

territorium



18

Afirmar as Ciências Cindínicas



VULNERABILIDAD Y DAÑO POTENCIAL OCASIONADO POR INCENDIOS EN ÁREAS DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL, PROVINCIA DE VALPARAÍSO. CHILE CENTRAL.*

Miguel Castillo S.

Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile,
migcasti@uchile.cl

Guillermo Julio A.

Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile.
gjulio@uchile.cl

Víctor Quintanilla P.

Departamento de Ingeniería Geográfica. Universidad de Santiago de Chile.
vquintan@usach.cl

Proyecto Fondecyt 1095048

RESUMO

Eles são caracterizados incêndios florestais que afectam interface urbano-florestal em Valparaíso, através da construção de um modelo e um mapa de vulnerabilidade e potencial de dano, que considera, entre outras coisas, a topografia, fatores ambientais, humanos e materiais causados por a propagação do fogo.

Palavras-chave: incêndios florestais, comportamento do fogo.

RESUMEN

Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-florestal, provincia de Valparaíso. Chile central - Se caracterizan los incendios forestales que afectan a la interfaz urbano-florestal en Valparaíso, mediante la construcción de un modelo y carta de vulnerabilidad y daño potencial, que considera entre otros aspectos, las condiciones topográficas, ambientales, el factor humano y los daños producidos por la propagación del fuego.

Palabras clave: Incendio forestal, Interfaz urbano-florestal, comportamiento del fuego.

RESUMÉ

Vulnérabilité et les dommages potentiels causés par les incendies dans les zones d'interface sauvage-urbaine dans la province de Valparaíso. Centrale du Chili - Ils sont caractérisés incendies de forêt qui affectent zones périurbaines à Valparaíso, en construisant un modèle et le plan de la vulnérabilité et les dommages potentiels, qui estime entre autres choses, la topographie, l'environnement, les facteurs humains et les dommages causés par la propagation du feu.

Mots-clé: feux de forêt, la forêt en zone périurbaine, le comportement du feu.

ABSTRACT

Vulnerability and potential damage caused by fires in areas of wildland-urban interface in the province of Valparaíso. Central Chile - They are characterized wildfires affecting wildland-urban interface in Valparaíso, by building a model and map of vulnerability and damage potential, which considers among other things, the topography, environmental, human factors and damage caused by the spread of fire.

Key words: Forest fire, Urban Interface, Wildfire

* O texto deste artigo corresponde à comunicação apresentada ao II Congresso Internacional de Riscos e VI Encontro Nacional, tendo sido submetido para revisão em 06-09-2010, tendo sido aceite para publicação em 11-10-2010. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 18, 2011, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

Introducción

Los incendios forestales constituyen un problema cada vez más complejo por los severos impactos ambientales y sociales que se generan, más aún cuando comprometen áreas y sectores habitacionales localizados en la interfaz urbano-forestal (RADELOFF *et al.*, 2001; THEOBALD, 2001), con la destrucción de viviendas y los impactos en las personas mismas, con repercusiones y desastres de una cuantía difícil de imaginar (HANDMER *et al.*, 2008; ASHE *et al.*, 2007).

Por ejemplo, en Estados Unidos, más de 900 viviendas son destruidas anualmente en promedio, producto de incendios generados en áreas de interfaz, de acuerdo a estadísticas reportadas a partir de 1990. (Institute of Business and Home Safety, 2004). En Chile, el problema se concentra preferentemente en las Comunas de Valparaíso y Viña del Mar, situadas en la costa de la V Región de Chile (SEVEIF, 2010). Esta zona se caracteriza por una elevada ocurrencia de incendios forestales en sectores densamente poblados, y donde en los últimos 40 años, a pesar de los enormes esfuerzos desplegados por los organismos estatales encargados de la protección y combate, los medios informan sobre el sinnúmero de viviendas arrasadas por el fuego y los lamentables perjuicios sobre sus habitantes, incluyendo la pérdida de vidas. En otros países como Australia, ya han surgido estimaciones de pérdidas humanas (ASHE *et al.*, 2007) las que sumado a otros indicadores de perjuicios, es posible dimensionar magnitudes de catástrofes ocasionadas por incendios.

El concepto de interfaz urbano forestal - conocido también como Wildland Urban Interfaz (WUI) lo ha descrito DAVIS (1990) como una franja o zona en donde el componente humano coexiste en un gradiente espacial, con las tierras ocupadas por actividades agrícolas, forestales, u otro tipo de uso de suelo distinto a la ocupación en infraestructura. Comúnmente en esta interfaz se genera una variedad de situaciones intermedias que permiten la conexión entre paisajes y la consolidación de sus unidades (ZHAI *et al.*, 2003; RADELOFF *et al.*, 2001), y en donde los incendios pueden convertirse en verdaderos eventos catastróficos (PORTERIE *et al.*, 2007; THEOBALD, 2007), afectando a extensas superficies que comprometen a espacios habitados, lo que hace aún más dificultoso el combate del fuego (COHEN, 2000). Al respecto, al revisar los mecanismos de contingencia adoptados en distintos países, en general son los municipios los principales responsables de atender eventuales emergencias que se puedan producir en estas áreas. Por ejemplo, en Toronto y Windsor, el uso de las quemaduras prescritas representa una práctica habitual que posibilita la disminución del peligro en áreas especialmente confinadas por condiciones topográficas y conectividad (MCGEE, 2007).

