

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO SILVICULTURA



**EFFECTO DE LA QUEMA DE DESECHOS DE COSECHA EN EL
CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pinus radiata* D. Don, 9 AÑOS
DESPUES DE SU ESTABLECIMIENTO.**

Por

CARLA ANDREA INOSTROZA MAHUZIER

**MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO
FORESTAL.**

CONCEPCION - CHILE

1998

**EFFECTO DE LA QUEMA DE DESECHOS DE COSECHA EN EL
 CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pinus radiata* D. Don, 9 AÑOS
 DESPUES DE SU ESTABLECIMIENTO.**

Profesor Asesor

Eduardo Peña F.

 Profesor Asistente;
 Ingeniero Forestal; M. Sc.

Profesor Asesor

Raúl Raggi M.

 Profesor Asociado;
 Ingeniero Agrónomo; Doctor.

Director Departamento
 Silvicultura.

Eduardo Peña F.

 Profesor Asistente.
 Ingeniero Forestal; M. Sc.

Decano Facultad Ciencias
 Forestales.

Jaime García S.

 Profesor Asociado.
 Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de Título:

Profesor Eduardo Peña F.: Ochenta y dos puntos.

Profesor Raúl Raggi M.: Ochenta y cinco puntos.

INDICE DE MATERIAS.

CAPITULOS

	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	8
2.1 Area de estudio.....	8
2.2 Tipo de suelo.....	8
2.3 Clima.....	9
2.4 Descripción del estudio.....	9
2.5 Tratamientos.....	9
2.6 Diseño experimental.....	10
2.7 Variable evaluada.....	10
2.8 Análisis estadístico.....	11
III RESULTADO Y DISCUSION.....	12
IV CONCLUSIONES.....	22
V RESUMEN.....	23
SUMMARY.....	24
VI BIBLIOGRAFIA.....	25
VII APENDICE.....	30
VIII ANEXO.....	33

INDICE DE TABLAS.

TABLA N°

PAGINA

En el texto

1	Valores promedios para Dap por parcela y por tratamiento.....	10
2	Valores promedios de Dap y grado de significancia para los distintos tratamientos...	11
3	Resultados de la prueba de rangos múltiples de Duncan.....	12
4	Valores promedios de altura por parcela y por tratamiento.....	14
5	Valores promedios de altura y grado de significancia para los distintos tratamientos.	15
6	Crecimiento en volumen por parcela y por tratamiento.....	17
7	Crecimiento en volumen promedio por tratamiento y grado de significancia.....	17

En el Apéndice

1	Análisis de varianza para Dap.....	27
2	Análisis de varianza para altura.....	28
3	Análisis de varianza para volumen.....	29

En el anexo

1	Distribución provincial de quemas forestales VIII región.....	30
2	Temperaturas mínimas para inducir efectos negativos en el suelo.....	31
3	Precipitaciones promedio registradas en la estación Cholguán, durante 13 años.....	32

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA N°

PAGINA

En el texto

1	Crecimiento en Dap promedio para cada tratamiento.....	13
---	--	----



I INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile abarcan una superficie de 2 millones de hectáreas, las que se encuentran distribuidas desde la V a la X Región en sitios moderada a severamente erosionados (Francke 1993).

Estas plantaciones están sometidas a un manejo intensivo y cosechadas con el sistema de cosecha a tala rasa, lo que origina una gran cantidad de desechos, llegando a cubrir una alta proporción del piso forestal, lo que causa preocupación a los forestadores e investigadores, debido a que ello puede tener una importante incidencia en los rendimientos y costos de reforestación y en la productividad futura del sitio, especialmente en el largo plazo.

Los restos de cosecha proceden de los desechos dejados en el bosque después de la corta, esto incluye las copas, ramas, follaje y madera no utilizada de los árboles cortados, junto con otros árboles desarraigados y desgajados como consecuencia de la tala (Smith 1972).

Una manera rápida y efectiva de eliminar desechos es mediante el fuego, utilizado como quema prescrita, la que circunscribe el fuego a un área determinada, siendo en Chile una práctica común. Hasta el año 1992 la superficie de quemas forestales era aproximadamente de 70.000 ha anuales destinadas a la forestación y reforestación. En la VIII Región las superficies destinadas a la plantación y preparadas por este método son aproximadamente 8.900 ha, cifra que ha disminuido en los últimos cinco años (Conaf 1996) (Anexo 1).

En general en Chile los profesionales forestales creen que las quemas tienen efectos más negativos que positivos. Sin embargo, otros autores sostienen que los efectos son negativos cuando no se aplican correctamente, por cuanto bien aplicados pueden ser benéficos.

