

Incremento de los Incendios Forestales en Bosques Naturales y Plantaciones Forestales en Chile¹

Eduardo Peña-Fernández,² Luis Valenzuela-Palma³

Resumen

Se analizó el problema de incendios forestales que afecta el bosque natural y plantaciones forestales en Chile, caracterizando la ocurrencia y el daño que genera este fenómeno. Para la realización del estudio se utilizó la base de datos que mantiene la Corporación Nacional Forestal. Una vez que se caracterizó el problema de incendios forestales, se discutió sobre los factores que explicarían el incremento de la ocurrencia y la magnitud del daño registrado a la fecha. La información recopilada indica que la ocurrencia de incendios forestales ha incrementado casi en forma exponencial desde la temporada 1973-1974 al presente, este incremento está estrechamente relacionado con el incremento de la superficie plantada con especies de alta inflamabilidad, el rechazo de la comunidad a este tipo de cultivo, la aplicación de una silvicultura intensiva que deja una alta carga de combustible disponible e introduce al bosque factores de riesgo de incendios y en los últimos años se agrega la interacción ciudad bosque la cual genera numerosos incendios en la interfaz urbano rural. La mayor superficie dañada de vegetación natural se explica porque este recurso no tiene suficiente protección en todo el territorio nacional. Además, una alta proporción de esta vegetación está en lugares inaccesibles razón por la cual no hay una llegada oportuna al foco y la topografía no permite realizar un combate eficaz, de esta forma muchos de los incendios afectan una gran superficie.

Introducción

En Chile, la ocurrencia de incendios forestales ha experimentado un incremento significativo en los últimos 25 años, llegando a superar los 7500 incendios en la temporada 2002-2003 comparado a menos de 1000 incendios por temporada antes de 1972. Este incremento pareciera aún no alcanzar su punto máximo porque no se observa una declinación del número de incendios a pesar de los esfuerzos realizados por los programas de prevención desarrollados por las empresas privadas y la Corporación Nacional Forestal (CONAF) que es el organismo del estado que por ley se responsabiliza de la prevención y combate de los incendios forestales.

Tradicionalmente la ocurrencia de incendios forestales se concentraba en la zona de clima mediterráneo la cual se extiende desde la Región de Valparaíso hasta la del Bío Bío. Sin embargo, en los últimos años se observa un incremento significativo en las zonas templadas que incluye la IX y X región de Chile. A la mayor ocurrencia de incendios forestales se agrega el hecho que en las últimas temporadas, por una mayor

¹ Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19-22 Abril, 2004, Córdoba, España.

² Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Victoria 631, Concepción, Chile.

³ Corporación Nacional Forestal, Región del Bío Bio. Barros 215, Concepción, Chile.

carga de combustible y clima más seco, la intensidad del fuego es mayor y mucho de los incendios llegan a tener características catastróficas, siendo muy difíciles de controlar con consecuencias graves para la población y la seguridad de los combatientes, generando un impacto ambiental más negativo. El mejor ejemplo de ello se presentó en la temporada 1998-1999 cuando en la VIII región se quemaron más de 20000 ha en 5 días, siendo la mayoría de ellas plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, dos especies que poseen un follaje muy inflamable (aceites, resinas y ceras).

Sin duda que para cualquier organización de protección contra incendios forestales este incremento de la ocurrencia de incendios forestales debe ser su principal preocupación pero el problema se torna aún más complicado porque en el caso de Chile, al menos el 99 por ciento de los incendios, son originados por las actividades humanas que utilizan el fuego, tal como agricultura y forestería, o la utilización de este elemento en forma descuidada y negligente por el común de la población y por último la acción de pirómanos.

Dado el escenario anterior, en el presente trabajo se caracteriza el problema de incendios en las plantaciones forestales y bosque natural de Chile y se analizan los factores que estarían determinando la dinámica de este fenómeno. La información que se genera sirve para comprender el problema y se puede utilizar para establecer estrategias que permitan reducir la ocurrencia de incendios y minimizar el daño sobre la flora y fauna asociada.

Caracterización del problema de incendios forestales en Chile

Características de los incendios forestales

La acumulación de biomasa y combustible muerto en los bosques naturales y plantaciones, sumado a un ambiente físico y social que favorecen la ocurrencia de incendios forestales da origen a fuegos de características muy especiales, las cuales se resumen a continuación: a) Alta ocurrencia anual, b) Alta intensidad y propagación del fuego, generando incendios incontrolables; c) Incremento de los incendios intencionales; d) Gran ocurrencia de focos satélites; e) Alta frecuencia de incendios en el mismo sitio, en un periodo menor a 12 años, f) Interfaz urbano-rural con alta ocurrencia de incendios; g) Concentración de los incendios forestales desde la VII a la IX Región; y h) Gran impacto económico, social y ambiental

La mayoría de estas características se ajustan perfectamente a los incendios en plantaciones forestales pero en bosques naturales las características principales son el incremento de los incendios en la VIII y IX región, especialmente los intencionales, causando un impacto ambiental mayor por la diversidad de vegetación y fauna y porque estos siniestros ocurren en la alta cordillera donde la accesibilidad y el combate del fuego presenta mayores dificultades. Se debe destacar que los incendios de vegetación natural presentan una menor propagación que los incendios de plantaciones forestales pero pueden causar un gran daño porque algunos de ellos pasan a ser incendios subterráneos que transfieren una gran cantidad de calor al suelo mineral y en otros casos abarcan una gran superficie.

Otro problema importante que enfrentan los programas de protección es la frecuencia con que esta actuando el fuego en las mismas áreas y la alta intensidad que alcanzan. Se suma a esto que un gran número de ellos esta ocurriendo en la interfaz urbano rural, lo que se transforma en una gran amenaza para las ciudades de la VII, VIII y IX región donde es más frecuente que el bosque rodee la ciudad (Peña 1996). Además por la alta carga, la continuidad y homogeneidad del combustible, los incendios de las últimas temporadas muestran un comportamiento bastante catastrófico desde el punto de vista de la intensidad del fuego, de la velocidad de propagación y de la severidad del impacto económico, social y ambiental.

El comportamiento extremo de alta propagación e intensidad y gran ocurrencia de focos satélites hace muy difícil su control y pone en riesgo a la población de los sectores afectados y a los combatientes involucrados en su control. Los incendios con comportamiento extremo debieran hacerse más frecuentes en el futuro por la alta carga y continuidad del combustible en grandes extensiones que caracteriza a las plantaciones, sumándose a esto el cambio global y la mayor interacción con la población humana y sus actividades productivas (Peña 2003).

