

# SELVICULTURA Y QUEMAS PRESCRITAS EN LAS MASAS FORESTALES DE CHILE

**Guillermo Julio**

Universidad de CHILE

## RESUMEN

La quema controlada constituye una herramienta tradicional de trabajo en zonas rurales, principalmente en la preparación de terrenos para cultivos agrícolas y forestales. Sin embargo, el empleo indiscriminado del fuego en períodos pasados significó la pérdida de varios millones de hectáreas de bosques naturales, una degradación de suelos, iniciación de procesos erosivos y alteraciones en los ciclos hidrológicos.

Aunque ahora existe una mayor preocupación por las quemas, se tratan con fuego sobre 200.000 ha anualmente, de las cuales cerca de un 15% son en terrenos forestales. Se observa, sin embargo, una clara tendencia a la disminución del empleo de este medio, debido al control más efectivo de los servicios forestales y, por la creciente oposición de organizaciones ambientalistas al uso del fuego.

Las quemas se emplean escasamente con objetivos diferentes a la preparación de terrenos, a pesar de haberse comprobado la capacidad del fuego prescrito para apoyar eficientemente diversas actividades de la silvicultura y el manejo de bosques.

La legislación chilena sobre uso del fuego es otro punto débil. Las normas prácticamente vigentes están referidas sólo a establecer calendarios de quemas, con el propósito de prevenir incendios forestales, y a exigir la presentación de un aviso de la fecha a quemar. No es obligatoria la presentación de un plan de quema.

Finalmente, cabe indicar que la investigación sobre quemas se ha centrado principalmente en temas tales como modelación de combustibles, técnicas de encendido y comportamiento del fuego.

## INTRODUCCIÓN

El uso extensivo del fuego en actividades silvoagropecuarias comienza en Chile a mediados del siglo XIX, cuando los procesos de colonización de las zonas sur y austral del país se intensificaron por la necesidad de establecer asentamientos humanos en vastas regiones despobladas. En general, los aborígenes, especialmente los araucanos, no acostumbraban usar el fuego como medio de trabajo en sus actividades productivas porque no practicaban realmente la agricultura (ELIZALDE McCLURE, 1970).

Según el naturalista Federico Albert, la llegada de los colonizadores significó, entre 1850 y 1910, la destrucción de unos 13 millones de hectáreas de bosques en las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue, principalmente por el uso del fuego para habilitar terrenos para la agricultura y la ganadería, y con el propósito de mejorar la accesibilidad en zonas montañosas (ELIZALDE McCLURE, 1970). A esta extensa superficie deben agregarse otros 5 millones de hectáreas de bosques devastados entre 1910 y 1950 debido a la colonización de las provincias australes de Chiloé y Aysen, que comenzaron a ser pobladas a

*Cuadro 1. Estadísticas sobre uso del fuego en terrenos rurales en Chile - Período 1986 a 1997*

AÑO	Quemas Agrícolas		Quemas Forestales		Otras Quemadas		Total de Quemadas	
	Nº	ha	Nº	ha	Nº	ha	Nº	ha
1986	19.709	343.559	1.260	53.730	940	1.413	21.909	398.702
1987	17.920	325.667	1.491	55.688	783	1.145	20.194	382.501
1988	17.215	266.979	1.582	52.648	832	880	16.629	320.506
1989	17.651	289.853	2.039	62.606	681	712	20.371	353.171
1990	17.862	258.989	1.996	64.764	708	346	20.566	341.901
1991	16.250	254.099	2.568	73.523	709	79	19.527	327.700
1992	15.923	226.787	2.156	56.711	423	105	18.502	283.603
1993	15.767	208.965	2.267	43.609	416	60	18.450	256.634
1994	16.321	186.893	2.270	46.788	360	7	18.951	233.688
1995	14.952	189.002	1.676	33.118	143	92	16.771	222.298
1996	13.928	207.062	1.483	26.487	165	178	15.576	233.727
1997	13.324	202.147	1.240	23.779	68	264	14.632	226.187
<b>Total</b>	196.822	2.960.088	22.020	593.448	6.228	5.280	225.078	3.576.618
<b>Prm/año</b>	16.401	246.674	1.835	49.454	519	440	18.757	298.052
<b>%</b>	87,44	82,76	9,76	16,59	2,77	0,65	100	100

fines del siglo pasado (BIANCHI, 1947; ELIZALDE McCLURE, 1958; JULIO, 1966).

Se estima que, hasta mediados del presente siglo, alrededor del 80% de los incendios forestales ocurridos en Chile fueron originados por roces a fuego y quemas (HARTMAN, 1962). Posteriormente, con la aplicación del Reglamento sobre Uso del Fuego en Terrenos Rurales, y los resultados de las primeras campañas de prevención, comienza a reducirse progresivamente la incidencia de este problema (JULIO, 1983), llegando en los momentos actuales a ocasionar alrededor del 10% del número de incendios y el 19% de las superficies dañadas por el fuego (CONAF, 1997).

Sin embargo, se mantiene hasta los presentes días un empleo limitado del fuego como medio de trabajo en actividades rurales, en lo que respecta a la gran variedad de posibilidades que ofrece como una herramienta eficiente de apoyo a operaciones forestales. En la práctica, las quemas se aplican esencialmente en la preparación de terrenos destinados a cultivos agropecuarios y a

la reforestación, no obstante que se evidencian grandes posibilidades para el uso del fuego en la prevención de incendios y en el manejo silvicultural de masas forestales (JULIO, 1991).

