

Revista Cubana de Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 9, número 2; 2021

Exposición de infraestructuras frente a incendios forestales y aspectos técnicos para su protección. Estudio de caso en Chile Central

Exposure of infrastructure to forest fires and technical aspects for their protection. Case study in Central Chile

Exposição de infraestruturas contra incêndios florestais e aspetos técnicos para a sua proteção. Estudo de caso na região central do Chile

Miguel Eduardo Castillo Soto^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-3880-9441>

Rosemarie Garay Moena¹  <https://orcid.org/0000-0002-7662-9724>

Javiera Vergara Estrada¹  <https://orcid.org/0000-0001-5404-3856>

¹Universidad de Chile. Chile.

*Autor para la correspondencia: migcasti@uchile.cl

Recibido: 29/04/2021.

Aprobado: 06/07/2021.

RESUMEN

La exposición de asentamientos humanos al impacto de los incendios forestales es un tema de especial relevancia para la planificación urbana. Se realizó un estudio en San José de Maipo (Chile) como un ejemplo que ilustra el nivel de vulnerabilidad de viviendas y otras edificaciones potencialmente expuestas a emergencias derivadas de incendios. Se realizó un catastro de casas en el área de estudio, para posteriormente determinar la distribución espacial del peligro de incendios forestales. Paralelamente, se efectuó un análisis de las normas de construcción y estado de preparación de la infraestructura crítica. Los resultados expresados en la mapificación del nivel de riesgo, indican valores elevados en la interfaz urbano-forestal y la urgente necesidad de actualizar los planes y



ordenanzas municipales, especialmente para el tratamiento del material vegetal combustible en áreas de contacto directo con casas y otras edificaciones. Esto es un aspecto que se repite en prácticamente todos los municipios de Chile y que necesita ser revisado para mejorar los planes de protección contra incendios forestales.

Palabras clave: Asentamientos humanos; Distribución espacial; Urbanización.

ABSTRACT

The exposure of human settlements to the impact of forest fires is a topic of special relevance for urban planning. We conducted a study in San José de Maipo (Chile) as an example that illustrates the level of vulnerability of houses and other buildings potentially exposed to fire emergencies. A census of houses in the study area was carried out to determine the spatial distribution of wildfire hazard. At the same time, an analysis was made of the construction standards and state of readiness of critical infrastructure. The results expressed in the mapping of the risk level indicate high values in the urban-forest interface and the urgent need to update municipal plans and ordinances, especially for the treatment of combustible plant material in areas of direct contact with houses and other buildings. This is an aspect that is repeated in practically all the municipalities of Chile and that needs to be reviewed to improve the forest fire protection plans.

Keywords: Human settlements; Spatial distribution; Urbanization.

RESUMO

A exposição dos assentamentos humanos ao impacto dos incêndios florestais é uma questão de especial relevância para o planejamento urbano. Um estudo foi realizado em San José de Maipo (Chile) como um exemplo que ilustra o nível de vulnerabilidade de casas e outros edifícios potencialmente expostos a emergências derivadas de incêndios. Foi realizado um levantamento das moradias na área de estudo, para posteriormente determinar a distribuição espacial do perigo de incêndios florestais. Paralelamente, foi realizada uma análise das normas de construção e do estado de preparação da infraestrutura crítica. Os resultados expressos no mapeamento do nível de risco indicam valores elevados na interface urbano-floresta e a necessidade urgente de atualização de planos e portarias municipais, principalmente para o tratamento de material vegetal combustível em áreas de contato direto com residências e outras edificações. Este é um aspecto que se repete em praticamente todos os municípios do Chile e que precisa ser revisado para melhorar os planos de proteção contra incêndios florestais.

Palavras-chave: Assentamentos humanos; Distribuição espacial; Urbanização.