En todos los casos en que puedan producirse incendios en estas áreas, los mecanismos de defensa deben tener máxima prioridad para poder mitigar los daños y efectos potenciales producto de la propagación del fuego (RODRÍGUEZ y SILVA, 2004, 2009). En el caso específico de Chile, en una importante medida las acciones de defensa forestal se han visto limitadas por la insuficiente disponibilidad de recursos para la prevención y el combate del fuego, lo que podría ser una consecuencia del escaso conocimiento sobre la real magnitud de los daños materiales que se producen y de los impactos sociales y ambientales que derivan.

Sumado a ello es necesario considerar los indudables efectos del cambio climático, y los acelerados procesos de cambio en los escenarios sociales, por cuanto se están originando condiciones que incrementan la ocurrencia e intensidad de los incendios forestales y con ello, la gravedad de los daños e impactos ecológicos y socioeconómicos que ellos producen.

Por todo lo anterior, resulta necesario contar con instrumentos de mayor capacidad y eficiencia para evaluar las pérdidas y efectos del fuego, de tal manera de poder contar con un mejor sustento para la propuesta de medidas necesarias para abordar la prevención y combate (SEVEIF, 2010).

Claramente el problema debe abordarse desde distintos ejes, uno de ellos es el estudio de la población inserta en áreas de riesgo por incendios forestales. En Canadá y Estados Unidos se acostumbra a calificar esta población como comunidad de protección, expresándola espacialmente mediante la definición de distancias uniformes o búferes de protección (NOWICKI, 2002; HANN y STROHM, 2003; ADRIANSEN *et al.*, 2003).

Otro eje fundamental es la investigación y desarrollo de herramientas de modelamiento que permitan facilitar la toma de decisiones en donde se incluyan expresamente tópicos de evaluación socioeconómica (MOLINA, *et al.*, 2009). Tradicionalmente la asignación de recursos para la protección forestal ha sido determinada por indicadores de primera aproximación, de fácil uso, pero de escasa profundidad científica. Actualmente con la mayor disponibilidad de herramientas y algoritmos matemáticos, es posible incorporar nuevas variables en los análisis, de tal manera de poder obtener mejores modelos para sustentar las decisiones para la defensa forestal (RODRÍGUEZ y SILVA, 2004, 2009), JULIO (1974, 1992).

Desde el punto de vista de la construcción de modelos territoriales que cumplan lo antes señalado, resulta necesario incorporar la utilización de índices de pronóstico que permitan evaluar las condiciones de riesgo, peligro y vulnerabilidad en áreas donde el problema de los incendios forestales pueda ser crítico (VÉLEZ, 2000; JULIO, 2009; SEVEIF 2010, RODRÍGUEZ y SILVA, 2009).

Algunos índices dan cuenta, por ejemplo, del contenido de humedad de los combustibles, calculado indirectamente a partir de datos de temperatura y humedad relativa, a base de antecedentes publicados por SIMMARD (1968), BRUMM (1970), FOSBERG y DEEMING (1971), CHENEY (1978), ROTHERMEL (1983), BAHAMONDEZ (1983), VAN WAGNER (1987), VEGA y CASALS (1988), y que posteriormente son aplicados informáticamente a Sistemas integrados de pronósticos. Es el caso del Sistema KINTRAL, que utiliza una ecuación de contenido de humedad que a su vez permite calcular el Índice de Riesgo de Incendios Forestales para Chile (JULIO, 2009). Otros índices han sido desarrollados conceptualmente considerando el comportamiento del fuego y pronóstico de distribución de medios para el combate (BRADSHAW y ANDREWS, 1998; ZIMMERMAN *et.al.*, 2000).

Por otro lado la utilización de herramientas de teledetección posibilitan la adquisición de material satelital que permite construir indicadores acerca de la susceptibilidad a la ignición e inflamabilidad de los combustibles (VÉLEZ, 2000; ANDERSEN *et.al.*, 2005), y en la modelización de combustibles (BURGAN *et.al.*, 1998; KEANE *et.al.*, 2002; RIANO *et.al.*, 2002; CHUVIECO, 2003), de manera de incorporar estos parámetros a modelos integrados de pronóstico basados en Sistemas de Información Geográfica (LÓPEZ *et.al.*, 1991; VIDAL *et.al.*, 1994). Por ejemplo, RODRÍGUEZ y SILVA *et.al.*, (2010 en prensa) proponen un Índice de Riesgo Potencial basado en la suma de tres subíndices: ignición, comportamiento dinámico y comportamiento energético. En este caso, la integración de criterios permite la obtención de otros parámetros, útiles para una representación cartográfica del problema de los incendios forestales. JULIO (2009) desarrolla y perfecciona el Índice de Riesgo de Incendios Forestales para Chile, el cual posteriormente lo integra al Método de Determinación de Prioridades de Protección (JULIO, 1992), como plataforma base de diagnóstico multicriterio de distintas variables territoriales, y que posteriormente son mejoradas mediante la utilización de herramientas SIG e imágenes de satélite.