Incremento de la ocurrencia de incendios

La interacción de las características de las plantaciones, su ambiente físico y el entorno social ha dado origen a una condición de alto riesgo y peligro de incendios forestales, lo que se traduce en una alta ocurrencia anual, que en la última década 1992-2003 superó los 5.600 incendios anuales (figura 1 y tabla 1) y un promedio de más de 50.000 hectáreas quemadas en cada temporada.

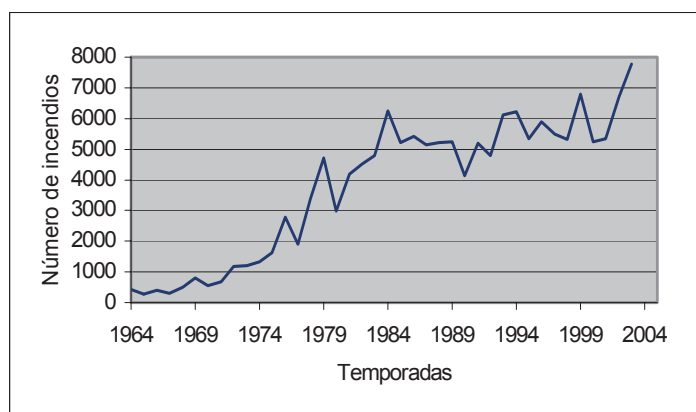


Figura 1— Número total de incendios por temporada para Chile (cada temporada se extiende desde octubre hasta abril del siguiente año, el valor que se indica para la temporada corresponde al año en que esta terminó)

Al analizar la ocurrencia de incendios forestales se aprecia que el número de incendios incrementó en forma exponencial desde la temporada 1971-1972 primera temporada en la cual se duplicó la ocurrencia histórica de incendios forestales, hasta alcanzar un máximo de más de 6000 incendios en la temporada 1983-1984. En los años siguientes ocurrió una disminución del número de incendios, tendencia que se revirtió en la temporada 1992-1993 cuando nuevamente se superaron los 6000 siniestros por temporada, desde esa fecha en adelante prácticamente uno de cada dos

temporadas están cercanas o superan los 6000 incendios. Esta tendencia al incremento se mantiene en el tiempo ya que en la temporada 2002-2003 se alcanzó una cifra récord de más de 7500 incendios (figura 1).

No fue posible realizar un análisis de la ocurrencia de incendios por cada tipo de vegetación, porque los registros de incendios que mantiene la CONAF no realizan este tipo de clasificación. La razón es que en cada incendio se queman diferentes tipos de vegetación y no se puede dilucidar si este se inició en bosque natural o en una plantación forestal. Esta información puede ser muy importante porque hasta la fecha hay mayor daño en el bosque natural pero este podría ser causado por unos pocos incendios y tal vez la mayoría de los incendios ocurran en plantaciones pero todos ellos afecten una pequeña superficie.

Los resultados que muestran el incremento de la ocurrencia de incendios en cada temporada permiten además plantear que las campañas de prevención establecidas a la fecha no han tenido un resultado positivo, principalmente porque se invierten pocos recursos en ellas y porque solo se han concentrado en modificar la actitud de las personas pero no se realiza manejo de combustibles como una medida de prevención. Al contrario, se continúa aplicando una política a nivel nacional de no eliminar los desechos de cosecha de bosques naturales o plantaciones con el propósito de dejar el máximo de material orgánico en beneficio de las propiedades químicas y físicas del suelo.

Otro aspecto importante a considerar en el análisis de los incendios forestales es el hecho que la ocurrencia de incendios esta incrementando notoriamente en la VIII y IX región (figura 2) ambas zonas administrativas tienen un clima templado, concentran una importante superficie de plantaciones pero lo más importante es que la IX región tiene una gran superficie cubierta con bosque natural, encontrándose en ella muchas zonas como Parques y Reservas Nacionales. Por lo anterior se considera que los incendios en la IX región tienen un impacto negativo sobre la flora y fauna más severo que cuando el fuego afecta sólo plantaciones forestales.

Los registros llevados por la CONAF indican que en los últimos años la mayor parte de la ocurrencia de incendios forestales se encuentra en la VIII y IX región (figura 2), coincidiendo esto con la distribución de las plantaciones de las cuales al menos el 50 por ciento está establecido en dichas regiones (INFOR 2001). La explicación a esta concentración de la ocurrencia está dada porque en estas regiones hay una alta concentración de plantaciones, buena accesibilidad a las áreas plantadas, gran concentración de población humana, el bosque rodea las ciudades y todo esto se conjuga con un clima mediterráneo lo que crea condiciones propicias para que ocurran incendios forestales. Más al norte aún cuando el clima es mediterráneo no existen plantaciones en forma continua y su crecimiento es menor (menos carga de combustible) y al sur de la IX región la temperatura es más baja y el combustible se mantiene con un mayor contenido de humedad.

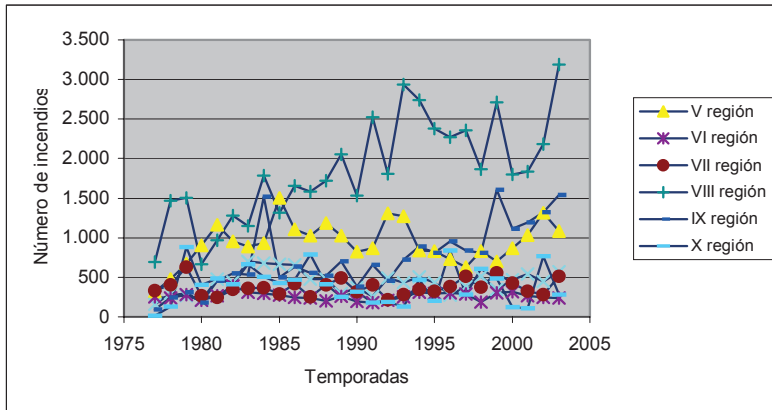


Figura 2— Incendios por región administrativa de Chile y por temporada (no se incluyen las regiones de baja ocurrencia de incendios forestales)

Magnitud del daño de los incendios forestales

Al analizar el daño por temporada se observa que este muestra una tendencia a oscilar entre las 40 a 50000 ha pero presenta grandes variaciones entre temporadas (figura 3). Una situación extrema de esta variación se presenta en la temporada 1998-1999 cuando se quemaron más de 100000 ha y dos años después (temporada 2000-2001) la superficie quemada alcanzó el segundo mínimo histórico de 10804 ha. Al respecto, la experiencia indica que un bajo porcentaje de los incendios, por lo general menor al 1 por ciento, derivan a grandes incendios y estos por si solo explican el gran daño acumulado en algunas temporadas, al menos el 67 por ciento (CONAF 2003).