INTRODUCCIÓN

El impacto de los incendios forestales cobra cada día mayor relevancia mediática, especialmente por los innegables efectos del cambio climático y por la multiplicidad de actividades que se generan en territorios de alta demanda de bienes y servicios. La creciente actividad inmobiliaria, el deseo de disponer de una segunda vivienda alejada de las grandes ciudades, la permanente demanda de agua y la sobreexplotación de variados recursos naturales asociados al bosque, otorgan una sobredemanda de uso del suelo que expone a territorios a un mayor nivel de exposición y vulnerabilidad frente a la ocurrencia de incendios forestales, entre otro tipo de eventos. Existe consenso



internacional que el mundo está cambiando, y que, en el caso particular de los incendios, éstos están siendo cada vez más agresivos, aun cuando, los mecanismos de protección y combate en líneas generales han experimentado permanentes mejorías y aprendizaje de eventos históricamente catastróficos.

En el caso de Chile, se ha avanzado bastante en materia de prevención, autocuidado y dotación de medios y recursos para enfrentar la temporada de incendios forestales. Sin embargo, existen dos grandes debilidades a saber, y que potencialmente podrían facilitar el agravamiento de nuevos episodios de incendios, especialmente en áreas de interfaz urbano-forestal, es decir, aquellas áreas en donde se mezclan las locaciones de viviendas y otro tipo de edificaciones, con el bosque o cualquier tipo de vegetación potencialmente inflamable que se encuentre en el entorno inmediato. Estas debilidades se concentran en la precaria actualización de las normativas constructivas, en el emplazamiento de las edificaciones, en los permisos para la concesión de espacios habitables y en general de falencias en los instrumentos locales de ordenación territorial que no colocan con especial fuerza y obligatoriedad la importancia de preparar los entornos habitables frente a la posibilidad de enfrentar emergencias derivadas de la propagación descontrolada del fuego.

Por todo lo anterior, este breve artículo ilustra y coloca en contexto la realidad de los incendios forestales en áreas de interfaz urbano-forestal, tomando para ello la Comuna de San José de Maipo como estudio de caso y referente investigativo para la propuesta de estándares en infraestructura crítica y pautas de autocuidado que puedan ser replicables con sus cambios locales correspondientes, a otras comunas, municipios o regiones del país. Estos antecedentes se basan en la ejecución de investigaciones en terreno y contacto permanente con comunidades del área de estudio, junto con la utilización de herramientas de teledetección y vuelos para el catastro de viviendas en áreas arboladas. Moore (1981), y posteriormente Mikkola (2008), analizan las principales características que debe poseer una vivienda que se encuentra rodeada de vegetación combustible, entregando valiosas referencias en cuanto a distancias de defensa y características locales en la construcción de viviendas, pero que en la práctica sólo se aplican en aquellos países o territorios donde existe una norma de establecimiento acorde al nivel de riesgo de incendios. Es frecuente encontrar que la mayoría de las recomendaciones formuladas en la literatura, no se aplican, pues dependen de las reglamentaciones y normas locales que regulan la forma y lugar donde construir.

Existe un creciente interés en Chile por realizar estudios en zonas de contacto entre edificaciones y bosques, en donde existe una permanente actividad constructiva y con ello, actividad en el agente casuístico de ocurrencia y propagación de incendio forestales. Este interés es aún mayor si se considera la creciente necesidad por aplicar estrategias de mitigación local de los efectos atribuibles al cambio climático, y también a la permanente demanda de recursos naturales que de una u otra manera desencadena el aumento de la probabilidad de eventos catastróficos, entre ellos los incendios forestales. Sin embargo, poco se conoce sobre las normas técnicas y resguardos necesarios a tomar en cuanto a diseño, autoprotección y gestión de zonas de peligro. Por el contrario, existen variados antecedentes de industrialización y prefabricación que podrían aplicarse a la implementación de nuevos proyectos inmobiliarios considerando estándares de protección (Tapia, 2016). La normativa existente en materia de estándares y localización de construcciones habitables es débil; aportes al respecto se encuentran en May et al., (2017). Por lo anterior, existen aspectos normativos que son inconsistentes y



Tabla 1.- Variables utilizadas para el análisis de Determinación de Prioridades de Protección

Variables generales	Variables específicas	Subvariables
Riesgo	Ocurrencia Histórica	Red de caminos
	Ocurrencia Potencial	Casas aisladas
		Centros poblados
Peligro	Características de la vegetación combustible	Potencial de propagación
	Pendiente	Resistencia al control
	Accesibilidad	
Daño potencial	Infraestructura	Casas aisladas
	Valores productivos	Centros poblados
		Grifos, Unidades policiales, otros
		Predios y unidades productivas
		Atractivos turístico-culturales
		Áreas silvestres públicas y privadas

