



ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR EN INCENDIOS DE INTERFAZ. ANÁLISIS DE CASO APLICADO A CHILE\*

TECHNICAL ISSUES TO CONSIDER IN FIRES IN THE WILDLAND-URBAN INTERFACE. CASE ANALYSIS APPLIED TO CHILE

157

Miguel Castillo S.

Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile  
[migcasti@uchile.cl](mailto:migcasti@uchile.cl)

RESUMEN

Se presenta un análisis resumido de los principales aspectos técnicos que intervienen en la vulnerabilidad y desarrollo de incendios en áreas de interfaz urbano-forestal. Se recopiló antecedentes derivados de incendios reales sucedidos en los últimos años, con énfasis en 2014 por ser considerado el año con mayores catástrofes producto de este tipo de incendios. Los resultados basados en trabajo de campo y análisis de pronóstico de incendios, demuestran que el tiempo de respuesta al primer ataque es el factor determinante en la posibilidad de éxito en contención oportuna del avance del fuego.

**Palabras clave:** Incendios forestales, interfaz urbano-forestal, protección civil, riesgo de incendios, propagación del fuego.

ABSTRACT

This is a summary analysis of the main aspects involved in fire vulnerability and development in wildland-urban interface areas. Records of actual fires occurring in recent years have been collected, especially from 2014 as this was considered the year with the greatest disasters caused by this type of fire. Based on fieldwork and fire forecast analysis, results indicate that the response time for the first attack is the determining factor in the possibility of success in the timely containment of fire advance.

**Keywords:** Forest fires, wildland-urban interface, civil protection, fire risk, fire spread.

RESUMO

*Aspectos técnicos a ter em conta nos incêndios de interface. Estudo de caso aplicado ao Chile* - Apresenta-se um resumo dos principais aspectos técnicos envolvidos no desenvolvimento da vulnerabilidade a incêndios em áreas de interface florestal-urbano. Recolheram-se dados procedentes de incêndios reais ocorrido nos últimos anos, especialmente de 2014, por ser considerado o ano mais catastrófico neste tipo de incêndios. Os resultados, com base no trabalho de campo e análise de previsão fogo, mostram que o tempo de resposta do primeiro ataque é o fator determinante, na possibilidade de sucesso para a contenção oportuna da propagação do fogo.

**Palavras-chave:** Incêndios florestais, interface urbano-florestal, proteção civil, risco de incêndio, propagação do fogo.

RÉSUMÉ

*Aspects techniques à considérer dans l'interface forêt-urbaine feu. Étude de cas appliquée au Chili* - Il se présente une analyse résumée des principaux aspects techniques, économiques et sociaux qui interviennent dans la vulnérabilité et le développement des incendies dans les zones d'interfaces urbaine-forestières. Des informations dérivées d'incendies réels dans les dernières années ont été recueillies, en mettant l'accent sur l'année 2014 comme étant l'année avec le plus de catastrophes résultant de ce type d'incendies. Les résultats basés sur le travail de terrain et les analyses de pronostics d'incendies, montrent que le temps de réponse à la première attaque est un facteur déterminant dans la possibilité de la réussite du confinement de l'avancée du feu.

**Mots-clé:** Les incendies de forêt, l'interface forêt-urbaine, la protection civile, risques d'incendie, la propagation du feu.

\* O texto deste artigo foi submetido em 11-09-2014, sujeito a revisão por pares a 30-04-2015 e aceite para publicação em 22-07-2015. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 22, 2015, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introducción

Chile es un país de Sudamérica que se encuentra permanentemente afectado por incendios de interfaz urbano-forestal, especialmente en aquellas áreas en donde la presión por uso del suelo se ha hecho evidente frente a la creciente demanda de bienes y servicios derivados de los bosques y su entorno.

El problema de los incendios forestales de interfaz con graves consecuencias, ha sido un tema no sólo de interés científico a nivel nacional; también lo ha sido de otros países de clima mediterráneo, cuyo presupuesto en protección contra incendios forestales es considerablemente mayor. Davis (1990) expuso los primeros análisis respecto a las características de las áreas de interfaz, contrastando la ventaja de vivir en un ambiente más cercano a la naturaleza, pero por otro lado, el desastre de experimentar episodios dramáticos de incendios con riesgo a viviendas y vida humana. Estudia distintos enfoques desde el punto de vista económico, social y ambiental. Cohen (2000) refuerza los conceptos de prevención frente al riesgo de incendios en estas áreas, destacando el potencial de ignición e inflamabilidad que presentan los distintos materiales de construcción en viviendas y su relación con el comportamiento potencial del fuego. La población que vive en estas áreas se ha comprobado que posee una percepción muchas veces distinta del riesgo, que aquellas que no conviven con los incendios. Beebe y Omi (1993) estudiaron distintos indicadores sobre la percepción de los habitantes en áreas de interfaz en Estados Unidos; en general se aprecia una aceptación a vivir en un ambiente permanentemente afectado por la ocurrencia de incendios, pero también muchos de los habitantes se manifiestan dispuestos a colaborar en tareas preventivas, tal como lo estudió Collins (2005) al analizar comunidades en California, y McGee (2007) en donde destaca la propuesta de acciones preventivas enfocadas al manejo de la vegetación para mitigar el daño potencial del fuego. También en 2007, Theobald y Romme estudiaron los procesos de expansión de la interfaz en Estados Unidos, en donde analizaron los distintos aspectos que participan en la ocurrencia y propagación del fuego en zonas de interfaz, analizando el cambio en el uso del suelo y los potenciales riesgos que ello implica si no se hace una adecuada planificación territorial. En este mismo punto, Ferreira *et al* (2006) aborda el tema de la organización ciudadana para la protección contra desastres, en cuyo caso los autores proponen y plantean distintas estrategias de prevención y organización de la población frente a un incendio de interfaz. Respecto al impacto sobre las viviendas, Porterie *et al.* (2007) analizan los principales componentes que normalmente participan en la combustión de viviendas, otorgando importantes antecedentes para la planificación de las construcciones y el potencial de inflamabilidad.

