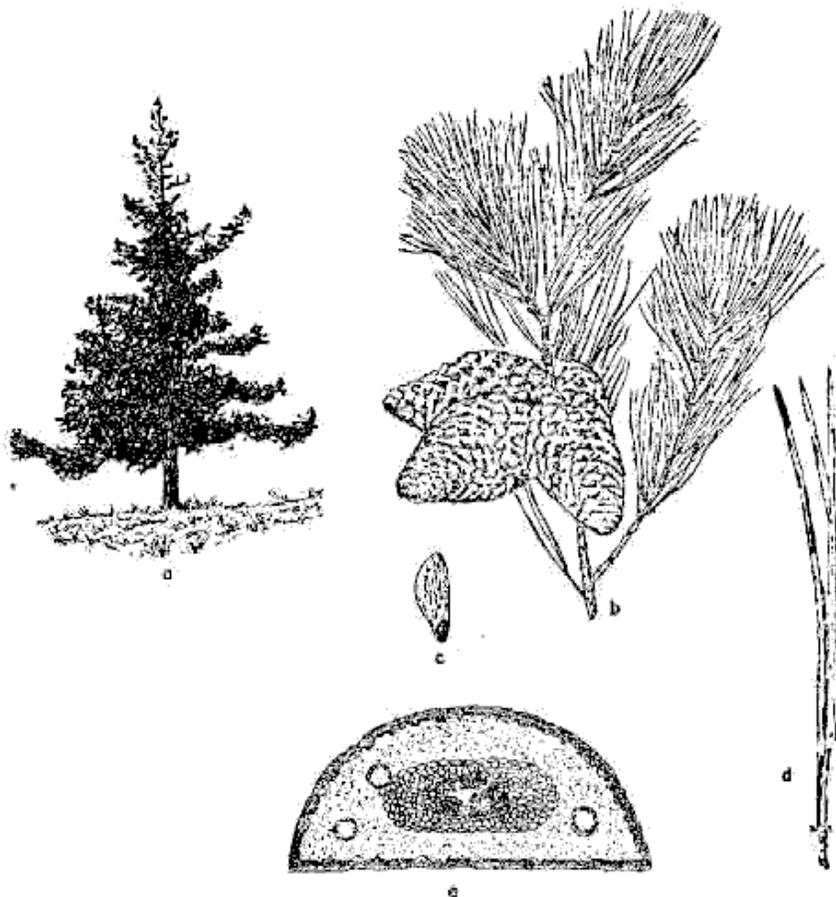


FIGURA 1. *Pinus radiata*; a) árbol aislado; b) ramilla con conos; c) semilla; d) fascículo; e) corte tansversal de una acícula (Adaptación de Martínez, 1948).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA NATURAL

En la actualidad, se encuentra en un área de distribución natural muy reducida que comprende tres localidades(fig. 1) a lo largo de un estrecho cinturón de 210 km. de longitud sobre laderas y picos que se extienden 10 a 11 km. tierra adentro de las costas Californiana entre Pessadoro y la Bahía de San Simeón, EUA (Champion y Brasnett, 1959).

En esta área se encuentra en lo que Masón(1932) llamó bosque costero de los pinos de cono cerrado de California, y que se encuentra formado por tres regiones florísticas: el bosque húmedo septentrional, el bosque de Sierra Cascada y el bosque de la cordillera Californiana.

Estos tres conjuntos formaba el pleistoceno una masa mucho más homogénea que en la actualidad.

En aquellos años el *Pinus radiata* que seguramente procede junto con el *P. muricata* del que solo se conocen fósiles del final del terciario, alcanzó su distribución más extensa, ocupando localidades situadas a la altura de la Bahía de Tomales, muy al norte de su área actual.

Lindsay (1932) descubrió la ubicación y características de las tres comunidades en las cuales actualmente se encuentra el área de distribución natural del *Pinus radiata*.

La primera esta al norte de la ciudad de Santa Cruz, a 37° de latitud norte, corresponde a Swanton, entre los límites del condado de Santa Cruz y San Mateo y ocupa unas 400 has.

Los bosquetes se encuentran ubicados entre el mar y las laderas escarpadas de los montes de Ben Lomond a cotas inferiores de los 250 metros.

La segunda se ubica al sur de la Bahía de Monterrey, 36.5° de latitud norte. Aquí se localiza la mayor extensión, que Gandullo (1974) considera de aproximadamente 4000 has. Esta comunidad esta situada en las llanuras o laderas de pendiente suave que se extienden entre el mar y las alturas de Loma Alta. Aunque las montañas suben hasta los 400 metros, el *Pinus radiata* suele quedar a cotas inferiores a los 300 metros.

La tercera comunidad se encuentra ubicada en el condado de San Luis Obispo, en Cambria, 33.5° de latitud norte. Ocupando una superficie de 810 a 1210 ha. En laderas de pendiente, próximas a la población y separadas menos de 4 km de la costa, altitudes inferiores a los 170 metros. Los pinos de esta localidad poseen conos mayores, acículas más cortas y fuertes, y copas más reducidas que las de otras localidades. En la Isla de Santa Rosa y Santa Cruz, del grupo de Santa Barbara, a unos 34° de latitud norte, y en las islas Guadalupe y Cedros, a la altura de la costa, en Baja California en México, se encontró una variedad que fue llamada *Pinus radiata* var. *Binata* Lemmon. (Gandullo *et al.*, 1974).

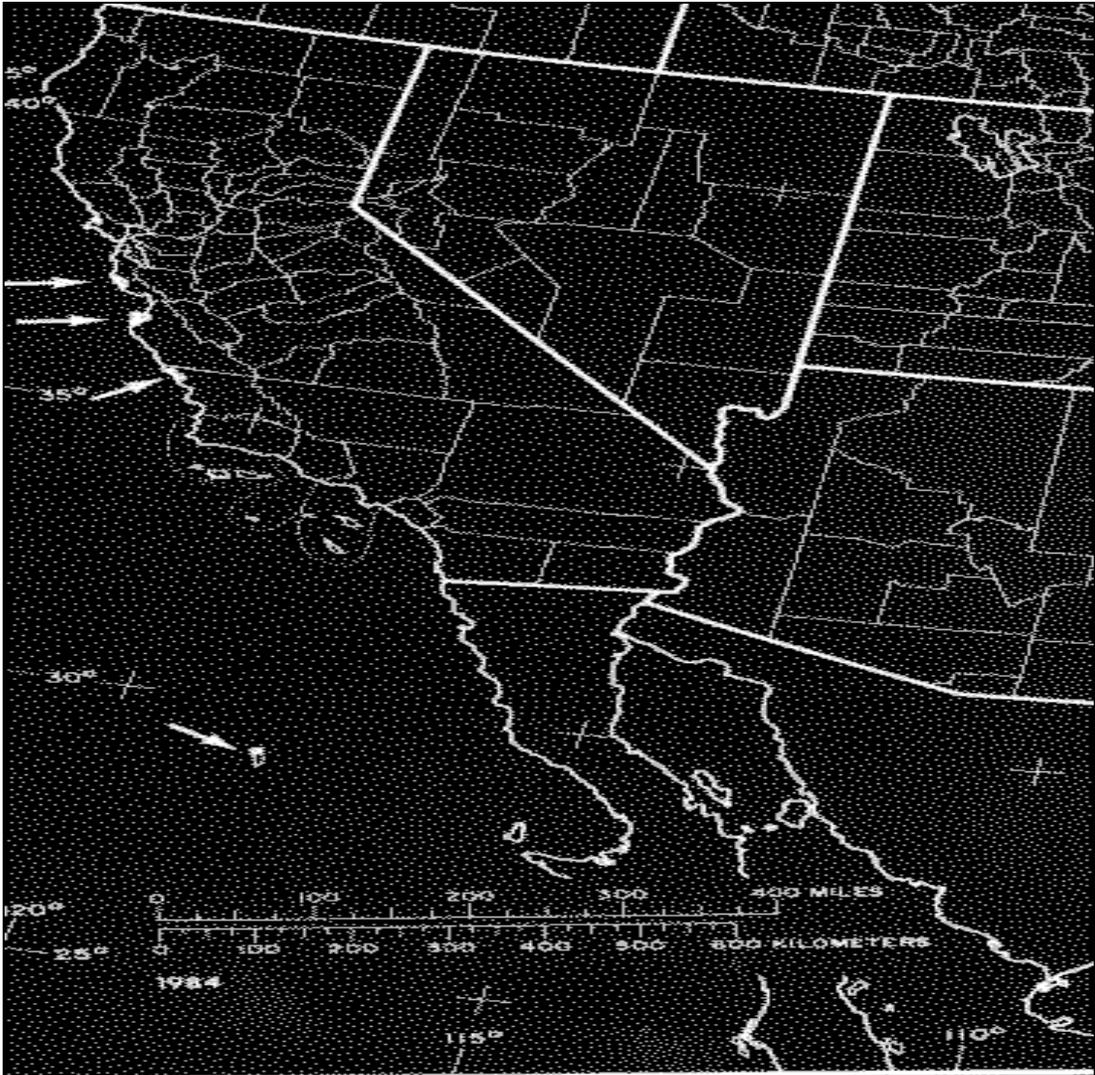


FIGURA 2. Distribución natural del *Pinus radiata* D. Don (Little, 1966) .

CARACTERISTICAS CLIMATICAS

El clima de toda la zona del hábitat natural ha sido clasificado como de tipo mediterráneo, en el cual la máxima pluviosidad ocurre en otoño y primavera. Aquí la pluviometría aumenta continuamente hasta alcanzar su máximo en enero y luego disminuye gradualmente hasta el verano, que es seco. Sin embargo, en California no se presenta este régimen de lluvias. (Gandullo *et al.*, -1974).

Otra diferencia fundamental del clima de California con el mediterráneo europeo, es la formación de nieblas estivales y el descenso de la temperatura en las zonas Terrestres próximas a las costas en verano. Este fenómeno es provocado por una corriente oceánica fría que bordea la costa californiana estadounidense. La temperatura durante el año varía poco; la temperatura media invernal es de 10°C y la media en verano es de 14°C. (Champion y Brasnett, 1959). Según Lindsay (1932).

Esta especie inicia su crecimiento a una temperatura inferior a cualquier otro pino del oeste de América. Sin embargo, Mac Dougal (1936) encontró que aún habiendo disponible suficiente humedad en el suelo para que el crecimiento continué, éste cesa cuando la temperatura del cambium del árbol desciende de 8°C.

De febrero a junio, cuando el crecimiento es normalmente más activo, la temperatura media varía de 11° y 16° C y la media de las máximas diarias se encuentra entre 17° y 24° C. La mínima absoluta es 4.4°C en Monterrey y 6.7° C en Santa Cruz y la máxima absoluta en verano ,que corrientemente tiene lugar en septiembre, por que las nieblas hacen descender la temperatura de junio a agosto, es de 37° C en Monterey y de 42° C en Santa Cruz (Champion y Brasnett, 1959; Vidal, 1962).

La precipitación promedio anual en Monterrey entre los años 1847 y 1915 fue 242.4 mm, con un máximo de 761.5 mm y un mínimo de 183.9 mm de los cuales 70 a 75 % cayó en invierno, de diciembre a marzo, y sólo 18.3 mm entre mayo y agosto (Lindsay, 1932). En Santa Cruz el promedio desde 1878 fue de 703 mm, este autor estima que en las masas de Swanton y Cambria la precipitación es de 760 a 890 mm anuales. Mac Dougal (1936).

Da como promedio en Carnel, en la Península de Monterrey, entre los años 1911 y 1924, una precipitación de 500 mm anuales, variando desde 236 a 640 m.

El promedio mínimo de humedad relativa de Monterrey durante julio es de 60 a 70 por ciento. Casi una tercera parte de los días del año son nebulosos o nublados. Ello se debe a la proximidad al mar y a la abundancia de nieblas.

Gandullo *et al* . (1974) presenta una serie de datos térmicos y pluviométricos procedentes de un observatorio situado junto al pinar de Monterrey a 90 msnm.

Dentro de las características climáticas del hábitat natural de la especie puede señalarse la existencia de un clima térmicamente benigno con temperaturas estivales moderadas y escaso período de heladas (Gandullo *et al*. 1974).

CARACTERISTICAS EDAFICAS

El *Pinus radiata*, en su hábitat natural, crece en suelos derivados de roca madre de distintas naturaleza, que poseen una gran proporción de pizarras, esquistos y areniscas procedentes de depósitos marinos correspondientes a antiguas dunas litorales ya estabilizadas y hacia el interior de éstas en suelos más compactados de granito descompuesto (Champion y Brasnet, 1959; Gandullo et al., 1974., Lindsay, 1932; Vidal, 1962).

La profundidad del suelo es un factor importante para el crecimiento del pino. En su hábitat natural necesita al menos 25 cm de suelo para su establecimiento; de 90 a 120 cm para alcanzar de 30 a 36 m de altura y un diámetro de 1.5 a 1.80 m. Sobre las dunas los árboles alcanzan una altura de 12 a 18 m, con diámetros de 60 a 90 cm. Generalmente sus raíces son superficiales pues no profundizan más de 60 cm y sus sistema radicular lateral es fuerte y extendido (Champion y Brasnett *et al.*, 1974).

La acumulación de materia orgánica en el suelo donde crecen las masas naturales es significativa, aún en las peores calidades de estación; la capa de depósitos orgánicos alcanza un espesor de 2.5 a 6 cm. Lindsay (1932) considera que el horizonte orgánico es mayor en las localidades naturales que en cualquiera de las masas artificiales creadas en otros países.

Los suelos sobre los cuales se encuentra prosperando esta especie pertenece a las series Santa Lucía, Elkorn y Arnold, cuyas características mas notables se indican en el cuadro numero 1 (Gandullo *et al.*, 1974).