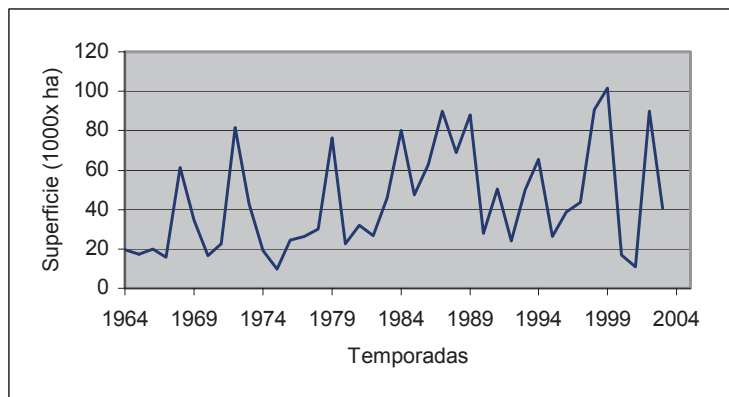


Figura 3— Superficie total afectada por los incendios forestales por temporada en Chile

Para que algunos incendios lleguen a dañar grandes superficies se requiere que la ocurrencia del foco coincida con años de sequías y/o días en los cuales se alcanza alta temperatura, baja humedad relativa y vientos que superen 30 km por hora. Las condiciones descritas anteriormente se dan ocasionalmente en Chile, de las 40

temporadas para las cuales existen registros de ocurrencia de incendios forestales, nueve de ellas (25 por ciento aproximadamente) muestran un daño superior a las 60000 ha.

Al comparar la ocurrencia de incendios (figura 1) con el daño por temporada (figura 3) se aprecia que por la alta variabilidad del daño no existe una relación entre el número de incendios y la superficie dañada, esto se puede explicar porque los programas de protección son cada día más eficientes en la detección y combate oportuno de cada foco, por esta razón la superficie promedio afectada por cada incendio es cada vez menor (figura 4). El daño sólo incrementa cuando hay condiciones atmosféricas favorables para una rápida propagación, como es el caso de la presencia de vientos que aceleran la velocidad de propagación y facilitan la formación de focos satélites alejados del frente principal, normalmente a 500 o más metros de distancia. Como la presencia de condiciones favorables para el fuego no es regular en el tiempo, el daño por temporada también presenta grandes variaciones.

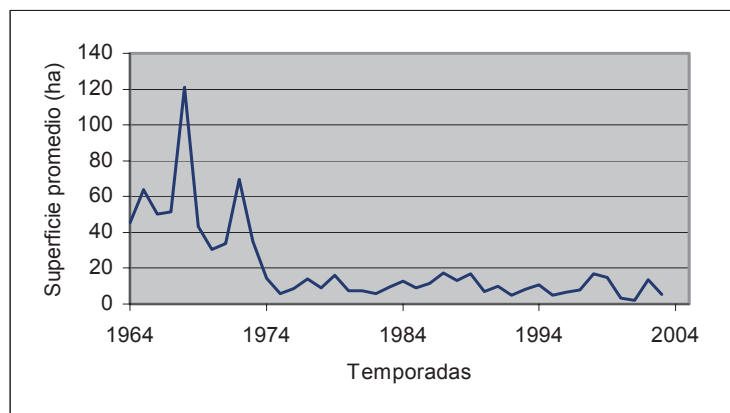


Figura 4— Superficie promedio afectada por cada incendio forestal

En la temporada 1973-1974 la superficie promedio dañada por cada incendio forestal se redujo a menos de 15 ha de un promedio superior a las 45 ha en el pasado, desde esa fecha en adelante se ha mantenido en promedio alrededor de las 10 ha (figura 4 y tabla 1). Los resultados de superficie promedio dañada en cada incendio indican que ya no es posible mejorar significativamente en este aspecto, confirmando la necesidad de concentrar los esfuerzos en la prevención de la ocurrencia de incendios. Esta eficiencia en el combate coincide con la época en la cual las empresas forestales asumieron el costo de protección contra incendios forestales (creando sus primeras brigadas de combate) y la CONAF profesionalizó sus brigadas al desechar los voluntarios y contratar personal mejor capacitado para realizar el combate. Simultáneamente se mejoró la infraestructura disponible para los programas de protección contra incendios forestales, especialmente la detección del foco y el combate en el menor tiempo posible.

Tabla 1— Ocurrencia y daño de incendios forestales en Chile por quinquenio, temporadas 1965-2003

Quinquenios	Número de incendios	Superficie promedio afectada por quinquenio (ha)	Superficie promedio afectada por incendio (ha)
1963 - 1968	383	26767	70
1968 - 1973	883	39682	45
1973 - 1978	2207	21891	10
1978 - 1983	4239	40679	10
1983 - 1988	5451	69853	13
1988 - 1993	5090	47617	9
1993 - 1998	5653	53269	9
1998 - 2003	6346	52348	8

Fuente: Soto 1995 y CONAF 2003

El análisis de la superficie total dañada desglosada para plantaciones y vegetación natural, muestra que el mayor daño ocurre en la vegetación natural que por sí sola recibe más del 80 por ciento del daño. Sin embargo, se debe destacar que la superficie total dañada varía considerablemente pero para el caso del daño en plantaciones este tiende a mantenerse bastante homogéneo a lo largo de todas las temporadas, sólo 7 temporadas de un total de 27 registran un daño superior a las 10000 ha. El daño en la vegetación natural por lo general supera las 20000 ha por temporada pero sólo un tercio de este perjuicio corresponde a arbolados naturales. Aún cuando el daño sufrido por la vegetación natural no se puede asociar a un número determinado de incendios, se asume que es originado por unos pocos siniestros que se transforman en incontrolables por su inaccesibilidad y dificultades para realizar el combate.

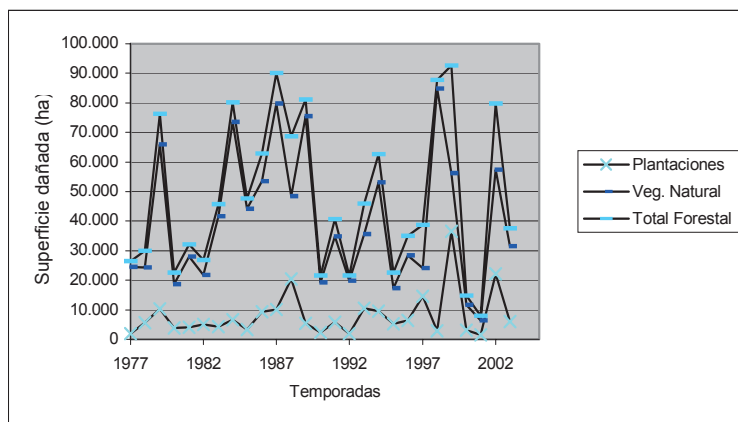


Figura 5— Superficie total dañada de plantaciones, vegetación natural y total forestal

La gran diferencia de daño entre la vegetación natural y las plantaciones se explica por el nivel de inversión realizado para proteger cada recurso, la vegetación

natural esta principalmente en manos de la CONAF (organismo del estado) que invierte menos de US\$ 1 por hectárea comparado a la alta inversión para proteger las plantaciones realizadas por las empresas privadas que supera los US\$ 7 por hectárea. Además, los bosques naturales están dispersos en todo el país y las plantaciones se concentran en la zona centro sur de Chile, facilitando su protección.