La percepción negativa del fuego está cambiando, esto se observa en las modificaciones propuesta al Decreto Supremo 276 que reglamenta el uso del fuego en Chile, donde se cambia el término de quema controlada por quema prescrita, donde en la definición son eliminados los conceptos de eliminar o destruir vegetación y es reemplazado por manejo de la vegetación. El término manejo de la vegetación lleva implícito la idea que las quemas son una herramienta forestal que puede ser usada por los humanos sin causar un daño negativo sobre el ecosistema en el que actúa (Pyne 1984; Peña 1995).

Sin duda que esta discrepancia entre los forestadores cobra mayor importancia en la medida que aumenta la superficie bajo manejo y las áreas sometidas a la acción del fuego.

Diversos autores, sostienen que al realizar una quema, el efecto de ésta en los residuos de una cosecha es causar una rápida transformación u oxidación y liberación de nutrimentos, lo que provoca una acumulación inicial de ellos en la superficie del suelo mineral, es decir un aumento de la fertilidad. Nutrimentos como el nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo, incrementan su disponibilidad en el primer año, los que transcurridos un tiempo comienzan a decrecer a niveles semejantes a los originales. Estudios en el extranjero demuestran que 4 años después de la plantación en áreas donde se aplicó quema para la preparación de sitio, las concentraciones de calcio

y fósforo eran superiores a las originales comparado con aquellas áreas donde los desechos de la cosecha no fueron quemados. Estos autores sostienen que existe un incremento de 7 a 16% más de crecimiento en altura en plantas de coníferas en áreas quemadas que en aquellas sin quema (Adams y Boyle 1980, 1982; Jurgensen et al. 1981, Hervey et al. 1980, Vlamis et al. 1962 Tarrant 1936 citados por Eramian y Neuenschwander 1989; Francke 1991).

En Australia, Humphrey y Lambert (1965) citado por Cromer (1967), reportaron que para *Pinus radiata*, el crecimiento en volumen para un rodal de 9 años establecido en el lecho de cenizas comparado con sitios sin ellas era más de un 50% superior.

Autores contrarios a las quemas sostienen que la litera y los desechos de cosecha retienen, in situ, diversos aspectos benéficos que ayudan a mantener la productividad de las plantaciones de *Pinus radiata*, y que las quemas serían una de las causas de la declinación del rendimiento en rotaciones sucesivas. Sostienen que para recuperar esta pérdida de nutrimentos es necesario fertilizar, lo que significaría un aumento de un 32% en la cantidad de fertilizantes utilizados en comparación con la preparación de sitios donde no se realizó quemas (Flinn et al. 1979, 1980; Bengston 1981, Woods 1981 citado por Farrell 1984).

Kunz et al. (1985) citado por Alarcón y Prado (1990), señalan que en una explotación sólo en el fuste y la corteza se extraen 140 Kg/ha de nitrógeno, 20,4 Kg/ha de fósforo y 18,9 Kg/ha de Potasio. Si se agregan las pérdidas producidas por las quemas estas cifras suben a 384 Kg/ha de nitrógeno, 34,8 Kg/ha de fósforo y 248 Kg/ha de Potasio.

La quema prescrita es una importante práctica forestal que puede ser usada para ejecutar diversos objetivos de manejo simultáneo: reducir peligro de incendios, remover los obstáculos físicos de la reforestación y crear un medio adecuado para el establecimiento y crecimiento de las plantas. También mantiene la calidad del sitio y contribuye al control de insectos y problemas de enfermedades reduciendo los peligros del bosque (Alarcón y Prado 1990; Walstad y Seidel 1990; Hungerford et al. 1991).

De los numerosos procesos que ocurren en una quema prescrita, la transferencia de energía calórica hacia el suelo mineral es uno de los más importantes porque determina la cantidad total de energía recibida por unidad de superficie, pero las variables que controlan este proceso, normalmente no son incluidas en la planificación de una quema, por esta razón los resultados logrados, desde el punto de vista de efectos indirectos como es la erosión han sido más negativos que positivos.

Donoso (1990), afirma que los efectos del fuego pueden ser tanto perjudiciales como benéficos según dónde, cuándo y cómo se apliquen. Los efectos del fuego en el bosque pueden ser directos e indirectos; entre los efectos directos se menciona la muerte de organismos que conforman el ecosistema forestal y la destrucción de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, por la muerte o reducción de la superficie foliar. Los efectos indirectos sobre el bosque no son apreciables generalmente en primera instancia, la mayor parte de ellos se refiere a alteraciones que se producen en el ambiente, de preferencia en el suelo, como son la erosión y lixiviación de nutrimentos.

La planificación y ejecución de las quemas es una tarea que debe ser abordada con un criterio profesional. Es necesario concebir esta operación como un proceso riguroso, en el cual el análisis de las condiciones ambientales, el diseño de las medidas a aplicar, su ejecución con personal suficiente y capacitado, la adecuada disponibilidad de equipos y herramientas y, en general, las normas de seguridad, deben ser establecidas estrictamente de acuerdo a las condiciones técnicas en la materia, si es que efectivamente se desea que el balance final de los efectos positivos y negativos resulten netamente favorables (Martin et al. 1978 citado por Julio 1988).

