

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE



EL MULCH DE RESIDUOS DE COSECHA COMO METODO DE  
PREPARACION DE SITIO PARA LA REFORESTACION CON PINO  
RADIATA (Pinus radiata D.Don): UNA REVISION DE  
LITERATURA

Por

LUIS ALFREDO FLORES MOLINA

MEMORIA DE TITULO  
PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA  
UNIVERSIDAD DE  
CONCEPCION PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION-CHILE  
1996

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE

EL MULCH DE RESIDUOS DE COSECHA COMO METODO DE  
PREPARACION DE SITIO PARA LA REFORESTACION CON PINO  
RADIATA (Pinus radiata D.Don): UNA REVISION DE



LUIS ALFREDO FLORES MOLINA

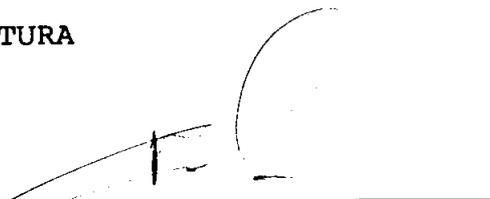
MEMORIA DE TITULO  
PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA  
UNIVERSIDAD DE  
CONCEPCION PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION-CHILE  
1996

EL MULCH DE RESIDUOS DE COSECHA COMO METODO DE  
PREPARACION DE SITIO PARA LA REFORESTACION CON PINO  
RADIATA (Pinus radiata D.Don):UNA REVISION DE

LITERATURA

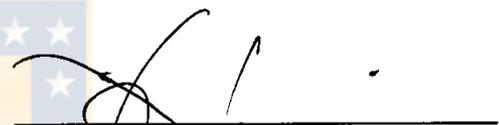
Profesor Asesor



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

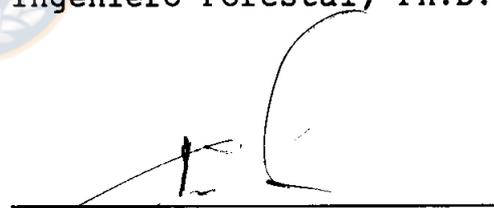
Profesor Asesor



---

Miguel Espinosa Bancalari  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal, Ph.D.

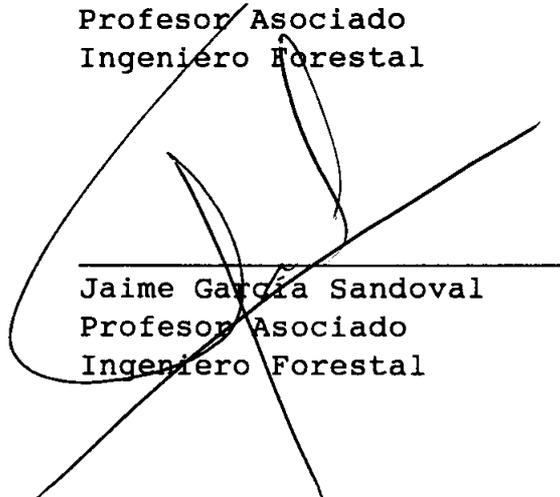
Director Departamento  
Manejo de Bosques y  
Medio Ambiente



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales



---

Jaime García Sandoval  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION	1
II MANEJO DE RESIDUOS DE COSECHA	5
2.1 Quema de residuos de cosecha	5
2.2 Acumulación de residuos en hileras	11
2.3 Trituración de residuos de cosecha	14
III EFECTO MULCH	19
IV PRODUCTIVIDAD DEL RODAL	27
V CONCLUSIONES	32
VI RESUMEN	33
SUMMARY	34
VII BIBLIOGRAFIA	35

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	EFECTO DE LA TEMPERATURA (°C) DEL INCENDIO EN EL SUELO (Agee 1993, Hungerford 1991, citados por Peña 1994).	7
2	PÉRDIDA DE SUELO (T/ha) POR EROSIÓN HÍDRICA SEGÚN LONGITUD DE LA PENDIENTE EN ÁREAS CON RESIDUOS QUEMADOS (Alarcón 1990).	16

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° PAGINA

En el texto

1	Gradiente vertical y variación temporal del contenido de materia orgánica de los primeros 5 cm de un suelo de arena (Francke 1990).	6
2	Comparación del potencial hídrico del suelo durante el primer año después de la plantación medido a 45 cm de profundidad (Squire et al. 1979).	9
3	Comparación del crecimiento de los rodales según la distancia entre la línea de plantación y el centro de la hilera de residuos (Perry 1994).	13
4	Comparación del volumen medio por árbol a los 3 años de edad según manejo de residuos (Flinn 1978).	14
5	Comparación de costos en el manejo de residuos de cosecha (Campano 1995; Muñoz 1996).	17
6	Contenido de nutrientes de los componentes de un árbol en un rodal de pino radiata de 29 años de edad (Webber y Madgwick 1983).	21

7	Temperatura máxima y mínima del suelo medida a 7.5 cm de profundidad según manejo de residuos de cosecha (Smethurst y Nambiar 1990).	24
8	Esquema de las propiedades del mulch de residuos de cosecha en el suelo (Farrell 1984).	25
9	Comparación del incremento acumulado de área basal durante el primer año después de la plantación (Squire et al 1979).	29
10	Comparación del volumen máximo y mínimo en una plantación de 5 años según manejo de residuos (Squire et al. 1985).	30



## I INTRODUCCION

Luego de la cosecha, y según la intensidad de esta, queda en el piso del bosque una cierta cantidad de residuos, aproximadamente 53 toneladas por hectárea (Toro y Alvarez 1985), constituidos por ramas, ramillas, acículas, conos, corteza y restos de madera, los que, al carecer de un valor comercial significativo, no son extraídos, acumulándose grandes cargas de material sobre el suelo.

Una alternativa para evitar esta acumulación de residuos, puede ser la aplicación de modalidades de utilización intensiva de madera, de manera de reducir la carga de material residual lo que traería como beneficio un aprovechamiento mayor de la biomasa producida. Si bien esta ganancia representa un 16 a 22 % más de biomasa y un requerimiento de preparación de sitio menos intensivo y costoso, esta biomasa es de baja calidad y tal vez sin mercado o de alto costo de extracción, además de implicar una pérdida de nutrientes mucho mayor respecto a la cosecha tradicional, un agotamiento acelerado de la materia orgánica y una incapacidad del suelo para recuperar la fertilidad debido a lo corto de las rotaciones en el manejo intensivo (Phillips y Van Lear 1984).

Alarcón (1990) establece que el material que se deposita sobre el suelo y se descompone, libera parcialmente nutrientes y estos se movilizan generalmente hacia el suelo mineral para ser absorbidos por las raíces e incorporados a la biomasa del árbol en forma lenta. Este material favorece la disminución de los procesos erosivos y representa un aporte importante de nutrientes, siempre y cuando se efectúe un manejo físico de él para aumentar los procesos de transformación e incorporación de nutrientes de esta materia orgánica al suelo mineral y así contribuir a mantener la productividad del bosque.

Tradicionalmente, para favorecer la accesibilidad de las áreas a reforestar y para evitar riesgos posteriores de incendios debido a la peligrosidad que representa dejar una gran carga de material combustible en el piso, es que se ha utilizado la quema para reducir la biomasa inútil o la acumulación del material en varias hileras de manera de dejar limpia la faja sobre la cual se plantará.