De manera paralela, se realizaron campañas de vuelo en las áreas calificadas de interfaz urbano-forestal utilizando dron (Phantom IV) en circuitos a baja altura, de manera de formar mosaicos fotográficos que permitieran realizar un proceso de separación espectral para la identificación de viviendas. Este resultado permitió caracterizar el contenido preciso de las áreas calificadas en primera prioridad de protección. Estos dos pasos iniciales: el mapa y el catastro de viviendas, permitieron posteriormente evaluar la condición de exposición de diversos tipos de infraestructuras, las cuales fueron evaluadas desde el punto de vista de las normas constructivas actualmente vigentes en distintos cuerpos legales, entre ellos la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) y prescripciones técnicas, muchas de ellas de carácter local no necesariamente normativas o vinculantes con otros instrumentos, entre ellos el permiso de edificación y entrega de obras.

Se establecieron tres niveles de percepción geográfica: la macroescala (1:600.000) que revisa los aspectos territoriales a nivel de toda la comuna (continuidad del combustible y nivel de prioridad de protección), luego la mesoescala (1:30.000) que profundiza los efectos de los incendios forestales de interfaz (cercanía de grupos de viviendas e infraestructuras a zonas arboladas), para finalmente analizar la situación normativa de las viviendas instaladas en estas zonas y sus características estructurales y de emplazamiento (microescala, nivel 1:15.000 y menor), poniendo el énfasis en las vulnerabilidades (vinculadas a lo normativo y regulatorio). El nivel a microescala ha sido definido en el contexto de la metodología de evaluación frente a incendios forestales definidas por [Castillo et al., \(2013\)](#), quienes analizaron la interfaz del puerto de Valparaíso siguiendo estos tres niveles de percepción geográfica.

El nivel a microescala también ha sido propuesto a partir de la metodología de [Garay et., al \(2018\)](#) y considerando las regulaciones tanto nacionales como internacionales. Para este estudio, se estableció una muestra representativa de 158 viviendas, consideradas en las áreas sobre las cuales se determinaron los niveles de vulnerabilidad y exposición al fuego. La selección de la muestra se realizó en 9 de las 23 localidades, consideradas las más relevantes desde el punto de vista de densidad y diversidad de condiciones de materialidad posibles de identificar y cuantificar. Esta muestra se



considera en consecuencia, representativa para la totalidad de la Comuna de San José de Maipo. En estas viviendas, se establecieron 8 tipologías constructivas sobre las cuales se definieron 37 indicadores que son directamente vinculantes al nivel de defensa contra incendios. De estas cinco tipologías se construyó una jerarquización de problemas mediante un diagrama de frecuencias de Pareto, considerando en esta selección los actuales instrumentos normativos que permitan cubrir el problema presentado. De esta manera fue posible establecer 20 aspectos o problemas que requieren ser incorporados en las normativas ya existentes y también considerar la aplicabilidad de normas extranjeras (Norma NFPA de Estados Unidos), y referencias técnicas disponibles en el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2009, 2014a, 2014b, 2016, 2017), adaptadas para subsanar el problema identificado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación territorial previa basada en el análisis multicriterio dio como resultado que más de 45 mil hectáreas presentan los valores más altos de exposición al fuego, y que comprometen casi la totalidad del área inmediata a las principales localidades de la comuna.

Las áreas de Primera Prioridad, es decir, aquellas zonas en donde se verifican los niveles más elevados de exposición frente al impacto de los incendios forestales corresponden a sectores asociados a asentamientos poblados y vías de comunicaciones. Los resultados derivados del análisis SIG, se complementan ahora con el análisis de zonas vulnerables estudiadas anteriormente por la Unidad de Manejo del Fuego de CONAF en 2016 para esta Comuna, como una forma de analizar y validar los resultados de los análisis de riesgo, peligro y daño potencial descritos en la Tabla 1.