Además del aspecto técnico y de los factores propios de la quema es necesario considerar dos variables: la humedad del suelo y de la materia orgánica, que son los más importantes en la regulación del proceso de transferencia de energía calórica hacia los horizontes del suelo y como consecuencia de ello en los efectos del fuego, sin embargo estas variables no son consideradas al momento de realizar una quema en terreno. Los probables efectos negativos de las quemas en el ecosistema son asociados a la intensidad del fuego pero la información científica en el extranjero muestra con claridad que en la mayoría de las quemas tal asociación no existe. Se ha comprobado que la cantidad de energía calórica transferida al suelo mineral depende de factores tales como la carga de combustible, la profundidad y humedad del horizonte orgánico, la conductividad térmica y el contenido de humedad del suelo mineral (Peña 1995).

Roberts (1965) y Frandsen y Ryan (1986), realizaron quemas con cargas de combustibles equivalentes a 5.400 y 540 Ton/ha respectivamente. Una comparación de las temperaturas máximas alcanzadas en la superficie del suelo mineral

comprobó que eran muy similares a pesar de la diferencia extrema en la carga de combustible por unidad de superficie (666° y 680°C respectivamente), lo que corrobora que pueden haber otros factores más importantes en determinar la cantidad de calor transferido hacia el suelo en el momento de realizar una quema.

La mayoría de los investigadores concuerdan en que el mayor incremento de temperatura ocurre en los primeros 3 cm de suelo, pero aún cuando la temperatura superficial del suelo alcance 500° C o más, en los primeros 3 cm varía entre 150° y 300° C y a los 5 cm o más nunca supera los 100° C (Chandler et al. 1983).

Hungerford et al. (1991), afirma que solo un 8 a 10% (máximo 25%), del calor liberado en una quema es transferido hacia el suelo mineral o litera y el restante 90% es transferido hacia la atmósfera y hacia otros elementos combustibles, afectando los sistemas biológicos de la superficie del suelo.

La temperatura a la cual son afectados los nutrimentos va a depender de las características de cada uno, pero entre los macroelementos el más susceptible a ser volatilizado por el fuego es el nitrógeno, ya que es el único que no es derivado del suelo sino fijado desde la atmósfera (Kimmins 1987) (Anexo 2).

A pesar de existir una gran cantidad de opiniones a favor o en contra de la aplicación de las quemas, la flexibilidad en el uso de tratamientos de preparación de sitios, dependerá de las características del sitio y suelo, por lo que se deberá estar alerta a la necesidad real de un área (Bosworth 1989).

Como aún en Chile existen discrepancias con respecto a los efectos del fuego y considerando que la mayoría de los estudios eran evaluados en los primeros años de establecimiento, el objetivo del presente trabajo es aportar antecedentes sobre los efectos de dos tratamientos de quema y un tratamiento control, en el crecimiento de un rodal de *Pinus radiata* a 9 años de su establecimiento en un suelo arenoso (serie Coreo), en la comuna de Yungay, VIII Región .



2.3 Clima.

El clima en el que se ha desarrollado esta serie corresponde a un mediterráneo cálido, con gran amplitud térmica y más de 5 meses secos. La pluviometría media anual es de 990,5 mm, la que fue obtenida de la estación Cholguán ubicada en 37°11' latitud sur y 72° 03' longitud oeste y a una altitud de 260 m.s.n.m. (Anexo 3).

2.4 Descripción del estudio.

El rodal establecido en el año 1987, fue medido en el año 1996, para analizar el comportamiento de las variables a estudiar.

En este estudio se evalúa el efecto de distintos tratamientos de quema sobre el crecimiento en diámetro, altura y volumen de un rodal de Pinus radiata. Se aplicaron dos tratamientos de quema y se dejó un tratamiento control para comparar con los otros tratamientos.

Las plantas utilizadas fueron obtenidas del vivero de Forestal Cholguán y seleccionadas para homogeneizar la altura y el diámetro, siendo plantadas por obreros de la empresa. El ensayo no fue sometido a tratamientos silviculturales como poda y raleo, ni sometido a fertilización post-plantación.

2.5 Tratamientos.

Los tratamientos establecidos en el ensayo fueron:

- **T1:** Es el tratamiento control, sin la aplicación de fuego, en el cual los desechos de la cosecha de Pinus radiata quedaron dispersos sobre la superficie del terreno.

- **T2:** Es un tratamiento de quema de desechos de cosecha de *Pinus radiata*, en el cual el material combustible estaba disperso homogéneamente sobre la superficie del suelo.

- **T3:** Es un tratamiento de quema de desechos de cosecha de *Pinus radiata* en faja, en el cual el material combustible se acumuló en fajas de 3 m de ancho por 1,5 a 2 m de alto y separadas cada 10 m una faja de otra.