El crecimiento óptimo de esta especie se presenta principalmente en suelos de textura franco arenosa o franco limosa de una profundidad de 1.0 a 1.3 m o más y se restringe en aquellos con menos de 60 a 70 cm de profundidad, ya sea por causa de algún material compacto subyacente o por la presencia del nivel freático.

El pino no crece bien en suelos muy pedregosos o de mal drenaje, y o muy arcillosos sin adecuada aireación. Se estima que más de 50 por ciento de arcilla en el suelo superior y 70 por ciento en horizontes inferiores, o aún porcentajes menores de esta fracción, puede causar pérdidas significativas de crecimiento en suelos que presentan estructura y densidad desfavorable. igualmente, áreas pantanosas o continuamente inundables no son sitios apropiados para esta especie (Champion y Brasnett, 1959; Gandullo et al., 1974; La Chica et al., 1979; Schlatter, 1997; Vidal, 1962).

TRATAMIENTOS CULTURALES

Siembra:

Como es sabido, las especies forestales de semilla gruesa y por tanto con abundante reservas iniciales, suelen repoblarse mejor por siembra que por plantación. Tanto la preferencia de la siembra sobre la plantación como las mismas técnicas de siembra no han variado gran cosa en el último siglo, lo que las garantiza notablemente como criterio y técnicas correctos.

Epoca:

El problema fundamental con que tropiezan las plántulas procedentes de los viveros es lograr atravesar el primer verano y a veces también el segundo, si éste se presenta muy seco. Toda la producción en vivero debe programarse en función de esta restricción.

En zonas de inviernos no muy fríos, la siembra debe realizarse en el otoño, para que al nacer el brinjal tempranamente, llegue grande y bien enraizado al inicio del verano y pueda atravesar éste sin grandes dificultades.

En ningún caso debe realizarse la siembra (ni en campo ni en vivero) después de marzo, para evitar los riesgos de ataques del denominado “damping-off” que sería inevitables de producirse la germinación a las altas temperaturas que siguen típicamente a esas fechas.

Plantaciones:

Se utilizan sobre todo en la reposición de áreas donde los árboles ya están viejos en plantaciones y en el rellenado de áreas naturales, y usándose tanto plantas a raíz desnuda como con cepellón y de 1, 2 ó 3 años.

En jardinería y en paisajismo se trasplantan grandes pinos, encepellonados con escayola. Sus elevados precios y su amplio uso nos prueban que el mercado reconoce la superioridad estética de esta especie sobre muchas otras.

A veces los aclareos en las plantaciones densas de *Pinus radiata* se practican sobre todo en terrenos no pedregosos- en forma de extracción de árboles escayolados que se venden a precios muy altos. Desgraciadamente suelen elegirse con esta finalidad los mejores pies, por lo que tienden a empobrecerse la masa.

Suelen usarse las mismas épocas en la plantación y por iguales razones, en las siembras; siendo recomendable para el *Pinus radiata* , como en los demás pinos y otras especies de raíz con tendencias pivotantes, el repicado en vivero en las plantaciones a raíz desnuda o, en las plantaciones con cepellón, el uso de envases de repicado automático que impidan el enroscado de la raíz que acaba por reducir el crecimiento de los árboles y su longevidad.

Como en toda repoblación, es bueno que la planta esté en letargo o aletargada en el momento de su plantación, por lo que suele obtenerse de viveros situados a cierta altitud,

en donde las plantas permanecen aletargadas más tiempo, lo que permite ampliar el periodo de plantación.

Espaciamientos de 3x3 m parecen suficientes (1.111 plantas/ha), aun que suele llegarse hasta las 2.500 plantas/ha (espaciamento de 2x2 m).

Cuidados:

Limpieza de vegetación competidora en los dos primeros años de vida, es necesario terminar esa limpieza antes de que la vegetación a eliminar llegue a secarse por el viento.

En suelos arenosos basta con una limpieza al año; en los suelos más densos pueden ser necesarias dos limpiezas.

Cuando la repoblación presenta cierta antigüedad, es bueno reponerlas con plantas de igual o mayor número de años que las de la plantación en general.

Aclareos:

La silvicultura y la pura observación en campo enseñan que los árboles, cuando crecen aislados, desarrollan sus copas más ampliamente que cuando crecen en masas boscosas y compitiendo los unos con los otros.

Un árbol aislado desarrolla una amplia copa, lo más ancha que puede, hasta que alcanza una cierta relación de su tamaño con el diámetro de su tronco (habitualmente medido a 1,30 m del suelo). Según la especie, esa relación es mayor o menor y el *Pinus radiata*

como hemos dicho, es una especie que tiene característicamente una copa densa, angosta, redondeada y con frecuencia irregular.

Muchas veces se especula con el número de árboles que debe haber una hectárea de monte. Debemos recordar ante esta cuestión que lo importante es conocer hasta qué punto compiten o no entre sí los árboles y hasta qué punto protegen adecuadamente el suelo.

Si los árboles con lo que nos encontramos en el bosque han vivido en una dura competencia, sus copas serán estrechas y, aún dejando un gran número después de un aclareo, será difícil que sigan compitiendo entre ellos, o que cubran adecuadamente el suelo. Sin embargo, si han vivido aislados tendrán copas amplias y desarrolladas, y un número menor que el anterior será suficiente para igual grado de competencia y recubrimiento.

Cuando el número se hace excesivo, la masa se “estanca”, con grave reducción del crecimiento en altura y en grosor de los árboles, que se hacen raquíuticos y presentan copas excesivamente estrechas y delgadas.

Cuando el número de árboles es demasiado pequeño, vuelve a reducirse el crecimiento en altura y el crecimiento total del bosque, los árboles se hacen copudos y cada uno de ellos crece rápidamente en diámetro; aunque no puede crecer más de prisa del límite que les imponen sus condiciones genéticas y locales, ni consiguen entre todos, recubrir adecuadamente el suelo.

En ambos casos hay un amplio margen en el cuál los técnicos forestales deben lograr la espesura más adecuada.

La espesura excesiva suele denunciarse porque los árboles dominantes (o más altos) del bosque presentan una longitud de copa viva pequeña frente a su altura total, y sus copas se estrechan exageradamente. Una fracción de copa viva (que así se denomina dicha relación entre la longitud de copa viva y la altura total) en los árboles dominantes menor de un tercio suele ser una señal de alarma en este sentido.

Una espesura defectuosa se denuncia porque los árboles no logran recubrir suficiente el suelo; es decir, no logran cubrir ni los dos tercios del mismo.

El crecimiento total del bosque decae acusadamente, los árboles tienden a tomar la forma de los árboles aislados. Entre ambos márgenes el número de árboles, y dada su flexibilidad para adaptar su forma a las condiciones de vida, puede ser muy variado y , sin embargo, será más o menos correcto y compatible con un estado general del bosque adecuado.

Tampoco la edad marca gran cosa el número de árboles que debe de haber, pues este número depende mucho más del tamaño de estos que de su edad y, según sea la calidad del lugar para permitir un crecimiento adecuado de los árboles y según sean los tratamientos que hayan recibido éstos (y especialmente la espesura en que hayan vivido), así será su tamaño.

Podas:

La función principal de las podas en el *Pinus radiata* es formar el tronco para mejorar la calidad de su madera, sin embargo, y como ya hemos dicho, puede dar madera apreciada; sin grietas, recta y limpia de nudos.

Los cortes pueden realizarse indiferentemente a hacha o con sierra manual o mecánica (motosierra). Se impone día a día la motosierra.

Las podas deben hacerse en período de letargo vegetativo, efectuando los cortes a ras del tronco y sin desgarraduras, y no cortando nunca ramas demasiado gruesas (en este sentido ramas de más de 8 cm de diámetro con corteza son ya excesivas). Simultáneamente debe aprovecharse para despuntar las ramas demasiado verticales y gruesas que tengan el riesgo de convertirse en doble guías.

Existen tres límites en la intensidad de las podas: 1) no puede cortarse nunca en la misma vez una longitud de tronco mayor de un tercio de la copa viva inicial del árbol, 2) no puede dejarse una copa viva menor del tercio de la altura total del árbol (una copa de sólo un cuarto es ya atentado a la vitalidad del árbol, aunque este atentado sea frecuente), y 3) no, pueden cortarse en una poda más verticilios que los años que se aplicó la poda anterior (la copa debe ir “estirándose” con la edad).

Como ya hemos dicho, las podas deben de comenzarse cuando el diámetro del árbol no es demasiado grande, siendo conveniente que no sea mayor de 12-15 cm de diámetro con corteza, para así conseguir antes de la corta del árbol un buen recubrimiento de madera

libre de nudos; sin embargo los árboles pequeños tienen copas vivas desde el suelo y no debe de cortarse más de un tercio de éstas.

Esto podría conducir a limpiar de ramas una longitud demasiado pequeña, por eso suele esperarse a que parte de las ramas bajas mueran de forma natural, cortándose entonces todas ellas más de un tercio de la longitud de copa viva. Rara vez miden menos de 3-4 m de altura los pies dominantes en altura cuando se les aplica su primera poda.

Retrasar mucho las podas puede conducir sobre todo en masas poco densas a que las ramas a cortar engordan en exceso para que pueda cicatrizar después con rapidez la herida del corte.

Las podas suelen repetirse cada 5-10 años con cierta tendencia a ser más frecuentes al inicio de la vida del árbol que al final. Una periodicidad muy habitual son los seis años.

La primera poda exige instrucciones cuidadosas a los podadores sobre la elección de los árboles a podar y limitaciones de poda, las podas siguientes son más fáciles pues basta con fijar el número de verticilios a cortar. Por otra parte, los árboles suelen señalar con la claridad las ramas que les sobran a cualquier observador avezado en la materia.

Normalmente, la primera poda se realiza junto al primer aclareo, que se efectúa apoyando lo mas posible a los árboles dominantes que se eligen para poda.

Terminación de podas:

Las podas se suelen detener cuando alcanzan los 5 – 6 m de altura de fustes.

OTROS TRATAMIENTOS:

Son de destacar: el laboreo del suelo y el abonado; también la roza y los tratamientos especiales de matorrales arbolados y masas mezcladas.

Laboreo del suelo:

El laboreo, además de proteger del incendio, limpia la vegetación competitiva y permite en ocasiones la siembra de cualquier otro cultivo.

Debe practicarse con gradas de disco ligeras, para no dañar el sistema radical de los pinos. no puede practicarse hasta que los pinos están suficientemente espaciados o suficientemente bien alineados para que la maquinaria pueda desplazarse entre ellos.

Es intervención peligrosa para la conservación de los suelos forestales, y a prohibir por tanto en suelos de pendientes o en los pobres en materia orgánica; es decir, casi por todas partes. Sólo lo recomendamos en suelos llanos y más bien fértiles.

Abonado:

El abonado por el momento no supera la fase experimental, y por lo pronto el fósforo y potasio son los elementos más eficaces o, al menos, los que con mayor frecuencia escasean en los suelos forestales, por lo que en el abonado se deben de incluir las cantidades adecuadas de estos dos elementos.

Es frecuente que el abonado preceda al laboreo seguido o no de la siembra con el fin de que este se entierre el abono y lo ponga a disposición de las raíces de las plantas.

Roza:

La roza de matorral solo es recomendable en ocasiones. Especialmente como medida de defensa de los incendios; para lo que basta con rozar zonas estratégicamente elegidas y no hay necesidad de rozarlo todo.

En montes con arbolados muy abierto basta con rozar bajo las copas de los árboles, para recoger, con escaso costo, la mayor parte de los beneficiosos efectos de las rozas.

La roza además de proteger frente incendios, reduce la competencia de la vegetación, además mejora la circulación y el trabajo por los montes, así como el posible uso recreativo de los mismos.

No obstante, es acción de degradación que reduce la protección del suelo y puede afectar a la fauna (esto último para bien o para mal dependiendo del propósito de la plantación).

No es, por tanto, una acción a practicar indiscriminadamente; por esas razones ecológicas, y también porque su eficacia económica es muchas veces cuestionable. Sin embargo, es una intervención a tener en cuenta, pues muchas veces conveniente, y en especial como operación de mejora de pastos.

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DEL AREA DE DISTRIBUCION NATURAL DE *PINUS RADIATA*.

CARACTERISTICAS					
SERIE	ROCA MADRE	TEXTURA	HORIZONTE SUPERFICIAL	HORIZONTE MEDIO	HORIZONTE PROFUNDO
	Pizarras y areniscas marinas mezcladas	Franca-arcillosa	Espesor de 15 a 35 cm. Permeabilidad elevada	Espesor de 30 a 40 cm Débilmente compacto	Espesor de 30 a 40 cm Acidez fuerte
SANTA LUCIA	con rocas de origen calizo procedentes de zonas más profundas.		Acidez fuerte	Acidez fuerte Bastante pedregoso.	Muy pedregoso
EL KORN	Rocas graníticas con algunos esquistos y pizarras.	Franca arenosa	Espesor de 20 a 50 cm Buena permeabilidad pH entre 4.5 y 5.1	Espesor de 20 a 30 cm Compacto pH entre 5 y 6.5	Espesor de 40 a 50 cm Textura variable Reacción ácida No hay grava
ARNOLD	Areniscas, silíceas poco consolidadas	Franca	Espesor de hasta 25 cm Arena gris suelta e incoherente pH inferior a 5	Espesor variable Textura arenosa pH inferior a 5	Espesor de hasta 150 cm Algo compacto pH inferior a 5
CUADRO N° 1	Fuente; Gandullo <i>et al</i> , 1974.				

CARACTERISTICAS DE LA VEGETACION

En las tres localidades, excepto en Cambria, el *Pinus radiata* constituye la conífera predominante. Se encuentra asociado con *Pinus attenuata*, *P. Muricata*, *Cupressus macrocarpa* y *C. Goveniana*, los cuales tienen una distribución muy esporádica. Tolera la sombra mejor que ningún otro pino del oeste de América. Las plántulas se desarrollan bien bajo condiciones de luminosidad limitada y en los claros son capaces de formar densos bosques.