En el caso específico de Chile, el problema de incendios de interfaz ha tenido mayor relevancia en los últimos 10 años por el sostenido aumento de la presión del hombre en la utilización de terrenos silvestres, y que no se encuentran calificados para uso habitacional. Esta presión sobre el espacio geográfico ocasionó un aumento sostenido en la recurrencia de incendios de interfaz, siendo el último caso más grave, el ocurrido el pasado 14 de abril en Valparaíso. En aquel incendio se quemaron 2900 viviendas, hubo 16 muertos, decenas de heridos y animales de propietarios muertos o gravemente heridos por el incendio. La superficie afectada fue de 965 hectáreas, que aunque al parecer puede considerarse pequeña en relación a otros incendios, tuvo niveles de severidad nunca antes visto en estas latitudes, por que pasó a ser el incendio más grave ocurrido en la historia de Chile. Los daños indirectos, especialmente los ambientales son cuantiosos. Aún cuando no existen aún cifras oficiales, se estima que sobrepasan los 300 millones de dólares.

La destrucción de viviendas en las zonas de interfaz a consecuencia de los incendios forestales, ha sido un problema permanente y de alto impacto económico y social. Antes del año 2001, en la Región de Valparaíso la pérdida de viviendas por esta causa era un hecho eventual y aislado, teniéndose como referencia la destrucción de casas del año 1968 en la '*Población Gómez Carreño*' (200 casas) y la del año 1994 en '*Rodelillo*' (56 casas). Sin embargo a partir del año 2001, este problema ha sido aún más grave, registrándose incendios todos los años, siendo los casos más dramáticos los del año 2003 en el '*Cerro Cordillera*' (34 casas) y '*Miraflores Alto*' (17 casas). En el año 2004 los daños se concentraron en la '*Villa Rapa Nui*' (18 casas); año 2008 en el '*Cerro La Cruz*' (200 casas); año 2012 en '*Población Canal Beagle*' (77 casas), año 2013 '*Cerro Rodelillo*' (309 casas), '*El Vergel*' (30 casas) y año 2014 en '*Camino La Pólvara*' (2.900 casas). Este último ha sido calificado como uno de los incendios más graves que presenta la historia de Valparaíso.

El análisis de este problema va más allá que la búsqueda de culpables, e incluso a las sanciones que la misma ley instruye para estos casos. Existe un grave problema de ordenación del territorio, en donde claramente existen profundos conflictos en la definición de aquellas áreas aptas para construcción y en el crecimiento permanente de ejes de expansión de terrenos en donde se sabe, por años, que no es recomendable construir, justamente por el alto peligro que presentan dichos terrenos frente a la propagación del fuego y otros desastres naturales tales como lluvias intensas, derrumbes y deslizamientos de terrenos.

Algunas poblaciones de las principales ciudades de la región, crecen de manera inorgánica sin respetar ninguna planificación territorial. Por esta razón, las viviendas

son instaladas en terrenos no aptos para construir, los que generalmente carecen de servicios básicos y de vías expeditas para el ingreso y trabajo de los medios para la extinción del fuego. Adicionalmente existe un grave problema de tenencia de la tierra y en la definición práctica de que es lo que se considera como interfaz. Lo más grave aún, es que ni siquiera los planes reguladores contemplan en sus componentes, la ocurrencia histórica y potencial de incendios forestales. Recientemente en Chile, a consecuencia del último gran incendio en Valparaíso, el poder legislativo está redactando un proyecto de Ley que fija las normas conducentes a elevar el nivel de protección en estas áreas, y también a establecer mayores indicaciones a los actuales estándares de construcción de viviendas que serían más factibles de instalar en áreas periurbanas. Aún así el problema está muy lejos de ser resuelto por cuanto aún no se han incorporado otros elementos aún más importantes en el ordenamiento del territorio, y que se refiere al manejo de la vegetación combustible, al estudio detallado de las áreas de mayor peligro potencial, los mecanismos de evacuación, la asignación de responsabilidades en los planes de preataque, la coordinación de los medios de extinción y la minimización de los tiempos de respuesta para la llegada al incendio de los medios de extinción, especialmente los recursos terrestres. En paralelo subsiste el problema creciente de la ocupación ilegal de terrenos y en la escasa responsabilidad de algunos propietarios forestales en establecer medidas silviculturales para la reducción del peligro en áreas boscosas. En un ámbito de tipo legal, no todos los propietarios son conocidos y por consecuencia, existe un impedimento legal en la aplicación de silvicultura preventiva en esos lugares, sencillamente porque esta acción no está contemplada en las ordenanzas municipales y porque además, por ley no se pueden intervenir terrenos sin la autorización de sus dueños.