Confrontando los resultados del catastro de edificaciones en las áreas de interfaz sobrevoladas con dron e interpretadas satelitalmente, el territorio en cuestión posee 3.992 viviendas y estructuras aisladas en zonas arboladas, de las cuales un 92 % de ellas se localizan en áreas de Primera Prioridad de Protección. Esto indica el alto nivel de exposición al peligro en la cual estas estructuras se encuentran localizadas, de acuerdo al análisis multicriterio. A nivel general, el registro total para la comuna indica 6.926 viviendas según datos oficiales de INE (2018), de las cuales 5.132 están ocupadas con moradores presentes, 432 con moradores ausentes, 284 desocupadas por motivo de venta, en espera de arriendo o abandonadas, 1.002 corresponden a edificaciones particulares de temporada, y, por último, 76 corresponden a viviendas colectivas.

En la macroescala (1:600.000) y para el cuadrante de datos procesado con el análisis multicriterio, se destaca un predominio de 46,4 % de la comuna dominada por una alta continuidad de vegetación, con dominio de arbolado nativo denso (especies del bosque y matorral esclerófilo de Chile Central en distintos grados de cobertura), de mezclas de plantaciones con especies exóticas y terrenos localizados en fondo de quebradas con arbolado denso de distintas especies y estructuras. Esta proporción se encuentra interceptada en un 84 % en áreas de alto peligro de incendios forestales, de acuerdo al análisis de Determinación de Prioridades de Protección (Figura 2). A esta escala no es posible identificar una adecuada conectividad de la infraestructura caminera. Por el contrario, se destacan las principales cuencas que abastecen los servicios para los



principales centros poblados y que muestran una mayor condición de peligro asociado a caminos y cursos de agua.

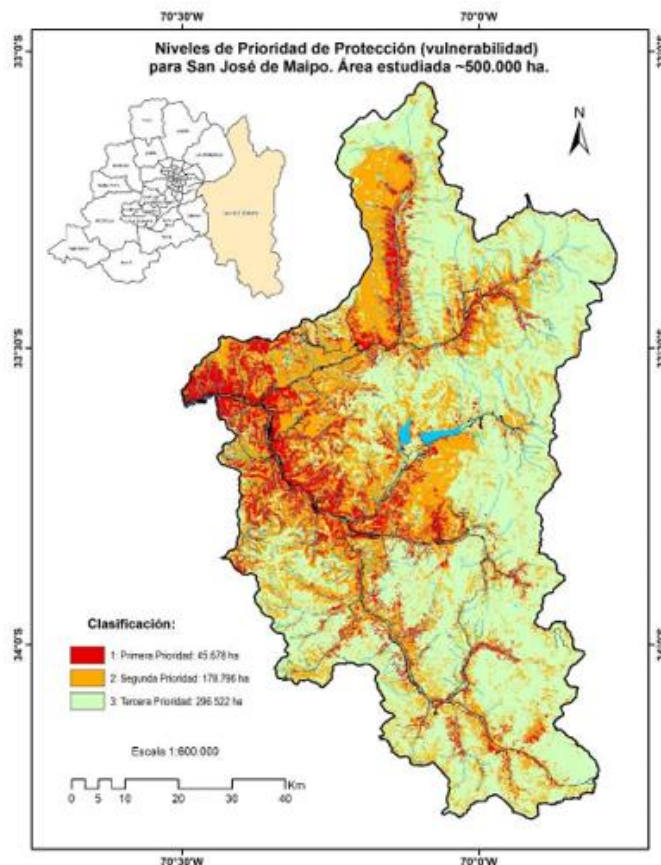


Figura 2. - Mapa de determinación de Prioridades de Protección, a Macroescala

En la mesoescala (1:30.000), se determinaron 28 grupos de edificaciones, de las cuales 23 están asociadas a centros poblados a distintas densidades de estructuras. Mediante interpretación satelital considerando distancias mínimas establecidas como criterios para la zonificación del peligro debido al calor emitido por el fuego en distancia (radiación), se evidencia que un grupo cercano a 50 % de las edificaciones se encuentran sin ningún tipo de distanciamiento frente a la vegetación. En paralelo, la ocurrencia de incendios se ve de manifiesto, en este último ejemplo, en un gran incendio forestal ocurrido en un sector llamado El Canelo, en diciembre de 2019, con una superficie afectada de 419 hectáreas y cuyo perímetro estuvo muy cercano a viviendas aisladas (Figura 3).