#### USO DEL FUEGO EN ZONAS RURALES DE CHILE

En el transcurso de los doce últimos años (período 1986 a 1997), de acuerdo a las estadísticas de la Corporación Nacional Forestal, en Chile se ha autorizado la ejecución de alrededor 225 mil quemas controladas, con el propósito de tratar sobre 3,5 millones de hectáreas de terrenos rurales. Los antecedentes correspondientes se presentan en el Cuadro 1.

Las quemas controladas se emplean mayoritariamente con objetivos agrícolas, tanto en la cantidad de operaciones como en la superficie tratada (87 y 82%, respectivamente). En cambio, el uso del fuego como herramienta de trabajo en actividades forestales observa niveles que fluctúan entre el 10 y el 17%. Otras

**Cuadro 2. Objetivos en el uso del fuego en terrenos forestales en Chile - Período 1991 a 1997**

Objetivos	Cantidad de Quemadas		Superficies Tratadas		Tamaño de Quemadas (ha)
	Nº	%	ha	%	
Preparación de Forestación	10.164	74,4	260.684	85,7	25,65
Limpia de Caminos y Canales	1.667	12,2	18.410	6,1	11,04
Manejo Silvicultural	742	5,4	13.995	4,6	18,87
Reducción de Combustibles	392	2,9	7.020	2,3	17,91
Control de Plagas y Enfermedades	292	2,1	890	0,3	3,05
Mantenimiento de Cortafuegos	172	1,3	1.793	0,6	10,42
Otros Usos	231	1,7	1.220	0,4	5,28
<b>TOTAL</b>	<b>13.660</b>	<b>100</b>	<b>304.012</b>	<b>100</b>	<b>22,26</b>

quemadas, que se refieren principalmente al empleo del fuego en obras civiles y basurales, poseen una muy baja representación.

Se observa en el período bajo análisis un descenso prácticamente constante de la cantidad y superficies totales tratadas con quema (33 y 43%, respectivamente, comparando los valores de 1986 y 1997), lo que esencialmente puede explicarse debido a la mejor efectividad de los sistemas de control de uso del fuego y, también, a la mayor conciencia que ha venido adquiriendo la población rural sobre los efectos negativos de la aplicación de este medio de trabajo. En relación a las quemadas forestales, la tendencia de las operaciones es irregular, observándose los valores más altos entre los años 1991 y 1994, los que corresponden justamente a las temporadas con una mayor tasa de forestación. En cambio, el tamaño promedio de las quemadas ha disminuído prácticamente a la mitad en el transcurso de los 12 años. Esto último puede explicarse debido a la incorporación de otros medios en la preparación de terrenos destinados a la forestación y reforestación, especialmente en el caso de las grandes empresas forestales, que han constatado el efecto nocivo de la aplicación de fuegos de alta intensidad en la eliminación de desechos de explotaciones madereras y, también, por la presión cada vez mayor de los movimientos ecologistas que promueven una mejor protección del medio ambiente.

Las quemadas forestales se aplican preferentemente para eliminar desechos de explotaciones en la preparación de terrenos para la forestación, tal como se puede apreciar en el Cuadro 2.

Se comprueba un bajo nivel de uso del fuego en objetivos diferentes a la preparación de terrenos para la forestación y reforestación, no obstante, las investigaciones y experiencias de muchos años han demostrado la enorme capacidad de las quemadas prescritas para apoyar diversas operaciones forestales, con un mínimo de riesgos e impactos ambientales negativos.

En general, en arbolados nativos, dada la enorme biomasa, multietaneidad y topografía quebrada que los caracteriza, se considera poco factible aplicar fuegos prescritos a grandes escalas como un medio de apoyo en el manejo silvicultural y en la reducción de combustibles. En cambio, en plantaciones forestales, particularmente de *Pinus radiata*, las posibilidades son enormes en una amplia variedad de objetivos. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

### Reducción de Combustibles

Como medida de prevención de incendios, mediante el tratamiento de desechos de intervenciones tales como podas y raleos, las quemadas prescritas han demostrado una gran efectividad en la eliminación de combusti-

bles muy finos y finos muertos y secos (de diámetros inferiores a 2,5 cm). La técnica de encendido que ha demostrado mejores resultados corresponde a la de focos simultáneos, con una separación de dos metros entre ellos, la que asegura un comportamiento del fuego sin complicaciones, con intensidades calóricas inferiores a 100 kilocalorías por metro y por segundo, y longitudes de llama que fluctúan entre 40 y 100 centímetros, en rodales con una carga de combustible disponible de 20 a 45 toneladas por hectárea (ESCOBAR y JULIO, 1983).

### Control de Plagas y Enfermedades

Algunas especies de malezas, tales como la quila (*Chusquea* sp), espinillo (*Ulex* sp) y retamillo (*Cytisus* sp) pueden ser efectivamente eliminadas mediante quemas prescritas, ya sea como una acción preventiva de incendios forestales, o bien, para favorecer el desarrollo de plantaciones forestales. En cuanto a insectos, se ha comprobado la eficiencia del fuego para el control del Palote (*Bacunculus phillopus*), que es un peligroso defoliador que ataca a los bosques de *Pinus radiata*. Por otra parte, en la erradicación de la Polilla del Brote (*Rhyacionia buoliana*), que está afectando extensivamente a las plantaciones de *Pinus radiata*, los ensayos preliminares basados en el empleo de quemas prescritas indicarían que el fuego podría constituir un excelente medio, con evidentes ventajas sobre el empleo de los productos químicos o los controles biológicos que actualmente se están aplicando, aunque ello aún no se ha comprobado definitivamente.