Las grandes desventajas nutricionales que la quema y la hileración representan, unido a la disminución de los niveles de materia orgánica del suelo y de sus propiedades físicas, y a la reducida fertilidad natural de algunos suelos como las arenas (Francke 1990), hacen

necesario encontrar nuevas tecnologías que permitan manejar el residuo de cosecha sin alterar la productividad del sitio y, si es posible, mejorarla para obtener productos de mejor calidad y en menor tiempo.

Si consideramos el costo de reposición de los efectos de la pérdida de productividad de sitios por el manejo con quema o hileración de los residuos, tiene un valor significativo, variando de acuerdo al sitio y su fertilidad natural (Kunz et al. 1985). Por lo tanto, en ningún caso constituyen una fuente gratuita de materia prima, si se quiere efectuar una extracción más intensiva para uso industrial o continuar con la modalidad de quema del residuo forestal (Alarcón 1990). Este autor recalca que en un sitio, una vez producida una baja de productividad es difícil alcanzar su nivel anterior, a pesar de incurrir en un gasto elevado por la vía de la fertilización.

En Australia, la Comisión Forestal de Victoria fomentó el cambio en la década del 70 de un manejo tradicional con quema, a una mantención y trituración de los residuos de cosecha in situ, para evitar las pérdidas de productividad reportadas en algunos sitios (Farrell 1984).

Este estudio, trata sobre los efectos de los distintos tipos de manejo de residuos en la productividad del sitio, caracterizando cada tratamiento y las propiedades físicas y químicas que confieren al suelo, junto a las ventajas que se obtienen en el crecimiento de los rodales de pino radiata.



## II MANEJO DE RESIDUOS DE COSECHA

### 2.1 QUEMA DE RESIDUOS DE COSECHA.

La quema controlada ha sido utilizada masivamente para facilitar principalmente las faenas de plantación y para reducir el riesgo de incendios, pero su aplicación presenta fuertes desventajas debido a la pérdida de nutrientes por volatilización y/o lixiviación, además de la reducción de los niveles de materia orgánica, provocando una disminución en la disponibilidad de agua y exposición del suelo a fuertes fluctuaciones de temperatura (Farrell 1984 ; Flinn 1978 ; Francke 1990 ; Smethurst y Nambiar 1990; Squire 1983; Squire et al. 1985)(Figura 1).

En las áreas donde se aplique una quema, los nutrientes contenidos en las cenizas, más la mineralización acelerada de la materia orgánica después de la quema y disturbación del suelo, probablemente incrementen la disponibilidad de nutrientes en el corto plazo y reduzcan los requerimientos de fertilizantes, sin embargo, se genera una pérdida de nutrientes que deja al suelo, en el mediano plazo, sin capacidad de responder a los requerimientos de las plantas, alargándose, además, la rotación necesaria para obtener los productos deseados (Keeves 1966).

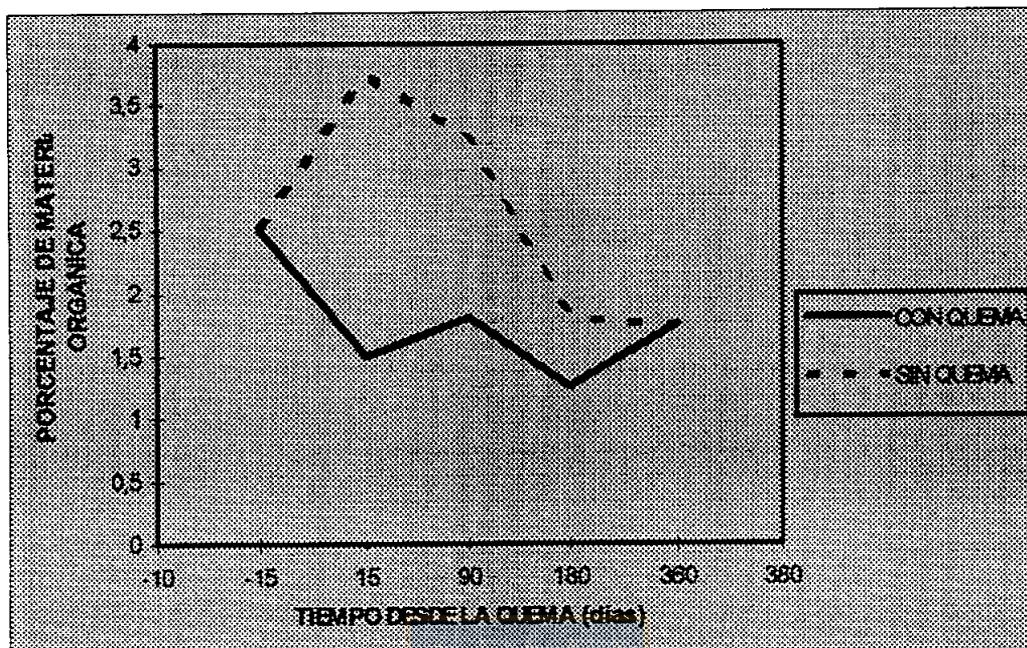


Figura 1. Gradiente vertical y variación temporal del contenido de materia orgánica de los primeros 5 cm de un suelo de arena (Francke 1990).

Por lo general, los tratamientos con quemas provocan una sobre oferta de algunos nutrientes por lo que las pérdidas por lixiviación son elevadas (Francke 1990), en momentos en que el sistema radicular no está bien desarrollado (etapa de establecimiento), más aún si posterior a la quema se inicia la temporada invernal en que las lluvias abundantes agravan el proceso por el escurrimiento superficial.

Benscoter y Neuenschwander (1988) muestran que la quema afecta el ciclo de nutrientes y la productividad del sitio, aunque el efecto del fuego en la materia orgánica estará en función de la intensidad y duración del fuego (Tabla 1).

Tabla 1. EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL INCENDIO EN EL SUELO (Agee 1993, Hungerford 1991, citados por Peña 1994).

EFECTO	RANGO DE TEMPERATURA (°C)
Muerte de bacterias y hongos.	100-210
Repelencia al agua y Volatilización del N y P orgánico.	250-500
Cambio de Estructura	Más de 400
Volatilización del Ca, Mg, K, P inorgánico, Na y S.	Más de 500

Kimmins (1993) señala que la quema de residuos es una excelente herramienta silvicultural con la cual se reducen los residuos mejorando la accesibilidad al área a reforestar y facilitando el proceso de plantación. Indica además que la aplicación de una quema puede reducir

enfermedades y poblaciones de insectos, y proveer alivio de la competencia con especies vegetales no deseadas, mejorar el status nutricional del suelo y favorecer el crecimiento de las plantas, pero desafortunadamente es aplicada en forma errónea prácticamente en la totalidad de los casos, causando un daño sustancial al suelo.

Peña (1994) señala que las quemas controladas de baja intensidad (100 °C en la superficie del suelo), sólo causarían daño en microorganismos del suelo, pero estos tienen una gran capacidad de recuperación, por lo tanto, manteniendo un adecuado manejo de los factores que determinan la intensidad de una quema, el fuego no sería dañino para los nutrientes y propiedades físicas del suelo, al contrario, la disponibilidad de nutrientes puede incrementarse. La complicación está en el control de la intensidad, lo que obligaría en muchos casos a retrasar las labores posteriores a la preparación de sitio en busca de condiciones favorables, como por ejemplo de humedad del ambiente y del combustible (Muñoz 1996).

El problema con las quemas de este tipo es que el costo adicional de controlar los factores de su intensidad resultaría mayor que el costo de una quema corriente y

mucho mayor que el de un tratamiento de trituración (Muñoz 1996).