En esta escala se constata en terreno que la vegetación dominante intercepta en 91 % a todas las localidades, barrios y viviendas aisladas. Existen zonas naturales que, por su extensión y conformación, no revisten mayor posibilidad de propagación, entre ellas zonas militares y propiedades privadas que cuentan con un área de despeje. Sin embargo, la percepción a mesoescala detalla una ausencia casi absoluta de un entramado territorial que represente un nivel de organización y preparación frente a las posibilidades de evacuación frente a incendios. Esto ha sido constatado en los hechos, por los graves incendios que han ocurrido entre el período 2017-2020 en diversos



sectores calificados con alto peligro de incendios y la escasa conectividad por caminos, lo que dificulta enormemente la atención de emergencias.

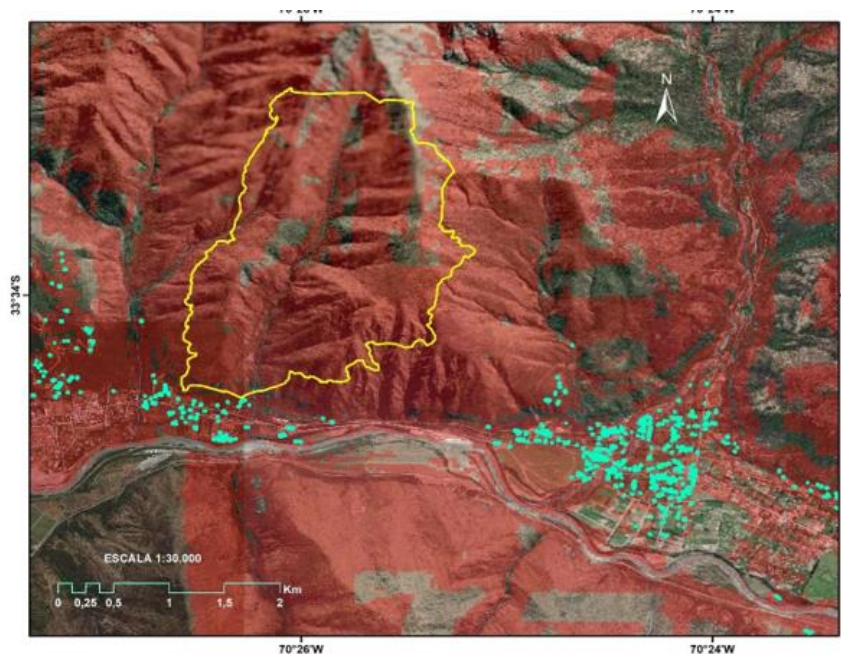


Figura 3. - Sinóptica del perímetro de incendio forestal (Canelo Alto, en borde amarillo) en la parte superior de la figura (419 hectáreas)

Los puntos destacados corresponden a viviendas que no cumplen ningún distanciamiento mínimo a partir del borde perimetral (contacto directo con la vegetación). Las áreas destacadas en color rojo oscuro corresponden a las zonas con mayor vulnerabilidad frente a incendios.

En terreno se constata la escasa preocupación por la gestión de la vegetación circundante en términos de mantener un espacio defendible. La acumulación de vegetación combustibles en los alrededores, juegos de terrazas, techos inflamables y edificaciones en madera, así como la presencia de setos o arbustos son aspectos clave en la facilidad del avance del fuego. A mesoescala es posible cuantificar los parámetros de comportamiento del fuego y definir un rango de distanciamientos recomendables para retardar el tiempo de llegada del fuego desde un extremo en llamas a otro sin arder. Este aspecto se mide mediante expresiones matemáticas que permiten determinar el monto de energía emitido principalmente por radiación y en menor medida por convección, cuando los incendios adquieren mayor tamaño y perímetro de actividad.

De acuerdo a la energía radiante esperada y el umbral máximo soportado para disponer de posibilidades de combate, se determinó que el espacio defendible debe considerar aspectos de distancia a viviendas y tendidos eléctricos, servidumbres y áreas de circulación libre por los cuales necesitan transitar personas y vehículos. En un ámbito normativo y a esta escala, se revisó el contenido del Plan Regulador Comunal y la relación e influencia de éste, en las escalas de análisis.