### Regeneración Natural

Las quemas prescritas han demostrado una alta capacidad para estimular la regeneración natural de especies exóticas (*Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*), aplicadas a bajos niveles de intensidad calórica para lograr una limpieza del sotobosque y los residuos livianos depositados sobre el piso del bosque. Esto se ha comprobado como un resultado

suplementario en las investigaciones realizadas para evaluar el comportamiento y los efectos del fuego en plantaciones forestales (JULIO, 1987).

### Manejo Silvopastoral

En la preparación del sitio para el establecimiento de praderas bajo dosel de plantaciones de *Pinus radiata*, las quemas prescritas también han demostrado constituir un medio eficaz para habilitar el sitio para la alimentación de ganado. Este objetivo representa, además, una adecuada medida de prevención de incendios por la eliminación de partículas leñosas finas en los estratos superficiales, controlándose de esa manera el material combustible que facilita en mayor grado la ignición y propagación del fuego al interior del bosque (JULIO, 1991).

### MODALIDADES DE APLICACIÓN DE LAS QUEMAS

Aunque en los últimos tiempos se ha observado la tendencia de las empresas forestales de preocuparse seriamente por aplicar el fuego en forma correcta, con el propósito de evitar o reducir sus efectos negativos, todavía, y en la mayoría de los casos, se comprueba la ejecución de quemas empleando procedimientos y técnicas inadecuadas. Por lo general, no se aprecia una clara decisión por la forma de usar el fuego para el logro de los objetivos perseguidos (JULIO, 1991).

Existe una gran variedad de modalidades para la aplicación del fuego, que permiten el empleo de esta herramienta de manera ajustada a las condiciones topográficas del terreno, las características del material vegetal a tratar y el estado atmosférico prevaleciente o definido para el momento del encendido, y que a su vez pueden permitir un cumplimiento eficiente de los objetivos perseguidos, sin incurrirse en efectos o daños indeseables. Sin embargo, en Chile aún se sigue insistiendo en el empleo de métodos de quemas tales como el "Frontal" (Head Fire),

el "Retroceso" (Back Fire) o el "Circular" (Ring Fire), desconociéndose o evitándose el empleo de otras técnicas que pueden ofrecer mejores posibilidades para el cumplimiento de los objetivos perseguidos y que otorgan mayores seguridades para la protección de los recursos naturales renovables que se pretende manejar (JULIO, 1991).

A modo de ejemplo, respecto a lo expuesto en el párrafo precedente, FUENTEALBA (1988) demostró que el tipo de quema más adecuado para eliminar altas cargas de desechos de explotaciones a tala rasa (70 a 110 toneladas de combustible disponible) en la preparación del terreno para una próxima reforestación era la basada en la técnica de encendido "Por los Flancos" (Flank Fire); sin embargo, a pesar de la amplia difusión de estos resultados, esta técnica prácticamente no se utiliza.

Otras técnicas eficientes, aplicables a situaciones particulares, con un alto rendimiento en la eliminación de desechos, muy seguras en el control de escapes del fuego y con un bajo impacto ambiental, como es el caso de los métodos "Por Fajas Paralelas" (Strip Head Fire), "Por Puntos Simultáneos" (Spot Head Fire) o "Circulares con Encendido Central" (Center Fire), también se evitan, ya sea por el desconocimiento que se posee sobre ellas o por la falta de interés de cambiar las prácticas tradicionales.

Por otra parte, no puede dejar de mencionarse que la modalidad de "Quema Controlada", que es la que se aplica principalmente en Chile, ya ha sido declarada obsoleta desde hace muchos años en otros países. El concepto moderno de "Quema Prescrita" es el que definitivamente debiera aplicarse, porque no sólo puede asegurar que el fuego no sobrepase la línea de control perimetral del terreno en tratamiento, sino que también, y con un especial énfasis, está orientado a regular el comportamiento del fuego y los daños e impactos ambientales en el sitio, de manera que se obtenga un resultado netamente favorable en el cumplimiento del objetivo perseguido, en lo que respecta al balance de efectos positivos y negativos (JULIO, 1991).

Es indudable que la exigencia de aplicar quemas prescritas implica no sólo un cambio en los hábitos de uso del fuego, sino también una preparación más profunda en la definición de las prescripciones, la capacitación del personal y, en general, de las medidas de seguridad que requieren adoptarse. Pero, ello representa prácticamente la única opción para aquellos casos en que se determine la conveniencia de aplicar el fuego como una herramienta eficiente de apoyo al manejo forestal.

## IMPACTOS DE LAS QUEMAS

Los factores que regulan los resultados y efectos de las quemas son innumerables, porque comprometen procesos que abarcan aspectos tales como el comportamiento y cultura de la población rural, las formaciones vegetacionales que requieren tratarse, los tipos de suelos, las condiciones topográficas, los cursos de agua, los valores comprometidos y, en general, la capacitación y medios disponibles por los grupos de trabajo. Todo ello hace, con frecuencia, que sea muy difícil identificar y evaluar los daños cualitativos y cuantitativos que se provocan, y que generalmente la valoración del problema sea subjetiva, normalmente subestimando los riesgos en que se incurre cuando estas operaciones no se realizan sobre la base de prescripciones correctas.