2.6 Diseño experimental.

El ensayo fue establecido en el invierno del año 1987 organizado como un diseño completo al azar con 4 repeticiones por cada tratamiento. En el diseño original las parcelas presentaban una superficie de 3.600 m² (60 x 60 m), las que fueron distribuidas al azar.

Las unidades muestrales seleccionadas para este estudio corresponden a parcelas de 900 m² de superficie (30 x 30 m), ubicadas desde el centro de las parcelas instaladas en el año 1987, con el fin de evitar posibles daños o efectos externos al crecimiento normal del rodal bajo estudio.

2.7 Variables evaluadas.

En cada una de las parcelas se midió el diámetro a la altura de pecho (Dap) y la altura de todos los árboles presentes en la parcela, con excepción del tratamiento de quema en faja, donde se midieron sólo los árboles de la sección quemada, no son medidos aquellos árboles existentes entre fajas debido a que se asume un comportamiento similar a las zonas donde no se aplicó quema y que corresponde al tratamiento control.

2.8 Análisis estadístico.

Previo al análisis de varianza (ANDEVA) para un diseño experimental totalmente al azar se aplicó la prueba de homogeneidad de varianza a través del test de Bartlett. Cuando el análisis de varianza determinó diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a comparar las medias de los tratamientos mediante la Prueba de rangos múltiples de Duncan o métodos de comparaciones múltiples de Duncan.



III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la tabla 1, se entregan los valores promedios obtenidos por parcela y por tratamiento para el Dap. El ANDEVA para el crecimiento en Dap, determinó que las diferencias entre los tratamientos son estadísticamente significativos con un intervalo de confianza de 95% (Apéndice 1).

Tabla 1. Valores promedios para dap por parcela y por tratamiento.

Tratamiento	Repetición			
	Dap (cm)			
T1	12,21	12,18	10,82	11,60
T2	10,77	11,22	11,32	10,31
T3	9,96	11,52	9,94	9,09

En la tabla 2 se entregan los resultados del crecimiento promedio en diámetro para cada tratamiento; además se entrega el grado de significancia obtenido en el análisis de varianza.

Tabla 2. Valores promedios de Dap y grado de significancia para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Variable
	Dap (cm).
T1	11,67
T2	10,95
T3	10,13
Varianza Tratamiento	*

*: Existe diferencia significativa entre tratamiento, para un intervalo de confianza de 95%.

En la tabla 2 se puede observar que en suelos arenosos a los 9 años post-plantación el tratamiento 1 (control), muestra un crecimiento diamétrico mayor en 0,72 y 1,54 cm, que los tratamientos T2 y T3 respectivamente. Las diferencias encontradas son estadísticamente significativas para el nivel de significancia considerado en este estudio.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en la Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Tabla 3. Resultados de la Prueba de rangos múltiples de Duncan.

Tratamiento	Variable (1)
	Dap (cm).
T1	11,67 a.
T2	10,95 ab.
T3	10,13 b.

(1) En la columna de valores las letras iguales no representa diferencias significativas.

La interrogante sobre que tratamientos son estadísticamente significativos, fue despejada usando la Prueba de rangos múltiples de Duncan, en la que se obtuvo que el tratamiento T1 presentó diferencias significativas con el tratamiento T3, pero no resultó ser significativamente diferente al tratamiento T2; por otra parte el tratamiento T2 no presenta diferencias significativas con el tratamiento T3. Esto significa que el tratamiento sin quema presenta un mejor crecimiento que el tratamiento de quema en faja, este último es el tratamiento de quema afectado por una mayor intensidad calórica al concentrar sus efectos en una menor superficie de la parcela. También es necesario destacar que de acuerdo a los resultados obtenidos, sino se puede prescindir del uso del fuego se podría optar por el método de quema con material disperso que no muestra un crecimiento significativamente menor que el tratamiento control sin quema.

Los resultados obtenidos en el crecimiento diamétrico sobre áreas no quemadas concuerdan con lo afirmado por Farrell (1981) citado por Carrasco (1995). El asegura que en suelos

arenosos pobres la conservación de la materia orgánica es un factor clave para el mantenimiento de la fertilidad, por lo que prácticas como la quema deberían evitarse.

Francke (1990, 1991, 1992), al estudiar el efecto de diferentes tipos de manejo de residuos de explotación también sostiene que la aplicación de quemas prescritas no es recomendable en suelos de textura arenosa considerando aspectos de conservación de nutrimentos del suelo, crecimiento y estado nutricional, sin embargo en un estudio realizado en suelo arenoso, (ensayo Maquehua en 1991), él determina que las quemas si favorecían el crecimiento en diámetro de las plantas de *Pinus radiata* en el primer año de plantación.

A 9 años del establecimiento de la plantación de *Pinus radiata* estudiada, el crecimiento por tratamiento en Dap muestra el siguiente comportamiento (Figura 1).