Estudios de FAO (1992) citados por Unda y Ravera (1994) indican que existe una declinación en la productividad del sitio en la segunda rotación de pino radiata cuando se queman los residuos de cosecha de la primera rotación debido al bajo status nutricional, baja disponibilidad de agua y a la pérdida de materia orgánica del suelo (Figura 2).

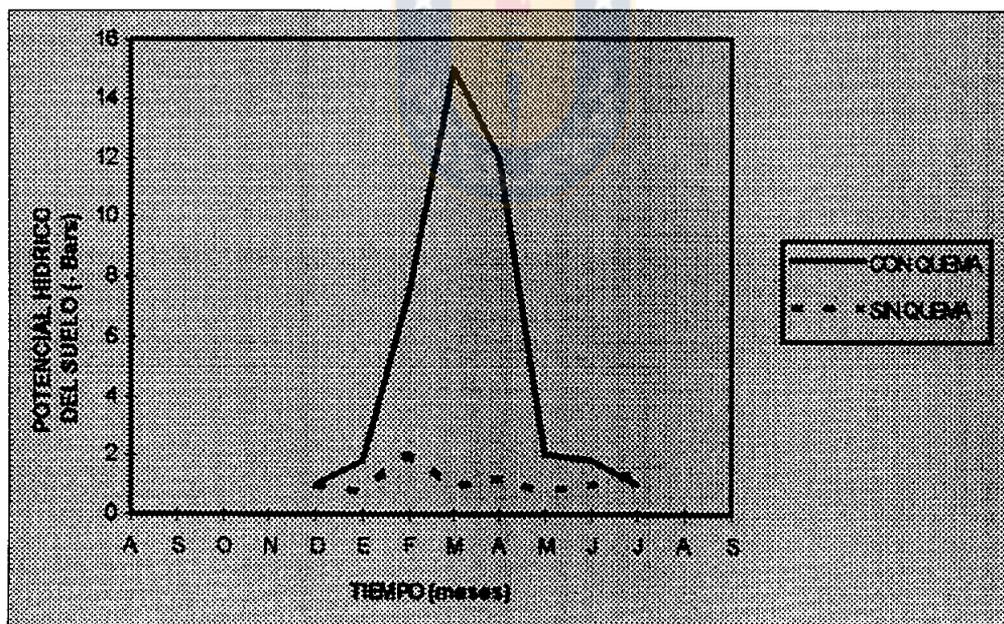


Figura 2. Comparación del potencial hídrico del suelo durante el primer año después de la plantación medido a 45 cm de profundidad (Squire et al. 1979).

Según Unda y Ravera (1994), la solución del problema reside en una buena práctica silvícola, es decir, la eliminación de la quema, la retención de las ramas en el sitio y su tratamiento como mulch luego de la tala.

Miller y Bigley (1990) aportan evidencias de que la quema de los residuos de unos rodales en Oregon y Washington, Estados Unidos, no presentó efectos significativamente negativos en el desarrollo de los nuevos rodales establecidos en forma natural (principalmente de pino oregón) y que tampoco hay diferencias en la productividad del sitio a los 42 años después de la quema. Sólo indicaron que la composición de especies resultó ser distinta de la original, pues en las áreas en que el residuo se quemó, la especie pino oregón paso a ser prácticamente la única en toda el área.

Si bien Peña (1994) establece que la permanencia de los residuos en el suelo sin quemarlos, representa un riesgo debido a que constituirían un cebo para insectos dañinos como Hilastes sp. (Familia Scolitidae), se debe precisar que este insecto usa el material leñoso como sustrato alimenticio y que sólo aquel material de diámetros mayores le sirve como sustrato para la reproducción. Luego, dado que la trituración reduce el tamaño de los

residuos considerablemente y que el sustrato muerto pierde en pocos meses su condición de palatable para el insecto debido a la pérdida de humedad suficiente para su permanencia, la trituración no aumenta la probabilidad de ataque de insectos, sino que además la reduce (Cerdeña 1996).

## **2.2 ACUMULACIÓN DE RESIDUOS DE COSECHA EN HILERAS.**

La remoción de los residuos finos y gruesos durante la preparación de sitio tiene el potencial de alterar el ciclo de nutrientes creando un shock o deficiencia de nutrientes. Al respecto, Benschoter y Neuenschwander (1988) indican que la concentración de los residuos en áreas pequeñas por hileración o apilado del material (para dejar libre la faja de plantación), provoca una gran lentitud en el ciclo de nutrientes, pues provee una pobre relación temperatura-humedad para la actividad microbiana. Si una capa de residuos finos fuese dejada sobre el suelo y el piso del bosque no es mayormente disturbado, el ciclo de nutrientes no es alterado.

Existen indicios de que es preferible la quema que el hilerado y rastrillaje, pues el sector que se limpia pierde casi la totalidad de la materia orgánica y, por

ende, sus propiedades de mulch, por lo que el crecimiento disminuye (Bosworth 1988).

Si se compara el crecimiento de los árboles de pino radiata a la edad de rotación, ubicados cerca de las hileras de residuos, o los establecidos en las hileras, con árboles ubicados entre las hileras, los árboles en las hileras tuvieron un crecimiento de 340 m<sup>3</sup>/ha, mientras que los más cercanos a las hileras crecieron 310 m<sup>3</sup>/ha, y los ubicados entre las hileras de residuos, sólo 170 m<sup>3</sup>/ha (Perry 1994)(Figura 3).

Similares resultados fueron obtenidos por Ballard (1978) quien también relacionó la productividad del rodal de pino radiata con la distancia entre la línea de plantación y el centro de la hilera de residuos.

Adams y Boyle (1982), al comparar un área cosechada cuyos residuos fueron mantenidos en el piso, con una donde se extrajo el árbol completo, situación similar a la hileración, encontraron una mayor fertilidad final en el suelo con residuos 5 años después de la cosecha.

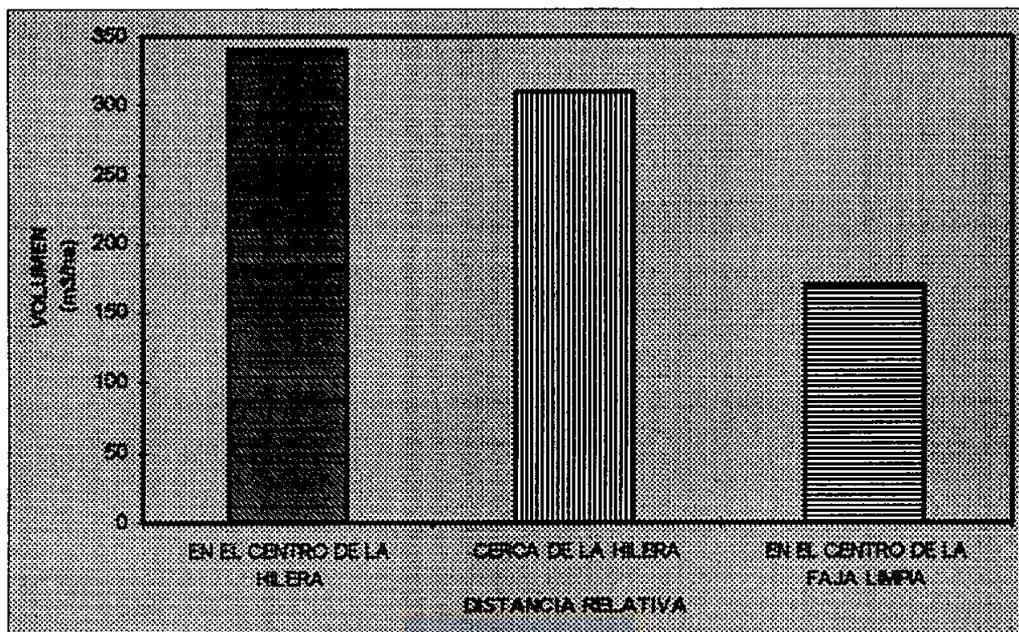


Figura 3. Comparación del crecimiento de los rodales según la distancia entre la línea de plantación y el centro de la hilera de residuos (Perry 1994).