El resultado de esta revisión indica que la comuna no posee un plan propio y se rige por el Plan Regulador Intercomunal de Santiago elaborado en 1994. Esta condición y atraso en este instrumento, es un factor altamente incidente en el problema y las vulnerabilidades asociadas. Ante esta debilidad, el municipio ha creado una ordenanza municipal que contempla aspectos de medidas de mitigación frente a incendios pero que no está completamente elaborada e instaurada como protocolo hacia las 23 localidades y comunidades que componen esta comuna. Entre algunas medidas que contiene esta ordenanza, se establece la responsabilidad de las empresas eléctricas sobre el despeje de vegetación del cableado, así como de la mantención de jardines de los propios vecinos, aunque aún no se percibe un nivel importante de fiscalización.

En la microescala (1:15.000), el resultado de la prospección de los 158 puntos de muestreo para las nueve localidades dio como resultado una tipificación de las tipologías constructivas, considerando la nomenclatura procedente de los Distritos Censales de Chile reportados en **INE (2018a y 2018b)**. Esta corresponde a una clasificación de ocho códigos referentes a la materialidad y características generales de la estructura (Tabla 2).

Tabla 2. - Descripción de tipologías constructivas, basada en el recorrido de campo

Código	Descripción
A	Casa de paredes de hormigón armado. Techumbre de losa de hormigón. Tejas de arcilla, metálica, de cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Con permiso de construcción y/o Recepción municipal.
B	Casa de paredes de albañilería (confinada) en ladrillos hecho a mano o a máquina; bloques de hormigón o piedra. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Con permiso de construcción y/o Recepción municipal.
C	Casa de paredes de albañilería en piedra, no confinada en estructura de hormigón armado. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Con permiso de construcción y/o Recepción municipal.
D	Casa de tabiquería forrada por ambas caras. Madera. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Con permiso de construcción y/o Recepción municipal.
E	Casa de tabiquería forrada por ambas caras. Acero. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Con permiso de construcción y/o Recepción municipal.
F	Tabiquería sin forro interior. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón, revestido con cerámica, u otro material. Sin permiso de construcción y/o Recepción municipal.
G	Casa de adobe, barro, quinchá, pirca u otro. Techumbre de planchas de zinc o fibro cemento. Piso de radier de hormigón o tierra. Sin permiso de construcción y/o Recepción municipal.
H	Casa de materiales precarios, lata, cartón, plástico. Sin permiso.

De esta información (Tabla 2), se realizó el análisis de las tipologías constructivas. Las evaluaciones realizadas en las distintas localidades de San José de Maipo evidenciaron que las viviendas presentes en la zona corresponden a las clases B y D, en donde la primera, corresponde a viviendas de paredes de albañilería confinada y la segunda, corresponde a viviendas de tabiquería forrada por ambas caras, material estructural, de madera. De esta manera, de un universo de 158 unidades evaluadas, repartidas en nueve localidades de la comuna (*San José de Maipo, El Canelo, El Ingenio, El Manzano, Las Vertientes, El Melocotón, San Alfonso, San Gabriel y Los Maitenes*) corresponden a



estas dos categorías. El resto, corresponde a viviendas de tabiquería sin forro interior, albañilería en piedra, adobe, casas fabricadas con materiales precarios, tabiquería forrada por ambas caras, acero y, por último, casas de paredes de hormigón armado. De esta primera evaluación, se construyeron códigos de clasificación de situaciones problemáticas asociadas a las clases B y D. Se identificaron 37 descriptores de problemas (Tabla 3) los cuales fueron jerarquizados para las 9 localidades (Figura 4), de manera de identificar las demandas más frecuentes que podrían ser consideradas para la normativa constructiva actual, y las referencias que permitan apoyar el mejoramiento de la infraestructura en su conjunto.