Chile, a pesar de ser considerado en el plano internacional como un país desarrollado en materia forestal, y también como un ejemplo por los niveles de eficacia de sus programas de manejo del fuego, presenta una clara deficiencia respecto al conocimiento sobre lo que significa aplicar quemas en las operaciones silvoagropecuarias. La información sobre los efectos del fuego avalada por estudios confiables es muy escasa, al igual que la valoración de los beneficios o daños que representa el empleo de este medio de trabajo.

A continuación los principales resultados de las investigaciones efectuadas, referidas a los efectos sobre el suelo, la vegetación y

**Cuadro 3.** Efectos de la quema en las propiedades químicas del suelo en una formación vegetal de matorrales y arbustos esclerófilos en un sector mediterráneo del centro de Chile

CARACTERÍSTICA	SUELO QUEMADO Verano/Primavera	SUELO NO QUEMADO Verano/Primavera
pH	6,4 / 6,0	5,8 / 5,7
Materia Orgánica (%)	8,0 / 5,9	8,3 / 8,6
Nitrógeno Soluble (ppm)	0,16 / 0,14	0,42 / 0,31
Fósforo Asimilable (ppm)	46,7 / 43,2	24,5 / 18,8
Potasio Aprovechable (meq/100 g)	1,38 / 1,25	0,66 / 1,23
Calcio Intercambiable	42,6 / -	14,3 / -
Magnesio Intercambiable	9,8 / -	5,6 / -
Capacidad de Intercambio Iónico	21,7 / 19,6	24,3 / 25,6

atmósfera, además de algunos comentarios sobre las implicaciones socioeconómicas sobre el uso del fuego en terrenos rurales.

#### Efectos sobre el suelo

- **Acción ecológica del fuego en el matorral mediterráneo.** ALTIERI y RODRÍGUEZ (1974) estudiaron los efectos de una quema localizada en la zona mediterránea del centro de Chile, en un terreno con pendiente de 30 a 50%, con suelos del grupo pardo no cálcico, de formación coluvial, pedregoso, de baja productividad, con una formación vegetal de matorrales y arbustos esclerófilos (*Peumus boldus*, *Cryptocarya alba*, *Quillayaja saponaria* y *Maitenus boaria*) y estratos herbáceos compuestos esencialmente por especies gramíneas. Se evaluaron los resultados comparando sectores quemados y no quemado, con mediciones efectuadas en diversos períodos después de la operación.

Se determinó que en todas las estaciones del año las temperaturas del suelo quemado fueron superiores al no quemado. A nivel de la superficie del suelo, la temperatura en verano a las 14:00 horas llegó a 40,5 °C en el sector quemado y a 33 °C. en el no quemado.

Por otra parte, la acumulación de cenizas ricas en elementos básicos solubles bajó la acidez en el suelo quemado, aumentó la disponibilidad de P, K, Ca y Mg, y se redujo el N por volatilización. La materia orgánica disminu-

yó y se alteraron las arcillas, como efecto del calentamiento que provocó una disminución de la capacidad de intercambio iónico. Estos efectos, sumada a la formación de suelo de alta exposición solar, constituyeron factores que posteriormente favorecieron la rápida recuperación de la vegetación. Los resultados correspondientes se exponen en el Cuadro 3.

Además, después de un mes de la quema, la velocidad de infiltración del suelo quemado bajó en alrededor de un 37% (desde 8,1 a 5,1 cm/hora ).

- **Quema de desechos de plantaciones forestales.** RAMÍREZ DE ARELLANO (1983) menciona dos estudios referidos a la eliminación de residuos de explotaciones a tala rasa en bosques de *Pinus radiata* con el propósito de preparar terrenos para la reforestación.

En el primero de ellos, realizado en suelos de arenas en la Provincia de Bío-Bío, VIII Región, se compararon las propiedades químicas de terrenos quemados y sin quemar, dos meses después de la quema, en tres estratos de profundidad (0-5; 5-10 y 10-15 cm). Los resultados para el primer estrato de profundidad, que muestran un efecto positivo del fuego, se presentan en el Cuadro 4.

En el segundo estudio, basado en el uso del fuego para la eliminación de desechos de una explotación de *Pinus radiata*, también en suelos arenosos, con la aplicación de una

**Cuadro 4.** Efectos en dos meses después de una quema de desechos de explotación de Pino Radiata en el estrato superficial de un suelo de arenas (0-5 cm de profundidad)

CARACTERÍSTICA	SUELO QUEMADO	SUELO NO QUEMADO
pH	6,28	5,17
NO <sub>3</sub> (ppm)	5,13	2,38
Fósforo Asimilable (ppm)	15,80	11,20
Potasio Aprovechable (meq/100 g)	0,21	0,15
Calcio Intercambiable	4,07	0,79
Magnesio Intercambiable	0,78	0,1

quema pareja e intensa, se determinaron diferencias significativas en las plantas establecidas en el terreno quemado y en los sectores sin quemar (cortafuegos) en los siguientes parámetros: Supervivencia de 80% en el sector quemado y de 25% en el sin quemar; Altura de las plantas de 60 cm en el sector quemado y de 35 cm en el sin quemar; y color verde intenso de las plantas del sector quemado y verde amarillento en el sin quemar.