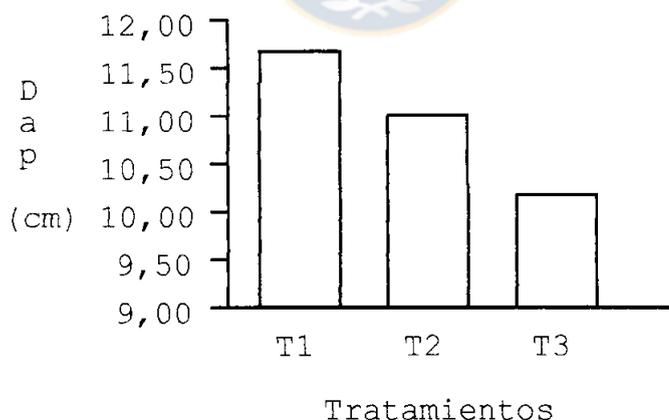


Figura 1. Crecimiento en Dap promedio para cada tratamiento.

En la figura 1, se observa que el tratamiento en Dap resultó ser mejor en aquel tratamiento donde no se realizó quema y los desechos de cosecha fueron esparcidos sobre la superficie del terreno.

Cromer et al. (1970), trabajando con *Pinus radiata* en Australia, demostró lo contrario a lo obtenido en este estudio, él encontró que el crecimiento de los árboles 12 años después del establecimiento en parcelas donde existían cenizas producto de la quema, alcanzaba un 50% más de madera que las parcelas sin quema.

Stein (1984) citado por Walstad y Seidel (1990), detectó en las Costas de Oregon en plantas de Pino oregón un 10 y 11% más de crecimiento y sobrevivencia en parcelas quemadas que en las no quemadas 5 años después de la plantación.

Muchas de las ganancias en crecimiento en los sectores quemados en los estudios mencionados, pueden ser atribuidos a la reducción de la vegetación competitiva por las quemas y además un menor daño a las plantas por los animales, debido a una menor disponibilidad de hierbas para su consumo (Stein 1984, 1986, 1989 citado por Walstad y Seidel 1990).

En la tabla 4, se entregan los valores del crecimiento en altura por parcela y por tratamiento.

Tabla 4. Valores promedios de altura por parcela y por tratamiento.

Tratamiento	Repetición			
	Altura (m)			
T1	8,36	7,60	7,79	8,46
T2	6,74	7,51	8,14	8,34
T3	8,32	9,58	7,52	7,78

En la tabla 5 , se entregan los resultados del crecimiento promedio en altura para cada tratamiento; además se incluyen los valores y el grado de significancia obtenido en el análisis de varianza (Apéndice 2).

Tabla 5. Valores promedios de altura y grado de significancia para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Variable
	altura (m).
T1	8,09
T2	7,70
T3	8,30
Varianza Tratamiento	ns

ns: no hay diferencia significativa entre tratamiento, para un intervalo de confianza de 95%.

El crecimiento en altura, según lo demuestra la tabla 3 y el apéndice 2, no presenta diferencias significativas, para un intervalo de confianza de 95%, entre el tratamiento

control y los tratamientos donde se aplicó quema para la preparación de sitio, es decir, que el crecimiento de la altura en suelos arenosos resultó ser igual estadísticamente e independiente al tratamiento utilizado.

De la tabla 5, se puede concluir que en los valores promedios de altura, el tratamiento T3 (quema en faja), arroja un crecimiento en altura superior en 0,21 y 0,60 m que los tratamientos T1 y T2 respectivamente a la edad de 9 años.

La gran mayoría de los estudios realizados en el extranjero demuestran que el crecimiento en altura de las plantaciones en sitios quemados y con presencia de cenizas resultado de las quemadas, es superior en aquellas áreas donde la preparación de sitios incluye a la quema como una alternativa de manejo.

Bosworth (1989), al comparar el crecimiento en altura a los 17 y 22 años después de la cosecha de un bosque que se regeneró y tuvo dos métodos de preparación de sitios: quema de desechos y apilado de la materia orgánica, obtuvo que existían diferencias en el crecimiento en la altura y ésta era mayor en sitios quemados.

Cromer et. al. (1970), por su parte estableció que los árboles en suelos con cenizas aumentan 1,2 a 1,4 veces el crecimiento en altura y más de 2 veces el crecimiento en volumen.

En áreas regeneradas de *Pino oregón*, en las costas de Oregon, la quema de desechos ha demostrado ser substancialmente superior a otros métodos de preparación de sitio, obteniendo al séptimo año plantas en parcelas

quemadas 36% más altas que en parcelas no quemadas (Walstad y Seidel 1990).

Schmidt (1969) citado por Eramian y Neunschwander (1989), informó que *Larix occidentalis* creció 1/3 más en sitios quemados que en aquellos con tratamientos mecánicos.