Además, se ha encontrado que la formación de ectomicorrizas se reduce después de (i) una tala y quema total o (ii) una tala e hileración (Perry et al. 1982, citados por Schoenberger y Perry 1982b), y existen evidencias de la importancia de las asociaciones micorrízicas de las coníferas en su crecimiento y sobrevivencia (Schoenberger et al. 1982a, citados por Schoenberger y Perry 1982b).

### 2.3 TRITURACIÓN DE RESIDUOS DE COSECHA.

Diversos estudios vienen a confirmar que la permanencia de los residuos de cosecha en el piso del bosque tiene un efecto benéfico en la mantención de la productividad en rotaciones sucesivas de pino radiata (Figura 4).

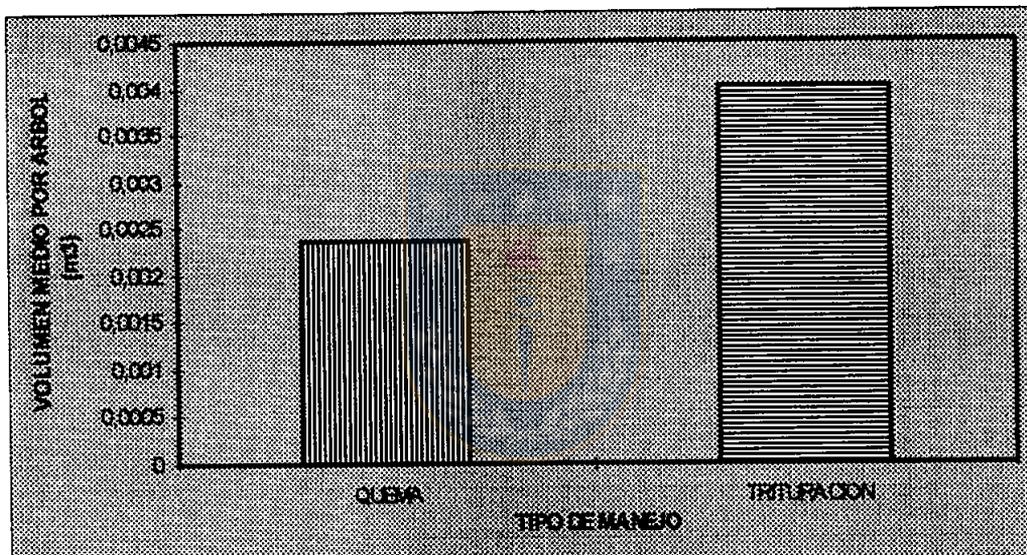


Figura 4. Comparación del volumen medio por árbol a los 3 años de edad en un rodal de pino radiata según manejo del residuo (Flinn 1978).

Flinn (1978) mostró que el crecimiento inicial de las plantas de pino radiata, es influenciado por el método de preparación de sitio y que fue consistentemente mejor donde el residuo permaneció en el suelo y fue triturado.

Francke (1990) mostró que aquellos tratamientos que no consideran quema, generan una tendencia gradual ascendente de los niveles de materia orgánica, en cambio en las variantes con quema y extracción de los residuos, se observan disminuciones fuertes de la materia orgánica en suelos de texturas arenosas, de hasta un 37 %. Este autor señala que la cantidad de materia orgánica acumulada durante la primera rotación, y el material fresco aportado en la cosecha, son descompuestos aceleradamente por la acción del fuego y gradualmente en el tratamiento de retención de residuos ocurriendo un mayor grado de acumulación de materia orgánica y una lenta entrega de nutrientes en vez de procesos de lixiviación y escurrimiento superficial, además de minimizar procesos erosivos y aumentar la retención de humedad gracias al efecto mulch de los residuos y la litera.

El término "Mulch" utilizado en el idioma inglés, está asociado a una capa que ofrece un grado de aislación al suelo superficial del medio inmediato. Este efecto se logra mediante la colocación de algún material adecuado el que puede ser una cubierta plástica, grava o residuos orgánicos.

Para obtener los beneficios del mulch en un suelo donde se establecerá una plantación, parecería lógico pensar que el material que podría usarse en la formación de la capa, es el residuo de cosecha que, en ocasiones, se acumula en grandes cantidades en el piso del bosque (Webber y Madgwick 1983).

Tabla 2. PÉRDIDA DE SUELO (T/ha) POR EROSIÓN HÍDRICA SEGÚN LONGITUD DE LA PENDIENTE EN ÁREAS CON RESIDUOS QUEMADOS (Alarcón 1990).

LONGITUD DE LA PENDIENTE (m)	PENDIENTE (%)		
	20	40	60
100	34.9	92.1	162.5
200	52.9	139.6	246.4
400	80.2	211.7	373.4
800	167.7	320.8	566.0

La elección de este material como constituyente de un mulch, va más allá de su fácil obtención o bajo costo, pues constituye una de las fuentes de nutrientes más importantes del sistema (Webber y Madgwick 1983; Kunz et al. 1985), los que se incorporarán al ciclo de nutrientes en forma lenta y gradualmente restituyendo el status nutricional y, al actuar como mulch, mejorando el régimen

hídrico, regulando la temperatura y evitando los procesos erosivos (Tabla 2).

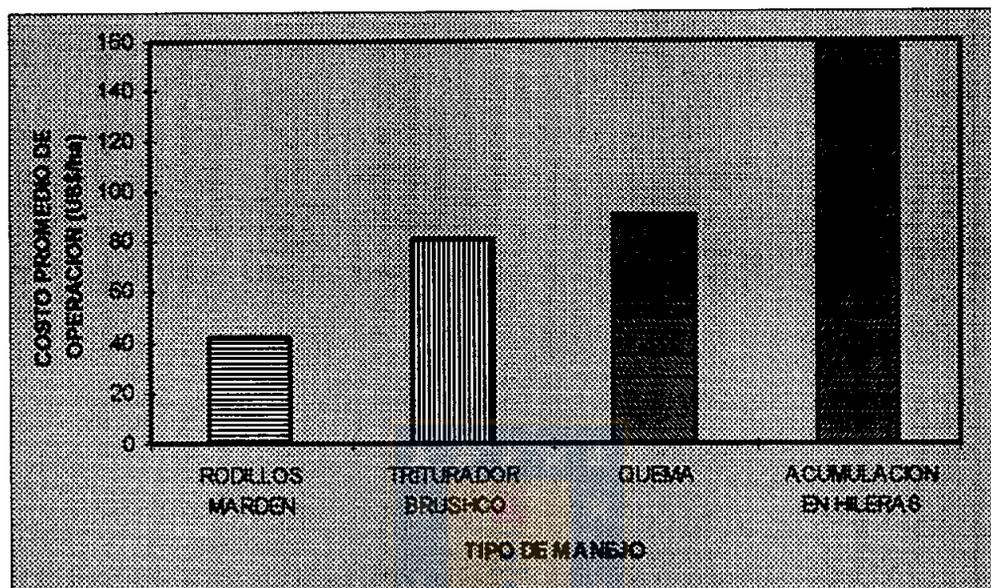


Figura 5. Comparación de costos en el manejo de residuos de cosecha (Campano 1995; Muñoz 1996).