Por otra parte no debe desconocerse los enormes esfuerzos que han hecho los Municipios, especialmente el de Viña del Mar, con el apoyo de Conaf, en orden a invertir importantes sumas de dinero en limpia de material combustible en sectores de riesgo permanente de incendios. Sumado a ello, existe la preocupación constante de las autoridades en no descuidar las labores de prevención, en todos los ámbitos que inciden de una u otra vía en la ocurrencia de incendios. Sin embargo, y como se comentaba anteriormente, existe un impedimento legal que está inserto en los Servicios Públicos y Municipios en el sentido que no pueden obligar a los propietarios de terrenos en zonas de interfaz, a ejecutar en sus terrenos labores de silvicultura preventiva y de protección en general, lo que sin dudas agrava aún más el problema del peligro en la propagación del fuego.

Es destacable señalar que sistema público y privado de protección contra incendios forestales en Chile ha presentado importantes mejoras en cuanto a nivel de conocimientos, desarrollo tecnológico, dotación de

medios para la organización y combate de incendios. No obstante, persiste y crece el problema de la intencionalidad en la ocurrencia de graves incendios y en debilidades del sistema legislativo que sanciona delitos asociados al uso irresponsable del fuego, y también en las políticas territoriales destinadas a organizar la ocupación del suelo. Este último aspecto ha propiciado un fuerte aumento en los niveles de vulnerabilidad de muchas áreas de interfaz que se presentan en Chile, y que normalmente concentran los mayores daños a la calidad de vida de los habitantes.

En consecuencia, el objetivo de este artículo es identificar y analizar aquellos aspectos técnicos que deben ser considerados para el diseño de planes de protección civil contra incendios de interfaz, particularmente en casos en donde existen necesidades de infraestructura que influyen directamente en los tiempos de respuesta para el primer ataque de incendios. El desarrollo de este documento se basa en la recopilación de experiencias reales ocurridas en Chile en los últimos 15 años, con énfasis en los años 2014 y 2015. Para este fin, se extrajo una muestra representativa de los principales incendios que ocasionaron daños a la propiedad pública y a la seguridad de los habitantes residentes en zonas de interfaz con elevado peligro de incendios.

#### **Materiales y métodos**

El primer paso realizado en este estudio consistió en un breve análisis histórico de las cifras de ocurrencia y su relación con la dinámica del problema de los incendios de interfaz en los últimos años. Para este objetivo se consideraron 34 años de incendios, cuyo resumen se indica y explica en la fig. 2. El material consistió en las bases oficiales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) las cuales fueron analizadas y procesadas por la unidad estadística del Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile.

La extracción de casos representativos para Chile se concentró en tres zonas de Chile Centro-Sur (fig. 1), que representan fielmente el problema de incendios de interfaz. Una revisión general para la zona Central de Chile muestra la definición de áreas particularmente críticas de ocurrencia, y de densidad de incendios de interfaz. Las regiones con mayores problemas corresponden a la zona Metropolitana de Chile, y el sur del país, particularmente en las zonas octava y novena. En estas tres regiones se recopilaban las bases de ocurrencia de incendios que afectaron directamente zonas de interfaz, junto con las condiciones climáticas previas al inicio de cada incendio, y las características ambientales que influyen en la propagación del fuego. Para este propósito se utilizaron los algoritmos de pronóstico de incendios del Sistema KITRAL desarrollado en Chile desde 1993, adaptado a las condiciones propias

de ambientes mediterráneos para los bosques chilenos. La muestra consistió en los últimos dos grandes incendios ocurridos en Valparaíso en los años 2014 y 2015, en donde se extrajeron los principales movimientos de combate, ataque inicial y cronología del avance del fuego con sus efectos en los daños materiales y sociales.

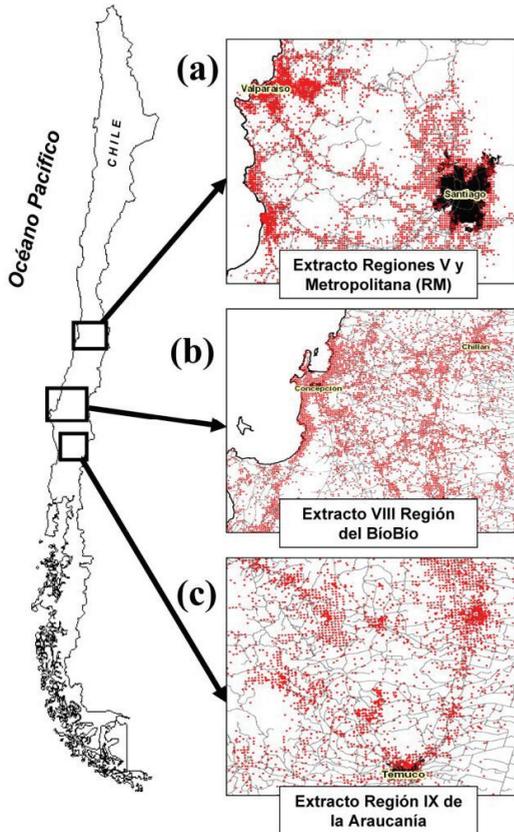


Fig. 1 - Representación espacial de las principales áreas de ocurrencia de incendios forestales en Chile Central. En estos tres cuadros destacan la existencia de incendios de interfaz. El área de Valparaíso es la más afectada por este tipo de incendios.