Causas de los incendios forestales

La CONAF y las empresas privadas que tienen programas de protección contra incendios forestales mantienen registros de las causas que originan estos siniestros pero en la mayoría de ellos no se ha realizado una investigación acuciosa. En las últimas temporadas, considerando la importancia de las causas en la planificación de la prevención, se han creado brigadas que determinan con mayor rigurosidad las causas que originan cada incendio.

Al mejorar la investigación se ha detectado que muchos de los incendios son de carácter intencional, esto se aprecia fácilmente al comparar las causas de incendios forestales en la VIII región entre la década 1990-2000 con las causas a nivel nacional, para la VIII región se registra un 60 por ciento de intencionalidad en comparación a un 26.2 por ciento a nivel nacional para el registro histórico de todas las temporadas (tabla 2). En los últimos 10 años a nivel nacional también se aprecia un incremento de la intencionalidad pero una buena proporción de este incremento se explica por la alta intencionalidad registrada en la VIII región.

El registro histórico a nivel nacional indica que la principal causa de incendios forestales es tránsito y transporte y en segunda posición se encuentra la causa intencional (tabla 2), tendencia que se revirtió notoriamente en los últimos años pasando la causa intencional a la primera posición. Este es un importante mensaje para las organizaciones de protección porque deben llegar a determinar cual es la motivación de esta intencionalidad y con esta información reestructurar las campañas de prevención de incendios forestales.

Tabla 2— *Distribución de la ocurrencia de incendios forestales en la VIII región y a nivel nacional según causas generales*

Causa de origen	VIII región Temporadas 1990-2000 (Porcentaje)	Nacional Última década 1994-2003	Nacional Temporadas 1977-2003 (Porcentaje)
Faenas forestales	3.7	5.5	8.8
Faenas agropecuarias	2.5	5.1	8.0
Recreación y deportes	1.3	3.4	3.0
Juegos de niños	1.1	5.5	7.8
Tránsito y transporte	19.3	28.3	27.4
Otras actividades	1.1	2.8	2.9
Intencional	60.0	37.1	26.2
Otras causas	1.5	2.1	1.5
Desconocidas	9.5	10.1	14.4
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: Conaf 2003.

Factores que explican el incremento de la ocurrencia de incendios forestales

Incremento de la superficie plantada y características de las plantaciones

Si se compara la curva de ocurrencia de incendios forestales (figura 1) con la curva del incremento de la superficie plantada (figura 6) se aprecia que el incremento de la ocurrencia de incendios esta estrechamente ligada al incremento explosivo de la superficie cubierta con plantaciones que se inicio a contar del año 1975. Anterior a dicha temporada, entre 1965 y 1974, se plantaba en promedio 6000 ha anuales (Lara y Veblen 1993) pero desde ese año en adelante se plantó un promedio superior a las 70000 ha anuales.

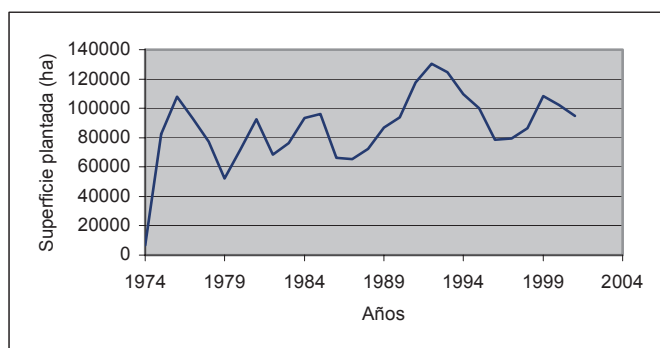


Figura 6— Superficie plantada anualmente en Chile, temporadas 1970 - 2000

Las principales características y condiciones de las plantaciones forestales chilenas que podrían directa o indirectamente estar relacionadas con el incremento de la ocurrencia de incendios forestales y con un comportamiento errático (alta intensidad y velocidad de propagación), son listadas a continuación: a) Masas puras (Monocultivos); b) Gran extensión de la superficie plantada; c) Continuidad espacial de las plantaciones; d) Homogeneidad de los cultivos forestales (similar composición, edad y densidad de rodales); e) Rápido crecimiento, alta biomasa y carga de combustible muerto; f) Alta densidad de rodales o sotobosque abundante; g) Follaje inflamable; h) Acumulación y lenta descomposición de los desechos forestales; y h) Ubicación de numerosas plantaciones en la interfaz urbano-rural

Las características y condiciones listadas anteriormente tienen como resultado un cambio drástico de las condiciones naturales previas al cultivo forestal, creando una mayor carga de combustible que en la mayoría de los casos es más susceptible de ser afectado por el fuego y que este tenga un comportamiento errático e impredecible. En este aspecto, la inflamabilidad del *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* es un factor muy importante a considerar ya que en verano aún cuando el contenido de humedad de las hojas y acículas fluctúa entre un 90 a 135 por ciento (Aliaga 1999, Fernández 2001), estas arden fácilmente por su alto contenido de elementos inflamables y porque el follaje esta permanentemente bajo el contenido de humedad

de extinción del fuego para el follaje verde de especies coníferas y latifolias el cual varía entre 160 a 200 por ciento (Chandler y otros 1983).

Las plantaciones forestales acumulan una importante carga de combustible en un periodo de 8 a 12 años que en interacción con un constante incremento de la ocurrencia de incendios, crea una alta susceptibilidad de las plantaciones a ser afectadas por fuegos catastróficos. En dichas condiciones, cualquier incendio que ocurra será de alta intensidad, originándose lo que se conoce como una tormenta de fuego, la cual crea su propio ambiente de temperatura, humedad relativa y vientos, dándole características impredecibles al comportamiento del fuego con todos los efectos que esto tiene sobre la planificación del combate. Bajo las condiciones descritas el incendio se hace incontrolable para las brigadas forestales y solo se detendrá o podrá ser controlado cuando se acabe el combustible o cuando sale del bosque y afecta pastizales o vegetación arbustiva. Por otro lado, para facilitar las faenas de plantación los desechos se arruman o se acumulan en fajas pero cuando estas áreas llegan a arder el fuego tiene una mayor intensidad y un comportamiento más errático, además, se genera una gran cantidad de focos satélites lo que pone en riesgo la vida de los combatientes y dificulta las labores de combate del fuego.