La Figura 5 muestra una relación del costo involucrado en el manejo de los residuos según se apliquen los tratamientos tradicionales o los métodos de trituración mecanizada más utilizados en Chile. Estos son la trituración de residuos con Rodillos trituradores Marden, que consiste en 2 rodillos cilíndricos con cuchillas, tirados por un tractor Supertrack 250 B, dispuestos en offset encargados de romper el material leñoso por su propio peso. El otro equipo es un triturador Brushco

Cutter que consiste de un accesorio de 2 cuchillas rotatorias dispuestas una al lado de la otra en la parte frontal de una máquina similar a un cargador frontal, el que lleva en su parte posterior un motor independiente para las cuchillas.



### III EFECTO MULCH

Una de las propiedades más importantes del mulch formado por la litera y los residuos, es que constituye una fuente de nutrientes que serán entregados lenta y gradualmente a la solución del suelo para la absorción de las plantas.

En la Figura 6 se puede ver el contenido que, de los principales nutrientes, hay en los distintos componentes de la biomasa del árbol, medidos en un rodal de pino radiata en Nueva Zelanda (Webber y Madgwick 1983).

Perry (1994) indica que la cantidad de nutrientes que son exportados del suelo durante la preparación del sitio, depende de los componentes que son cosechados y del manejo posterior de los residuos de cosecha, confirmando que en el follaje y ramas pequeñas está la mayor proporción del capital de nutrientes de los sitios para pino radiata.

Kunz et al. (1985) mostraron que, si bien el follaje y las ramas constituyen sólo el 8.3 % del peso seco total de un árbol de pino radiata, contienen el 53.6 % del N, 55.5 % del P, 49.2 % del K y el 29 % del Ca, y establecen que el extraer en forma intensiva el remanente de madera de diámetros con posibilidades de mercado, traería una

escasa ganancia en la cantidad de biomasa cosechada y puede influir fuertemente en la futura productividad del sitio.

Estos autores estudiaron la pérdida de nutrientes en rodales de pino radiata, por la quema del material apilado, para compararlo con la mantención del residuo y establecieron que la quema de los residuos extrae similares cantidades de biomasa que si se eliminan todos los residuos sin quemar, aunque la diferencia está en que al quemar, se elimina la biomasa de la litera que también debe ser considerada; pero si se compara con la mantención del residuo, las diferencias en extracción de biomasa son de un 33 % más.

Si se consideran los datos de extracción de biomasa de los residuos señalados por Kunz et al. (1985), se puede estimar que la pérdida efectivamente provocada por la quema de los residuos, es de un 72 % del N, un 27 % del P, un 21 % del K y un 31 % del Ca contenidos en ellos.

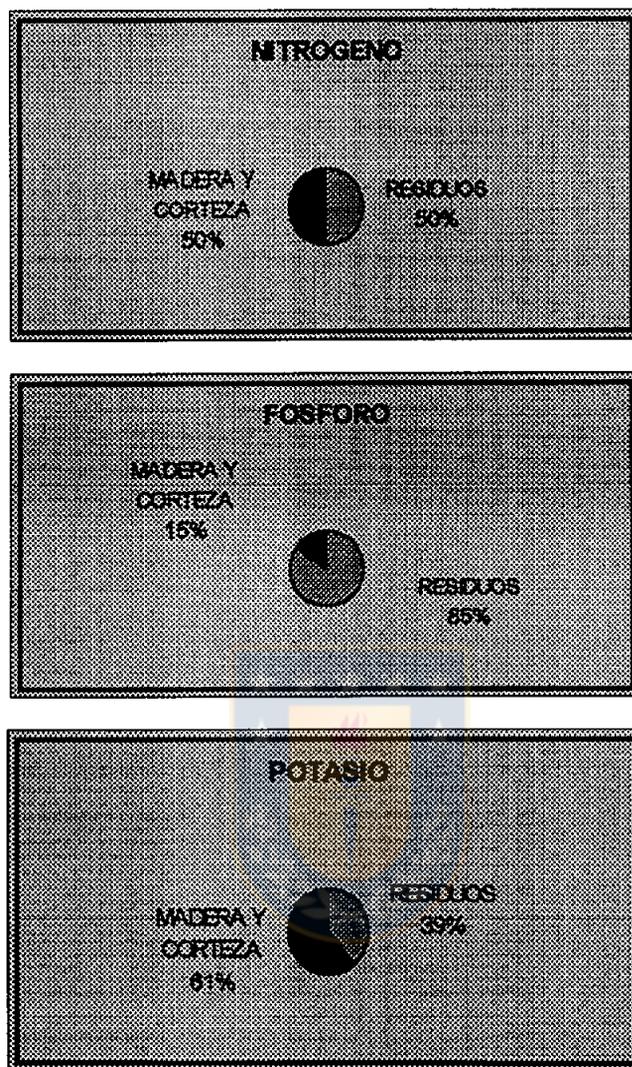


Figura 6. Contenido de nutrientes (%) de los componentes de un árbol en un rodal de 29 años de Pino radiata (Webber y Madgwick 1983).

Toro y Alvarez (1985) al estudiar el contenido de nutrientes de los horizontes orgánicos para un suelo arcilloso, establecieron que la biomasa aérea involucrada

es equivalente a 15 toneladas por hectárea, de las cuales un 81 % corresponde a materiales en franco proceso de descomposición (capa F y H). Sumado esto al aporte de los residuos de cosecha, se tiene que un 77 % del N, un 63 % del P y un 25 % del K se encuentran almacenados en ellos. Luego, la importancia de incorporar paulatinamente al suelo la materia orgánica entre una rotación y otra, es vital para mantener el status nutricional del suelo.

Madgwick et al. (1977) establecieron que existe una relativamente baja demanda de nutrientes del sitio en los primeros 2 años de edad de una plantación de pino radiata. Entre el segundo y cuarto año la absorción neta llega a niveles altos. En esta etapa, el dosel se está cerrando rápidamente y se incrementa la cantidad de nutrientes que es retornada al piso del bosque. Al final de esa fase (6 a 8 años), la absorción disminuye desarrollándose el ciclaje interno de nutrientes.

El material que cae al piso del bosque, se descompone con una rapidez que dependerá de las características del material y de la apertura del dosel (Ballard y Will 1981a).

Algunas técnicas aplicadas con el fin de acelerar la mineralización de la materia orgánica consisten en la incorporación del material fresco del piso del bosque al horizonte superficial, utilizando para ello, arados con los cuales disturbar el suelo y mezclar la materia orgánica con el suelo mineral. Esta labor no solo representa un costo alto de operación, sino que también provoca un aumento en la relación C/N en el suelo, lo que resultará en una mayor inmovilización de nutrientes debido a que esta nueva condición del suelo es favorable para el aumento de las poblaciones de organismos fijadores que convierten el N a formas no disponibles para las plantas (Keeney 1980).

El mulch de la litera y residuos, tiene efectos positivos en la conservación de la humedad del suelo. Al respecto, Squire et al. (1979) establecen que reduce las pérdidas de agua por transpiración al eliminarse la vegetación competitiva y reduce también las pérdidas por evaporación al aislar el suelo. En sitios con mulch, las malezas se reducen en un 50 % de su biomasa durante el primer año al compararse con sitios sin mulch.