**- Efectos del fuego en el manejo de residuos de explotaciones de Pinus radiata.** FRANCKE (1992), informa los resultados de una investigación realizada sobre los efectos en la productividad del sitio de diferentes técnicas de eliminación de residuos en plantaciones de tercera rotación. En los tratamientos con dos técnicas de encendido (retroceso y frontal), en sitios ubicados en la zona costera y el valle central entre la VII y la VIII Regiones, entregaron resultados similares.

Los suelos, en su material de origen variaron desde granítico a metamórfico, con texturas Fa/a y FaA/aFaA, clases de profundidad de 1 a 1,2 m, topografía media de 30%, precipitación anual entre 755 y 1.377 mm y temperatura media anual de 12,9 a 14,6° C.

Al cabo de un año después de las quemas, el pH subió de 5,5 a 6,2 en el estrato orgánico, y desde 5,3 a 5,6 en el suelo mineral, y las pérdidas comprobadas de materia orgánica fluctuaron entre 28,2 y 59,8 t/ha.

En cuanto a las propiedades químicas, se constató una aceleración de la descomposición del material orgánico por efecto del fuego (temperatura del suelo), induciéndose

a una mineralización del N, desde su forma total a una forma disponible asimilable (nítrica). Además, incrementos inmediatos del P y K en su forma asimilable. La reducción del N se atribuyó a una volatilización.

También se comprobó un aumento del P en el estrato orgánico y en el horizonte superficial (0-0,5 cm), que se atribuyó a una rápida mineralización por efecto de la descomposición de la materia orgánica, además de un menor grado de movilidad de este elemento entre los perfiles.

Se observaron aumentos de K disponible en los estratos orgánico y mineral (0-0,5 y 5-10 cm). Se provocó una fuerte mineralización de este elemento en el material orgánico.

Se produjo inicialmente una liberación de bases cambiables, debido a la formación de un "lecho de cenizas" sobre el suelo, que reaccionan en forma iónica (Ca, Mg, Na, K) con el agua y/o intercambiadores del suelo, quedando susceptibles al escurrimiento superficial, lixiviación, intercambio o para ser absorbidos por las raíces no quemadas. Al cabo de un año se registraron niveles superiores de Ca intercambiable. Otros cationes (Mg, K) no observaron cambios significativos. Es probable que estos últimos se hayan incrementado inmediatamente después de la quema, pero el efecto de lavado por lluvias pudo haber provocado un descenso posterior.

Respecto a los efectos sobre el estado nutricional, los macroelementos N, K y Ca observaron en un caso un aumento de sus niveles nutricionales, y en otro, un estado

deficitario. También se constató una leve reducción del Mg foliar. En cambio, los de Zn, Mn, Fe, Cu y B presentaron niveles satisfactorios después de un año de la quema.

Los efectos en la altura de las plantas un año después de su establecimiento fueron variables, observándose en algunos casos incrementos y en otros un leve descenso. En el diámetro de los tallos se constató un leve aumento. Sobre el prendimiento, en general, no se apreciaron variaciones importantes. En algunos casos hubo una reducción de la supervivencia de las plantas de un 10 a 15%.

- **Quema de roces de bosque nativo en suelos de trumaos de la Precordillera Andina.** RAMÍREZ DE ARELLANO (1983), comparó un suelo de la Serie Santa Bárbara cubierto anteriormente con vegetación nativa con predominancia de raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*), que fué rozado y quemado para preparar el terreno para una plantación de *Pinus radiata* con un sector vecino no tratado con fuego y que mantenía la misma formación vegetal nativa. La pendiente del terreno era de 30%.

Las muestras de suelo tomadas 17 meses después de la quema, hasta una profundidad de 25 cm, comprobaron que el fuego había eliminado la totalidad del estrato de materia orgánica no descompuesto y, a consecuencia del proceso erosivo desencadenado, se perdieron entre 5 a 20 cm del suelo, lo cual implicaría una pérdida de 693 kg/ha de materia seca, y 1,4 t/ha de suelo mineral con un alto contenido de materia orgánica. También se constató un claro empobrecimiento del suelo quemado, no obstante, se observó un rebrote vigoroso de la vegetación en los tocones de diversas especies de árboles y arbustos nativos.

### Efectos sobre la vegetación

- **Efectos del fuego sobre la vegetación herbácea y arbustiva de Chile Central.** ÁVILA et al (1983) estudiaron los efectos de las quemas en la Región Metropolitana, en una zona mesomórfica con formaciones de matorrales esclerófilos siempreverdes y

herbáceas anuales y perennes, en un clima mediterráneo con períodos estacionales bien característicos. En algunos sectores asociados a quebradas y sitios húmedos se constató formaciones de bosques. También se evidenciaron sectores con una fuerte degradación vegetal producto de un pastoreo intensivo, extracción de leña y mal uso del suelo.

Se eligieron dos sitios afectados en 1978 y 1980, además de sectores testigos vecinos que no comprobaban presencia de quemas ni incendios en los 10 últimos años, y con una cobertura vegetal semejante a la original de los sitios quemados. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El rebrote de los arbustos en recuperación fué lenta en los momentos iniciales (2 a 3 semanas después de los incendios), y muy rápida con la caída de las primeras lluvias (2 a 3 meses), especialmente en el caso de *Acacia caven*. Los rebrotes se observaron preferentemente en la base del tallo, pero en las plantas de mayor de edad se presentaron en las yemas ubicadas en la parte alta del arbolado (principalmente en *Quillayaja saponaria* y *Cryptocarya alba*). Se estima que la respuesta de rebrote, es una cualidad de las especies del lugar, adaptadas a regímenes secos, con una alta resistencia a las altas temperaturas.