Por todo lo anterior, el objetivo central de este estudio es proponer y aplicar un modelo integrado de vulnerabilidad contra incendios forestales para la Provincia de Valparaíso en Chile Central, sobre la base de criterios de riesgo, peligro y daño potencial a generar por el fuego. En términos específicos se consideran los modelos empíricos propuestos por RODRÍGUEZ y SILVA (MOLINA *et.al.*, 2009) y JULIO (1992), con apoyo del simulador de incendios forestales del Sistema KINTRAL desarrollado por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile. El estudio considera la incorporación de variables de tipo social en cuanto a la valoración de daños a viviendas y salud de las personas, junto a una campaña de campo en áreas de alta conflictividad de incendios. En complemento a lo anterior, se diseña

y aplica durante el verano de 2010, una encuesta de percepción en áreas de interfaz urbano-forestal, lo cual se constituye en el primer instrumento concreto de evaluación en el área de incendios forestales en Chile, y cuyos resultados complementan el análisis del modelo de vulnerabilidad propuesto.

Metodología

La investigación consideró un área aproximada de 22 mil hectáreas, la que incluye la totalidad de la Comuna de Viña del Mar y el sector norte-centro de la Comuna de Valparaíso, ambas pertenecientes a la Provincia de Valparaíso de la V Región de Chile, tal como se puede observar en la Fig. 1. Originalmente se había contemplado en el Estudio incluir la totalidad de la Provincia de Valparaíso, pero se optó acotar la zona de trabajo en los sectores donde se concentran los mayores niveles de gravedad de ocurrencia y propagación de los incendios forestales, especialmente aquellos correspondientes a las áreas de la interfaz-urbano rural que, históricamente, han sido afectados por los mayores impactos del fuego en la V Región, y quizás en todo Chile.

Según SANTIBÁÑEZ y URIBE (1990), en el área se identifican dos distritos climáticos: en primer lugar, el Distrito 5.1 (franja costera) que se caracteriza por vientos de mayor intensidad, y con valores de temperatura y humedad relativa del aire con un menor efecto en el comportamiento del fuego. Por otra parte, el Distrito 65.1 (sector interior), en donde los vientos son de una menor intensidad, pero los valores de temperatura y humedad relativa son más favorables, aunque levemente, al incremento de la velocidad de propagación del fuego. Debe agregarse que el clima de la Zona se caracteriza por la presencia de neblinas que se desplazan hacia los cerros interiores, conformando un topoclima típicamente templado, con temperaturas que oscilan entre 17 y 25 °C., y precipitaciones anuales del orden de 370 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2005). Las masas forestales nativas en las Comunas de Valparaíso y Viña del Mar, de acuerdo a lo descrito en el Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAMA-CONAF, 1999), corresponden principalmente a los subtipos Peumo-Quillay-Litre, Esclerófilo y Espino, indicados según su orden de importancia, y que se presentan predominantemente como formaciones arbóreo-arbustivas y de matorrales. Deben agregarse, además sectores con árboles y matorrales higrófitos degradados (situados en laderas de umbría, fondos de quebradas y orillas de cursos de agua), palmares (en laderas bajas y exposición oeste, frente al mar), puyales que crecen en las laderas y altitudes mayores en el cordón costero (CASTILLO, 2006).

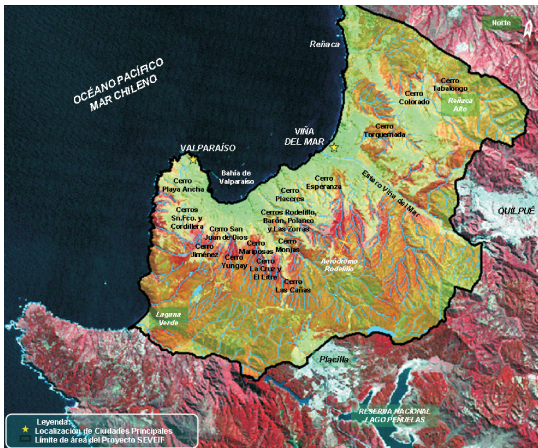
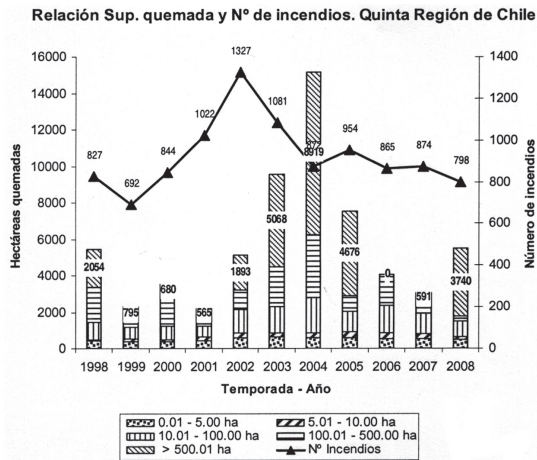