Contrario a lo expuesto por investigadores extranjeros, en Chile en un estudio realizado en la VIII Región en suelos arenosos, se determinó que el crecimiento en altura se ve afectado negativamente con la aplicación de quemas prescritas (Francke 1991).

En la tabla 6, se entregan los resultados del crecimiento en volumen por parcela y por tratamiento, obtenido del Modelo 14 (Weyer Haeuser), para cálculo de volumen de la empresa Forestal Cholguán y para las áreas donde se realizó el ensayo, considerando edad, suelo y sitio.

Tabla 6. Crecimiento en volumen por parcela y por tratamiento.

Tratamiento	Repetición			
	Volumen (m3/parcela)			
T1	2,5741	1,3730	2,3842	2,8703
T2	2,0959	2,8252	1,5593	1,4700
T3	1,5854	2,8781	2,5216	2,9647

Los volúmenes obtenidos y presentados en la tabla 6, fueron calculados para cada árbol y sumados para obtener el volumen total por parcela.

En la tabla 7, se entrega el crecimiento en volumen promedio por tratamiento y el resultado del ANDEVA.

Tabla 7. Crecimiento en volumen promedio por tratamiento y grado de significancia.

Tratamiento	Variable
	Volumen (m ³ /parcela).
T1	2,3004
T2	1,9876
T3	2,4874
Varianza Tratamiento	ns

ns: no hay diferencia significativa entre tratamiento, para un intervalo de confianza de 95%.

Como lo demuestra la tabla 7 y el apéndice 3, no existe diferencia significativa entre los tratamientos para el crecimiento en volumen, con un intervalo de confianza de 95%.

Si bien el diámetro, presenta diferencias significativas entre tratamientos y la altura no lo presenta, el crecimiento en volumen, aún cuando se ve más influenciado por el crecimiento en diámetro por la ponderación que éste tiene en las fórmulas de volumen, en este caso no arrojó diferencias significativas, debido a las pequeñas diferencias que existen en el crecimiento en diámetro entre los tratamientos y un comportamiento diferente para el crecimiento en altura que resultó superior en los tratamientos con menor diámetro.

En la tabla 7 se puede observar que el tratamiento 3 (quema en faja), presenta el mayor crecimiento de volumen a los 9 años, seguido por el tratamiento control y finalmente el tratamiento 2 (quema de desechos dispersos).

A pesar de existir diversas opiniones a cerca de la quema, tanto a favor como en contra, es necesario conocer las características de cada sitio y analizar sus prioridades para determinar que tratamiento o método de preparación de sitio utilizar.

De acuerdo a los resultados de este estudio y de otros a nivel internacional y nacional se puede indicar que no es posible generalizar con respecto a los efectos de ésta, porque cada sitio tratado es diferente y el comportamiento del fuego también lo es. Para poder hacer una mejor predicción en los ensayos se debería medir la intensidad del fuego para así asociarlo con los efectos positivos o negativos (Cromer 1967, 1970; Farrell 1984; Frandsen 1986; Julio 1988; Bosworth 1989; Francke 1990, 1991, 1992, 1993).

Francke (1993), reconoce la necesidad de efectuar en el futuro, estudios integrados de otras alternativas técnicas de manejos de residuos de explotación que tiendan a mantener la fertilidad del suelo, y por ende, la productividad del sitio en el largo plazo.

IV CONCLUSIONES.

1 El crecimiento en Dap a los 9 años de edad fue significativamente mayor para el tratamiento sin quema en comparación al tratamiento de quema en faja, pero no es diferente significativamente al tratamiento de quema con material disperso.

2 El crecimiento en altura a los 9 años de edad es superior para la modalidad de quema en faja, pero las diferencias observadas no son significativas con los otros tratamientos.

3 El crecimiento en volumen a los 9 años de edad fue levemente superior para la quema en faja, pero esta diferencia no es significativa con respecto a los otros tratamientos.

4 La modalidad de quema en faja y dispersa no muestran diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

5 En general, para las variables analizadas, el presente estudio no encontró diferencias significativas entre la opción de quemar o no quemar, encontrándose efectos negativos en el tratamiento de quema en faja sobre el diámetro, pero esta variable pudo haber sido afectada por la densidad del rodal estudiado.

V RESUMEN.

En el año 1987, la empresa Forestal Cholguán S.A., estableció en el campo 14 del Fundo Los Litres, ubicado a 5 Km al Noroeste de Cholguán , un ensayo para evaluar el efecto de dos tratamientos de quema en el crecimiento en Dap, altura y volumen de las plantaciones de *Pino radiata* establecidas en un suelo de textura arenosa (serie Coreo).

Los tratamientos establecidos fueron: un tratamiento control sin quema y los desechos dispersos en el sitio, un tratamiento de quema con los desechos dispersos y un tratamiento de quema con los desechos ordenados en faja, que fueron evaluados en el año 1996, 9 años después del establecimiento de la plantación.