La vigorosa estimulación inicial del rebrote pudo deberse al incremento de los minerales disponibles en el suelo, por efectos del fuego, lo que también explicaría el aumento del follaje y del contenido mineral foliar en las ramas rebrotadas. Además, el fuego sólo dañó a tejidos superficiales, sin efectos sobre el *cambium*.

Las especies herbáceas nativas disminuyeron casi a la mitad, en cambio, en el caso de las introducidas la reducción fué prácticamente total (cerca del 100%). Esto explicaría por qué la biomasa en los sitios quemados aumentó de forma significativa en relación a lo ocurrido en los sectores no quemados.

La germinación tuvo una respuesta positiva en los sitios quemados, lo que se explica por el aumento de nutrientes en el suelo, las lluvias caídas después de los incendios y el aumento de la temperatura del aire por el aumento de la



radiación solar. También se observó un marcado incremento de la floración y de la semillación, que en gran medida se pudo deber al aumento de la intensidad lumínica.

Se concluyó finalmente que la respuesta al fuego es favorable cuando sus efectos corresponden a quemados o incendios poco frecuentes. La destrucción de la vegetación es significativa y grave en zonas afectadas por quemados recurrentes, que conducen a cambios drásticos en la composición del paisaje, pérdida de especies nativas y erosión por la desprotección del suelo.

**- Efectos del fuego sobre la vegetación arbórea en el sur de Chile.** WIHELM (1963) señala que los incendios forestales provocados por quemados efectivamente condujeron a un intenso cambio en la composición vegetal de los bosques valdivianos. Entre los ejemplos que se pueden citar, cabe mencionar el de la franja de bosques de alerce existente entre los lagos Llanquihue y Todos los Santos (de unos 5 por 15 kilómetros), que fué totalmente quemada para ser habilitada para cultivos agrícolas.

El alerce (*Fitzroya cupressoides*), que era una especie arbórea predominante en esa región, se regenera por semillación por efectos del fuego, pero no posee los mecanismos para el rebrote de los tocones quemados. Las primeras quemados, a fines del siglo XIX, originaron una intensa semillación, pero posteriormente, aplicadas en forma recurrente, terminaron por eliminar completamente a la especie en la franja antes indicada. Al poco tiempo los terrenos pasaron a cubrirse de pastos y malezas.

Las extensas zonas que se fueron abriendo en los bosques valdivianos por medio del uso del fuego, comenzaron a modificar a sus diversos microclimas. Los rangos de evaporación cambiaron violentamente, creándose condiciones para habitats xerófitos, con un aumento de la luminosidad y la temperatura. Las quemados e incendios terminaron definitivamente por destruir cientos de miles hectáreas, provocando ciclos de sucesiones vegetales muy diferentes a los existentes en los períodos previos a la introducción del uso del fuego.

En general, en los dos primeros años después de un incendio, los terrenos se cubrieron con especies herbáceas, helechos, musgos, pastos y otras malezas, que posteriormente fueron decreciendo por efecto de las sombras que se empezaron a formar con el crecimiento de arbustos y matorrales. Después de unos 8 a 10 años, comenzaron a aparecer algunas especies arbóreas como ñirre (*Nothofagus antarctica*) y roble (*Nothofagus alpina*), hasta conformar más adelante, en muchos sectores, lo que actualmente se observa como la selva valdiviana de las precordilleras andina y de la costa.

En cuanto a los efectos sobre el suelo, la devastación de bosques inició procesos de erosión moderados a intensos, que resultaron mucho más graves en los terrenos quebrados y con una mayor recurrencia de quemados. La reducción de la fertilidad de los suelos fué progresiva, lo que afectó en una importante medida al desarrollo de renovales nativos.

### Efectos sobre la atmósfera

En un estudio efectuado por la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA, 1997) sobre los diferentes agentes contaminantes de la ciudad de Santiago y sus suburbios, se comprobó la incidencia de los incendios forestales y las quemados controladas como agentes de polución. Se estudiaron los 18 tipos de agentes contaminantes atmosféricos de mayor importancia, clasificados en Fuentes Móviles (vehículos), Fuentes Fijas (industrias, calderas, panaderías), Otras Fuentes (residencias, lavasecos y talleres de pintura, estaciones de servicio, emisiones biogénicas, calles) y Combustión de Vegetación (quemados e incendios). Los resultados, en relación a la participación de las quemados controladas e incendios forestales dentro del total de la contaminación, pueden observarse en el Cuadro 5.

### Implicaciones socioeconómicas y tecnológicas de las quemados en Chile

La mayor parte de los problemas que se

provocan por el uso del fuego en Chile se originan por quemas mal ejecutadas, que frecuentemente se escapan o que no debieron haberse realizado, efectuadas en minifundios y pequeñas propiedades rurales, persiguiendo el propósito de habilitar terrenos para la agricultura, ganadería o forestación. Sin embargo, en el control de este problema existen consideraciones de orden económico y social que no pueden dejar de atenderse, y que dificultan seriamente la aplicación de los reglamentos sobre uso del fuego.

Indudablemente, si se contara con medios alternativos a las quemas para la eliminación de desechos y preparación del terreno para los cultivos, podría ser factible una reducción drástica del problema, pero esa no es precisamente la situación presente.