Fig. 1.- Área de estudio, correspondiente a 22,213 hectáreas. Los topónimos al interior del área resaltada, indican las localizaciones en donde se efectuaron visitas a terreno, para obtención de información de tipo económico y social. Fuente: Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile.

Las estadísticas de incendios en Chile, indican que en promedio ocurren aproximadamente 6.200 incendios de vegetación, desglosados principalmente entre plantaciones forestales y arbolado nativo. En términos espaciales las cifras de ocurrencia se concentran fuertemente en la región central, particularmente en el área costera de Valparaíso y Viña del Mar. El siguiente gráfico ilustra la relación de la superficie quemada, respecto a la cantidad de incendios, para un período de 10 años.



Gráf. 1.- Composición de incendios forestales, clasificados por clases de tamaño. Elaboración: Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile.

Se observa que la ocurrencia anual de incendios en la Zona de Estudio se ha mantenido en un rango relativamente homogéneo durante el periodo analizado. Sin embargo, se constata una fuerte fluctuación en las superficies afectadas. Por otra parte, los indicadores sobre densidad de incendios y porcentajes de superficies afectadas demuestran los niveles de gravedad de la

ocurrencia y propagación del fuego en la Zona de Estudio, al compararlos con los promedios regional y nacional.

CUADRO I.- Ocurrencia de incendios forestales en la zona de estudio. Período 1998/2008.

Año	Número Incendios	Superficies Afectadas (ha)	Densidad Incendios (N° / Año / 100 km ²)	Superficie Afectada (%)
1998	293	127	131,90	1,32
1999	282	340	126,95	1,53
2000	303	94	136,41	0,42
2001	312	137	140,46	0,62
2002	372	162	167,47	0,73
2003	315	922	141,81	4,15
2004	202	1.955	90,94	8,80
2005	189	212	85,09	0,95
2006	251	251	113,00	1,13
2007	227	247	102,19	1,11
2008	212	406	95,44	1,83
Total	2.958	4.867	121,06	1,99
Promedio Zona de Estudio	269	442	121,06	1,99
Promedio V Región	932	8.911	17,88	0,53
Promedio Chile	5.619	52.905	3,37	0,10

Los antecedentes antes expuestos conforman un escenario de incendios, en el cual se destaca claramente la alta densidad de fuegos en superficies relativamente pequeñas, en comparación a otras regiones de Chile en donde el área vulnerable contra incendios es mucho mayor, pero con una menor densidad de áreas de interfaz urbano-forestal, que es uno de los grandes problemas que presenta el área de estudio.

Para la ejecución del estudio se consideró el empleo del Modelo SEVEIF (Sistema de Evaluación Económica de Impactos de Incendios Forestales) desarrollado por el Laboratorio de Defensa contra Incendios Forestales de la Universidad de Córdoba (RODRÍGUEZ y SILVA *et.al.*, 2004), y los antecedentes derivados de estudios territoriales en el área de incendios, desarrollados por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile.

Con estos antecedentes, se propuso un análisis de vulnerabilidad segregado en dos aspectos cruciales para evaluar el nivel de vulnerabilidad del territorio y su peligro contra incendios: los aspectos de tipo topográfico-vegetacional y su relación con la cercanía a viviendas, y el daño potencial factible de obtener. Estos dos aspectos, junto con antecedentes de ocurrencia y causa de incendios, fueron organizados en un modelo ponderado aditivo, basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). En tal sentido se comprobó la factibilidad de aplicar los procesos del Modelo SEVEIF, dado a que los algoritmos utilizados son ampliamente conocidos en el ámbito internacional, y que en Chile

ya han sido empleados en innumerables oportunidades. Sin embargo, esto no fue factible en la ejecución del análisis del daño potencial, debido a la insuficiencia de información disponible para aplicar los procesos propuestos por el Modelo SEVEIF, debiéndose optar por una modalidad diseñada especialmente para estos efectos, basada en trabajo de campo e información procedente de consulta a expertos.