Los resultados del estudio indican que solo el diámetro fue afectado negativamente por la modalidad de quema en faja , no observándose diferencias significativas para la variable altura y volumen. Las dos modalidades de quema no presentan diferencias significativas entre ellas.

SUMMARY

In 1987, it was established a trial to evaluate the effects of slash burning on growth of radiata pine planted forest growing in a sandy soil of Chile's Central Valley. The variables measured were diameter at the breast height (dbh), total height, and volume for each tree. The study was located in the 8th Region, 5 Km to the northwest of Cholguan Village in "Los Litres Forestry Farm" owned by "Cholguan S.A."

This study tested three treatments: a) Windrow burning, b) broadcast burning, and a control plot with scattered slash but no burning. The trial was evaluated in 1996, 9 years after plantation.

It was founded that in Cholguan sandy soil, only tree of the control plot has a significative greater dbh than trees growing on soils with windrow burning. However, there is not significative differences for total height and volume among the treatment applied. Windrow burning and broadcast burning do not have any differences between them for the variables evaluated.

VI BIBLIOGRAFÍA.

- 1 Adams, P. W. y Boyle, J. R., 1980. Effects of fire on soil nutriments in clearcut and whole-tree harvest sites in Central Michigan. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 847-850
- 2 Adams, P. W. y Boyle, J. R., 1982. Soil fertility changes following clearcut and whole-tree harvesting and burning in Central Michigan. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 638-640
- 3 Alarcón, C. y Prado, J., 1990. Efecto de técnicas de quema en la eliminación de desechos de explotación de *Pino radiata* en los procesos de erosión. Ciencia e Investigación Forestal 4 (1): 35-48
- 4 Bosworth, B. 1989. Height growth on burned, piled and onprepped clearcuts, 17 to 22 years after harvest, pp. 65-67. En prescribed fire in the Intermountain Region: Symposium proceeding. D.M. Baumgartner et al. (Eds). Pullman, WA: Washington State University.
- 5 Carrasco, P. y Millán, J., 1990. Proyecto de suelos forestales de la VIII Región. Ministerio de Agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria. Chillán. Chile.

- 6 Carrasco, R. C., 1995. Análisis general del monocultivo forestal con respecto a su definición y a su efecto sobre la productividad del suelo en el largo plazo. Concepción, Universidad de Concepción, Facultad de Cs. Forestales. 183 p.
- 7 Chandler, C.; P. Cheney; P. Tomas; L. Traband y D. Williams. 1983. Fire in Forestry: Forest fire behavior and effects. Volume I. Wiley-Interscience Publication. New York, USA. 450 p.
- 8 CONAF, 1996. Informe final temporada 95/96. CONAF. U.G. Manejo del Fuego. VIII Región del Bio-Bio. Documento de trabajo N° 240.
- 9 CORFO. 1971. Pluviometría de Chile. Anexo 1. Estadísticas pluviométricas. Depto. Recursos hídricos.
- 10 Cromer, R. N., 1967. The significance of the "Ashbed Effect" in *Pinus radiata* plantation. *Appita* 20 (4): 104-108
- 11 Cromer, R. N.; Raupach, M; Clarke, A. R. P., 1970. An examination of ashbed soils growing *Radiata Pine* in Gippsland Victoria. *Aust. For.* 34: 1-10
- 12 Donoso, C., 1990. Los factores biológicos del medio ambiente. *Ecología forestal el bosque y su medio ambiente*. 4ª edición. Editorial universitaria. Santiago, Chile. 369 p.

- 13 Eramian, A. y Neuenschwander, L. F., 1989. A comparison of broadcast burn vs. dozer site preparation methods on the growth of bareroot *Douglas-fir* seedlings, pp. 75-82. En prescribed fire in the Intermountain Region: Symposium proceeding. D. M. Baumgartner et al. (Eds). Pullman, WA: Washington State University.
- 14 Farrell, P. W., 1984. *Radiata Pine* residue management and its implication for site productivity on sandy soil. Aust. For. 47 (2): 95-102
- 15 Francke, S., 1990. Efecto del tratamiento de los residuos de explotación en el suelo y en el crecimiento inicial de *Pino radiata*. Ciencia e Investigación Forestal 4 (1): 1-33
- 16 Francke, S., 1991. Efecto del manejo de los residuos de explotación en el suelo y el crecimiento inicial de plantaciones de *Pino radiata*, en las series de suelo Coreo (zona arenales) y Colico (zona Arauco). Revista Chile Forestal CONAF, Documento técnico N° 51 y 52.
- 17 Francke, S., 1992. Efectos del manejo de residuos de explotación en el suelo y crecimiento inicial de plantaciones de *Pino radiata*. Revista Chile Forestal CONAF, Documento técnico N° 67.
- 18 Francke, S., 1993. Efecto de la plantaciones forestales en el suelo. Revista Chile Forestal CONAF, Documento técnico N° 70.