En algunas partes del pinar de Monterey la regeneración forma un verdadero subpiso (Champion y Brasnett, 1959; Gandullo et al., 1974).

En la localidad de Swanton, el *Pinus radiata* es denominado por *sequoia sempervirens*, *Pseudotsuga menziessi* y *P. taxifolia*, en tanto que en las áreas más húmedas crece mezclado con esta última. Es evidente que el abeteo podría desplazar al pino, al cubrir con su sombra, la regeneración, si no fuera por los incendios y la acción del viento que permite en su establecimiento en lugares abiertos a la luz antes que el abeto, de crecimiento más lento, pueda ahogarle (Champion y Brasnett, 1959; Gandullo et al., 1974). La tolerancia a la sombra no permite que las masas tiendan a aclararse por sí mismas, ni podarse, lo que ocasiona que la madera sea nudosa debido o a la persistencia de las ramas laterales.

El sotobosque no es muy denso. En las estaciones benignas para el crecimiento del pino el sotobosque está formado por helechos y plantas de los géneros

Ribes sp. y Rhus sp. mientras que en las estaciones poco favorables el chaparral aumenta su importancia.

DAÑOS CAUSADOS POR AGENTES FISICOS

Los árboles que se encuentran cerca de la costa a menudo muestran sus copas quebradas y barridas por el viento, excepto en los suelos húmedos o sueltos, donde la especie es resistente a este tipo de daño. Sobre suelos constituidos por pizarras superficiales y sobre arenas húmedas, la acción dañina del viento puede ser considerable.

DAÑOS CAUSADOS POR AGENTES BIOTICOS

El *chermis piricorticus* mata una pequeña proporción de los pinos de un año y el *physokermes insigricola* se encuentra en árboles viejos y que en unión con otros insectos ocasionan algunas bajas. El hongo *Peridermium harknessii* produce abultamiento globular sobre los troncos y ramas de plántulas causando la muerte de la planta.

Por otro lado una de las plagas que se detecto en el estado de hidalgo fue de un insecto chupador del género *Anacophora*, homóptero de la familia *Membracidae*, el cual causa una decoloración del follaje, que toma diferentes tonalidades del amarillo al café y que al ir succionando la savia de las ramas produce numerosas cicatrices que termina por causarle la muerte al árbol.

REGENERACION

El *Pinus radiata* produce semillas fértiles en abundancia a edad temprana. Se pueden encontrar conos maduros en árboles de siete a ocho años, pero no da cosechas anuales de importancia hasta que tiene de 15 a 20 años, en rodales claros, pero más tarde en rodales cerrados. Generalmente los conos permanecen cerrados sobre los árboles durante varios años, pero en situaciones soleadas pueden abrirse en uno o dos años. La germinación tiene lugar en cinco a seis semanas y alcanza de un 70 a 80 %. Semillas que han permanecido en el cono durante 10 años han germinado excelentemente.

La regeneración en sitios aclarados por los incendios puede ser abundante. Jepson (1910) contó 612 plántulas en un cuadro de 305 cm de lado. Una vez arraigadas las plántulas crecen rápidamente, a menudo 1.2 a 1.5 m anuales. Este autor midió una planta con acceso a la capa freática, que creció 4 metros durante su sexto año.

CONSIDERACIONES ECOLOGICAS

El *Pinus radiata* tuvo su clímax en el pleistoceno cuando ocupaba una superficie mayor que ahora, pero probablemente nunca muy grande. Dentro de su área de distribución los factores que limitan la dispersión lo constituyen barreras naturales; el océano al oeste, la sierra y el desierto al este. Es poco probable que se extienda de una manera natural, pues está restringida a la zona costera por factores climáticos y dentro de esta zona, su distribución está regida por factores edáficos.

En Monterey y Cambria está sobre un clímax edáfico, confinado a las margas arenosas de las series de Elkorn y Arnold, secándose cuando crece sobre suelos compactos, ya que no es capaz de invadir los suelos con esta característica como lo hacen *Pseudotsuga menziesii* o *Sequoia sempervirens*.

INTRODUCCION DEL PINUS RADIATA EN MÉXICO

Muchas especies han sido llamadas árbol maravilla, pero si hubiera de considerarse seriamente un título así, esta especie sería una de las candidatas más serias.

El *Pinus radiata* fue introducido en varios estados como árbol ornamental, utilizando en la confección de parques, avenidas, defensa de viviendas y cultivos por su rapidez de crecimiento, porte y coloración del follaje. En los estados fríos, expuestos a inviernos rigurosos, su cultivo no ha prosperado, o por lo menos no se ha salido de la categoría de árbol decorativo; en cambio, en regiones de clima más benigno, aprovechando su adaptabilidad, se le utiliza en extensas plantaciones artificiales, en algunas de las cuales ha influido significativamente en su economía (Vidal, 1962).

Ante la necesidad de combatir las pérdidas de terrenos, se iniciaron varios programas de reforestación con la finalidad de recuperar las áreas con fuertes problemas de erosión acelerada.

Las cualidades de rápido desarrollo de *Pinus radiata* han dado lugar a que México se trate de propagar en sustitución de pinos nativos, de rendimientos económicos similares, pero de lento crecimiento en condiciones altitudinales y ecológicas diversas (Peña, 1981).

Chihuahua:

El *Pinus radiata* fue introducido en el Estado de Chihuahua en 1951 con fines ornamentales. En el año de 1958 en el paraje Loas Ojitos en las cercanías de Ciudad Madera, se realizó una plantación con *Pinus radiata* bajo la capa protectora de árboles adultos de especies nativas.

Ese año ocurrió una helada que alcanzó una temperatura de -10°C la cual afectó a esta plantación y trajo como consecuencia posterior la muerte de todas las plantas. (Flores, 1967).

La plantación fue efectuada a una altitud de 2,150 msnm y se ubica entre las siguientes coordenadas $29^{\circ}13'$ latitud norte y $108^{\circ}7'$ longitud oeste, con una temperatura media anual de 540.4 mm, con clasificación de un clima según García (1973) C(W1) (X') (b') (e) esto es, templado subhúmedo, con lluvias en verano, dentro del área concesionada a la Industrial Forestal Bosques de Chihuahua.

La adaptación de esta especie sin embargo, no ha sido evaluada en las plantaciones anteriores. Mediciones hechas en el pinetum del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en Coyoacán, indican árboles de esta especie a la edad de 7 años presentaron un diámetro medio de 10.2 cm y altura media de 7.66 m.

En 1970 estos individuos, a la edad de 10 años, presentaron un diámetro, presentaron un diámetro medio de 10.2 cm y altura media de 13.87 m, que indica un incremento en altura media pero no en diámetro, además de una conformación defectuosa. A sí mismo, ha sido detectado en esta especie un amarillamiento foliar después de una nevada (Peña, 1981).

México:

En un estudio forestal efectuado entre los años 1951 y 1953 se estimó que el Estado de México poseía una superficie forestal de 971,000 ha, de las cuales 268,000 ha carecían de vegetación; 213,000 ha correspondían a claros y calveros dentro del área arbolada, lo que hace un total de 481,000 ha sin árboles las cuales presentan distintos grados de erosión. (Yañez, 1972).

Otras estimaciones en las que se comparan cifras del estudio forestal efectuado en 1951 – 1953, con otro realizado en el año de 1969, dan como resultado que esta entidad padece la destrucción, en promedio, de 8,000 ha forestales por año. (PROTINBOS, 1972).

Para la solución de este problema se han efectuado varios programas entre los que podemos mencionar los siguientes:

1.- En 1968, la entidad Industrial de Explotación Forestal San Rafael y Anexas, efectuó una programa de plantaciones, el cual tenía como objetivo la corrección de torrentes,

la recuperación de suelos erosionados y la protección de otros recursos.

Dentro de la superficie plantada por este programa, el *Pinus radiata* ocupó 90 ha en masas puras localizadas en doce parcelas de diferentes dimensiones cada una. Las plantaciones se encuentran localizadas entre los 19°27' y 19° 28' 30" latitud norte y 98° 47' 30" y 98°51' longitud oeste, a una altura de 2,400 a 2600msnm, al sureste del poblado y ejido Tequesquinahuac, en el Municipio de Tezcoco. (Peña, 1981).

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Koppen modificado por García (1973), esta zona presenta un clima C(W1) (W) b (i'), el cual se caracteriza como templado subhúmedo, con precipitación media anual entre 600 y 800 mm; régimen de lluvias de verano, temperatura media máxima de 21°C, media mínima de 7°C y media anual de 13°C (Peña, 1981).

La repoblaciones efectuadas con esta especie indican fuertes problemas de ataque de plagas y enfermedades, dentro de las que destacan *Cronartium sp.* Y *Dioryctria sp.*

Salinas y Gómez (1975) mencionan infecciones por roya (*Cronartium sp.*), en una plantación con semilla procedente de España, la cual fue efectuada en una zona muy erosionada del área de Tequesquihuahac la cual según apreciación visual se encontraba dañada en un 90 % del arbolado.

Eguiluz y Cibrián (1975) efectuaron una evaluación detallada de las infecciones causadas por roya en estas plantaciones encontrando que solo 13.98 % de los árboles de *pinus radiata* estaba infectado.

En tanto Peña , (1981), encontró que 36.78 % del arbolado presentaba ataque de *Dioryctria sp.*, e infecciones de *Cronartium sp.*, lo cual nos da idea de la magnitud de los daños y los alcances que ésta ha tenido.

2.- La Comisión Federal de Electricidad en colaboración con la Subsecretaría Forestal y de la Fauna efectuó un programa de reforestación con fines de protección en el área circundante a la presa Villa Victoria, en el Municipio de Villa Victoria, el cual cubrió

una superficie de 2,490 ha, para lo cual utilizó varias especies dentro de las que figura *Pinus radiata*. (PROTINBOS, 1972).

3.- La Subsecretaria Forestal y de la Fauna a través de su Departamento de Divulgación y Extensión Forestal efectuó de 1967 a 1977 un programa de restauración de suelos erosionados en la vertiente oriental del Valle de México en las laderas de los cerros Telapón y Tlaloc en los Municipios de Chalco e Ixtapaluca, Méx., cubriendo una superficie de 3,741 ha, en las comunidades de San Marcos Huixteco, Chalco, Zoquiapan, San Francisco Acuatla, Acozac, Tlalpizahuac, Ixtapaluca, Coatepec y San Vicente Chicoloapan.

En el área cubierta por este programa se plantaron 6,735,133 de árboles de diferentes especies dentro de las que podemos mencionar; *Pinus halepensis*, *Pinus ayacahuite*, *P.Pseudostrobus*, *Pinus michoacana*, *Pinus montezumae*, *Pinus greggii*, *Pinus radiata*, *Cupressus sp.*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucaliptos glóbulos* y *Schinus molle*.

A partir de 1976 fue incrementada la plantación de dos especies: *Eucalyptus globulus* por la posibilidad que ofrece su follaje de ser aprovechado para uso industrial y farmacológico y el *Pinus radiata* por su buen desarrollo a pesar de los problemas causados por *Cromartium sp.*

Los suelos de esta área son en su mayoría arcillo-tepetatoso y tepetatosos de origen volcánico, en los cuales se encuentran con problemas graves de erosión en un 50 % y el resto erosionados en diferentes grados menores.

El área presenta un clima templado subhúmedo con precipitación media anual de 15°C y una altitud de 2,300 a 2,800 msnm (Ojeda, 1977).

4.- La Subsecretaría Forestal y de Fauna a través de la Dirección de Repoblación y Manejo de Suelos Forestales, efectuó de 1971 a 1977 un programa de repoblación y forestal en la parte nororiental del vaso del ex – lago de Tezcoco en los poblados de la Venta, Tlascaluca, Tepetlaoxtoc, La Concepción, Jolalpa y Oxtotipac, plantando una superficie de 882 has en donde fueron colocados 1,600 000 árboles de diferentes especies incluyendo *Pinus radiata*.

5.- En 1971 – 1972 se formuló el proyecto de reforestación Nevado de Toluca con la participación de la Dirección Técnica Forestal de la Compañía Protectora e Industrializadora de Bosques y la Dirección General de Protección y Repoblación de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, el cual en un plazo de 8 años contemplaba la repoblación de las áreas que habían sido atacadas por el descortezador *Dendroctonus sp.*, las cuales se habían sometido a cortas fitosanitarias, así como la recuperación de áreas con distintos grados de erosión.

6.- En el año de 1971 con el propósito de disminuir las tolvaneras que se generan en el ex – lago de Tezcoco, y que tanto afectan ala Ciudad de México, la Comisión del Lago de Tezcoco efectuó en la parte alta de la cuenca algunos trabajos en donde utilizó *Pinus radiata*, entre otras, la cual ha presentado fuertes ataques de plagas y enfermedades.

7.- Una plantación aislada fue efectuada en el Municipio de Amecameca, Méx., en donde se ha observado roya en tallos y manchado de agujas; la cual ha sido asociada con infecciones por *Lophodermium pinastri* alcanzando proporciones de 100%. Así mismo, se detectó la ocurrencia de *Dochistroma sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, los que causan diversos problemas en el follaje (Salinas y Gómez, 1975).

Querétaro:

Las plantaciones de *Pinus radiata* en este estado se iniciaron en 1973. Durante este año en el ejido de San Martín del Municipio de Amealco, se efectuó la reforestación de 170 ha con esta especie entre otras. En 1974 en el ejido El Rincón se efectuó la repoblación de 265 ha utilizando a *Pinus radiata* y otras especies. Así mismo en 1975-1976 en el ejido San Pedro Tenango se cubrieron 400 ha y en 1977 en el ejido Los Trigos del Municipio de Colón se recuperaron 270 ha. (Ortiz y Vaca, 1980).