Igualmente, el mulch provee una barrera contra la erosión eólica e hídrica, protegiendo el suelo, de forma de

mantener sus propiedades físicas y químicas, evitando el escurrimiento superficial (Flinn et al. 1980).

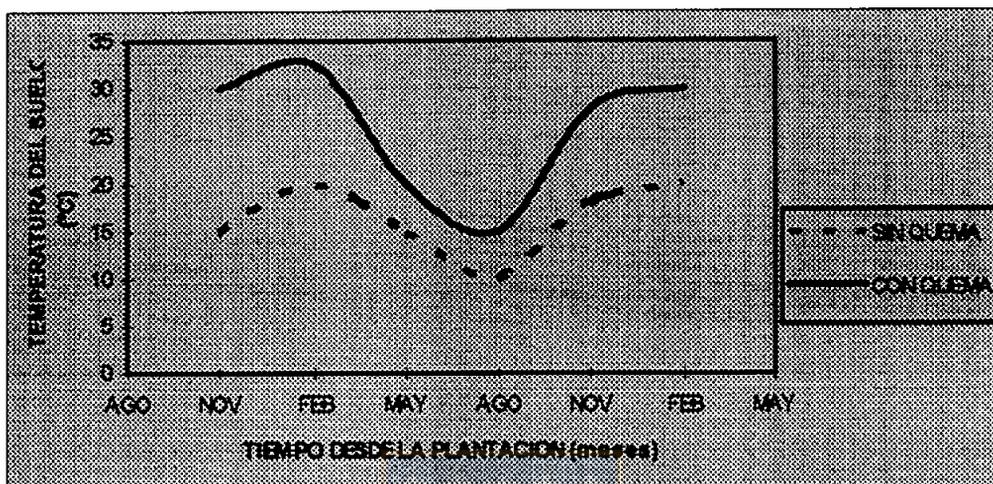


Figura 7. Temperatura mensual máxima y mínima del suelo según manejo de residuos medida a 7.5 cm de profundidad (Smethurst y Nambiar 1990).

Farrell (1984) indica que la temperatura, en los primeros 2.5 cm de profundidad del suelo, es substancialmente más baja en los sitios con mulch. Si bien la menor temperatura del suelo podría reducir la tasa de mineralización al compararse con un sitio sin mulch, como este último tiene un menor nivel de humedad, existe una compensación. Además, la temperatura más estable del suelo en los sitios con mulch, genera una más abundante exploración radicular, quedando la planta en mejor condición para absorber los nutrientes, aún si estos fueran entregados en cargas excesivas desde la materia

orgánica a la solución del suelo, evitándose la lixiviación (Smethurst y Nambiar 1990)(Figura 7).

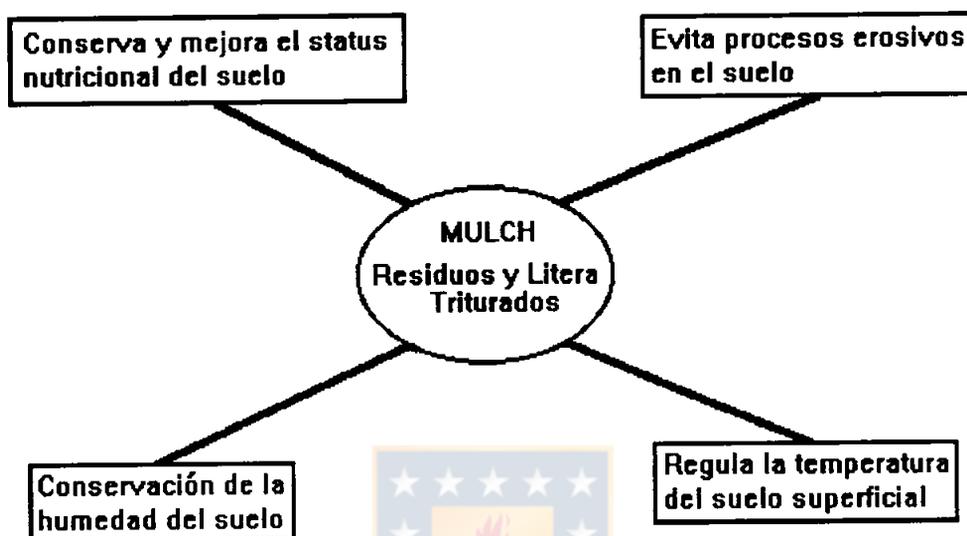


FIGURA 8. Esquema de las propiedades del mulch en el suelo.(Farrell 1984).

Fisher et al. (1990) en un estudio realizado en Juníperos en Nuevo México, Estados Unidos, encontraron que el mulch mejoró de un 89% a un 96% la sobrevivencia de las plantas después de un año y en 62.2% a 78.5% después de 4 años. Además, se registró una menor cobertura de malezas, mayores crecimientos en altura, ancho de copa y diámetro de copas aunque esta última variable no fue significativa. El mismo autor establece que el mulch mejoraría la sobrevivencia en diversos sitios cuando el tamaño de la partícula de residuo

triturado sea mayor a  $2,5 \text{ cm}^2$  para que resista la remoción provocada por el viento.

Las cuatro propiedades más importantes que el mulch de residuos de cosecha confiere al suelo, se muestran en la Figura 8.



#### IV PRODUCTIVIDAD DEL RODAL

Estudios realizados por Keeves (1966) muestran que al comparar la calidad del sitio de la primera rotación de pino radiata con la de segunda rotación establecida después de quemar los residuos de cosecha en Australia, hay una disminución de 2.5 clases de calidad (clasificación de calidad de Lewis 1954, citado por Keeves 1966). Además indicó que la mantención de los residuos de cosecha en el suelo, sin quemar, no causa cambios en la productividad del rodal e incluso la eleva levemente, aunque no en todas las repeticiones se pudo verificar el hecho.

Lundkvist (1993) mostró un consistente incremento del volumen de madera de un rodal de pino radiata al final de la rotación donde el residuo permaneció en el suelo y estimó que una rotación debería demorar 3 a 10 años más en concluir, para producir igual volumen, debido a la remoción de la biomasa que representan los residuos de cosecha.

Squire et al. (1979) y Flinn et al. (1980), estiman que las diferencias en productividad estarían controladas por la presencia de los residuos de cosecha y litera sin quemar en el suelo del bosque, los que aportarían mejores condiciones de humedad y nutrición, aumentando la disponibilidad de agua y nitrógeno, principalmente.

Squire et al. (1979) señalan que los árboles de un rodal de pino radiata de segunda rotación, tienen el doble de la altura y cerca de 3 veces el área basal de la primera rotación después de un año de plantados, cuando la primera rotación fue establecida sobre el residuo quemado y la segunda rotación sobre el residuo triturado (Figura 9).

Ballard (1978) determinó que una plantación a los 7 años de edad establecida en un área limpia de residuos, creció un 85 % menos en volumen que una establecida en un área con el residuo disperso, y en aquella área donde las plantas fueron establecidas sobre acumulaciones de residuos (sobre una hilera) el incremento fue 19 % mayor.

Squire et al. (1985) indican que al mantener el residuo de cosecha, un rodal de pino radiata presenta un incremento medio anual, a los 5 años de edad, de 19 a 30 m<sup>3</sup> por hectárea en comparación a un rodal con los residuos quemados, que crece 6 a 8 m<sup>3</sup> por hectárea a igual edad (Figura 10). Igualmente, la altura predominante fue un 64 % mayor cuando los residuos permanecieron.