Si lo propuesto anteriormente se cumple, queda muy claro que si en Chile no se reduce significativamente el factor de ocurrencia de incendios forestales, en algunos sectores de mayor riesgo las plantaciones podrían verse afectadas por incendios de características catastróficas cada 12 a 17 años aproximadamente (Peña 1999), aún cuando estudios recientes muestran que la frecuencia del fuego en una misma área puede ser tan corta como 9 a 11 años (Parra 2002), esto es inferior a la edad de rotación que se utiliza actualmente en el país para algunas plantaciones de *Eucalyptus* spp. De acuerdo a lo anterior y en las actuales condiciones de la organización de protección, alta eficiencia en el combate (< 10 ha/incendio, tabla 1), los programas de protección contra incendios forestales deberían poner mayor énfasis en la prevención de la ocurrencia de incendios forestales, especialmente los de tipo catastróficos, y no en el incremento de recursos para el combate ya que en una condición de tormenta de fuego, estos recursos nunca son suficientes.

Silvicultura intensiva

La silvicultura intensiva que se practica en las plantaciones chilenas es un factor que predispone a la acción de los incendios forestales. Esta actividad se caracteriza por trabajar en extensas áreas, con un número reducido de especies y en muchos casos sólo con una especie o género y realizar una serie de tratamientos silvícolas a lo largo de la rotación. Las plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Pseudotsuga menssiezii* (este último en menor escala) se encuentran bajo manejo intensivo, razón por la cual aumenta la susceptibilidad a la acción del fuego al existir combustible disponible, por la mayor presencia de maquinarias y personas al interior de los rodales.

Las especies indicadas anteriormente se caracterizan por tener gran cantidad de desechos o combustible disponible (ramas, ramillas, corteza, hojas y material en descomposición) y follaje altamente inflamable. Se suma a ello una gran continuidad del combustible (plantaciones) que en algunos casos pueden superar los 20 Km en continuidad. El efecto de la continuidad sobre el comportamiento del fuego se observó en los incendios ocurridos en febrero de 1999 en los alrededores de Concepción donde el combate fue casi imposible de ejecutar por la alta intensidad y

propagación del fuego y ocurrencia de focos satélites. Esta misma zona se había quemado en un incendio de similares características en el año 1988, ambas experiencias indican que durante una tormenta de fuego los cortafuegos, caminos y otras barreras naturales no son de utilidad para detener el avance del fuego ya que se pueden originar focos satélites tan distantes como a 2 kilómetros del foco principal. En ambos casos, la continuidad del combustible favoreció un comportamiento errático del fuego.

Por otro lado, las plantaciones al estar bajo un manejo intensivo con una serie de intervenciones silvícolas tales como control de malezas, podas y raleos las cuales se suman a los desechos de la cosecha, aportando en conjunto una gran cantidad de material seco adicional que contribuye a aumentar la carga de combustible por hectárea, afectando así el peligro de incendio y si ocurre un siniestro la liberación de energía térmica será de gran intensidad lo que se traduce en un mayor daño en la zona afectada. Además del aporte de combustible adicional, la poda deja mucho material acumulado alrededor de los fustes, lo que hace más probable que durante un incendio ocurra más daño al cambium o la mortalidad de árboles que en un rodal sin manejo. A pesar que algunas especies de corteza gruesa muestran cierta resistencia al fuego, como es el caso de *Eucalyptus globulus* que cuando tiene un espesor de corteza mayor a 1 cm los árboles sobreviven y rebrotan profusamente desde yemas que están bajo la corteza (Daroch y otros 2000, Figueroa 1997 y Morales 1998).

Los tratamientos silvícolas pueden incrementar la peligrosidad del combustible en las plantaciones pero también tiene algunos efectos benéficos como es el caso de la poda la cual corta la continuidad entre el combustible superficial y el aéreo, evitando que un incendio superficial se transforme en un incendio de copa o que ocurra coronación de árboles. Los raleos interrumpen la continuidad horizontal del combustible aéreo evitando así la propagación del fuego a través de las copas. Sin embargo, al reducir la densidad de un rodal se libera espacio de crecimiento (agua, energía luminosa y nutrientes) lo que permite un desarrollo vigoroso de sotobosque, aumentando de esta manera el combustible superficial disponible y en muchos casos se puede convertir en el combustible escalera para que el fuego alcance la copa de los árboles podados. Por otro lado, el piso forestal recibe más radiación solar alcanzándose una mayor temperatura, facilitando el secado y aumento de temperatura del combustible lo que permite que la ignición ocurra en menos tiempo (Chandler y otros 1983).

El desecho creado por las intervenciones silvícolas afecta también la efectividad de las faenas de control de incendios al influir directamente sobre la resistencia al control porque los incendios son de mayor intensidad y se generan focos satélites. De acuerdo a lo expresado por los responsables de los Programa de Protección de las empresas privadas, en los últimos años al no usar quemas para eliminar los desechos forestales, éstos al quemarse han tenido una gran influencia en un aumento de los daños. También, se indica que incluso en aquellos sectores donde se dejó el combustible en fajas, como una forma de minimizar el problema de incendios, la resistencia al control es mayor que en los sectores que tradicionalmente se trataron con quemas prescritas.

En el bosque natural, como resultado de la aplicación de raleos y/o cortas selectivas, también se observa un incremento de susceptibilidad a ser afectados por incendios forestales. Las intervenciones realizadas en este tipo de vegetación están destinadas principalmente a la producción de combustibles, cosecha árboles de diámetros pequeños, dejando una gran cantidad de desechos y por el mayor ingreso de radiación solar se facilita la ignición y

propagación del fuego. Este efecto ha sido observado hasta en el bosque tropical húmedo de Brasil que tiene una baja susceptibilidad al fuego pero una vez que se interviene, al quedar combustible muerto y recibir más radiación solar, este tipo de vegetación es afectada por incendios con mayor facilidad que en condiciones naturales (Uhl y otros 1988).

Entorno físico de las plantaciones y del bosque natural

El bosque natural tiene una escasa presencia de habitantes pero durante la época estival, las actividades de recreación incrementan significativamente la presencia de seres humanos en las áreas boscosas incrementando el riesgo de ocurrencia de incendios forestales. Aún cuando la CONAF no tiene registros, se estima que esta ocurrencia es menor que la de las plantaciones pero por las dificultades de arribo y combate el daño es mayor.