Durante los años de 1978 a 1980 se reforestaron un total de 360 has en las cercanías del Cerro el Cimatorio y San Joaquín en el Municipio de Querétaro, utilizando *Pinus halepensis*, *Pinus cembroides*, *Pinus radiata* y *Casuarina equisetifolia*. (Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales, 1982).

Las áreas reforestadas se encuentran a altitudes que van de los 2175 a 2500 msnm, con un promedio de temperatura de 15.3°C y una precipitación anual de 633.6 mm, que corresponden a un clima CW” o (W) bi denominado templado subhúmedo y suelos degradados. Las plantaciones efectuadas con *Pinus radiata* en esta entidad presentan fuertes problemas de plagas y enfermedades tales como *Dioryctria sp.* Y *Cronartium sp.* A pear de

estos problemas se ha observado crecimientos anuales de 2 a 3 cm de diámetro y 1 m de altura, lo cual lo hace sobresalir al compararla con otras especies empleadas (Ortiz y Vaca, 1980).

Guerrero:

De acuerdo con las recomendaciones hechas por Madrigal (1973) sobre establecimiento de parcelas experimentales para la introducción de especies con fines de adaptabilidad, se estableció la parcela experimental Ayotoxtla, en una superficie aproximada de 3 ha, con las especies *Fraxinus uhdei*, *Cupressus lindley*, *Liquidambar styraciflua*, *Pinus radiata*, *Pinus michoacana*, *Pinus ayacahuite*.

Según Torres (1981) comunicación personal quien participó directamente en los trabajos de campo, se llevó un registro de crecimiento de las especies plantadas en la parcela experimental, haciéndose mediciones cada 3 meses. Los mejores crecimientos se obtuvieron con *Pinus radiata*. Desafortunadamente ni fue posible localizar dichos registros.

El Departamento de Plantaciones Comerciales del Organismo Público Descentralizado Forestal Vicente Guerrero estableció en 1974 una reforestación en Ayotoxtla, Municipio de Zapotitlan tablas sobre una superficie de 49 ha con *Pinus radiata*, *Pinus montezumae* y *Eucaliptus camaldulensis*, de la cual se hablará más adelante.

En 1977 en las cercanías de Petatlán, Municipio de Atlixac, se estableció una repoblación con *Pinus radiata*, *Pinus pseudostrobus* y *Eucaliptus camadulensis*, en una superficie de 30 has.

En el vivero de Petatlán ubicado en el poblado del mismo nombre produjo cierta cantidad de plantas de *Pinus radiata* la cual se destinó a reforestar las áreas cercanas al poblado de Chimilpa, Municipio de Atlixnac.

Hidalgo:

En el año de 1976 – 1977, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales estableció en el cerro Loma Larga, fracción El Abra, en el ejido y Municipio de Tulancingo, una plantación de 40 ha, utilizando *Pinus radiata*, *Pinus michoacana*, *Cupressus lindleyi*, *Fraxinus americana* y *Casuarina equisetifolia*. La plantación tenía como objetivos principales probar qué especies presentaban mejor adaptación a las condiciones de esta área localizada a 20° 27' latitud norte y 98° 20' longitud oeste; a una cota de 2,161 m, sobre suelos conformados por riolita de color gris, formada principalmente por feldespatos, cuarzo, ortoclasa y piroxeno, observándose además roca andesítica de color negro.

Hernández (1982). Este autor en efectuada a la plantación con la finalidad de conocer el estado fitosanitario de la misma, reportó la presencia de *Zadiprion vallicola* el cual estaba causando serios daños a *Pinus radiata*. Este problema, al parecer, se venía presentando desde 4 años con un incremento considerable, en el último. Ello trajo como consecuencia una reducción del área foliar y una disminución del incremento en altura.

En el follaje se detectaron algunas escamas blancas de la familia *Dioprididae* de la superfamilia *Coccoidea*, posiblemente *Phenacospis pinifolia*.

En esta plantación la presencia de *Cronartium sp.*, es poco frecuente, y en los casos en que se ha presentado se han cortado y quemado las ramas.

Las heladas que se presentan en esta zona provocan que las hojas tiernas se sequen por completo, las cuales se infectan con *Pitiothorus sp.*, un insecto barrenador de ramas muertas, el cual participa en la degradación de la materia orgánica.

Oaxaca:

En la Sierra de Juárez se realizó una plantación con semilla procedente de Nueva Zelanda, en la se observaron la presencia de infecciones por roya en ramas y tallos, causados por *Cronartium conigenum*, en donde 40 a 50 % de la población de *Pinus radiata* se encontró infectado.

Jalisco:

En este Estado el *Pinus radiata* fue introducido con fines ornamentales para la alineación de calles en el vivero forestal de la Unidad Industrial de Explotación Forestal Atenquique, ubicado en Ciudad Guzmán. En las cercanías de Tapalpa se observó una plantación con *Pinus radiata* y especies de esta zona, mostrando mejores crecimientos que las especies nativas.

OTROS ESTADOS:

El *Pinus radiata* ha sido introducido en el Estado de Tlaxcala, en la plantación de Matlahlocan y el estado de Puebla en la reforestación Totolqueme.

Durante los años de 1980 a 1982 el Programa de Recuperación de Suelos de la Malinche en el Estado de Tlaxcala reforestó, en las cercanías de Acuamala, San Luis TeotoChalco y Axotla del Monte, 1155 has., utilizando *Pinus montezumae*, *Pinus michoacana*, y *Pinus radiata*.(Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales, 1982).

En el estado de Chiapas en 1977 en las comunidades Nachigr Navinckauc del Municipio de Zinacantán se reforestaron con *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Pinus radiata* y *Cupressus sp.* Posteriormente en 1978 en el estado de Michoacán en la Ampliación, El Cerrito, y el Arenal del Municipio de Erongarícuaro reforestaron 54 hectáreas con *Pinus radiata*, *Cupressus lindleyi*, *Cupressus sempervirens* y *Eucalyptus sp.*

Un año más tarde en los predios Bellas Fuentes, El Transval, Primo Tapía, Matugeo y Agua Caliente en el Municipio de Coeneo, utilizando las especies antes mencionadas reforestaron 396 hectáreas (Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales, 1982).

En el Estado de Morelos en 1981 se refoerstaron 192 hectáreas con *Pinus radiata* y *Cupressus arizonica* en los predios de Huitzilac y EL Rodeo del Municipio de Miacatlán.

En 1982 en los predios de Huitzilac, Ahuatepec, Chamilpa, Nepopalco, Santa María y Ahuacatlán se reforestaron 247 hectáreas empleando para esta finalidad *Pinus radiata*, *Pinus halepensis*, *Pinus patula*, *Fraxinus sp.*, y *Eucalyptus sp.*

En 1977 en San Fernando Pochotitlán y Santa Rosa en el Estado de Nayarit se reforestaron 300 hectáreas utilizando *Pinus michoacana*, *Pinus dauglasiana*, *Pinus radiata* y *Eucalyptus camaldulensis*. Una superficie de dos hectáreas fue reforestada en 1982 en la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California Norte utilizando *Pinus radiata*, *Pinus Contorta* y *Cupressus guadalupensis* (Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales, 1982).



FIGURA 3. Introducción del *Pinus radiata* D. Don. en México.

INTRODUCCION DEL PINUS RADIATA EN EL MUNDO

Nueva Zelanda:

El *Pinus radiata* fue introducido en Nueva Zelanda en el año 1800, siendo plantado en granjas y áreas forestales en muchas partes del país. La experiencia demostró que tenía buena adaptación y rápido crecimiento. Su plantación con finalidad forestal se inició por 1890, cuando se utilizó en la formación de cortinas rompe vientos para la protección de huertos frutícolas.

En 1920 se inició la utilización de la especie con fines de forestación a gran escala como una de la mejores especies para estos fines. Después de la primera guerra mundial se intensificaron las plantaciones, tanto la finalidad de crear fuentes internas de madera para uso industrial como con el objeto de generar empleo de mano de obra. Así, en el lapso 1923-1936, se plantaron 240,000 ha de *Pinus radiata* en este país (Scott,1962).

A partir de 1936 se iniciaron trabajos de silvicultura que incluyeron prácticas de selección de semilla, podas, y ensayos de normas de ordenación. Veinte años más tarde, en 1956, *Pinus radiata* comprendía 95 % de la madera que entraba en el mercado interno.

El clima de la mayor parte de Nueva Zelanda se de tipo marítimo con una precipitación anual comprendida de 625 a 2000 mm, excepto ciertas zonas montañosas, que son mucho más húmedas y dos zonas más secas de la Isla del Sur. La lluvia disminuye en forma uniforme durante el año, pero en la Isla del Norte las precipitaciones disminuyen ligeramente en verano. Las temperaturas so favorables para el crecimiento arboreo casi

todo el año. La zona más extensa de *Pinus radiata* se encuentra sobre suelos podzolizados pumicíticos formados en el centro de la Isla Norte.

Se ha observado que el *Pinus radiata* tolera una amplia variedad de suelos, desde los arenosos a los arcillosos, incluyendo a las dunas costeras. Se desarrolla mejor sobre suelos franco arenosos, profundos y bien drenados. No prospera en sitios húmedos o en arcillas podsolizadas poco fértiles, donde presenta ramas secas y necrosis descendente, mal formación de copas y la fusión de agujas (Scott, 1960).

Los bosques de la parte central de la Isla Norte, en los condados de Rotorua, Nelsony Tapani, son los más importantes. Los árboles alcanzan con frecuencia 51 metros de altura a los treinta años, creando masas que rinde 572 metros cúbicos por hectárea de madera aserrada con incrementos de 25 metros cúbicos por año, en esta zona las plantaciones se ubican en suelos de lava, bien drenados, a unos 450 y 600 msnm, con precipitaciones de 750 a 1750 mm (Vidal, 1962). El rendimiento en una estación de condiciones de Nueva Zelanda se estima en 148 metros cúbicos a los 20 años, 279 a los 30 años y 347 metros cúbicos a los 40 años (Scott, 1960).

Chile:

A fines del siglo pasado se efectuaron en este país diversos ensayos de introducción de especies forestales mediante la importación de semillas. Un error, que valió la pena en la de Kinleith (1980), que se cometió cuando Chile pidió a EUA semilla de Pino oregon (*pseudotsuga menziesii*) y en vez de ésta le enviaron semilla de *Pinus radiata*, el cual según algunos fue introducida al país alrededor de 1885 por el señor Arturo Junge k. (Scott,1960)

El error nunca se aclaró y las semillas fueron sembradas por la compañía carbonera Lota, con la finalidad de producir madera estructural para las minas de carbón que se explotaba. Las plantas adquirieron rápidamente la forma de árboles que con fuste recto y sobresaliente lograron muy pronto gran altura (Zahradnik, 1978).

En base a dichos resultados se efectuó en 1893, lo que se puede considerar como primera forestación de esta especie, en una extensión de 10 hectáreas.

Desde 1893 hasta el año 1909 se efectuaron plantaciones esporádicas, iniciándose a partir de 1910 una forestación a ritmo más acelerado, debido a que ya se conocía el buen desarrollo de esta especie (Campos, 1981).

La población de *Pinus radiata* en Chile muestra diferencias importantes en relación a las tasas de crecimiento en su región de origen, ya que crece con el doble de rapidez que en ésta y el resto de las regiones del mundo en que se ha aclimatado.

El desarrollo de esta especie en Chile es muy variable, alcanza generalmente 30 a 35 metros de altura. El diámetro puede llegar a exceder 1.0 m. La forma de la copa depende de la edad y si crece aislado o en grupo (Zahradnik, 1978).

El *pinus radiata* en Chile en una franja litoral que abarca desde Valparaíso a la zona de Cautín y en extensas zonas del Valle central en las regiones del Maule, Biobío y Cautín llegando incluso hasta Valdivia (González et al., 1979).

En estudios de variación morfológica en este país se han encontrado una alta variabilidad para diferentes caracteres estudiados, pero sin identificar sub poblaciones en el espacio de distribución comprendido entre Valparaíso y Valdivia (33° a 40°).

El área de distribución de esta especie de acuerdo a características fisiográficas indican una gran adaptabilidad.

La mayor masa de las plantaciones del país está concentrada en la zona de Concepción (35° 15' a 38° 35' S). Donde a su vez está la mayor concentración de industrias de celulosa y grandes aserraderos, porque se registraron los mejores crecimientos y existen facilidades portuarias y viales para exportación de productos (Zahradnik, 1978).

Australia:

El pinus radiata se introdujo en este país en 1877, fue utilizado para protección y formación de barreras rompevientos, plantadas sobre suelos de antiguas dunas costeras, arenosas, sobre calizas secundarias a 21 Km del mar, en el monte Burr.

Australia en sus seis Estados y Distrito Federal, posee veinte millones de hectáreas de terrenos forestales, de las cuales 20% está ocupada por bosques productivos.

En 1951 existían 124,400 ha plantadas con Pinus radiata (Champión, 1962). En el sureste de Australia Meridional y suroeste de Australia Occidental se presentan zonas con clima mediterráneo, con precipitación media de 760mm al año, que caen principalmente

durante el invierno, la temperatura mínima media de 8°C, la mínima absoluta 4°, y el verano breve seco, con temperatura máxima media de 18°C. Crece en la primavera hasta que el suelo se pone demasiado seco y de nuevo en el otoño hasta que el clima se hace demasiado frío (Brasnett, 1959).

En Australia Meridional , Australia Occidental y Tasmania las plantaciones se han realizado a cotas inferiores de los 300 m. En otros estados han alcanzado hasta los 1000 msnm o Mayor altitud (Scott, 1960).