Fig. 1 - Spatial representation of the main areas of occurrence of forest fires in Central Chile. In these three pictures they emphasize the existence of Wildland Urban Interface (WUI). The area of Valparaíso is the most affected by this type of fires.

Resultados y discusión

Estadísticas de incendios

Prácticamente la totalidad de los incendios que se producen son por actividad humana. En la fig. 2 se expone una breve reseña estadística para otorgar un marco de referencia. En relación a los incendios de interfaz, éstos han ido en aumento hacia zonas de contacto con bosques y vegetación combustible que se localizan en el entorno de grandes centros urbanos.

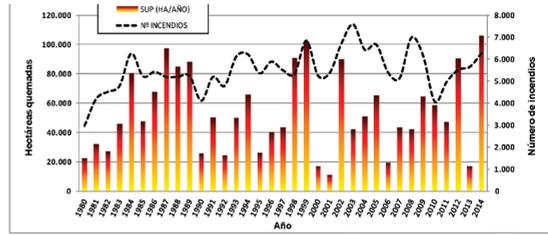


Fig. 2 - Estadísticas de ocurrencia de incendios forestales y superficies afectadas en Chile. Últimos 34 años. Fuente: Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2014).

Fig. 2 - Statistics of occurrence of forest fires and affected areas in Chile. Last 34 years. Source: Forest National Corporation (CONAF, 2014).

Al revisar las cifras de ocurrencia y hectáreas afectadas, llama la atención que la temporada 2014 fue la que reportó la mayor cifra de daños en extensión de área quemada. Ello sucedió en gran medida por las severas condiciones de peligro que se acumularon tras una larga sequía que afectó a la región centro-sur de Chile por más de cinco años. Esta situación también tuvo consecuencias en el alza del nivel de riesgo y peligro de la propagación del fuego en zonas de interfaz. En general se observa que la cantidad de incendios lejos de disminuir, ha experimentado un ascenso moderado, y lo más preocupante, se evidencia un notable aumento en los niveles de gravedad y el comportamiento extremo del fuego en áreas de interfaz. El cambio climático también ha aportado a la gravedad de los incendios, aún cuando no existen referencias científicas suficientes para demostrarlo, la tendencia es clara y evidente en zonas en donde antes no sucedían episodios tan severos de incendios. Como ha sucedido todos los años en el país, normalmente una proporción reducida de incendios se localizan en áreas de contacto urbano-forestal; no obstante, los sostenidos niveles de ocupación del suelo y la creciente demanda por bienes y servicios derivados de los bosques, dio como resultado un aumento en los niveles de severidad del comportamiento del fuego, aún cuando las cifras de ocurrencia no han experimentado variaciones significativas en los últimos años, situándose en un promedio de 5.498 eventos por año a nivel nacional.

Expresión espacial de los principales incendios de interfaz

Mediante el pronóstico de incendios y con la colaboración de la Corporación Nacional Forestal, fue posible representar el avance del fuego y los efectos en la intensidad calórica en distintos frentes de avance del gran incendio de 2014. En él se destaca el daño directo a zonas de interfaz (fig. 3). El análisis de la magnitud de los daños se realizó considerando las características

de la vegetación combustible, topografía, viento y la relación de los medios de extinción utilizados en este incendio en relación a la velocidad de avance del fuego medida en hectáreas/hora.

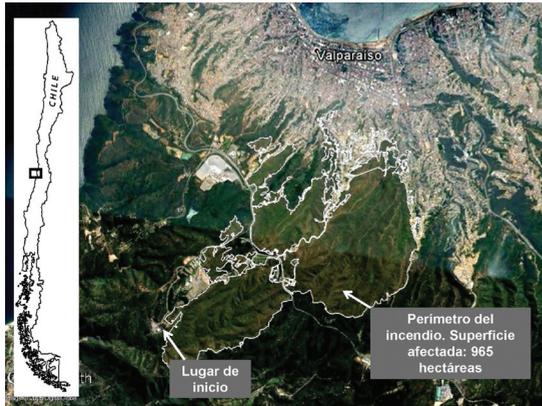


Fig. 3 - Se muestra el perímetro final del gran incendio de interfaz en Valparaíso.

*Fig. 3 - Final perimeter of the big fire of interface in Valparaíso.*

Este incendio estuvo activo por casi 1 semana, con mayor intensidad los primeros tres días. El frente principal de avance sólo pudo detenerse gracias a la disminución de la severidad en las condiciones meteorológicas y por el trabajo acumulado y organizado de los medios de extinción en terreno.

De esta manera fue posible establecer que el incremento de área fue exponencial cuando el viento superó los 60 kilómetros/hora, cifra extremadamente favorable para la rápida propagación del fuego. El recorrido aéreo de la zona afectada y la construcción de mapas instantáneos de la evolución del área quemada permitió establecer un incremento máximo de 156 hectáreas/hora, superando ostensiblemente los estándares conocidos en mediciones experimentales y en la experiencia acumulada de incendios de interfaz. En la fig. 4 se muestra una ilustración comparativa entre la velocidad media de avance del fuego en propagación libre, y el valor extremo que llegó a tener el incendio en su instante de máxima actividad. En la fig. 5 se expone una vista aérea de los daños ocasionados inmediatamente ocurrido el incendio.