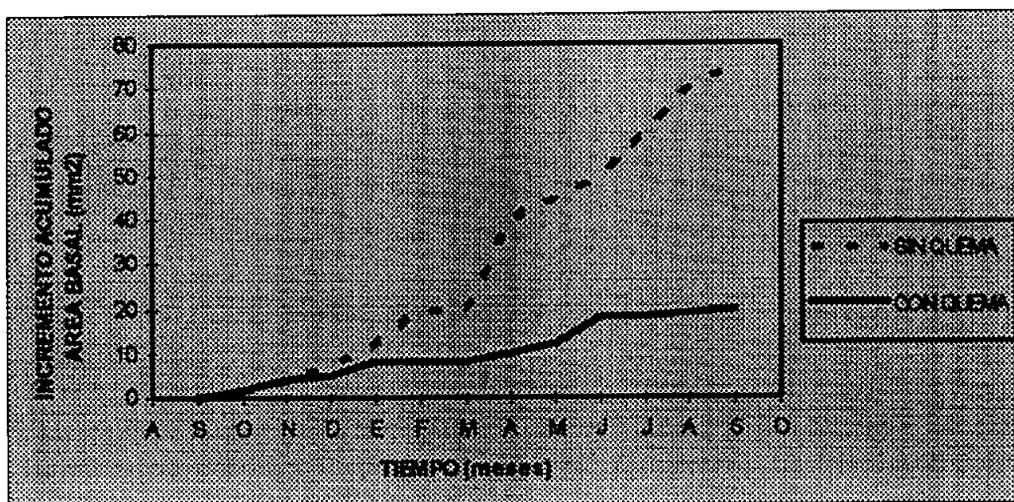


Figura 9. Comparación del incremento acumulado de área basal durante el primer año después de la plantación según manejo de residuos (Squire et al. 1979).

Ballard y Will (1981b) estimaron que en un área donde se removieron los residuos de cosecha junto con la litera, el volumen de madera a los 16 años, fue un 12 % menor que donde el residuo se mantuvo en el suelo, y tuvo una concentración más baja de C total, N total, P y de humedad, como también una baja capacidad de intercambio catiónico. Esto fue asociado a un período de temperatura y humedad desfavorables como resultado de la pérdida de la capa de mulch. Esta condición dejaría al rodal en una fuerte desventaja para cuando se ejecute un raleo pues necesitará una gran cantidad de nutrientes

(principalmente N) para suplir los requerimientos de la expansión del follaje.

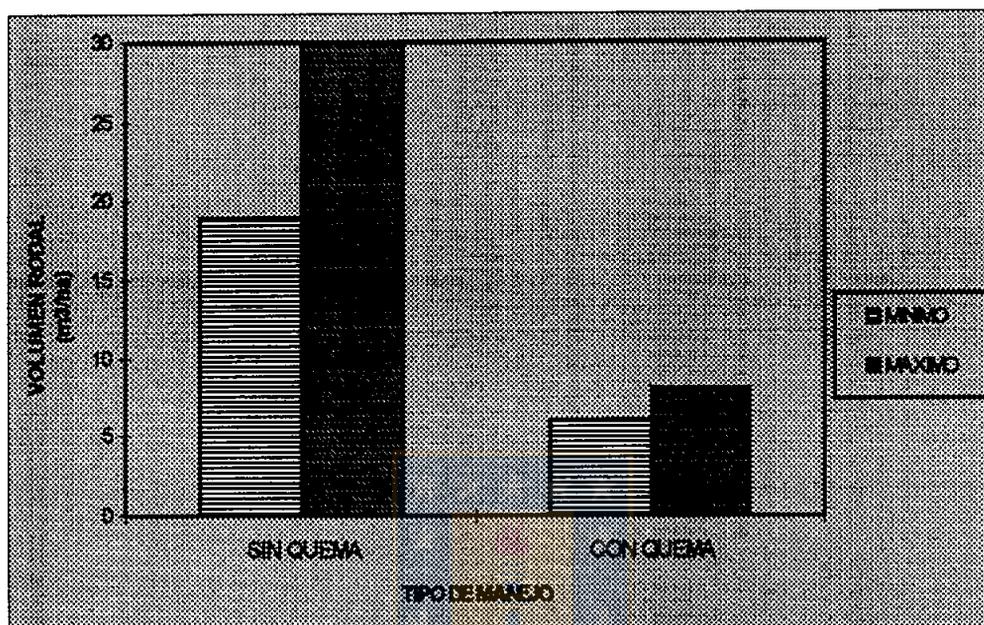


Figura 10. Comparación del volumen máximo y mínimo en una plantación de 5 años según manejo de residuos (Squire et al. 1985).

Hopmans et al. (1993) mostraron el efecto del manejo de residuos 8 y 15 años después de la plantación, en el área basal, la que a los 8 años incrementó, aproximadamente, en 29 % debido a la retención de los residuos y litera, pudiendo con ello reducir la longitud de la rotación como lo mostró Squire (1983), quien estableció que el punto de cierre del dosel de

copas se logra 2 a 3 años antes en los sitios donde el residuo se mantuvo, lo que indica que la exploración radicular es mucho más vigorosa y abundante y alcanza la ocupación máxima del sitio en menor tiempo y que los nutrientes del suelo son suficientes para suplir los requerimientos de la expansión del follaje.



## V CONCLUSIONES

1. El manejo de los residuos de cosecha de pino radiata (Pinus radiata D.Don) influye en el crecimiento en volumen de los árboles.
2. La quema y la acumulación en hileras de los residuos de cosecha de pino radiata afectan notoriamente la productividad del sitio.
3. La trituración de los residuos de cosecha de pino radiata facilita la accesibilidad al área y contribuye a la obtención del efecto mulch.
4. El mulch de residuos de cosecha permite obtener más altos rendimientos en volumen de madera que los métodos de manejo de residuos tradicionales como la quema y la acumulación en hileras cuando estos son aplicados luego de la tala de un rodal de pino radiata.

## VI RESUMEN

El crecimiento de los rodales de pino radiata está fuertemente influenciado por el manejo de residuos de cosecha. La retención de los residuos de cosecha en situ como un mulch tiene muchas ventajas que permiten mantener y mejorar la productividad de las plantaciones. Estos beneficios incluyen la conservación de la humedad del suelo, la conservación de los nutrientes, la protección del suelo y un medio mucho más favorable para el desarrollo radicular.



**SUMMARY**

The growth of radiata pine is strongly influenced by logging residue management. The retention of logging residue in situ as a mulch has several beneficial aspects that can assist in maintaining and improvement of the productivity of radiata pine plantations. These benefits include the conservation of soil moisture, conservation of nutrients, protection of soil and the provision of a more favourable environment for root development in the soil horizons.



## VII BIBLIOGRAFIA

Adams, P.W. and J.R. Boyle. 1982. Soil fertility changes following clearcut and whole-tree harvesting and burning in Central Michigan. Soil Sci.Soc.Am.J. 46(3) : 638-640.

Alarcón, C. 1990. ¿Los costos ocultos en el sector forestal disminuyen la rentabilidad del negocio?. Renarres 7 : 3-14.

Alarcón, C. y P. Cabrera. 1995. Efecto de los diferentes métodos de utilización y manejo de los residuos de explotación en los rendimientos de la segunda rotación de plantaciones de Pino radiata. En Chile Forestal N° 229, Julio de 1995, pp. 30-31.