Por una parte, para los minifundistas y pequeños propietarios rurales, que por lo general conforman un estrato de pobreza extrema, el uso del fuego es prácticamente la única opción que poseen para aprovechar sus tierras, las que a su vez constituyen el único recurso que les permite su supervivencia. Tal situación es de mayor gravedad en las comunidades que viven en sectores aislados, con una escasa comunicación con el exterior y muy ajenos a los beneficios que puede entregarle el desarrollo, como información adecuada y oportuna, asistencia técnica y apoyo financiero, aspectos necesarios para lograr la modificación de los hábitos ancestrales que prevalecen.

Por otro lado, en los terrenos forestales sometidos a procesos productivos, sean de pequeños o grandes propietarios y que no poseen las limitaciones socioeconómicas antes señaladas, el empleo de medios alternativos al fuego con frecuencia no es factible. La topografía y la accesibilidad en los terrenos forestales en Chile, normalmente ubicados en zonas precordilleranas, impide la operación de maquinaria pesada y el empleo de equipos como rodillos, masticadores, astilladoras, etc., que normalmente se aplican en otras regiones y países para eliminar los residuos vegetales, o bien para incorporarlos al suelo. También, la relación de precios mano de obra/uso de maquinaria atenta contra el empleo de medios alternativos a las quemas.

#### **PERSPECTIVAS SOBRE EL USO DEL FUEGO EN CHILE**

El empleo del fuego en el manejo de terrenos forestales es un tema que en Chile se encuentra sometido a una fuerte polémica pública, en gran medida por efecto de la mayor conciencia que existe en la población sobre la necesidad de lograr la sustentabilidad de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. En general, cada día se aprecia una creciente intensidad de las posiciones de grupos de opinión que se oponen a las quemas, en cualquiera de sus formas de aplicación u objetivos que se estén persiguiendo, por considerar que constituyen un medio altamente negativo.

*Cuadro 5. Participación de diversas clases de emisores en la contaminación atmosférica de la Region Metropolitana de Chile*

<b>Tipo de Emisión</b>	<b>Fuentes Móviles</b>	<b>Fuentes Fijas</b>	<b>Otras Fuentes</b>	<b>Quema de Vegetación</b>	<b>Total (% ton)</b>
<b>Material Particulado</b>	6,5	7,6	82,2	3,7	10,1
<b>Monóxido de Carbono</b>	92,2	1,8	2,1	3,9	59,2
<b>Dioxido de Hidrógeno</b>	70,6	25,0	4,1	0,3	10,6
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>	45,7	0,4	52,4	1,5	15,0
<b>Dióxido de Azufre</b>	14,9	80,5	4,6	0	5,1
<b>TOTAL (% de toneladas)</b>	70,4	8,6	18,1	2,9	100

Por otra parte, la valoración de los impactos positivos de las quemas también está siendo cuestionada, aunque ellas sean aplicadas en forma prescrita y en objetivos sobre los cuales no caben dudas sobre el apoyo que pueden representar para la selvicultura y la prevención de incendios forestales. En estos aspectos, es indudable que el conocimiento general sobre el tema es sumamente precario. No existe una suficiente capacitación sobre los usos del fuego, la investigación desarrollada sólo ha cubierto parcialmente la materia y, la legislación especializada es claramente inadecuada.

En relación a la investigación, tal como se puede apreciar en los puntos precedentes, se evidencia una importante deficiencia de estudios sobre los efectos del fuego. Si bien se ha desarrollado una interesante labor en el tema de las quemas, la investigación se ha referido esencialmente a aspectos tales como modelación de combustibles, técnicas de encendido, comportamiento del fuego, objetivos y esquemas de organización para la aplicación del fuego. Además, la difusión de los resultados obtenidos no ha logrado llegar efectivamente a las organizaciones que especialmente requieren estar informadas.

Las normas vigentes sobre uso del fuego en terrenos rurales son claramente insuficientes, por un lado, para apoyar la aplicación de quemas para el cumplimiento de diversos objetivos en actividades silvoagropecuarias y, por otro, por no establecer las especificaciones necesarias para que esta operación se realice bajo una adecuada programación y en forma prescrita. Los reglamentos vigentes prohíben el uso del fuego como forma de explotación de bosques, y en la práctica sólo permiten este medio en la preparación de terrenos para cultivos. También se establecen calendarios para la ejecución de quemas y se aprueba la ejecución de estas operaciones con la sola exigencia de la presentación de un aviso señalando el lugar y fecha en que se efectuarán. No es obligatoria la preparación de un plan de quema, aunque las empresas forestales mayores sí lo están haciendo, voluntariamente, a fin de controlar los daños que puedan provocarse.

En los momentos actuales se está llevando a efecto una revisión de los esquemas gubernamentales para la protección contra los incendios forestales y el uso del fuego en zonas rurales. Incluso, se está planteando una modificación drástica de la institucionalidad actual, incluyendo la legislación requerida para aplicar las políticas y estrategias correspondientes. De manera que está presente una clara posibilidad para que muchos de los problemas descritos puedan ser resueltos adecuadamente.