Ello demostró entonces la unión y efecto geométrico de los aspectos técnicos que se detallan a continuación, y que describen los aspectos técnicos clave para hacer frente a incendios de muy rápida propagación.

*Aspectos técnicos, económicos y sociales derivados del análisis previo de incendios de interfaz en Chile*

Mediante distintos medios de evaluación geográfica, tales como análisis satelital multitemporal y sucesivas campañas de campo, se ha constatado que si bien es

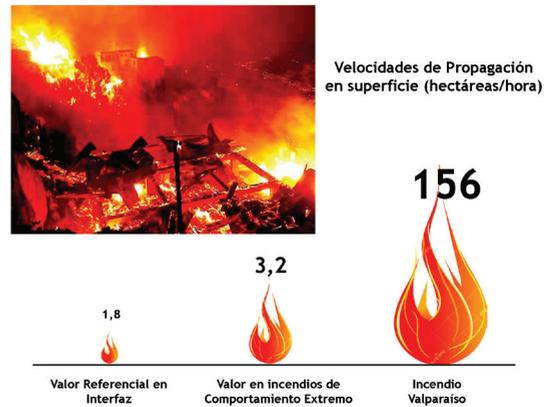


Fig. 4 - Diagrama comparativo entre las distintas tasas de propagación del fuego encontrada en condiciones normales, en condiciones extremas, y lo sucedido en el incendio de Valparaíso. Valores determinados a base de cartografía aérea del perímetro activo del incendio.

*Fig. 4 - Comparative diagram between the different valuations of fire spread found in normal conditions, in extreme conditions, and what occurred in the fire of Valparaíso. Values determined by means of aerial cartography of the active perimeter of the fire.*



Fig. 5 - Visión general de un sector afectado por el incendio de Valparaíso en abril de 2014. Se muestra la destrucción casi total en sectores de altas pendientes (Fuente: Fotografía: Conaf, 2014).

*Fig. 5 - General view of a sector affected by a fire in April 2014. The destruction of houses is almost total, particularly in areas with high slopes (Source: Photography: Conaf, 2014).*

cierto la interfaz urbano forestal de Valparaíso y Viña del Mar ha experimentado una expansión territorial hacia terrenos localizados en zonas altas de cerros, lo que se ha visto mayormente es el aumento en la densidad de casas por metro cuadrado de interfaz que se han ido construyendo en estas áreas, incluso afectadas por incendios en años anteriores. Mediciones efectuadas mediante visitas a campo y por medios satelitales muestran un aumento en la cantidad de metros cuadrados de construcción en una misma unidad de superficie, generalmente a base de materiales de construcción ligeros altamente inflamables.

Normalmente el proceso se inicia con la toma de terrenos y limpia de vegetación en donde se instala una o dos casas de pequeña superficie, luego otras más dentro de cercos o límites improvisados por los mismos moradores, lo que finalmente lleva a la conformación de núcleos de casas colgadas a los cerros y otros sectores en donde estas nuevas construcciones se encuentran insertas en bosques y matorrales altamente inflamables. Si a esto se agrega la existencia de talleres, galpones, bodegas, tendidos eléctricos y pequeños negocios en el entorno, se conforma entonces un área semi-consolidada que contribuye a expandir los terrenos y con ello a la ampliación de infraestructura de comunicaciones para el abastecimiento de servicios básicos, como es el agua. En consecuencia, a base de los resultados obtenidos del diagnóstico de incendios para Valparaíso, se enuncian los principales aspectos técnicos, económicos y sociales que deben considerarse para formular un plan local de protección civil contra incendios:

#### *La vegetación combustible*

El manejo de la vegetación en zonas de interfaz es una actividad crucial en la gestión contra el fuego, pues permite aminorar el factor de peligro potencial producto de la combustión. Corresponde a una actividad que debe realizarse en forma anticipada, programada, sistemática y enmarcada dentro de las labores preventivas, lo cual supone un alto grado de organización y de asignación de presupuesto. Normalmente esta actividad es encomendada a los Municipios, quienes se encargan de disponer de todos los medios en terreno, basado en un estudio técnico respecto a las áreas, intensidades de intervención, ancho de despeje y criterios de altura de la vegetación y la pendiente del terreno. Corresponde básicamente a un cronograma de limpieza y corta de vegetación. En el contexto de este artículo, lo que ocurrió fue que las labores sobre la vegetación fueron parciales e insuficientes, pues no fueron ejecutadas de manera oportuna, lo que ha llevado a un alza en los niveles de peligro en el comportamiento potencial del fuego al no existir una barrera de corte de combustible. Adicionalmente en la zona de Valparaíso-Viña del Mar, se han identificado cientos de focos de micro basurales que se localizan en fondos de cerros y que se mezclan con vegetación densa, lo que agrava aún más la condición de peligro. La composición y estructura de la vegetación influye directamente en el potencial de propagación y la resistencia al control que presenta frente al ataque por parte de los medios de extinción. En estas zonas de interfaz es común ver matorrales altamente inflamables que coexisten con plantaciones de pino y eucaliptus. Estas dos especies son las que comúnmente se encuentran presentes en zonas de cerros con altas pendientes y en donde anualmente se destinan medios para el control preventivo mediante limpiezas, podas y la elaboración de

cortafuegos. En este contexto, actualmente el gobierno regional está llevando a cabo un conjunto de medidas a ser aplicadas para la próxima temporada de incendios 2014-2015. El conjunto de medidas se centra en la corta de vegetación en una franja de ancho variable (normalmente entre 10 y 25 metros dependiendo de la altura de la vegetación y la pendiente del terreno) en torno a las casas que componen la última línea de construcción en cerros, junto con la instalación de otro tipo de cubierta vegetal que cumpla además de función de cortafuegos y servicios de tipo paisajístico. No obstante para que estas medidas tengan un efecto positivo, deben ir coordinadas con otras actividades relacionadas a la instalación o mejoramiento de una infraestructura urbana que permita armonizar estas áreas de gestión, con el entorno en que viven sus habitantes.