Conforme a los antecedentes reportados por JULIO (1992) y RODRÍGUEZ y SILVA (2004), se estableció un esquema ponderado de variables e indicadores, para representar de esta forma los niveles de vulnerabilidad territorial contra incendios forestales para el área de estudio. Técnicamente se estableció como unidad mínima de análisis, una matriz con celdillas de 25 x 25 metros, de tal manera de representar adecuadamente todos los niveles de información disponibles. Para este estudio, se consideró - por las condiciones propias del problema de los incendios forestales y por las características de las variables de entrada - colocar énfasis en el Método de Prioridades de Protección desarrollado por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile (JULIO, 1992).

Resultados

Luego de validar la información territorial con trabajo de campo (campañas estivales 2008-2009 y 2009-2010), pudo estructurarse completamente el Sistema de Información Geográfica, que dio soporte al cálculo de los mapas de vulnerabilidad y daño potencial. En términos generales, la vulnerabilidad se expresa en el área de

estudio con altos valores a la ignición e inflamabilidad potencial de material combustible vegetal, con cargas promedio superiores a las 25 toneladas por hectárea en especies arbóreas de matorral esclerófilo y arbolado nativo en cercanías a fondos de ríos y sectores densamente ocupados por viviendas de material ligero. Considerando los coeficientes del Sistema KITRAL para las áreas de cerros y topografía irregular, se simularon 57 incendios de distinto tamaño (rangos de 0,5 a 60 hectáreas) ocurridos en el área para un período de 20 años. En las simulaciones de eventos históricos y utilizando su ecuación de velocidad de propagación lineal (tamaño de píxel de 0,0625 ha), se determinaron los sectores mayormente afectados por el paso del fuego. Sus resultados se expresan en el modelo de Prioridades de Protección por la alta intensidad calórica del frente principal de avance para cada incendio y los valores encontrados en velocidad de propagación del fuego. Sus resultados fueron traspasados al sistema de información geográfica y validados con consulta a expertos para el área estudiada (Fig. 2).

Los mayores daños se concentran en áreas donde se identifican altas concentraciones de incendios con tamaños superiores a las 10 hectáreas, lo que se traducen en elevados montos de pérdidas en bienes materiales y vegetación nativa. Los coeficientes aquí aplicados responden primordialmente a estos dos criterios: vulnerabilidad, expresada como exposición al riesgo contra incendios forestales, y el daño histórico y potencial, como consecuencia de eventuales siniestros que puedan ocurrir, dada las condiciones locales de viento, vegetación combustible y topografía.

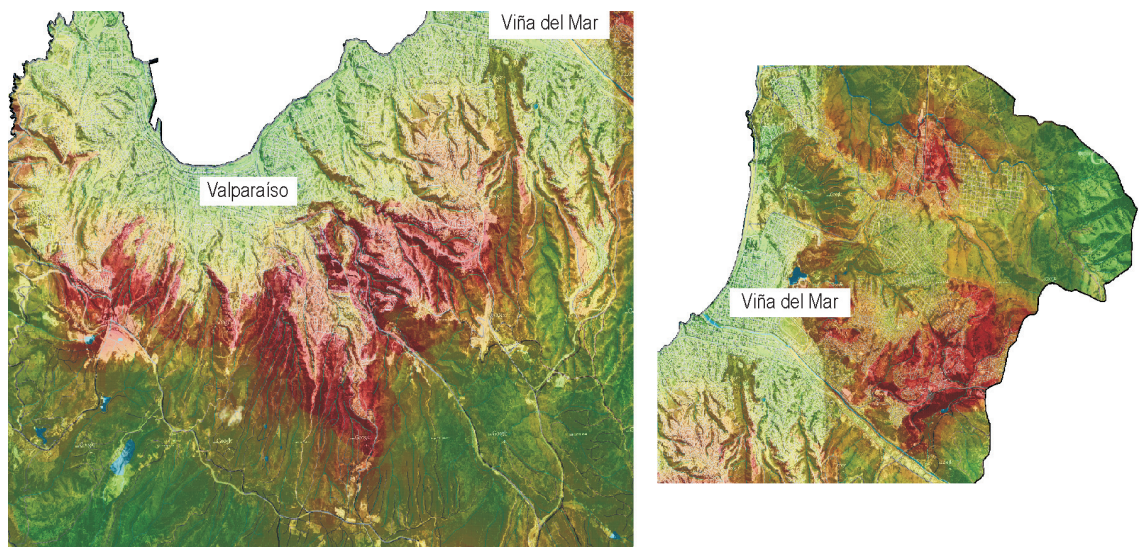


Fig. 2). Mapa integrado de vulnerabilidad contra Incendios Forestales en la Zona de Estudio. Se distinguen dos áreas en donde se expresa la máxima vulnerabilidad.

Las tonalidades en rojo indican los valores más altos en el modelo ponderado.

CUADRO II.- Distribución de la zona de estudio, según categorías de vulnerabilidad.