Actualmente existen alrededor de 800,000 ha plantadas con esta especie y aunque estas plantaciones producen sólo 30% de la trocería para aserrío, el volumen disponible aumentará a 50% dentro los próximos 15 años. Este incremento en la disponibilidad de trocería se debe no sólo a la tasa actual de plantación, si no también al período de rotación relativamente corto de esta especie. El *Pinus radiata* en estas plantaciones produce excelentes trozas a la edad de 30 años. En algunos casos, se han aprovechado trozas de *Pinus radiata* provenientes de aclareos efectuados a los 12 o 18 años, obteniéndose productos aserrados de calidad aceptable (Page, 1981).

España:

El *Pinus radiata* en España fue introducido a mediados del siglo pasado Adán de Yarza en la provincia de Vizcaya, de donde fue extendiéndose a otras con características ecológicas similares (Lanuza, 1966).

Las repoblaciones efectuadas en este país se ubican en su mayoría en una franja angosta de 160 Km. de ancho bordeando la costa Atlántica y el mar Cantábrico y en pequeños bosquetes marginales en Alava y Navarra plantadas en el Valle del Ebro.(Gandullo, 1974).

El *Pinus radiata* crece en el clima típico de la zona costera septentrional del país.

Las precipitaciones anuales son de 550 a 600 mm y en algunas áreas más de 1000 mm, las cuales caen en el período vegetativo (abril-octubre). La temperatura media en esta zona es de 10°C, y la mínima de -5°C (lanuza, 1966).

Las masas se encuentran entre los 400 y 600 msnm y sólo en contadas ocasiones se les ubica arriba de esta última cota, llegando a los 800 m en las pequeñas áreas localizadas en la provincia.

De acuerdo a los mapas de suelos a escala mundial de Ganssen Hadrich (1965) y Papadakis (1961), los suelos donde crece el *Pinus radiata* en general se pueden agrupar: Podzólicos, pardos y rankers.

España tiene como muchos otros países problemas de abastecimiento de madera y pulpa para la Industria del papel, Así como la necesidad de elevar las condiciones de fertilidad de los suelos agrícolas.

Para atacar ambos problemas estableció programas hidrológicos, forestales en los que concibió la creación de grandes masas arboladas como parte de la solución y en donde el *Pinus radiata* cubre grandes superficies (Vidal, 1962).

Sudáfrica

El *Pinus radiata* fue introducido en este país en 1870, aunque las plantaciones en forma organizada no se iniciaron hasta 1882.

La Unión Sudafricana posee una extensión de 1,222,280 Km. Cuadrados, y cuenta con menos de 1% de montes indígenas, excluidas las sabanas. El *Pinus radiata* se encuentra ubicado desde los 1370 a 2400 msnm con lluvia anual de 1000 mm y una temperatura media anual de 10°C a 19°C.

Esta especie ha presentado buenos resultados en plantaciones donde *Diplodia pinea* no se presenta (Scott, 1960).

Canadá:

Pinus radiata ha sido plantado en el noroeste de este país; en la isla de Victoria cercana de Vancouver, se dice que soporta bien el invierno pero se desarrolla en forma de arbusto. (Champión y Brasnett, 1959).

Estados unidos:

Se estableció en la Sierra Nevada de este país, pero las heladas no le permiten crecer en la zona de California, donde hay inviernos suaves, ha sido plantado como árbol ornamental, pero como los árboles son a menudo regados en verano, es difícil saber los

efectos de las diferentes precipitaciones y temperaturas. Sin embargo, en plantaciones localizadas en lugares donde la temperatura estival es alta (máxima superior 32° c) se ha observado un crecimiento lento. En los Estados del este, esta especie no ha prosperado ya que las heladas lo afectan.

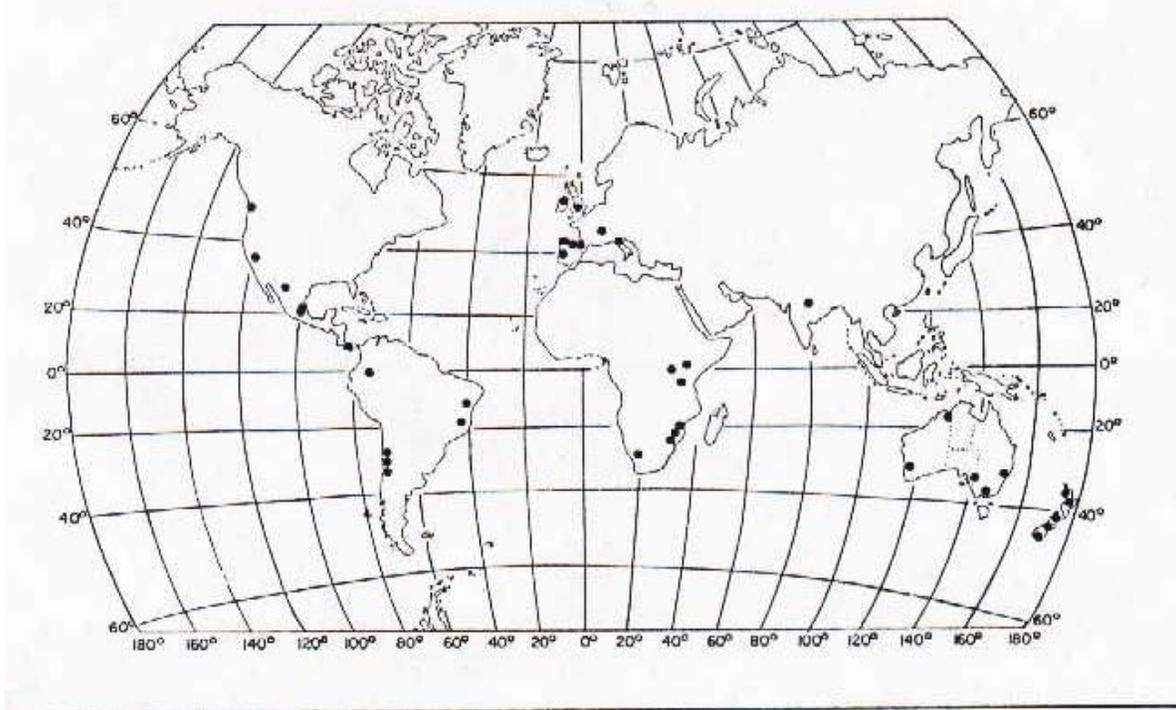
Bolivia:

El *Pinus radiata* en este país fue plantado en las cercanías de la Paz, entre 3,350 a 3,657 msnm, a una latitud 16° 30' sur, se observó un desarrollo satisfactorio.

Esta especie se considera que puede ser utilizada para efectuar plantaciones en terrenos bajos en los alrededores de Cochabamba y La Paz (Kaul, 1970; Scott, 1960b).

Brasil:

En 1948 el Servicio Forestal de este país, introdujo *Pinus radiata* con semilla procedente de Chile, en el Estado de San Paulo. Arboles de *Pinus radiata* crecidos en arboreto midieron 18 m de altura, con 32 cm de diámetro a los 11 años midieron 19.5 metros de altura, con 15 cm de diámetro. Esta especie crece pero no lo suficiente en lugares donde el clima no le es favorable. Es atacado por *Diplodia pinea* y otras plagas causándole fuertes problemas (scott, 1960b).



Introducción de Pinus radiata en el mundo .

CUADRO 2. PRODUCTIVIDAD DE *PINUS RADIATA* EN LOS PRINCIPALES PAISES EN DONDE HA SIDO INTRODUCIDO

PAIS	LOCALIDAD	POSICION	ALT. Y DIAS DE HELADAS	SUELOS	PRECIPITACION	TEMPERATURA PROMEDIO ° C		INCREMENTO MEDIO ANUAL m3/ha
						MINIMA	MAXIMA	
U.S.A	Santa Cruz	37° N 122° O	Nivel del mar 95	Francos	711	1.6	15.5	*
U.S.A	Piedras Blancas	35° 40`N 121° 27`O	10 81	Francos	483	4.4	15	*
MEXICO	Isla Guadalupe	29° 03`N 118° 22`O	600 *	Francos	260	11.6	22.9	*
NUEVA ZELANDIA	Rotorua	38° 09`S 176° 15`E	294 34	Podzólicos pumicíticos	1397	-3.8	15.5	25.0
CHILE	Concepción	36° 50`S 73° 09`O	Nivel del mar	Franco limosos	1244	5.5	26.1	35
AUSTRALIA	Monte Burr	37° 33`S 140° 42`E	64 4	Dunas costeras arenosas	787	4.4	16.5	22.6
ESPAÑA	Guipúzcoa	43° N 2° 0	235 *	Podzólicos	1264	6.0	11.6	22.6
SUDAFRICA	Tokai	34° S 18° 15`E	Nivel del mar *	Arcillosos profundos	914	8.8	18.3	27.2
* No hubo información disponible								
1/- Los datos de producción no corresponden a las localidades								
FUENTE: Raupach, 1967; Champion y Brasnett, 1959 y modificado por los autores								

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE *PINUS RADIATA*

Los distintos estudios existentes sobre el crecimiento de *Pinus radiata* han demostrado que su desarrollo es muy heterogéneo, con diferencias muy marcadas de acuerdo a la calidad de sitio (Schlatter, 1977). Por ello es necesario establecer las condiciones óptimas y mínimas para el crecimiento de la especie en función de su uso específico.

Cuando el objetivo principal de una plantación es la de producir madera, se requiere que su establecimiento se haga en aquellos sitios que se aproximen a las condiciones óptimas para el desarrollo de la especie. Sin embargo, cuando el propósito sea la protección del suelo deberán considerarse las condiciones de sitio mínimas requeridas por la especie.

Un aspecto importante que puede afectar el desarrollo de la especie debido a problemas nutricionales es la historia del sitio de plantación. Cuando estos sitios hayan sido cultivados anteriormente con especies agotadoras de los recursos nutritivos del suelo, como los cereales es probable que aparezcan deficiencias de ciertos elementos esenciales.

Desde el punto de vista productivo, los investigadores han puesto especial atención en el estudio de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, calcio, magnesio, azufre, cobre y boro, como factores limitantes de la productividad.

Estos estudios no se han realizado con igual profundidad en los diferentes casos y en muchos de ellos sólo ha sido determinado su contenido en los tejidos seleccionados para el análisis foliar.

El estudio de las necesidades nutricionales de *Pinus radiata* ha sido muy similar al de otros cultivos. Comienza con la evaluación de carencias de un elemento a través de los síntomas visuales, continúa con pruebas bajo condiciones controladas y de campo. Cada una de estas opciones presenta ventajas y desventajas sin embargo, el análisis foliar ofrece la seguridad de integrar los factores que afectan el estado nutricional del árbol. Los resultados obtenidos son los que mejor se han correlacionado con el crecimiento.

SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIAS

Las características externas que presenta el árbol han sido usadas para diagnosticar deficiencias nutricionales. Esta técnica presenta las desventajas siguientes:

- 1.- Pocos síntomas son completamente específicos para una determinada deficiencia, por ejemplo la clorosis puede ser debida a la carencia de nitrógeno, potasio, magnesio o fierro la cual pudo ser confundida con muerte regresiva y asociada con alguno de estos elementos al azar o bien con ataque de patógenos. Además, la existencia de deficiencias múltiples usualmente altera los síntomas de deficiencia de elementos individuales.

2.- Los síntomas de deficiencias son usualmente la expresión de severas carencias, los cuales inciden en la pérdida de la productividad.

Estos y otros factores limitan el uso práctico de la caracterización de síntomas por deficiencias nutricionales (Ballard, 1972).

La aplicación de la sintomatología visual requiere del entendimiento de la movilidad de iones. El nitrógeno y el potasio son muy móviles, de ahí que se lixivien con suma facilidad del follaje o se transloquen del tejido viejo al nuevo. El fósforo, el cloro y el azufre son moderadamente móviles, en tanto que el zinc, el manganeso, el calcio, el hierro y el magnesio son casi inmóviles o parcialmente móviles bajo ciertas circunstancias; el boro y el cobalto son totalmente inmóviles (Daniel *et al.*, 1982).

Los síntomas visuales aparecen en *Pinus radiata* cuando algún nutriente se encuentra en cantidad limitante para un desarrollo adecuado. Estos exteriorizan, sin embargo, cuando la deficiencia es aguda y pueden variar de un individuo a otro, o bien de un país a otro.

Tal es el caso de los síntomas de deficiencia causados por boro en Australia y Nueva Zelanda, los cuales difieren debido al balance con otros elementos que influyen en su apariencia debido al balance de otros elementos que influyen en su apariencia externa.

(Gentle *et al.*, 1968).

Como segundo ejemplo podemos mencionar que los síntomas de toxicidad y deficiencia de manganeso son idénticos en *Pinus elliotti* y en *Pinus radiata* pero no en *Pinus taeda*. De

ahí que para usar acertadamente esta técnica es necesario contar con suficiente experiencia de campo.

Los síntomas de deficiencia de los nutrientes móviles aparecen primero en la porción más baja e interna de la copa, en las acículas más externas y nuevas (Daniel *et al.*, 1982), en tanto que los de los totalmente inmóviles se manifiestan en los ápices. Los síntomas encontrados en *Pinus radiata* se muestran en el cuadro numero 3.