Ballard, R. 1978. Effect of slash and soil removal on the productivity of second rotation radiata pine on a pumice soil. N.Z.J.For.Sci. 8(2) : 248-258.

Ballard, R. and G.M. Will. 1981a. Accumulation of organic matter and mineral nutrientes under a pinus radiata stand. N.Z.J.For.Sci. 11(2) : 145-151.

- Ballard, R. and G.M. Will. 1981b. Removal of logging waste, thinning debris, and litter from a Pinus radiata D.Don pumice soil site. N.Z.J.For.Sci. 11(2) : 152-163.
- Benscoter, M.A. and L.F. Neuenschwander. 1988. Site preparation effect on nutrient availability and cycling, pp.35-39. In: Prescribed fire in the intermountain region. Forest site preparation and range improvement. Symposium proceedings. Washington State University, Pullman, Washington.
- Bobsworth, B. 1988. Height growth on burned, piled and non prepared sites clearcuts, 17 to 22 years after harvest, pp.65-67. In: Prescribed fire in the intermountain region. Forest site preparation and range improvement. Symposium proceedings. Washington State University, Pullman, Washington.
- Campano, J. 1995. Proyecto "Descripción técnica de máquinas de establecimiento de plantaciones", presentado a la Gerencia de Silvicultura y Patrimonio, Superintendencia Técnica, Departamento de establecimiento de plantaciones, Forestal Mininco S.A., Concepción, Chile.

Cerda, L. 1996. Apuntes del curso de Sanidad Forestal.  
Facultad de Cs. Forestales, Universidad de Concepción.  
No publicados.

Farrell, P.W., D.W. Flinn, R.O. Squire and F.G. Craig.  
1981. On the maintenance of productivity of radiata  
pine monocultures on sandy soils in southeast  
Australia. Proc. XVII IUFRO World Congr., Kyoto, Japan,  
Sept. 1981, Div.1, pp 117-128.

Farrell, P.W. 1984. Radiata pine residue management and  
its implications for site productivity on sandy soils.  
Aust.For. 47(2): 95-102.

Fisher, J.T., G.A. Fancher and E.F. Aldon. 1990. Factors  
affecting establishment of one-seed juniper (Juniperus  
monosperma) on surface-mined lands in New Mexico.  
Can.J.For.Res. 20 : 880-886.

Flinn, D.W. 1978. Comparison of establishment methods for  
Pinus radiata D.Don on a former Pinus pinaster site.  
Aust.For. 41(3):167-176.

Flinn, D.W., P. Hopmans, P.W. Farrell and J.M. James.  
1979. Nutrients loss from the burning of Pinus radiata  
D.Don logging residue. Aust.For.Res. 9: 17-23.

Flinn, D.W., R.O. Squire and P.W. Farrell. 1980. The role  
of organic matter in the maintenance of site  
productivity on sandy soils. N.Z.J.For. 52: 229- 236.

Francke, S. 1990. Efecto del tratamiento de los residuos  
de explotación en el suelo y en el crecimiento inicial  
del Pinus radiata D.Don. Ciencia e Investigación  
Forestal 4(1): 1-33.

Hopmans, P., D.W. Flinn, P.W. Geary and I.B. Tompkins.  
1993. Sustained growth response of Pinus radiata D.Don  
on podzolised sands to site management practice.  
Aust.For. 56 (1) : 27-33.

Keeney, D.R. 1980 . Prediction of soil nitrogen  
availability in forest ecosystems: a literature review.  
Forest Sci. 26(1) : 159-171.

Keeves, A. 1966. Some evidence of loss productivity with  
succesive rotations of Pinus radiata D.Don in the  
Southeast of South Australia. Aust.For. 30: 51-63.

**Kimmins, H.** 1993. Forest Manipulation. Impacts on forest ecosystem sustainability. In: Proceedings of the IEA/BE workshop:Assesing the effects of silvicultural practices on sustained productivity. May 16-22, 1993, Fredericton, N.B., Canadá.

**Kunz, M., S. Aguirre, R. Peters y J. Prado.** 1985. Efecto de la utilización de las plantaciones de Pinus radiata D.Don en la mantención de la productividad del sitio. Investigación y Ciencia. Actas Simposio del Pino radiata, Valdivia-Chile.

**Ludkvist, H.** 1993. Whole-tree harvesting: Ecological consequences and compensatory measures examples from Sweden.In: Proceedings of the IEA/BE workshop:Assesing the effects of silvicultural practices on sustained productivity. May 16-22, 1993, Fredericton, N.B., Canadá.

**Madgwick, H.A.I., D.S. Jackson and P.J. Knight.** 1977 . Above ground dry matter, energy , and nutrient contents of trees in an age series of pinus radiata plantation. N.Z.J.For.Sci. 7(3) : 445-468.

Miller, R.E. and R.E. Bigley. 1990. Effects of burning Douglas fir logging slash on stand development and site productivity. pp.362-376. In: S.P. Gessel, D.S. Lacate, G.F. Weetman and R.F. Powers (De.). Sustained Productivity of Forest Soils. Proceedings of the 7th North American Forest Soils Conference, University of British Columbia, Faculty of Forestry Publication, Vancouver, B.C.

Muñoz, F. 1996. Costos de faenas silvícolas. Curso de planificación de operaciones silvícolas. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. No publicado.

Peña, E. 1994. Efecto del fuego en las propiedades físicas y químicas del suelo y microorganismos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. No publicado.

Perry, D.A. 1994. Forest Ecosystems. The John Hopkins University Press. Baltimore and Condon. 649 p.

Phillips, D.R. and D.H. Van Lear. 1984. Biomass removal and nutrient drain as an affected by total-tree harvest

in southern pine and hardwood stands. J. For. 82(9): 547-550.

Schoenberger, M.M. and D.A. Perry. 1982b. The effect of soil disturbance on growth and mycorrhizal formation of Douglas fir and Western Hemlock seedlings: a green house bioassay. Can. J. For. Res. 12(2): 343-353.

Smethurst, P.S. and E.K.S. Nambiar. 1990. Effect of slash and litter management on fluxes of Nitrogen and tree growth in a young Pinus radiata D. Don plantation. Can. J. For. Res. 20 : 1498-1507.

Squire, R.O., D.W. Flinn and P.W. Farrell. 1979. Productivity of first and second rotations stand of radiata pine on sandy soils. I. Site factors affecting early growth. Aust. For. 42(4): 226-235.

Squire, R.O. 1983. Review of second rotation silviculture of Pinus radiata D. Don plantations in southern Australia : establishment practice and expectations. Aust. For. 46(2): 83-90.

Squire, R.O., P.W. Farrell, D.W. Flinn and C. Aeberli. 1985. Productivity of first and second rotation stand

of radiata pine on sandy soils. II. Height and volume growth at five years. Aust.For. 48(2):127-137.

Toro, J. y S. Alvarez. 1985. Aspectos nutricionales del *Pinus radiata* en relación al uso del sitio. Investigación y Ciencia. Actas Simposio del Pino radiata, Valdivia-Chile.

Unda, D. y F. Ravera. 1994. Análisis histórico de sitios de establecimiento de las plantaciones forestales en Chile. Unidad de Medio Ambiente INFOR-Chile. 132p.

Webber, B. and H.A.I. Madgwick. 1983. Biomass and nutrient content of a 29 years old *Pinus radiata* stand. N.Z.J.For.Sci. 13(2): 222-228.