Categoría de Vulnerabilidad	Superficie (ha)(*)	Porcentaje del total	Puntaje de corte (referencia: 0-1.000)
Primera	2.216,46	14,29	526 - 815
Segunda	4.432,93	28,57	428 - 525
Tercera	8.865,86	57,14	99- 427
Subtotal	15.515,25	100,00	
Otras áreas	6.697,75		
Total Zona de Estudio	22.213,00		

(*) Sólo considera el área efectivamente evaluable para la Zona de Estudio, descontando los sectores urbanos consolidados, cuerpos de agua y carreteras.

Discusión y Conclusiones

El área estudiada presenta elevados niveles de riesgo y vulnerabilidad contra incendios forestales debido a la alta intencionalidad de los mismos por parte de un segmento de la población residente en estas áreas, principalmente niños, y por las condiciones climáticas y topográficas locales que favorecen el avance descontrolado del fuego. Los mayores problemas se concentran en laderas asociadas a matorral nativo de densidades medias a abiertas, con pendientes superiores al 50% y con fuertes cambios en la topografía.

El área estudiada que cubre una extensión de 22.213 ha, que incluye la totalidad de la Comuna de Viña del Mar y los sectores norte, centro-oeste y sureste de la Comuna de Valparaíso de la V Región de Chile, ha sido permanentemente afectada por los incendios forestales. Los antecedentes para el período 1998-2008 así lo demuestran al constatarse una ocurrencia total de 2.598 incendios forestales y una superficie de 8.911 ha afectadas por el fuego.

Los indicadores derivados de la simulación de incendios forestales con el Sistema KITRAL, y la densidad de incendios y de superficies afectadas señalan que el problema es sumamente crítico, por cuanto se ha comprobado que estos valores son significativamente superiores a los existentes para la V Región (6,8 y 3,8 veces, respectivamente) y al promedio nacional (36 y 20 veces, respectivamente).

La gravedad del problema adquiere una especial connotación debido a que una proporción importante de los incendios forestales están afectando a sectores habitacionales de la interfaz urbano-rural, generando pérdidas e impactos de una enorme cuantía a las personas y viviendas existentes en ellos.

Los resultados muestran una clara concentración de la ocurrencia en los sectores periféricos de la interfaz

urbano-rural, como asimismo en las vecindades de las principales vías de comunicaciones. La elevada densidad poblacional y la actitud negligente de las personas que habitan o transitan por las carreteras y caminos conforman una severa y permanente amenaza de iniciación de incendios. Respecto al daño, valorado en las pérdidas directas e indirectas que pueden producirse por la iniciación y propagación del fuego, el resultado de la sobreposición de las capas de información muestra una alta concentración de eventuales efectos e impactos en núcleos extensos situados al sur y el noroeste de la Comuna de Valparaíso. Esta última colindante a la Comuna de Viña del Mar, especialmente asociada a sectores de la interfaz urbano-rural.

La vulnerabilidad total en la Zona de Estudio se presenta en niveles extremos a lo largo del cordón de cerros que bordea los sectores orientales de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, y que corresponden principalmente a la interfaz urbano-rural. Este resultado coincide con la permanente amenaza histórica que han tenido esos sectores, desde hace unos 40 o más años, que se traducen en graves daños e impactos, incluyendo la pérdida de vidas humanas y la destrucción de cientos de casas en las temporadas más críticas.

Finalmente es necesario destacar que el estudio realizado, no obstante la validez de sus resultados, debe ser considerado como preliminar. Se considera de fundamental importancia profundizar los aspectos tratados a través de nuevos proyectos de investigación que permitan obtener una información completa y confiable, especialmente en lo requerido para la valoración de pérdidas y efectos de los incendios forestales.

Comentarios finales

Los resultados aquí presentados permiten establecer una visión sinóptica del problema general ocasionado por los incendios forestales relacionados a la amenaza a la población, y que cartográficamente son posibles de ser representados mediante la asignación de valores de prioridad para la protección. El modelo aplicado puede ser actualizado y validado conforme se dispongan de mayores antecedentes relacionados al crecimiento urbano, y los ejes de expansión del suelo. Estudios ejecutados por el proyecto SEVEIF permiten apoyar la hipótesis que, los niveles de vulnerabilidad y daños se expresan en la concentración de incendios en áreas relativamente pequeñas, de manera recurrente, y con un sostenido aumento en la densidad habitacional en áreas de interfaz urbano-forestal

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Unidad de Manejo del Fuego de la Corporación Nacional

Forestal Quinta Región de Chile (CONAF), como asimismo al Proyecto SEVEIF “Aplicación y adaptación del Modelo SEVEIF para la evaluación socioeconómica del impacto de incendios forestales en la Provincia de Valparaíso, Chile”.