#### *La topografía*

Otro factor que se hace presente en la propagación de las llamas, es la pendiente del terreno, por cuanto se constituye en un factor topográfico que al combinarse con la acción favorable del viento, produce una inclinación de las llamas y con ello el rápido avance del fuego. En áreas escarpadas usualmente se instalan viviendas de material muy ligero y de alta inflamabilidad, lo cual favorece el abastecimiento de oxígeno y potencial calorífico necesario para ocasionar incendios explosivos que normalmente avanzan hacia las partes más altas de los cerros. En otros casos el viento errático permite que por la acción combinada de la topografía y vientos, se produzcan avances en retroceso, es decir, en el flanco contrario al eje de mayor velocidad de avance. Este factor evidentemente que no es posible controlarlo con tareas sobre modificación del paisaje, pero sí otorga la visión necesaria para poder establecer las áreas en las cuales se pueden establecer viviendas y en donde no se puede. Este ha sido un problema histórico en los incendios de interfaz pues la ocupación del suelo en áreas periféricas no ha considerado el factor topográfico en la propagación potencial del fuego.

#### *Viento*

Este factor es ciertamente uno de los más decisivos en la dirección de avance del fuego y en la tasa de avance cuando su acción se hace permanente en un tiempo prolongado. Es otro aspecto que tampoco puede ser controlado por el hombre en forma directa, pero sí considerado para el establecimiento de programas preventivos que busquen disminuir el peligro potencial de la propagación del fuego. En el incendio de Valparaíso, se originaron rachas permanentes de vientos superiores a los 40-50 km/hora, que favorecieron la inclinación de las llamas, favoreciendo los principales frentes de avance del fuego. Ante tal fenómeno, las actividades

de contención del incendio se vieron sobrepasadas por cuanto la tasa de avance en perímetro fue muy superior a la capacidad de respuesta de los medios de extinción. En términos de planificación territorial, la variable de velocidad y dirección del viento y su acción en laderas, debe ser considerada para el establecimiento de áreas de mayor o menor peligro. Actualmente no se ha incluido este criterio, operando solamente los mecanismos de reacción frente a los principales vectores de avance del fuego. En Chile se cuenta con el apoyo del Simulador de Incendios Forestales KINTRAL, el cual permite recrear computacionalmente el modelo de propagación actual y potencial del fuego frente a distintas condiciones ambientales y topográficas. Una de las variables más importantes para este proceso de cálculo, es el viento.

#### *La localización de viviendas e infraestructura básica*

La instalación de viviendas debe efectuarse siempre cautelando en primer lugar la protección civil de la población. Luego de ello, es necesario realizar un análisis exhaustivo de las condiciones del entorno y su relación con la minimización de factores que puedan ocasionar algún grado de riesgo, en este caso, los incendios forestales. Por lo explicado al inicio de este texto, el problema que ha sucedido en la gravedad de los incendios ha sido la escasa preocupación en materia de ordenación del espacio habitable y en la casi inexistente coordinación entre aumento poblacional y demanda de bienes y servicios básicos como agua, infraestructura vial y accesibilidad. Este es un problema actualmente sensible en muchas zonas de interfaz de Chile Centro Sur, pero que se ha hecho más evidente en el área de Valparaíso y Viña del Mar. En relación a las viviendas, se han efectuado importantes avances tecnológicos en cuanto al desarrollo de prototipos de emergencia para su fácil instalación, como una acción mitigadora al daño producido por el fuego a muchas familias que lo perdieron todo. No obstante ello, no se ha resuelto el problema más de fondo, y que tiene relación con la aplicación de programas de erradicación y relocalización de familias hacia otras áreas con menor peligro de incendios. Como toda decisión, la voluntad política resolvería este tipo de temas, sobre todo cuando se trata de resguardar la protección civil.

#### *Los tiempos de respuesta*

Uno de los aspectos operativos que más incide en el éxito de las intervenciones de los medios de extinción a las áreas afectadas por el fuego es el tiempo de respuesta o llegada. En el incendio de Valparaíso, las severas condiciones de propagación y el combustible disponible, superaron toda posibilidad de ataque oportuno, por cuanto se desarrollaron múltiples frentes de avance del fuego. En este caso la oportunidad de respuesta sólo pudo manejarse con cierto margen de rapidez mediante el ataque masivo con medios aéreos.