Las plantaciones forestales chilenas, en una gran mayoría, se encuentran en un entorno físico que las hace altamente susceptibles de ser afectadas por el fuego y cuando estos ocurren inducen un comportamiento errático. Las principales características son su ubicación en terrenos con topografía accidentada, localización en una zona con clima mediterráneo, ubicación alrededor de las ciudades y en los últimos años se agrega el fenómeno del cambio global que incrementa la temperatura ambiente y altera los patrones de precipitación, que en muchas regiones pueden crear una condición favorable para la ocurrencia de incendios forestales (Peña 1993 y Woodward et al. 1991). También en forma cíclica se presentan los fenómenos de la Niña y el Niño pero no existe una estrecha relación con la ocurrencia de incendios forestales o un mayor daño de estos (tabla 3). Para encontrar una mejor explicación del daño, se están recopilando antecedentes para determinar si este se relaciona con los episodios de viento Puelche, que es un viento tibio y seco que procede desde la Cordillera de Los Andes.

En la década del 70, en Chile se inició el establecimiento masivo de plantaciones forestales para recuperar terrenos degradados por la actividad agropecuaria y por la tala y quema de la vegetación natural de la Cordillera de la Costa y Los Andes de la VI a la IX región. Estos terrenos, o al menos aquellos más degradados, se encontraban ubicados principalmente en la cordillera de la costa, caracterizándose por su topografía accidentada, condición que favorece la acción del fuego al tener quebradas y cañones que actúan como verdaderas chimeneas, incrementando la fuerza de la columna de convección y la propagación del fuego. Las condiciones descritas anteriormente incrementan la probabilidad de tener incendios muy difíciles de controlar y dificulta las faenas de combate al presentarse una gran resistencia al control y crea condiciones favorables para la ocurrencia de accidentes fatales durante el combate.

La mayor concentración de plantaciones, al menos un 58 por ciento del total plantado en Chile se encuentra localizado en la VII y VIII región (INFOR 2001), siendo la VIII región la última región hacia el sur que presenta clima mediterráneo, la IX región en parte de su territorio tiene clima mediterráneo pero en años de sequía toda la región llega a presentar este tipo de clima. Esta condición coincide con un buen crecimiento de las plantaciones (mayor a $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y con la aplicación de silvicultura intensiva lo que genera un incremento significativo de la biomasa y combustible muerto por unidad de superficie, generándose así un ambiente óptimo para la ocurrencia y propagación de los incendios forestales. Las estadísticas de incendios forestales, de la última década, confirman que entre la VII y la IX región

ocurre más del 60 por ciento de los siniestros que afectan las plantaciones forestales y la vegetación natural (figura 2, CONAF 2003).

La expansión de las plantaciones y el crecimiento de las ciudades crea una zona de transición muy susceptible a la ocurrencia de incendios forestales. En los últimos años, los incendios en la interfaz urbano-rural son frecuentes en la V y VIII región, al menos en esta última han causado pérdidas importantes de viviendas y una amenaza seria para la vida de las personas, como fue el caso de los incendios de febrero de 1999 que arrasaron con numerosas viviendas y amenazaron la vida de centenares de personas, se estima que esta condición será aún mas grave en el futuro (Peña 2003). A la importante presencia de población humana en la interfaz se agrega el incremento de la accesibilidad a lo largo del territorio de Chile, en especial en las zonas boscosas, poniendo en contacto al principal factor causante de incendios forestales con el recurso vegetal. El caso más dramático lo presenta la comuna de Curanilahue en la VIII región donde el 93 por ciento de la superficie territorial de la comuna esta cubierto con plantaciones (CONAF-CONAMA-BIRF 1999), representando una dependencia de este recurso pero a su vez una gran amenaza para la población ante la probabilidad de la ocurrencia de incendios forestales.

El fenómeno del Niño induce sequías en la zona centro sur de Chile, esto podría estar influenciando positivamente la ocurrencia y daño de los incendios forestales. Al comparar las temporadas de mayor daño (más de 60000 ha quemadas) con la ocurrencia de incendios forestales (ocurrencia mayor a 500 incendio con respecto a la tendencia general) y con el fenómeno del Niño no se encontró una relación estrecha. En la tabla 1 se observa que de un total de 12 temporadas de mayor daño sólo 5 coinciden con la temporada de mayor ocurrencia, 3 temporadas coinciden con el fenómeno del Niño y otras 4 temporadas coinciden con el fenómeno de la Niña. Se consideró coincidencia cuando la temporada se iniciaba el año que ocurría cualquiera de estos dos fenómenos climáticas. Esta baja relación del daño con la ocurrencia de incendios forestales confirma que el mayor daño depende de ciertas condiciones atmosféricas, viento - alta temperatura - baja humedad relativa, que ocurren ocasionalmente en las zonas donde se concentra el recurso forestal. Se debe destacar que uno de los últimos eventos de gran magnitud de daño ocurrió en febrero del año 1999, coincidiendo con 2 años consecutivos de la Niña (tabla 1), cuando en la VIII región, en 5 días se quemaron más de 20000 ha, superando en esa temporada por primera vez las 100000 ha dañadas.

El cambio global, principalmente el efecto invernadero podría llevar a que las zonas mediterráneas presenten un clima aún más favorables para los incendios forestales y que muchas regiones templadas desarrollen un clima similar a las zonas mediterráneas porque un resultado directo de este fenómeno sería un aumento de la temperatura promedio en al menos 1.5 a 4.5 °C y una alteración de los patrones de precipitación, algunas regiones serán mas secas que en el pasado (Graham y otros 1990, Schwartz 1991 y Woodward y otros 1991), aumentando su susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales. La vegetación estará mas seca y disponible para la acción del fuego y su comportamiento e intensidad serán más difíciles de predecir con los actuales modelos de propagación, afectando directamente las faenas de control, incrementándose las pérdidas (económicas, sociales y ambientales) y aumentando el riesgo de accidentes fatales en los combatientes.