Referencias bibliográficas

- ADRIANSEN, F.; CHARDON, J.; DE BLUST, G.; SWINNEN, E.; VILLALBA, S.; GULINK, H.; MATTHYSEN, E. (2003) - “The application of ‘least cost’ modelling as a functional landscape model”. *Landscape Urban Plann.* 64. 233-247;
- ANDERSEN H.E., MCGAUGHY R.J. y REUTEBUCH S.E., (2005) - “Estimating forest Canopy fuel parameters using LIDAR data”. *Remote Sensing of Environment* 94, 441-449;
- ASHE, B.S.; MCANENEY, J.; PITMAN, A.J. (2007) - “The cost of fire in Australia”. *Cost of Fire Conference, Sydney, 29-30 may*;
- BAHAMONDEZ, P. (1983) - “Modelo de Tablilla Indicadora en la Evaluación del Grado de Peligro de Incendios Forestales”. Tesis, U.Austral. Valdivia. 53 p;
- BRADSHAW L.S. y ANDREWS P., (1998) - “Fire potential assessment during a period of high fire activity in the Northern Rockies”. In *Fire Management under Fire (Adapting to Change)*. Interior West Fire Council Meeting and Program. Coeur d’Alene, Idaho, 259-270;
- BRUMM, E. (1970) - “Clasificación Preliminar de Combustibles en base al Tiempo de Ignición y Velocidad de Propagación”. Memoria, U.Chile, Santiago. 66 p;
- BURGAN R.E., KLAVER R.W. y KLAVER J.M., (1998) - “Fuel models and fire potential from satellite and surface observations”. *International Journal of Wildland Fire* 8, 159-170;
- CASTILLO, M. (2006) - “El Cambio del Paisaje Vegetal afectado por Incendios en la Zona Mediterránea Costera de la V Región”. Tesis Magíster, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Geografía. Santiago. 152 p;
- COHEN, J.D. (2000) - “Preventing disaster: home ignitability in the wildland-urban interface”. *Journal of Forestry.* 98(3): 15-21;
- CHENEY, N.P. (1978) - “Predicting Fire Behavior with Danger Tables”. *Australian Forestry*, 32(2):71-79;
- CHUVIECO E., RIANO D., VAN WAGTENDOCK J.V. y MORSDOF F., (2003) - “Fuel loads and fuel type mapping”. In: Chuvieco E. (Ed.) *Wildland fire danger estimation and mapping: The role of remote sensing data* (pp. 119 - 142). Singapore: World Scientific, 4;
- CONAF-CONAMA-BIRF (1999) - “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.” Informe Regional V Región. *Contempo Gráfica.* Santiago. 102 p;
- DAVIS, J.B. (1990) - “The wildland-urban interface: paradise or battleground?”. *Journal of Forestry.* 88(1): 26-31;
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE (2005) - “Antecedentes Estadísticos de Precipitaciones y Temperaturas para las Comunas de Valparaíso y Viña del Mar”. Informe Interno del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Santiago;
- FOSBERG, M.A.; DEEMING, J.E. (1971) - “Derivations of the 1-and 10 Timelag Fuel Moisture Calculation for FDR”. USDA Forest Service, Research Note;
- HANDMER, J.; FISHER, S.; GANEWATTA, G.; HAYWOOD, A.; ROBSON, D.; THORNTON, R.; WRIGHT, L. (2008) - “The cost of fire now and in 2020”. *Voluntary work.* Australia. Australian Bureau of Statistics, Canberra. Catalogue n°4441.0;
- HANN, W.; STROHM, D. (2003)- “Fire regime condition class and associated data for fire and fuels planning: methods and applications”. En: *Proceedings of the Conference on Fire, Fuel Treatments, and Ecological Restoration: Proper Place, Appropriate Time*, Colorado State University, April 2002. pp. 397-433;
- INSTITUTE FOR BUSINESS AND HOME SAFETY. (2004) - “Wildfire—protect your home against wildfire damage”. <http://www.ibhs.org/publications/view.asp?id=125>;
- JULIO, G. (2009) - “Fundamentos de Manejo del Fuego”. *Apuntes Docentes.* Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. 329p;
- JULIO, G. (1992) - “Método de Determinación de Prioridades de Protección”. Universidad de Chile”. *Escuela de Ciencias Forestales, Manual Docente N° 10.* Santiago. 28 p;
- JULIO, G. (1974) - “Fundamentos del Manejo del Fuego”. *Corporación Nacional Forestal-Instituto Forestal.* Santiago. 196 p;
- KEANE R.E., CUOMO V., TRAMUTOLI V., PERGOLA N., PIETRAPERTOSA C. y SIMONIETTO T., (2002) - “Mapping vegetation and fuels for fire management on the Gila National Forest Complex, New Mexico”. *General Technical Report. RMRS-GTR- 46- CD.*

- Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 1-126;
- LÓPEZ A. S., GONZALEZ, F., LLOP R. y CUEVAS J.M., (1991) - "An evaluation of the utility of NOAA AVHRR images for monitoring forest fire risk in Spain". *International Journal of Remote Sensing* 12(9), 1841-1851;
- MCGEE, T. (2007) - "Urban residents approval of management measures to mitigate wildland-urban interface fire risks in Edmonton, Canada". *Landscape and Urban Planning* 82. 247-256. Science Direct. Elsevier;
- MOLINA, J.R.; RODRÍGUEZ y SILVA, F.; HERRERA, M.A.; ZAMORA, R. (2009) - "A Simulation Tool for Socio-Economic Planning on Forest Fire Supresión Management". En: *Forest Fires: Detection, Suppression and Prevention. Capítulo 2.* pp. 33-88. Nova Science Publishers, Inc. New York;
- NOWICKI, B. (2002) - "The Community Protection Zone: Defending Houses and Communities from the Threat of Forest Fire". Center for Biological Diversity. 8p;
- PORTERIE, B.; CONSALVI, J-L.; LORAUD, J-C.; GIROUD, F.; PICARD, C. (2007) - "ynamics of wildland fires and their impact on structures". *Combustion and Flame* 149. 314-328. Science Direct. Elsevier;
- RADELOFF, V.; HAMMER, R.; VOSS, P.; HAGEN, A.; FIELD, D.; MLADENOFF, D. (2001) - "Human demographic trends and landscape level forest management in the Nortwest Wisconsin Pine Barrens". *Forest Science* 47 (2), 229-241;
- RIANO D., CHUVIECO E., SALAS J., PALACIOS-MUETA A. y BASTARRIKA A., (2002) - "Generation of fuel type maps from Landsat TM images and ancillary data in Mediterranean ecosystems". *Canadian Journal of Forest Resources* 32, 1301-1315;
- RODRÍGUEZ y SILVA, F (2004) - "Planes de Defensa en España - Ejemplo de Andalucía". In: Vélez, R., *La defensa contra Incendios Forestales - Fundamentos y Experiencias.* McGraw Hill. Madrid. 40 p;
- RODRÍGUEZ y SILVA, F. (2009) - "Planes de Defensa en España - Procedimientos y Metodología para la Elaboración". In: Vélez, R., *La defensa contra Incendios Forestales - Fundamentos y Experiencias.* Segunda Edición. McGraw Hill. Madrid. Pág.289-322;
- RODRÍGUEZ y SILVA, F.; MOLINA, J.R.; CABÁN, A. (2010) - "Developmente of a methodology for determining operacional priorities for prevention and supresión of wildland fires". In press;
- ROTHERMEL, R.C. (1983) - "How to Predict the Spread and the Intensity of Forest and Range Fires". USDA For.Serv. Gen.Techn.Rep. INT-143, Ogden. 161 p;
- SANTIBÁÑEZ, F.; URIBE, J.M. (1990) - "Atlas Agroclimático de Chile - Regiones V y Metropolitana". Universidad de Chile, Laboratorio de Agrometeorología. Santiago. 65 p;
- SEVEIF (2010) - "Aplicación y adaptación del modelo SEVEIF para la evaluación socioeconómica del impacto de incendios forestales en la Provincia de Valparaíso, Chile". Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). 51p;
- SIMMARD, A. (1968) - "The Moisture Content of Forest Fuels-I": A Revision of the Basic Cocepts. Can. For.Service. INF.Rep. FF-X-4;
- THEOBALD, D. (2001) - "Land use dynamics beyond the American urban fringe". *Geographic Science* 91, 544-564;
- THEOBALD, D.; ROMME, W. (2007) - "Expansion of the US wildland-urban interface". *Landscape and Urban Planning* 83. 340-354. Science Direct. Elsevier;
- VAN WAGNER, C.E. (1987) - "Development and Structure of the Canadian Forest Fire Index System". Can. FS., For .Techn.Rep N°35. 37 p;
- VEGA, J.A., CASALS,M. (1988) - "Contraste de Estimadores de Humedad de Combustibles Finos y Muertos en Montes Arbolados de Galicia". Sem. Métodos y Equipos para la Prevención de Incendios Forestales, ICONA, Valencia, p. 94-97;
- VÉLEZ, R. (2000) - "La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias". McGraw-Hill. 1302p;
- VIDAL A., PINGLO F., DURAND H., DEVAUX-ROS C. y MAILLET A., (1994) - "Evaluation of a temporal fire risk index in Mediterranean forests from NOAA thermal IR". *Remote Sensing of Environment* 49(3), 296-303;
- ZHAI, Y.; MUNN, I.A.; EVANS, D.L. (2003) - "Modeling forest fire probabilities in the south central United States using FIA data". *Southern Journal of Applied Forestry.* 27(1): 11-17;
- ZIMMERMAN G.T., HILBRUNER M., WERTH P., SEXTON T.; BARTLETTE, J. (2000) - "Long-range fire assessments procedures, products and applications". 3rd symposium on fire and forest meteorology. American Meteorological Society, Long Beach, CA, 130-138.