#### **Comentarios generales al estudio realizado**

El peligro de incendios forestales se hace más evidente entonces, cuando se produce la combinación de alta cantidad de combustible disponible para su inflamabilidad, el efecto de la pendiente en los cerros, las altas temperaturas y la acción del viento. En ocasiones, permaneciendo todas estas condiciones en el tiempo puede que incluso no se produzca ningún incendio. Sin embargo cuando ocurre la ignición o encendido - generalmente asociada a la intencionalidad en estas áreas - la situación de peligro en la propagación del fuego puede llegar a ser extremadamente grave si en áreas de rápido avance de las llamas no se alcanza a combatir en los primeros 20-25 minutos. Normalmente los tiempos de atención son extremadamente rápidos, no superando los 4-6 minutos cuando se asignan recursos aéreos al incendio. Aún así, persiste el desafío para mantener siempre un alto estándar en los tiempos de respuesta, considerando que la progresión del fuego normalmente es geométrica con cada minuto que el fuego avanza libremente. No obstante el viento errático en muchas ocasiones ocasiona cambios en el frente principal de propagación, siendo necesario modificar la estrategia de combate y con ello la asignación de recursos y estados de alerta. Uno de los mayores problemas que deben enfrentar los medios de extinción y personal de bomberos, son las dificultades de acceso por medios terrestres hacia áreas con caminos no preparados para el tránsito de camiones aljibe y la escasa presión de agua en los sectores altos de los cerros, situación que ocurre con frecuencia y que agrava aún más las operaciones de extinción.

Desde el punto de vista social, la situación es realmente preocupante por cuanto no se ven señales claras que el problema de la intencionalidad y los daños potenciales puedan al menos disminuir en un futuro cercano. Actualmente las falencias pueden constatarse desde las debilidades en el aprendizaje de estas materias a nivel escolar, hasta la escasa valoración que representa este problema en la población en general, por cuanto los habitantes no dimensionan los daños y efectos de la propagación del fuego, hasta que son afectados directa o indirectamente por un incendio forestal.

En la preparación de una estrategia integrada de prevención hay enormes tareas aún por cumplir, o que han sido abordadas parcialmente o interrumpidas por razones técnicas, económicas, o incluso prioridades políticas. Por ejemplo, actualmente la educación formal en estas materias no se utiliza en forma intensiva como herramienta para la prevención. Sumado a ello existe una escasa prioridad de este tema dentro de la agenda regional, enfocándose el análisis a aspectos de tipo estructural y operativo que se alejan de la esencia de lo que significa comprometerse con un real y efectivo programa de prevención. Lo

preocupante es que desde hace años se ha planteado este mismo problema, y más aún, existe la experiencia y el conocimiento técnico de expertos que pueden apoyar, pero por diversas razones no se ha avanzado de la manera que la región lo necesita.

Otro aspecto preocupante que también está estrechamente relacionado con lo anterior es la conducta irresponsable y permanente de personas en el uso del fuego, como principal causa de la iniciación de incendios. La impunidad no ha sido resuelta por los actuales medios legales, y la reincidencia se hace aún más evidente en la revisión de los últimos graves incendios que han ocurrido en la región. Queda entonces el desafío de modernizar las actuales políticas públicas en orden a otorgar la real dimensión y urgencia de esta cruda realidad de los incendios, en un ambiente geográfico sujeto a constantes cambios y demandas en el uso del suelo.

#### Proyecciones para una gestión futura del territorio

Lo importante en toda gestión del territorio es lograr el equilibrio entre desarrollo y calidad de vida. Los riesgos tanto naturales como antrópicos siempre estarán presentes en un área determinada. En el caso de los incendios forestales, es una realidad que siempre estará presente aún cuando se destinen cuantiosos fondos monetarios para fortalecer las campañas de educación ambiental y prevención. En el caso puntual de Chile existe trabajo pendiente, en cuanto a fortalecer las campañas educativas a la población en orden a distinguir los daños y efectos que producen los incendios y cómo ellos afectan directamente a la calidad de vida de sus habitantes.

Como acciones a considerar para una gestión en este tipo de territorios, lo primero a considerar es la extracción de experiencias y lecciones de eventos ocurridos en el pasado. El incendio de Valparaíso y otros tantos que han ocasionado enormes daños, plantean oportunidades para revisar y mejorar los mecanismos de gestión y defensa. Se exponen brevemente los principales aspectos a considerar:

- **Aspectos de espacio y localización.** Todo espacio habitable debe considerar una capacidad de carga que vaya en concordancia con el uso que se le otorgará al suelo. El crecimiento en área y perímetro va ligado directamente también a la calidad de los suelos, la posibilidad de adaptaciones a cambios en el uso mismo y en la integración de actividades que no pongan en riesgo la sustentabilidad habitable;
- **Aspectos estructurales y de servicios básicos.** El crecimiento de la población y la demanda habitacional no debe superar en velocidad de desarrollo, a la infraestructura de servicios básicos tales como el abastecimiento de agua potable,

red de grifos para la atención de emergencias, y una accesibilidad razonable para la entrada de los medios terrestres que se encargan de combatir el fuego. En el contexto del incendio acá analizado, estos aspectos se constituyeron en enormes debilidades, contribuyendo ciertamente en el aumento de los niveles de daño que se reportaron en la zona afectada por el fuego;