Sin embargo, no cabe duda que en el futuro, el empleo del fuego como herramienta de trabajo en las actividades forestales será cada día más restringido, y estará limitado sólo a resolver situaciones muy específicas, bajo estrictas medidas de control y evaluación.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALTIERI, M.A. & RODRÍGUEZ, J.; 1974. *Acción ecológica del fuego en el matorral natural mediterráneo de Chile*. Tesis, Ing. Agrónomo, Universidad de Chile, Santiago. 66 p.
- ÁVILA, G., ARAYA, S., CISTERNA, R., & HALTENHOFF, H.; *Efectos del fuego en la vegetación herbácea y arbustiva de Chile Central*. Actas III Seminario en Manejo del Fuego. CONAF/ Universidad Austral, Arauco, 25 p.
- BIANCHI, V.; 1947. *Erosión, cáncer del suelo*. Imprenta Universitaria, Santiago de Chile, 35 p.
- CARRASCO, P. & RAMÍREZ DE ARELLANO, C.; 1983. Efectos del fuego en un suelo trumao - observaciones preliminares. Actas III Seminario en Manejo del Fuego. CONAF/Universidad Austral, Arauco, 6 p.
- COMISIÓN REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE; 1997. Bases técnica de lucha contra la contaminación. *Diario el Mercurio* (16.08.98), Santiago de Chile.
- CONAF; 1997. *Informes de Temporada del Programa Nacional de Manejo del Fuego*.

Tomos I, II y III. Unidad de Gestión Manejo del Fuego, Santiago de Chile, 960 p.

ELIZALDE McCLURE; 1958. *La sobrevivencia de Chile*. I Edición, Ministerio de Agricultura, Santiago, 69 p.

ELIZALDE McCLURE; 1970. *La sobrevivencia de Chile*. II Edición, El Escudo Impresores-Editores, Santiago, 472 p.

ESCOBAR, J. & JULIO, G.; 1983. Empleo del fuego en la eliminación de desechos de plantaciones en pié. *Actas III Seminario en Manejo del Fuego*. CONAF/Universidad Austral, Arauco, 23 p.

FRANCKE, S.; 1992. Efectos del manejo de residuos de explotación en el suelo y en el crecimiento inicial de Pino Radiata. *Rev. Chile Forestal*, CONAF, Doc. Técn. 67. 8 p.

FUENTEALBA, E.; 1988. *Comportamiento del fuego de acuerdo a tipos de encendidos en quemas controladas*. Tesis, Ing. Forestal, Universidad de Chile, Santiago, 120 p.

GALLARDO, E.; 1984. *Evolución de la legislación chilena sobre uso del fuego en predios rústicos*. Corporación Nacional Forestal, Santiago, 48 p.

HALTENHOFF, H.; 1987. *El uso del fuego como herramienta de trabajo silvoagropecuaria*. CONAF, Gerencia Técnica, Doc. Trabajo 83. Santiago de Chile, 36 p.

HALTENHOFF, H.; 1990. *Connotaciones ecológicas y técnicas en el uso del fuego*. Actas VII Jornadas Evaluación del Manejo del Fuego, Consejo Técnico CONAF/Empresas, Talca, 7 p.

HARTMAN, A.; 1962. *Defensa de los bosques de Chile*. Misión de Desarrollo Económico y Social de EE.UU., Santiago, 36 p.

JULIO, G.; 1983. Usos y efectos del fuego en el manejo forestal. *Actas III Seminario en Manejo del Fuego*. CONAF/Universidad Austral, Arauco, 23 p.

JULIO, G.; 1986. Preceptos técnicos en el uso del fuego en terrenos rurales. *Actas Jornadas sobre Uso del Fuego*. Corporación

Chilena de la Madera, Concepción. 17 p.

JULIO, G.; 1987. Uso del fuego en el manejo de los recursos naturales renovables. *Actas III Jornadas Forestales Patagónicas*, Asoc. Ing. Agrónomos y Forestales, Esquel, Argentina. 22 p.

JULIO, G.; 1988. Análisis de técnicas de quema en la eliminación de desechos de explotaciones de pino radiata. *Ciencia e Investigación Forestal*, 3 (27-44), Santiago de Chile.

JULIO, G.; 1991. Consideraciones sobre el uso del fuego en Chile. *Actas Seminario Uso del Fuego en Chile*. Consejo Técnico Manejo del Fuego CONAF/Empresas Forestales, Concepción, 9 p.

JULIO, G.; 1998. *Efectos y daños de los incendios forestales en Chile*. Informe de Consultoría, Fundación Chile, Santiago, 36 p.

JULIO, G., CASTILLO, E. & PEDERNEIRA, P.; 1995. Modelación de Combustibles. *Actas Taller Internacional sobre Prognosis y Gestion en el Control de Incendios Forestales*. Proyecto FONDEF FI-13, Santiago de Chile, p.111-128.

RAMÍREZ DE ARELLANO, C.; 1983. Efectos del fuego sobre el suelo - algunas experiencias en Chile. *Actas III Seminario en Manejo del Fuego*. CONAF/Universidad Austral, Arauco, 15 p.

TORO, J.; 1987. *Efecto de diferentes métodos de utilización y manejo de los residuos de explotación en los rendimientos de la segunda rotación de pino insignne*. Informe de Convenio Univ. de Chile/Instituto Forestal, Santiago, 49 p.

VERGARA, R.; 1983. *Proposición de normas técnicas para aplicación del fuego en faenas silvoagropecuarias*. Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 123 p.

WILHELM, E.J.; 1963. *Fire ecology of the valdivian rain forest*. University of Virginia, Inf. Rep. Project Argentina-Chile Patagonia, p. 55-70.