CUADRO 3. SINTOMAS DE DEFICIENCIA NUTRICIONAL EN <i>PINUS RADIATA</i>					
NUTRIENTE DEFICIENTE		SINTOMAS			FUENTE
NITROGENO (N) MOVIL		Acículas verde-amarillentas con decoloración			Stone y Will, 1965;
		en la parte baja de la copa y follaje antiguo, cuando la deficiencia es severa se observa clorosis y necrosis en los ápices de las acículas adultas. Copa estrecha y ramas finas.			Will, 1978
FOSFORO (P) MOVIL		Acículas de tamaño reducido. Clorosis en ápice de acículas terminales de ramas laterales y secundarias.			Gentle <i>et al.</i> 1968
		Muerte de la yema terminal del fuste, con desarrollo de copas como espiral con ramas cortas, con pocos fascículo.			Weston, 1956, Will, 1978
POTASIO (K) MUY MOVIL		Clorosis de ápices de las acículas (amarillo intenso) progresando hacia la base en acículas viejas. Apices necróticos en follaje más antiguo. Las acículas caen a los 18 meses o 2 años en lugar de los 3 ó 4 años.			Gentle <i>et al.</i> 1968; Purnell, 1958.
CALCIO (Ca) totalmente inmóvil		Las acículas primarias de las plántulas pueden desarrollarse normalmente, pero las secundarias pueden atrofiarse y morir. Se ha observado muerte regresiva en el follaje y ramas.			Gentle <i>et al.</i> 1968; Will, 1966, 1968.
MAGNESIO (Mg) móvil		Las acículas toman un color amarillo dorado en el ápice seguido de necrosis y amarillamiento progresivo hacia la base especialmente en el follaje viejo. Clorosis de todas las agujas de la misma edad en una misma rama. Clorosis más severa en la parte superior de la copa, en acículas completamente desarrolladas. El problema se agudiza por condiciones de sequía y podas.			Gentle <i>et al.</i> 1968; Will, 1966, 1968.
MANGANESO (Mn) móvil		Copa estrecha. Retención de acículas reducidas, lo que resulta en agrupamiento de follaje corto, verde pálido, en el extremo de ramillas. Acículas cortas, rígidas, con necrosis en los extremos. Cuando las deficiencias son severas se ha observado muerte de las yemas terminal y laterales.			Rocuant <i>et al.</i> 1979
ZINC (Zn) inmóvil		Arrosetamiento, ramas laterales cortas y ángulos agudos. Acículas reducidas, las cuales caen antes de tiempo. En casos extremos los verticilos superiores del árbol pueden morir, mientras las ramas inferiores permanecen normales. Acículas amarillas o verdes con extremos amarillos o pardos.			Knight, 1975; Stoate, 1950
COBRE (Cu) inmóvil		Deformación de ramas (retorcidas) y ángulo de inserción más abierto. Desgajamiento de la yema apical terminal, incidencia a la fusión de acículas, extremo de acículas quemadas.			Adams, 1978; Knights, 1975; Know, 1980;

					Will, 1972	
BORO (B) totalmente inmóvil		Muerte de yemas terminales o de todo el tallo durante el período de rápida elongación. Acículas de tallos de crecimiento cortos extremos amarillos; manchas blancas de resina son comunes. La médula en zonas de transición presenta a menudo manchas de color café. La abundancia de nuevos tallos, que emergen de yemas laterales o de fascículos, aumenta la densidad de la copa ocasionan arbustamiento extremo de los árboles.			Know, 1980, Stone y Will, 1965; Tolenaar, 1969; Will, 1978.	
						59

ANALISIS FOLIAR

Esta técnica muestra ciertas ventajas sobre el análisis de suelo como método de diagnóstico. Dado que el árbol es el mejor integrador de todos los factores que afectan el estado nutricional de la planta, el análisis foliar resulta estar mejor correlacionado con la aplicación de fertilizantes que los resultados del análisis de suelo. Además, las relaciones entre la concentración de nutrientes en la planta y el crecimiento relativo como respuesta a la fertilización, son más estrechas que las que obtienen con el análisis del suelo, y se consideran independientes de las condiciones de suelo y clima. Las recomendaciones desarrolladas en un área o región a partir de las primeras relaciones pueden generalmente ser usadas para indicar el estado nutricional de la misma especie en otras regiones.

El análisis foliar para el caso de las especies forestales implica el muestreo del follaje de la parte superior de la copa en el otoño a principios del invierno; debido a que durante período el contenido de nutrientes en el follaje es mucho más notable. Este método no se considera adecuado para determinar la presencia de deficiencias múltiples. (Daniel *et al.*, 1982).

Los niveles bajos, marginales y adecuados establecidos por diferentes autores y recopilados por Will (1978) para el *Pinus radiata* se muestra en el cuadro 4.

CUADRO 4. NIVELES FOLIARES DE REFERENCIAS PARA *PINUS RADIATA*

ELEMENTO SATISFACTORIO	BAJO	MARGINAL
Nitrógeno	1.20	1.20-1.50
Fósforo	0.12	0.12-0.14
Potasio	0.30	0.30-0.50
Calcio	0.10	0.10
Magnesio	0.07	0.07-0.10
	-----	ppm -----
Manganeso	5	5-10
Azufre	80	80-200
Zinc	5	5-10
Cobre	2	2-4
Boro	8	8-12

Fuente: Will, 1978.

ANALISIS DE SUELO

De la cantidad total de elementos presentes en el suelo, solo una pequeña fracción se encuentra disponible para la absorción radicular: el resto se encuentra en formas relativamente no disponibles que pueden ser cristalinas, amorfas u orgánicas.

Los análisis químicos de suelo deben verse como una herramienta útil en el diagnóstico de las necesidades nutricionales de las plantas, pero de ninguna manera se les puede considerar como un medio totalmente adecuado para anticipar el crecimiento o para la prescripción de tratamientos de nutrición (Daniel *et al.*, 1982).

Los análisis de suelo para el caso de las áreas forestales no proveen datos suficientes para darnos una idea del nivel de nutrientes en el suelo.

La ineficiencia de los análisis de suelo en este caso es atribuido a la dificultad de obtener muestras representativas de suelo a través de la extensa zona en que se distribuyen las raíces de los arboles especialmente en la zona de absorción de los nutrientes. (Ballard, 1979).

LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES Y SU RESPUESTA

Los efectos de la aplicación de los fertilizantes que en mayor medida se han estudiado, han sido las relaciones que guardan y las concentraciones de los nutrientes, el crecimiento del árbol, ya sea foliar o en el suelo; el aporte de nutrientes y la calidad de la madera; los efectos sobre el crecimiento que tienen los fertilizantes naturales y artificiales; la asimilabilidad de éstos y finalmente las interacciones entre elementos esenciales.

Nitrógeno:

La principal fuente de nitrógeno amoniacal es la urea. También se utiliza sulfato de amonio (Appleton y Slow, 1966); salitre potásico (Vargas, 1969); nitrato de sodio (Mead *et al.*, 1975). En la actualidad se evalúan fertilizantes de acción retardada como son urea recubierta con azufre, isobutilendiurea (IBDU, 31 % N) y urea con inhibidores de la nitrificación (Mead *et al.*, 1975), como también fuentes naturales, entre ellos sangre y huesos (7-5-0) y sangre seca (14% N). La dosis más habitual de Nueva Zelandia es de 15 g por plántula como urea o fosfato diamónico (Ballard, 1977). Por su parte, Mead *et al.* han experimentado con dosis entre 12.75 y 25.5 g por árbol, en la forma de urea o urea recubierta con azufre.

Determinados niveles aportados al suelo afectan seriamente el desarrollo de las ramas tanto de plántulas como de árboles jóvenes. Will, sostiene que una deficiencia marginal de nitrógeno inhibe el crecimiento en altura.

La relación entre el nitrógeno aportado, los niveles foliares de este elemento y el crecimiento de la planta, fue estudiado por Knight a nivel de invernadero. Este autor ha

establecido que la altura esta correlacionada con el nitrógeno aportado en la solución nutritiva así mismo, encontró una significativa correlación entre el nitrógeno foliar y el peso seco y, entre el nitrógeno foliar y el nitrógeno de otros tejidos (acículas, tallos, ramas, raíces y plántula completa). McFee y Stone (1968), trabajando con cultivos hidropónicos, compararon N-NH₄ y el N-NO₃ como fuentes nitrogenadas, encontrando que tanto el peso seco como el porcentaje de nitrógeno en acículas y raíces aumentaba significativamente a medida que se presenta un menor contenido de P, K, y Ca en acículas y raíces.

La utilización de fertilizantes naturales, sangre y huesos (7-5-0), y sangre seca (14 % N) no ha mostrado ventajas comparativas frente a los artificiales.

Estos autores comprobaron en ensayos en el campo que el nitrato de sodio constituye una fuente de nitrógeno menos eficaz que los fertilizantes amoniacales solubles.

Asimismo, en suelos arcillosos, los fertilizantes de acción retardada resultaron ser más efectivos que la urea sola.

Las aplicaciones de urea no siempre han dado buenos resultados. Cuando se aplicó en arenas silíceas fuertemente lixiviadas, con bajos contenidos de nitrógeno y fósforo y deficientes en cobre, los tratamientos con urea no mejoraron el crecimiento en altura . Esto se puede deber a que el cobre es el elemento más limitante del crecimiento y su deficiencia debe ser corregida primero si se quiere obtener respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

La duración del efecto de los fertilizantes nitrogenados es relativamente corta. Ballard (1977) la estimó de uno a dos años cuando se usa urea o fosfato diamónico.

Appleton y Slow (1966) establecieron la curva típica de declinación evolutiva del nitrógeno en el follaje de *Pinus radiata*.

Esta especie tiene grandes requerimientos nutricionales al inicio de su establecimiento. La aplicación de nitrógeno aumenta en forma considerable el aprovechamiento de fósforo.

La influencia del nitrógeno y fósforo sobre el crecimiento y forma de *Pinus radiata* fue estudiada por Will y Hodkings (1977), encontraron que los árboles que crecían en suelos con bajo contenido de estos elementos mostraban pequeñas diferencias en diámetro y tamaño de las ramas.

Fósforo:

La fuente principal de este elemento la constituye el superfosfato simple (20 a 22%) En Nueva Zelandia se ha utilizado roca fosfórica (P₂O₅ 37 %), fosfato Christmas Islanda “C” (Mead, 1974) y fosfato de amonio y magnesio. Otros investigadores han utilizado, fosfato dicálcico (Waring, 1969) y fosfato diamónico (Mead et al. , 1975).

La dosis aplicada es de 170 g por plántula en forma de superfosfato (Adams, 1972, Ballard, 1974, 1977). La aplicación del fertilizante se efectúa cuando el nivel de fósforo del

suelo fluctúa entre 3 y 122 ppm (Ballard, 1974). En Chile, Vargas y Rocuant encontraron buenas respuestas aplicando 200 a 250 kg por ha de superfosfato triple.

Will encontró que aproximadamente un 30 por ciento del fósforo total aplicado es asimilado y metabolizado por el árbol en los primeros años.

En algunos sitios pobres de Nueva Zelanda, la aplicación de fertilizantes fosfatados permitió conseguir incrementos en volumen moderados, sin provocar cambios en algunas propiedades importantes de la madera.

El efecto de la aplicación de fertilizantes fosfatados tanto en el suelo como en la planta es de tres a cuatro años. Sin embargo, Gentle *et al* encontró en el horizonte A de un suelo arenoso podzolizado, los mismos niveles de fósforo total, después de 15 años de fertilización. Encontró en el follaje de los árboles, ocho después de su aplicación, los mismos niveles foliares.

Ballard encontró que el incremento en altura de *Pinus radiata* está correlacionado linealmente con el contenido de fósforo en el suelo. Gentle determinaron una coeficiente de correlación significativo entre la altura de los árboles muestreados y el logaritmo del fósforo foliar.

Magnesio:

La clorosis foliar del *Pinus radiata* fue correlacionada por Will con la cantidad de magnesio presente en el follaje. La deficiencia de magnesio se corrige con una aspersión de

una solución de sulfato de magnesio (2 por ciento) aplicada a fines de noviembre y durante tres semanas.

Cobre:

La dosis aplicadas para corregir la deficiencia de este elemento han sido 11.2 kg./ha de sulfato cúprico, duplicando la dosis al año siguiente de su establecimiento (Will, 1972).

Por su parte Donoso y Moore (1981) encontraron que la aplicación de 26.5 g de sulfato de cobre por árbol no afecta la población de microorganismos, pero a niveles máximos de 53 g produce en general un efecto biocida sobre estos.

Ruiter (1969), mediante análisis foliar demostró que la falta de cobre estaba correlacionada con la incidencia de distorsiones, especialmente cuando la concentración foliar de este elemento estaba alrededor de 1 ppm. De donde se puede señalar que concentraciones muy bajas en el suelo y en el follaje producen distorsiones muy características de las ramas.

Boro:

Los trabajos más relevantes, en cuanto a la aplicación de sales boratadas en *Pinus radiata* se han realizado en Nueva Zelandia, Chile y Africa.

La aplicación de fertilizantes boratados en plantaciones deficientes se ha hecho una práctica de rutina. Los tratamientos utilizados corresponden a 1.4 g por árbol joven, mezclado en la cepa al momento de plantarse, y otra aplicación un año después con la misma cantidad.

Ballard menciona que las deficiencias pueden corregirse con la aplicación de 0.4 a 0.8 g de superfosfato boratado por plántula. Por su parte, Appleton y Slow, han utilizado una mezcla 11.3 g de boronatrocalcita por cuatro kilogramos de tierra.

Las deficiencias de boro y azufre, solas o combinadas, unidas a la baja disponibilidad de éstos en el suelo, la variabilidad genética y las relaciones hídricas, son las variables principales que producen la muerte apical. Por su parte Kelly Lambert (1972) mencionan que la ineficiencia del sistema vascular debido a la baja disponibilidad de azufre y de boro o de ambos en el suelo causa un debilitamiento, lo que facilita la presencia de *Diplodia pinea* la que utiliza como alimento los aminoácidos nitrogenados acumulados en el árbol.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES FISIOGRAFICOS EN EL CRECIMIENTO

El medio ambiente es un complejo en el que participan muchos factores con relaciones muy variadas entre ellos. Como resultado de esto, es difícil aislar una parte de éste y cambiarla sin afectar a otras de todo este conjunto.