- **Consideración y estudio previo de las medidas técnicas a aplicar sobre la vegetación combustible.** Es razonable pensar que la solución al problema pasa en gran medida por establecer grandes barreras de cortafuegos, podando y/o extrayendo masivamente especies arbóreas y/o arbustivas de alta inflamabilidad y que podrían constituirse en un peligro para la interfaz. Sin embargo, cualquier decisión técnica debe sustentarse en los costos y plazos de cumplimiento que este tipo de medidas genera al aplicarlas en terreno. Adicionalmente es necesario disponer de un equipo organizado para este tipo de tareas y un consistente programa de mantenimiento y supervisión de obras;
- **Otras consideraciones.** Existen aspectos de coordinación, sectorización, protocolos, mecanismos de alerta y de actuación frente a emergencias que forman parte esencial de un programa de protección y defensa contra incendios. En cuanto a coordinación, resulta necesario diseñar y aplicar planes de preataque a distintas escalas geográficas, en cuyo caso es primordial establecer tareas y grados de responsabilidad para cada tipo de institución encargada de garantizar la protección de la población civil. En muchos casos las labores se realizan en forma paralela conforme se desarrolla el incendio, o el conjunto de eventos simultáneos. En este mismo punto, es primordial además establecer una evaluación previa de los sectores con mayor vulnerabilidad potencial a modo de proponer una sectorización y grado de priorización de actuaciones. En este ámbito la Corporación Nacional Forestal de Chile se encuentra en proceso de elaboración de Planes de Preataque y que tienen como objetivo planificar en forma anticipada y coordinada las acciones y estrategias a seguir frente a la declaración de emergencias. Para ello ya se dispone de mapas cartográficos con la calificación de las áreas prioritarias para la protección contra incendios de interfaz, construidas a base del análisis del riesgo, peligro y vulnerabilidad potencial. Es un trabajo original, y que será de extrema utilidad para optimizar los recursos financieros destinados para las labores de extinción y resguardar de mejor manera la protección a la población civil.

## Conclusiones

El incendio de Valparaíso fue calificado por los autores de este texto como un episodio anunciado, por cuanto se contaba con antecedentes suficientes que hacían suponer la ocurrencia de un incendio de características catastróficas. Como lección aprendida de esta experiencia puede señalarse que la labor preventiva, la educación ambiental y el resguardo a la población civil no deben constituirse en esfuerzos aislados, sino que por el contrario, adecuadamente coordinados y con activa participación ciudadana.

Es necesario asumir que los niveles de severidad de los incendios serán cada vez mayores conforme se confirman las evidencias del cambio climático, la expansión de territorios y la creciente demanda de bienes y servicios derivados de los bosques. Chile se encuentra en el inicio de un nuevo mandato presidencial y muchos proyectos institucionales que hacen pensar que se efectuarán importantes cambios para resguardar aún más el sistema de protección civil que actualmente opera en este país.

El análisis de caso en Valparaíso pone en evidencia la importancia de conocer y considerar los factores del comportamiento del fuego, al momento de efectuar una planificación territorial con objetivos habitacionales. Los factores más relevantes corresponden a la pendiente del terreno, la acción del viento y las características de humedad y composición del material vegetal combustible.

La planificación en sectores de interfaz debe garantizar por sobre cualquier otro objetivo la seguridad civil de la población, y en el caso del combate de incendios, minimizar al máximo los tiempos de respuesta de los medios aéreos y terrestres. Ello implica disponer de una adecuada y eficiente red de abastecimiento de agua y una red de caminos preparada para el alto tráfico de vehículos con carga de agua. Uno de los aspectos fundamentales para elevar el nivel de éxito en las labores de extinción rápida es la presión de agua en las partes altas de cerros. Existen en la práctica diversos diseños urbanos que garantizan el servicio permanente de agua en situaciones de emergencia. No obstante para su adecuado funcionamiento se necesita una preocupación técnica con relativa frecuencia, junto a una correcta conducta de la población circundante para dar un uso correcto a este tipo de infraestructura.

Los tiempos de respuesta son claves para la contención oportuna del avance del fuego. En condiciones de presencia de viento y alto poder calorífico del material combustible, los primeros 15 minutos son fundamentales para intentar aminorar la velocidad de avance y la intensidad del fuego. Lo anterior entonces, se encuentra directamente relacionado a la existencia de una adecuada red de caminos para la entrada y salida de recursos para el combate del fuego.

## Bibliografía

- Beebe, G. S., Omi, P.N (1993). Wildland burning: the perception of risk. *Journal of Forestry*, 91(9), p. 19-24.
- Cohen, J. D (2000). Preventing disaster: home ignitability in the wildland-urban interface. *Journal of Forestry*, 98(3), p. 15-21.
- Collins, T. (2005). Households, forests, and fire hazard vulnerability in the American West: A case study of a California community. *Environmental Hazards*, 6, p. 23-37.
- Davis, J. B. (1990). The wildland-urban interface: paradise or battleground? *Journal of Forestry*, 88(1), p. 26-31.
- Ferreira, A., Castanheira, E., Esteves, T., Carreiras, M., Silva, J., Ramos, L., Silva, R., Oliveira, A., Pinto, L., Hidalgo, B. (2006). A strategy of fire prevention and suppression in an organization located in the forest/urban interface. *Forest Ecology and Management*, 234S (2006) S137.
- McGee, T. (2007). Urban residents approval of management measures to mitigate wildland-urban interface fire risks in Edmonton, Canada. *Landscape and Urban Planning*, 82, p. 247-256.
- Porterie, B., Consalvi, J-L., Loraud, J-C., Giroud, F., Picard, C. (2007). Dynamics of wildland fires and their impact on structures. *Combustion and Flame*, 149, p. 314-328.
- Theobald, D., Romme, W. (2007). Expansion of the US wildland-urban interface. *Landscape and Urban Planning*, 83, p. 340-354.