- 19 Frandsen, W. H. y Ryan, K. C., 1986. Soil moisture reduces below ground heat flux and soil temperatures under a burning fuel pile. *Can. J. For. Res.* 16: 244-248.
- 20 Hungerford, D. R.; Harrington, M. G.; Frandsen, W. H.; Ryan, K. C.; Niehoff, G. J., 1991. Influence of fire on factors that effect site productivity, pp. 32-50. En *Proceeding - Manegement and productivity of Western - Montane Forests Soil*. A.E. Harvey, L.F. Neuenschwander (Eds.) United State Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Research station. General Technical Report INT-280.
- 21 Julio, G., 1988. Análisis de técnicas de quema en la eliminación de desechos de explotación de *Pino radiata*. *Ciencia e Investigacion Forestal* 2 (3): 27-44
- 22 Kimmins, J. P., 1987. *Forest Ecology*. McMillan Publishing Company. New York. 531 p.
- 23 Peña, E., 1995. Transferencia de energía calórica hacia el suelo mineral y los efectos del fuego, pp. 42-51. En *Actas del Taller Internacional: Prognosis y gestion en control de incendios forestales*. G. Julio (ed). Proyecto Fondef FI-13. Santiago de Chile, 8-10 Noviembre de 1995.
- 24 Pyne, S. J., 1984. *Introduction to wildland fire management in the United State*. John Wiley and Sons. New York. 455 p.

- 25 Roberts, W. P. 1965. Soil temperature under a pile of burning logs. *Aust. For. Res.* 1(3): 21-25
- 26 Smith, D., 1972. *Silvicultura práctica*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. España.
- 27 Walstad, J. D.; Seidel, K. W., 1990. Use benefits of Prescribed fire in Reforestation, pp. 67-77. En natural and prescribed fire in Pacific Northwest Forest. J. D. Walstad, S. R. Radosevich and D. V. Sandberg (Eds). Oregon State University Press. Corvallis. Oregon.



Apéndice 1. Análisis de varianza para el Dap.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F observado	F requerido 95 %
Total	11	9,697			
Tratamiento	2	4,736	2,368	4,30	4,26 *
Error	9	4,962	0,551		

*: Diferencia significativa para un nivel de significancia de 5%.



Apéndice 2. Análisis de varianza para la altura.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F observado	F requerido 95 %
Total	11	5,577			
Tratamiento	2	0,726	0,363	0,67	4,26 (ns)
Error	9	4,850	0,539		

ns: no existe diferencia significativa para un nivel de significancia de 5%.





ns: no existe diferencia significativa para un nivel de significancia de 5%.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F observado	F requerido 95 %
Total	11	4,137			
Tratamiento	2	0,510	0,255	0,633	4,26(ns)
Error	9	3,627	0,403		

Apéndice 3. Análisis de varianza para el volumen.

Anexo 1. Distribución provincial de quemas forestales, VIII Región.

Temporada	Concepción Sup. (ha)	Bio-Bio Sup. (ha)	Ñuble Sup. (ha)	Arauco Sup. (ha)	Total (ha)
91 - 92	4639,74	5240,76	4069,41	4830,34	18780,25
92 - 93	2931,55	5672,69	4800,27	5703,87	19108,38
93 - 94	1097,43	2111,60	1731,30	3936,78	8877,11
94 - 95	733,38	1324,00	4156,80	3161,87	9376,05
95 - 96	706,99	1674,46	2857,50	3603,09	8842,04

Fuente: CONAF 1996.



Anexo 2. Temperaturas mínimas para inducir efectos negativos en el suelo.

RANGO DE TEMPERATURA (°C)	ELEMENTO AFECTADO
40 - 70	Muerte del cambium.
50 - 70	Destrucción de la semilla.
Hasta 100	Vaporización del agua.
100 - 110	Muerte de bacterias y hongos, en el suelo seco.
155 - 210	Muerte de bacterias y hongos en el suelo humedo.
150 - 300	Repelencia al agua.
250 - 500	Volatilización nitrógeno y fósforo orgánico.
> 400	Cambios en textura.
> 500	Volatilización Ca, Mg, K.
> 700	Volatilización fósforo orgánico.
> 800	Volatilización Na y S.

Fuente: Agee 1993, Hungerford 1991, Peña 1994.

Anexo 3. Precipitaciones promedio registradas en la Estación Cholguán, durante 13 años.

MES	mm de pp promedio.
Enero	30,7
Febrero	11,8
Marzo	29,6
Abril	63,6
Mayo	98,4
Junio	213,7
Julio	201,8
Agosto	205,1
Septiembre	93,2
Octubre	57,0
Noviembre	36,6
Diciembre	35,8

Promedio de precipitaciones = 990,5 mm.

Precipitaciones mínimas registradas = 814,5 mm.

Precipitaciones máximas registradas = 1130,5 mm.

Fuente: Corfo 1971.