Tabla 3— *Temporadas de mayor ocurrencia y daño de los incendios forestales y los eventos del fenómeno del niño y la niña en Chile*

Temporada de mayor ocurrencia	Temporada de mayor daño	Fenómeno del niño ¹	Fenómeno del niño ²	Fenómeno de la niña ¹
				1967
1968-1969	1967-1968	1969		1970 1971
1971-1972	1971-1972	1972	1972	1975
1975-1976 1977-1978 1978-1979	1978-1979	1976	1976	
1983-1984	1983-1984 1985-1986 1986-1987 1987-1988 1988-1989	1982 1986 1987	1982 1986	1988
1992-1993 1993-1994	1993-1994	1991	1992	
1998-1999	1997-1998 1998-1999	1997	1997	1998 1999 2000
2001-2002 2002-2003	2001-2002			

Fuente: ¹ Agencia Meteorológica del Japón
² Dirección Meteorológica de Chile

La condición descrita anteriormente se puede dar en el sur de Chile, IX a XI región, donde la frecuencia de incendios es baja y solo incrementa cuando ocurren años de sequía consecutivos. En este caso el efecto invernal dejaría esta zona en una condición de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales, además como en estas regiones existe una alta carga de combustible, estarían dadas las condiciones para que ocurran incendios catastróficos, especialmente incendios subterráneos con daños severos sobre los ecosistemas de la región. Incluso podrían aumentar los incendios causados por tormentas eléctricas, esto se ha confirmado en las últimas temporadas en la Cordillera de los Andes donde se han registrado incendios forestales ocasionados por rayos lo cual no ocurría anteriormente.

El análisis anterior esta basado en la premisa que efectivamente ocurrirá un aumento de temperatura, al respecto, se debe mencionar que hay una serie de investigadores que indican que a la fecha no se ha producido el calentamiento estimado. Otros incluso consideran que hay factores diferentes a los gases invernales que influyen en forma negativa este fenómeno, llevando hacia un enfriamiento, y que no han sido considerados en los modelos utilizados (Levi 1990 y Schlesinger 1988).

Entorno social de las plantaciones y del bosque natural

En Chile, las estadísticas de causas de incendios forestales muestran que la mayoría de los incendios son de origen antrópico (tabla 2). Por lo tanto, se debe asumir que existe un entorno social muy especial que hace que las personas tengan una actitud descuidada o negligente hacia el recurso forestal, a pesar que directa o indirectamente proporciona el sustento de la economía nacional. Las plantaciones parecieran tener una condición mucho más compleja que el bosque nativo porque se concentran en las mismas zonas donde se congrega la población humana. A continuación se entregará un listado de algunos factores que pueden influir en esta actitud, discutiendo algunos de ellos en forma detallada.

Los principales factores son:

- a) Cambio de actividad productiva pasando de la actividad agrícola y ganadera a forestal en un corto período, causando un desplazamiento del campesino tradicional dejando a muchas personas con un sentimiento de rechazo hacia las plantaciones forestales.
- b) Concentración de la propiedad de la tierra en las grandes empresas forestales las cuales no permiten el acceso a sus predios a las comunidades aledañas o solo algunas de ellas dan este tipo de beneficio, perdiéndose así áreas de recreación, de pesca y caza, pastoreo, extracción de combustible u otros productos del bosque.
- c) La cosecha y transporte de los productos forestales origina daño a caminos e infraestructura comunal, causa contaminación acústica y de partículas sólidas en el aire y fuentes de agua
- d) Conflicto con comunidades rurales por abastecimiento de agua debido a que las plantaciones por su rápido crecimiento demandan más agua causando una disminución del caudal de vertientes y esteros
- e) Litigios de propiedad de la tierra y deslindes
- f) Bajos salarios y trabajo temporal y trashumante, esto crea una condición de inestabilidad económica y un cierto grado de separación del grupo familiar al trabajar alejados de su área de residencia
- g) Presión de grupos ambientalistas que con razón o equivocadamente generan un ambiente negativo para las plantaciones que tiene como resultado final una actitud negligente con respecto a la protección de las plantaciones contra los incendios forestales

El primer impacto de la actividad productiva forestal basada en las plantaciones fue el desplazamiento del campesino tradicional que en muchos casos debió emigrar a las ciudades (Chile tiene un 87 por ciento de sus habitantes en el área urbana) o se vio en la obligación de capacitarse para realizar un trabajo que desconocía y de menor estabilidad que la proporcionada por la actividad agropecuaria. Junto a lo anterior la propiedad de la tierra se concentró en las grandes empresas forestales, limitando directa o indirectamente las opciones de uso e incluso de tránsito por los predios forestales.

Por otro lado, el estado no tiene áreas de recreación en las cercanías de las ciudades o estas son de mala calidad o de superficie reducida, esto crea una brecha importante con la demanda por este tipo de actividad y al no poder utilizar las áreas

con cultivos forestales el público en general siente que directamente ellas no brindan ningún beneficio, incrementándose así el sentimiento de rechazo. En los últimos años esta situación ha estado cambiando sobre la base de la política de buenos vecinos implementada por algunas empresas forestales, actividad que consiste en mantener buenas relaciones con las comunidades otorgándoles una serie de beneficios lo que ha dado como resultado una disminución significativa de los incendios forestales.

Otro elemento a considerar en este análisis, de un entorno social hostil para las plantaciones, es la condición de trabajo temporal y trashumante. La mayor parte del trabajo forestal se realiza a través de la prestación de servicios (contratistas) con los trabajadores localizados en campamentos alejados de sus residencias permanentes y de la familia. Existen algunas razones fundamentadas para ello desde el punto de vista de rendimiento y eficiencia en el trabajo, pero esto trae consigo largos períodos fuera del hogar lo que llega a afectar profundamente la vida familiar, al quedar la mayor responsabilidad de la familia sólo en manos de la mujer. Se presentan también serios problemas de estabilidad en la pareja con todas las consecuencias que trae sobre los hijos y la estructura familiar. Todo lo anterior más los bajos salarios, hacen aparecer el trabajo forestal como una oportunidad que no está en la primera prioridad de la fuerza laboral, a pesar que esta actividad es el sustento de su familia, indirectamente, afectaría su entorno familiar. Esta condición de escasos beneficios para la comunidad se ha confirmado en algunos estudios preliminares realizados en comunas de la VIII región cuyos resultados indican que la comunidad percibe pocos beneficios de la actividad forestal o estos no pueden ser desagregados para evaluar su participación en la economía y bienestar local (Ispizúa 1999 y Riquelme 1998).

El análisis realizado en los párrafos anteriores permite visualizar que probablemente muchas comunidades, con o sin fundamentos, tienen un rechazo hacia el sector forestal y en especial hacia las plantaciones. El resultado final de esta aversión hacia el sector es que no existe ninguna motivación para proteger el recurso y se sigue teniendo una actitud descuidada y negligente en el uso del fuego, llegándose incluso a originar incendios intencionales. Los cuales han incrementado significativamente en las últimas temporadas, especialmente en la VIII región donde las estadísticas de la década 1990-2000 muestran que el 60 por ciento de las causas de los incendios es de carácter intencional comparado a un 37 por ciento en todo el país (tabla 3). Es alarmante lo que ocurre en la VIII región ya que la intencionalidad es demasiado alta para un recurso que es uno de los pilares de la economía, estas cifras dejan en evidencia que las plantaciones no tienen sustentabilidad social y confirman la necesidad de cambiar la percepción que la comunidad tiene del recurso vegetal y en especial de las plantaciones.