Algunos ecólogos dividen el medio ambiente en dos partes: el medio físico y el medio biológico. Lo cual es un tanto artificial, puesto que el medio actúa como un sistema generalmente se expresan y perciben por medio de factores.

Al hablar de los factores del suelo no podemos dejar de poner en consideración el lugar que guarda la topografía del sitio, su pendiente y su exposición ya que suelo y topografía están estrechamente relacionados. La posición topográfica afecta el color del suelo, el desarrollo del perfil, la textura y estructura de la superficie del suelo y subsuelo; aquí la influencia en la composición, desarrollo y productividad del sitio (Spurr y Barnes, 1980).

El relieve y la pendiente son tomados a menudo como parámetros fisiográficos para calificar sitios. Estos factores determinan en gran medida la susceptibilidad del suelo a la erosión, el movimiento de agua superficial y subsuperficial, la disponibilidad de ésta y de los nutrientes contenidos en ella. De ahí que toda la clasificación de sitio incluye en mayor o menor grado la fisiografía del terreno. En la clasificación de sitios forestales de Canadá el primer nivel de diferenciación es lo que Hill llama patrón fisiográfico.

Los factores que definen una condición fisiográfica están estrechamente relacionados y es difícil aislarlos uno de otro, aunque por motivos de estudio trataremos de hacer una separación para analizar la participación de cada uno de ellos, dentro del complejo medio ambiente.

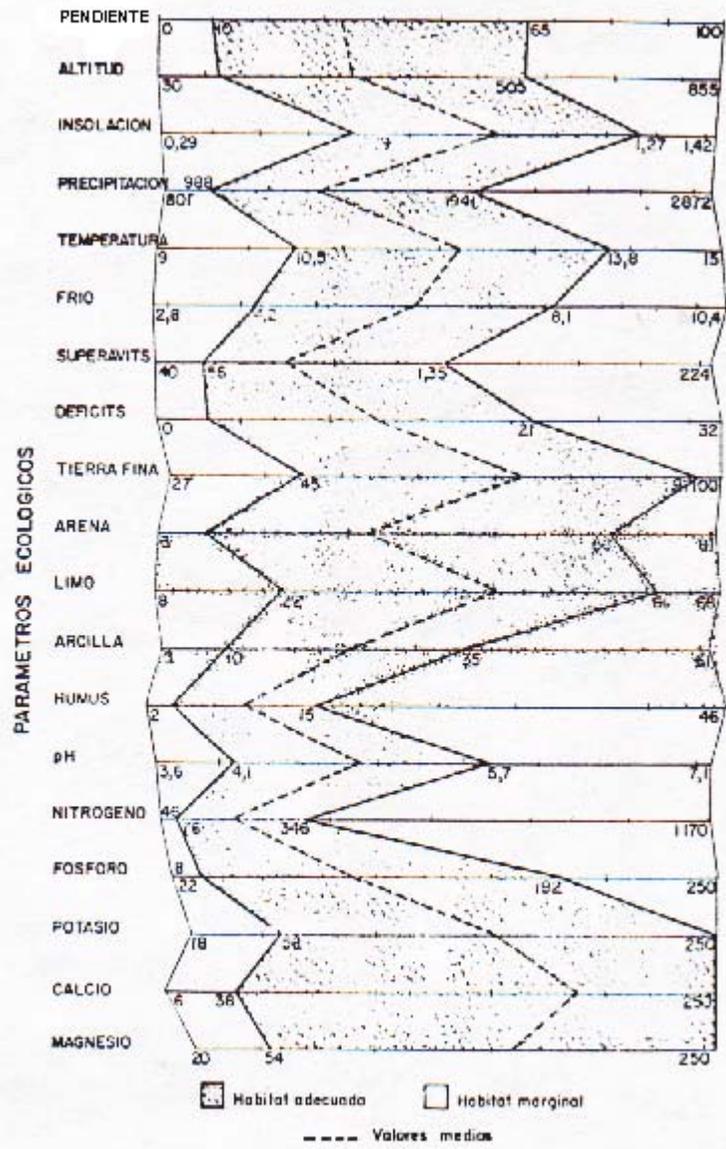


Figura 5. Requerimientos fisiográficos, climáticos y edáficos para el crecimiento de *Pinus radiata* (Gandullo et al., 1974).

POSICION DE LA PENDIENTE

Cuando hablamos de la topografía nos estamos refiriendo a la configuración de la superficie terrestre; el ángulo y la dirección de sus declives y las elevaciones del terreno.

La posición topográfica del sitio está estrechamente relacionada con el microclima y las propiedades físicas del suelo que regulan la humedad y las relaciones de aireación.

El relieve es un factor principal en la formación del suelo puesto que afecta la erosión, el clima, y la relación agua y aire en el suelo. a mayor altitud el clima pasa a ser más frío y algunas veces más húmedo. La zonalidad vertical es en gran parte, una función de la topografía. La cual en gran medida determina las condiciones de drenaje y el nivel del agua subterránea del suelo.

Con la misma clase de clima y material generador, los suelos que se han formado en laderas con pendientes pronunciadas tienen horizontes a y b más delgados que aquellos con

menor pendiente. Esto se debe a que la superficie se erosiona con mucha rapidez y desciende menos agua por el interior de la configuración.

Los materiales que se encuentran en depresiones cerradas reciben desagüe proveniente de las partes altas. Esas condiciones favorecen una producción mayor de vegetación, pero se produce una descomposición más lenta de la materia orgánica que en suelos de topografía pronunciada. Esto afecta el color de los suelos; los rojos ocupan los niveles más altos y los oscuros los más bajos.

La superficie de las pendientes altas y de forma convexa tienden a ser más expuesta a la acción del viento y a la erosión, además, presentan un menor contenido de humedad en el suelo que el promedio de la región. En el otro extremo encontramos las superficies de las pendientes bajas y de forma cóncava las cuales tienden a ser más protegidas, a los vientos y una acumulación de suelo. La pendiente ubicada en la parte media es generalmente intermedia en sus características.

Los suelos de las zonas boscosas son tan variados como los principales factores que intervienen en su formación. Las montañas con fuertes pendientes presentan suelos jóvenes en equilibrio con altas tasas de erosión, mientras que los suelos jóvenes en equilibrio con altas tasas de erosión, mientras que los suelos más antiguos se encuentran en las pendientes menos pronunciadas. Las zonas en las que las capas freáticas son superficiales presentan suelos formados bajo condiciones muy pobres de aireación y acumulación de materia orgánica.

La relación entre la pendiente y su forma y el crecimiento de los árboles se pueden apreciar claramente en el trabajo de Tschinkel (1982) quien efectuó un estudio sobre la evaluación de índices de sitio para *Cupressus lusitanica* en Antioquia Colombia, en 57 parcelas.

Este autor midió aquellos factores que creyó limitantes para el crecimiento de las plantas tales como distancia de la parcela al filo y a la hondonada más cercana, exposición forma del relieve y pendiente, lo cual se complementó con la elaboración de un código topográfico (figura 6) basado en el grado de curvatura cóncava o convexa del relieve con lo que construyó una ecuación de regresión que explica el 72 % de la variabilidad en los índices de sitio. Como puede verse el estudio de estas variables es de gran importancia para explicar las variaciones en crecimiento que experimentan las especies forestales.

El crecimiento de *Pinus radiata* se ve afectado por las características fisiográficas del sitio. Scott, menciona que la pendiente es un factor esencial para el desarrollo de esta especie en España, en donde observó que *Pinus radiata* prosperó mejor en valles, hondadas y lugares protegidas del viento. Creció mal en laderas expuestas, con suelo poco profundo, en las que, además es más propenso al ataque de hongos e insectos.

Gandullo *et al.* (1974) definieron los requerimientos fisiográficos, climáticos y edáficos más propios para el desarrollo de esta especie en España.

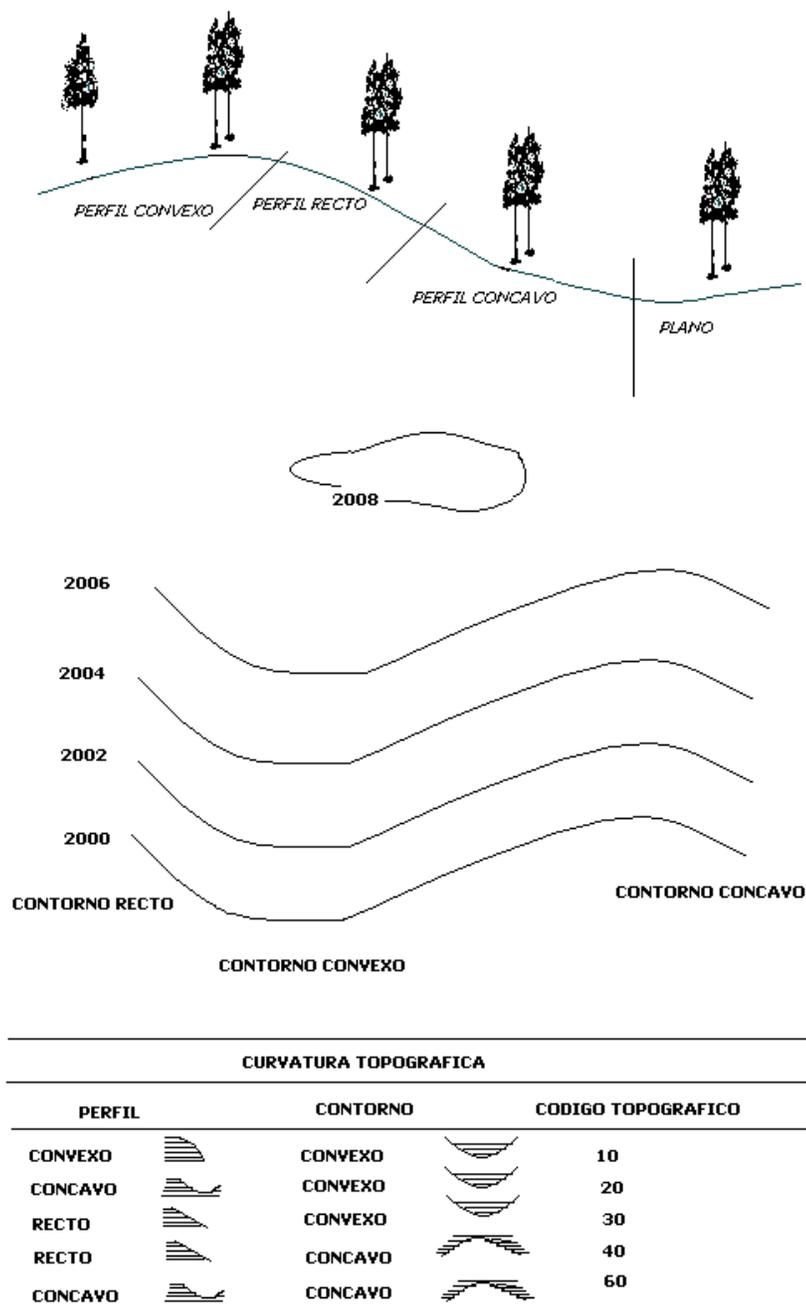


FIGURA 6. Descripción de un área respecto a su curvatura topografica [Tschinkel, 1972]

EXPOSICION

Anteriormente vimos como la topografía puede tener efecto en un ecosistema. Clarke (1971) menciona que la altitud, la pendiente, la exposición, el macro y micro relieve son la clave para hacer la descripción de los factores que intervienen en la formación de suelo.

La importancia de la pendiente, siempre está relacionada con la influencia de la acción del sol y del viento. Todos los valores de la radiación solar están dados para la cantidad de radiación recibida sobre una superficie horizontal. La pendiente y exposición del terreno afectan la cantidad de radiación recibida. En el hemisferio norte las pendientes sur reciben más radiación por unidad de área que las pendientes nortes, así como también los lugares elevados con pendientes reciben mayor cantidad de radiación durante el día.

El efecto de estos factores puede ser ilustrado con el ejemplo de Byran y Jemison (1943), quienes señalan los niveles de máxima irradiación para las curvas norte, sur y este con pendientes del 100 por ciento (45°) en la altitud $35^\circ 30'$ en junio 21 (fig.7)

Sendther en 1845 y Candolle en 1956, citados por Braun-Blanquet (1950), relacionaron los límites de la altura para el crecimiento de *Picea excelsa* y *Alnus viridis* con las distintas exposiciones, encontrando los más elevados en la exposición suroeste y las más bajas al norte y noroeste, con una diferencia máxima entre éstas de 213 y 140 m, respectivamente.

En los alpes Suizos Oriental y Central las diferencias entre el límite de altura superior para el bosque de *Pinus cembra* es mucho menor que en otros lugares, encontrándose, sin embargo, esta especie en lugares más altos en la exposición norte que en cualquier otra.

Las especies heliófitas alcanzan sus límites más altos en el hemisferio norte cuando se hallan expuestos hacia el sur, mientras que las especies que son tolerantes a la sombra como el caso de *Pinus cembra* alcanzan límites más altos al norte, noreste y noroeste.

La topografía y la elevación afectan de modo complejo la cantidad de radiación recibida. El ángulo en que caen los rayos del sol interactúan con la topografía para proveer diferentes cantidades de luz en la pendiente norte y en la sur. En el hemisferio norte la cantidad de radiación recibida en ambas exposiciones durante el verano es similar, en tanto que en el invierno el perfil sur recibe tres veces más radiación que el norte. La difusión por las nubes y el polvo atmosférico reduce estas diferencias, aunque no se conoce exactamente como la energía disponible para evapotranspiración puede ser afectada por la exposición

Las cantidades de insolación y de absorción de luz en las exposiciones sur y norte son considerablemente distintas a las que se reciben en lugares planos. Así mismo en el hemisferio norte, la exposición sur alcanza valores de insolación 1.6 a 2.3 veces más altas que la exposición norte, de acuerdo con estimaciones hechas por Rubel en 1908.