Comentarios finales

La alta ocurrencia de incendios forestales y la tendencia a que sucedan eventos catastróficos desde el punto de vista de comportamiento del fuego (alta intensidad y velocidad de propagación) y magnitud del daño está determinada por una serie de factores propios de la vegetación, del entorno físico y social en el cual este recurso se encuentra inserto. La vegetación natural tiene alta continuidad en la Cordillera de Los Andes y por su inaccesibilidad limita las acciones de combate. Las plantaciones presentan una gran extensión y continuidad de un combustible homogéneo e inflamable que facilita la acción del fuego. A lo anterior se agrega la silvicultura intensiva que interviene la vegetación en múltiples ocasiones, incrementando y

modificando el combustible aumentando así el peligro y susceptibilidad a los incendios forestales. Lo descrito anteriormente interacciona con el alto riesgo generado por la presencia de trabajadores y maquinarias en las zonas forestales y por un entorno social que aún no acepta plenamente la actividad forestal productiva, especialmente aquella actividad asociada a las plantaciones forestales, se crea así un ambiente hostil hacia el recurso forestal, y la comunidad asume una actitud negligente y descuidada que genera una gran cantidad de incendios forestales, muchos de ellos de carácter intencional. El resultado de todo este ambiente de fuego es una alta ocurrencia y daño que a pesar de todos los esfuerzos de prevención y combate, a la fecha ha sido imposible minimizar.

Para reducir efectivamente la ocurrencia y daño de los incendios forestales, como en Chile casi el 100 por ciento de los incendios son de origen antrópico, se debe realizar una mejor investigación de las causas que originan estos eventos y determinar la motivación que tienen los incendios intencionales. Esta información reforzará los programas de prevención, los cuales debieran orientarse a modificar el comportamiento del ser humano, complementándose con una silvicultura preventiva que reduzca la carga de combustible y modifique las condiciones de continuidad y homogeneidad que los caracteriza.

Referencias

- Aliaga, C. 1998. **Velocidad de propagación del fuego en Pino radiata, Eucalyptus globulus y Acacia melanoxylon: Un estudio de laboratorio.** Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Chandler, C.; P. Cheney; P. Thomas; L. Trabaud y D. Williams. 1983. **Fire in Forestry. Volume I, Forest fire behavior and effects.** John Wiley & Sons. New York. 450 p.
- Soto, L. 1995. **Estadísticas de ocurrencia y daño de incendios forestales temporadas 1964-1995.** Corporación Nacional Forestal, Gerencia Técnica. Departamento de Manejo del Fuego. Informe Estadístico N° 44.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2002. **Informes finales estadísticos de temporadas.** Programa de Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2003. **Informes finales estadísticos de temporadas.** Programa de Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.
- CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. **Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile.** Comisión Nacional del Medioambiente y Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.
- Daroch, M.; E. Peña y M. Lineros. **Efecto del espesor de corteza viva de Eucalyptus globulus en la transferencia de calor: un estudio de laboratorio.** En Libro de Resúmenes de la IX Reunión y I Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. 18-20 de Octubre 2000. Concepción.
- Fernández, A. 2002. **Variación estacional del contenido de humedad en el follaje de Acacia melanoxylon, Eucalyptus globulus y Pinus radiata.** Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

- Figueroa, H. 1997. **Capacidad de rebrote de Eucalyptus globulus Labill afectado por un incendio forestal**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Fundación Chile. 1998. **Informe Final :Propuestas de nuevas estrategias para enfrentar los incendios forestales en Chile**. Octubre de 1998. Santiago de Chile.
- Graham, R.L.; M.G. Turner y V.H. Dale. 1990. **How increasing CO₂ and climate change affects forests**. Bioscience 40(8):575-587
- Haltenhoff, H. 1997. **La prevención de incendios forestales**. IX Silvotecna “Incendios Forestales”. Forestal Mininco S.A. Concepción, Chile.
- INFOR (Instituto Forestal). 2001. **Estadísticas forestales 2000**. Boletín Estadístico N° 30. Santiago, Chile.
- Ispizúa, M. 1999. **Impacto económico y social de las plantaciones forestales en seis comunas del secano de la VIII Región**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Lara, A. y T.T. Veblen. 1993. **Forest plantation in Chile: a successful model?**, pp. 119-139. En Afforestation: Policies, planning and progress. A. Mather (Ed.). Belhaven Press. London, UK.
- Levi, B.G. 1990. **Climate modellers struggle to understand global warming**. Physics today 43(2):17-19
- Morales, Juan. **Efecto del espesor de corteza en la transferencia de energía calórica en Pinus radiata D. Don. y Eucalyptus globulus Labill, en condiciones de laboratorio**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Parra, R. 2002. **Frecuencia de incendios forestales en plantaciones de Pinus radiata D. Don y Eucalyptus globulus Labill, en la Octava Región**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Peña E. 1993 **Efecto invernadero: Algunos impactos en Chile**. Revista Chile Forestal N° 201:11-12
- Peña, E. 1996 **Incendios en la interfase urbana-rural: Tierra de nadie**. Revista Chile Forestal. Octubre de 1996
- Peña, E. 1999. **Incendios forestales en plantaciones: ¿Un periodo de retorno del fuego de 12 a 17 años?** En Actas de las “XVI Jornadas de Evaluación del Manejo del Fuego. Agosto de 1999. Chillán.
- Peña, 2003. **Incendios forestales catastróficos: ¿un fenómeno ocasional o un futuro amenazante?**. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Boletín Forestal 1(2): 3-5
- Pyne, S. 1984. **Introduction to wildland fire: Fire management in The United State**. John Willey & Sons. New York. 455 p.
- Riquelme, F. 1996. **Impacto socioeconómico de las plantaciones forestales sobre cuatro comunas precordilleranas de la provincia de Bío Bío: 1984-1994**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.
- Schwartz, M.W. 1991. **Potential effects of global climate change on the biodiversity of plants**. The Forestry Chronicle 68(4):462-470
- Schlesinger, M.E. 1988. **Negative o positive cloud optical depth feedback?** Nature 335:303-304
- Uhl, C.; J.B. Kauffman; y D.L. Cummings. 1988. **Fire in the Venezuelan Amazon: Enviromental conditions necessary for forest fires in the evergreen rainforest of Venezuela**. Oikos 53: 176-184
- Woodward, F. I.; G.B. Thompson y I.F. McKee. 1991. **The effects of elevated concentration of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems**. Annal of Botany 67: 23-38