De ahí que la distinción de la vegetación entre las laderas norte y sur se debe no sólo a la temperatura sino también a la insolación.

En Europa del Sur, los lugares sombríos de las regiones secas presentan mejores condiciones para el crecimiento y regeneración del bosque, el cual presenta una flora mesófila rica y variada, la que a su vez influye sobre de humus y la acidez del suelo.

Los cambios en la temperatura del suelo para las distintas exposiciones es de gran importancia ecológica, ya que estos tienen influencia sobre el desarrollo de las raíces aún a profundidades considerables.

Existe una relación entre temperatura del suelo y evaporación. El aumento de temperatura en la exposición sur corresponde, como es de esperar con el aumento de evaporación y la disminución de humedad del suelo.

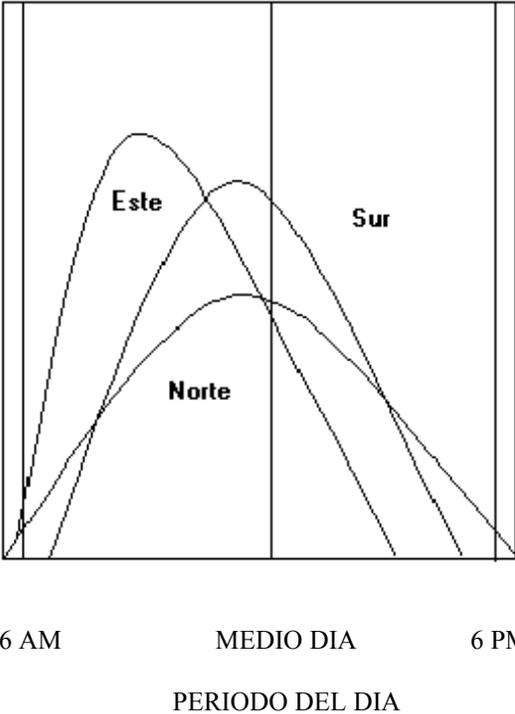
Sin embargo, las altas temperaturas de la superficie del suelo con exposición sur, favorecen el desarrollo de *Pinus ponderosa* que parece ser una especie resistente a la sequía bajo estas condiciones.

Las relaciones generales de la calidad del sitio fijadas por la exposición en los bosques de encino. La topografía y clase de pendiente están estrechamente ligadas con el clima (Lloyd y Lemon, 1970). En el hemisferio norte, la exposición suroeste y pendiente alta tienden a presentar menor humedad en el suelo, por el calentamiento que sufre al recibir mayor cantidad de radiación, constituyendo usualmente los peores sitios para el crecimiento de *Quercus sp.* (Chester y Charles, 1970; Spurr y Barnes, 1980).

Para el caso de *Pinus radiata*, Lanuza, menciona que la altitud y la exposición son factores importantes para el crecimiento de esta especie en España, la cual prospera mejor en orientaciones al norte, que se encuentran en equilibrio térmico debido a la cercanía del mar. Al alcanzar su límite altitudinal requiere de situaciones más protegidas orientaciones más soleadas.

En Australia Meridional, los factores que influyen en el crecimiento de *Pinus radiata* son la exposición y la humedad del suelo en el verano (Scott, 1960). Este autor menciona que en Sudáfrica esta especie prospera mejor en las exposiciones frías y húmedas al sur y al este.

FIGURA.7 IRRADIACION RELATIVA A TRAVES DEL DIA



PRUEBAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS Y DE CAMPO

Un auxiliar valioso para este tipo de trabajos son las pruebas en invernadero, a través de las que se puede determinar en forma rápida, a bajo costo y con relativa facilidad las deficiencias nutricionales de las plantas bajo condiciones controladas.

La evaluación de las necesidades minerales, por lo general, se hacen en base a pruebas de campo para una especie determinada e iguales condiciones de suelo, con cantidades crecientes de un nutriente. Esas mismas pruebas, como ya lo mencionamos, pueden ser realizadas en condiciones de invernadero para determinar así los niveles críticos de un nutriente para un máximo crecimiento.

CONCLUSIONES

La literatura consultada aporta información sobre distintos aspectos del *Pinus radiata*, así podemos mencionar que la descripción botánica de esta especie es muy parecida con alguna otra especie del genero *Pinus*.

Los temas a los que nos hemos referido en el escrito son de suma importancia, ya que en determinado momento nos pueden ayudar para decidir el futuro de nuestras especies, y lograr así el mayor aprovechamiento posible de este recurso, tanto social como económico.

Me atrevo a mencionar que sobre esta especie denominada *Pinus radiata* hay poca información y la existencia es difícil de consultarse ya que está muy poca divulgada.

RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones quizá muy importantes y que se deben de tomar en cuenta para esta especie para su introducción, es que primeramente se tienen que establecer parcelas experimentales, para realizar estudios con fines de adaptabilidad y de crecimiento de la misma, para así evitar el ataque de plagas y enfermedades que puedan causarle la muerte al árbol.

Hace falta realizar estudios mas detallados sobre el uso a nivel comercial de esta especie (*Pinus radiata*. Don), como lo es en la madera u otros productos que se pudiera aprovechar de la misma.

Por otro lado creo que también se necesita hacer mas investigaciones detalladas sobre esta especie, desde su fonología hasta la etapa su final de la misma. En fin creo que faltan por realizar muchas cosas más.

Esperemos que el presente trabajo sea una aportación al estudio de esta especie ; así mismo pienso que el escrito se de gran valor para aquellas personas que estén interesados a seguir continuando o aportando con mas investigaciones y mas que nada que nutra al desarrollo de esta conífera.

BIBLIOGRAFIA

- Arteaga, M.B. y Etchevers, B.J. 1980. El *Pinus radiata* en México y el mundo. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Adams, J.A. 1978. Fertilization in plantations of *Pinus radiata* in Chile. FAO-Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile.
- Appleton, E.J. y Slow, L.J. 1966. Nutritional disorders and fertilizer trials in *Pinus radiata* stands in Waimea County Nelson. N.Z.J. For Sci. 11:185-201.
- Aung, D.U. 1958. La utilización de los pinos en las regiones tropicales. Unasyva 12:211-233.
- Ballard, R. 1974. Use of soil testing for predicting phosphate fertilizer requirements of radiata pine at time of planting N.Z.J. For. Sci. 4:27-34.
- Braun-Blanquet, J. 1950. Sociología vegetal (Estudio de las comunidades vegetales). ACME Agency, Buenos Aires, Argentina.
- Byram, G.M. And Jemison , G.M.1943. Solar radation and forest feul moisture, J. Agr. Res. 67:149-176.
- Caballero, D.M. y Carrillo S.J. 1968. Pinetum del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH-SFF. Inst. Nal. Inv. For. México.
- Champion, H. Y Brasnett, N.V. 1959. *Pinus radiata* D.Don: Pinode Monterrey. Pp. 311-322. En elección de especies arbóreas para plantación. FAO. Roma Italia.
- Chester, T.Y. y Charles, E.D. 1970. Tree growth and forest soil. Oregon State University Press. Corvallis, Oregon, U.S.A
- Charke, G.R. 1971. The study of soil in the field. Clarendon Press. Oxford, Englad.

- Daniel, W.T., Helms, A.J. Y Backer, F.S. 1982. Principios de silvicultura. México.
- Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales.1982. Catálogo de Plantaciones. Subsecretaria Forestal y de la Fauna.
- Eguiluz, P.T. y Cibrian, T.D. 1976. La roya en planta de pino. Bosques y Fauna. México.
- Escárpita, H.A ., Terrazas J.A., y Palacios, J.A. 1986. Ensayo de sobrevivencia de plantaciones forestales industriales en el Estado de Chihuahua con especial referencia al *Pinus radiata*. Notas técnicas. Vol.2.
- Flores C.,E. 1967. Experiencias con *Pinus radiata* en España y en Bosques de Chihuahua, México y sus Bosques. México.
- Gandullo M.,J., González A.,S. Y Sánchez P.O. 1974. Ecología de los pinares españoles. *Pinus radiata* D. Don. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, España.
- Ganssen, R. y Hadrich, F. 1965. Atlas zur bodenkunde. Bibliographisches Institut A.G. Mannheim, Alemania.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Koppen (para adaptarlo alas condiciones de la República Mexicana). U.N.A.M. Instituto de Geografía. México.
- Gentle, S.W., Humphreys, F.R., Lambert, M.J. 1965. An examination of *Pinus radiata* phosphato fertilizer trial fifteen years after treatment.
- González O.,C., Korche P.,R. y La Chica M.,R. 1979. El *Pinus radiata* D. Don en Chile, Análisis de Edafología y Agrobiología. España.
- Hernández H.,S. 1982. Inspección fitosanitaria en las plantaciones del Abra, Hidalgo. SARH-SFF. Inst. Nal. Inv. For. Centro de Investigaciones Forestales de la Región Central, México (inédito).

- Kaul, N.R. 1970. Afforestation in arid zones. Publishers The Hague, Netherlands.
- Kelly, J. y Lambert, M.J. 1972. The relationship between sulphur and nitrogen in the foliage of *Pinus radiata*.
- Kinleith, F.G. 1980. Los bosques Chilenos de pino insigne. Chile.
- Knight, P.J. 1973. Influence of nitrogen supply on the growth and branching habit of *Pinus radiata* seedlings. For.Sci.
- Lambert, M.J. Y Turner, J. 1977. Dicback in high site quality *Pinus radiata* stands: the role of sulphur and boron deficiencies.
- Lanuza M.,J. 1966. Nutrición hidropónica con micro elementos. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones y Experiencias, Madrid, España.
- Lindsay, A.D. 1932. Monterrey pine (*Pinus radiata* D. Don) in native habitat.
- MacDougal, D.T. 1936. Studies in tree growth by the dendrographic method. Carnegie Institute, Washington.
- Madrigal S., X. 1973. Programa de fomento, restauración y protección de los recursos forestales. Organismo Público Descentralizado Forestal Vicente Guerrero. Gerencia de Servicios Técnicos. Chilpancingo, Gro.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Botas. 2ª. Edición. México.
- Mendoza, B.M.A. 1993. Conceptos básicos de manejo forestal. 1ª. Edición. UTEHA. Impreso en México.
- Mead, D.J. 1974. Response of radiata pine to superphosphate and Christmas Island "C" phosphate fertilizers.

Ojeda, R. 1977. Evaluación general de las plantaciones del Valle de México. SARH-SFF, Dirección General de Repoblación y Manejo de Suelos Forestales. México (inédito).

Ortíz V., J.L. y Vaca C.,F. 1980. Plantaciones Forestales con fines comerciales e industriales. SARH-SFF, Delegación Forestal y de la Fauna, Querétaro, México.

Page, H. 1981. Surgimiento de un "árbol maravilla" (El versátil *Pinus radiata*), Chile.

Papadakis, J. 1969. Soils of the world. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Holanda.

Peña B., V. 1981. " Ciclo biológico de *Dioryctria* grupo *baumhoferi* Heinrich y su relación con *Cronartium* sp. En plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. en Tequesquihuac, México. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Bosques, Dirección Técnica Forestal. México.

PROTINBOS. 1972. Fomento de los recursos forestales en los aspectos de restauración integral de suelos. Viveros y reforestación artificial. Protectora e Industrializadora de Bosques, Dirección Técnica Forestal. México.

Purnell, H.M. 1958. Nutricional studies of *Pinus radiata* D. Don. En symptoms due to deficiency of some major elemets.

Raupch, M. 1967. Soil and fertilizer requeriments for forest of *Pinus radiata*.

Rocuant, L. 1969. Aplicación de fertilizantes a plantaciones forestales. Universidad de Concepción. Escuela de Agronomía, Departamento de Suelos.

Salinas O.,R. y Gómez N.,M.S.1975. Enfermedades del *Pinus radiata* D. Don. SARH-SFF, Inst. Nal. Inv. For. México.

Scott, C.W. 1954. El pino Monterrey en Chile.

- Schlatter E.,J. 1981. Incidencia de las características del piso orgánico de *Pinus radiata* en el manejo de sus plantaciones. Santiago, Chile.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1986. El *Pinus radiata* en México.
- Spurr, H.S. y Barnes, V.B. 1980. Forest Ecology. 3ª. Edition. U.S.A.
- Stoate, T.N. 1950. Nutrition of the pine. Forestry and Timber Bureau, Camberra, Australia.
- Stone, E.L. y Will, G.H. 1965. Boron deficiency in *Pinus radiata* and pino pinaster.
- Tollenaar, H. 1969. Deficiencia de boro en plantaciones en la zona central de Chile. Agric.Técnica. Chile.
- Tschinkel, H. 1972. La clasificación de sitios y el crecimiento del *Cupressus lusitanica* en Antioquia. Facultad Nacional de Agronomía. Colombia.
- Vargas, C. 1969. Fertilizantes en forestales. Universidad de Concepción. Chile.
- Vidal J.,J. 1962. El pino y algunas especies de interés económico. UTEHA (ed.), México.
- Villarreal C.,R., Patiño V.,G. y Yáñez M.,O.1970. Pinetum del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH-SFF. México.
- Waring, M.D. 1969. The role of nitrogen in the maintenance of productivity in conifer plantations.
- Will, G.M. 1965. Increasing phosphorus uptake by radiata pine in Riverhead forest following superphosphate application.

Yáñez, O. 1972^a. Proyecto "Nevado de Toluca". Protectora e Industrializadora de Bosques. Dirección Técnica Forestal. México. (inédito).

----- . 1981. Diagnóstico de las plantaciones de la región central, SARH-SFF, Ins. Nal. Inv. For. Centro de Investigaciones Forestales de la Región Central, México. (inédito).

Zahradnik, G.M. 1978. El pino insigne adquirió " Carta de Nacionalidad Chilena ". Chile Forestal (Chile) 3 (30):15.