Tabla 3.- Códigos de situaciones problemáticas detectadas en las viviendas evaluadas

Código	Descripción del problema
ACDCE	Construcción aislada con árboles en contacto directo al cableado eléctrico
ACVTE	Fachada continua y con árboles en contacto con la vivienda y cableado eléctrico
BCC	Los balcones o terrazas tienen combustibles cercanos
BI	Los balcones o terrazas no están cubiertos por material no inflamable
BRF	Revestimientos exteriores de baja resistencia al fuego
CACVL	Construcción aislada en contacto con vegetación leñosa
CBNC	Casas bajo el nivel de la calle
CC50	Construcción en contacto en más de un 50% por vegetación leñosa
CCEC	Construcción en contacto con escombros combustibles
CCVNV	Existe continuidad de combustible vegetal y/o no vegetal
CDC	Casa con vía de escape directo a la calzada
CMCAE	Construcción de madera que está en contacto con acometida eléctrica
CMD	Casa de madera deteriorada
CP20	Construcción en pendiente con más de 20% de inclinación
CPCC	Las cercas de protección tienen contacto directo con carga combustible
CPEBA	Construcción con pilotes elevados con base abierta
CPI	Las cercas de protección son inflamables
CPV	Construcción con poca ventilación
CRE	Construcción rodeada de escombros
CTE1	Construcción con tendido eléctrico de la calle a menos de un metro
CVEI	Construcción con vías de evacuación insuficientes
DEM	Daños estructurales en muros
DV	La vivienda no cuenta con ductos de ventilación
IH	Vivienda con predominio de latones, cartones o plásticos. Sin permiso de edificación
LRM	Lugar emplazado en la línea de remoción en masa
MN	La vivienda no cuenta con materiales aislantes térmicos según la normativa actual
NPP	No se evidencian podas y si se realizan no son las adecuadas



SAA3	Separación vertical entre arbustos y árboles es menor a 3 veces la altura del arbusto
SM05	Superficies de emplazamiento muy reducidas (confinamiento y adyacencia inmediata)
SV	El porcentaje máximo de superficie vidriada excede lo permitido en la zona
TAA	Techumbres con aleros abiertos
TMCA	Techumbre de madera en contacto con árboles
TME	El complejo de techumbre está en mal estado
TUB	Techumbre utilizada como bodega
VEOD	Vías de evacuación estrechas, obstaculizadas o de difícil tránsito
VIB	La vivienda está inserta en el bosque
VM	Las ventanas son mayormente de vidrio monolítico

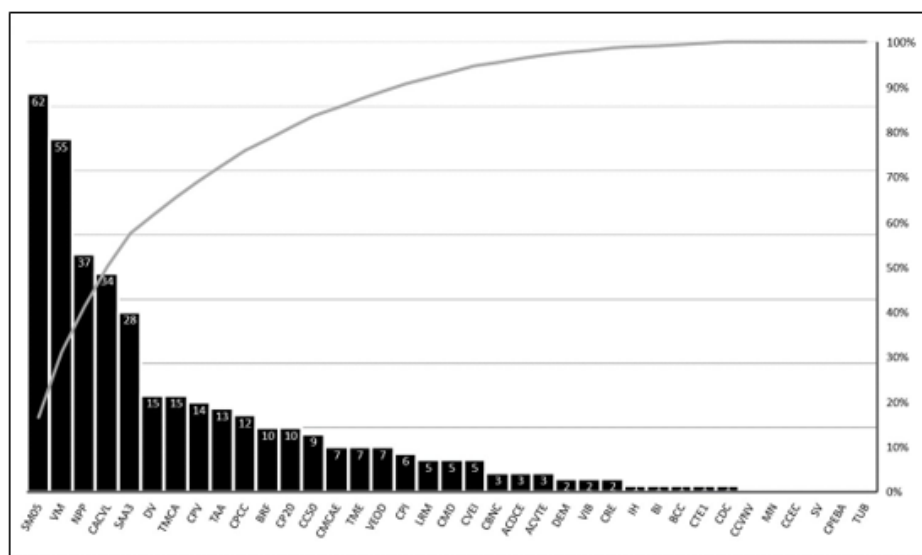


Figura 4.- Diagrama de problemas para las 9 localidades de San José de Maipo

El diagrama, permite visualizar las situaciones problemáticas más frecuentes de encontrar en la comuna, en donde el 95 % de los problemas se encuentran dentro de los 20 códigos que se describen en la Tabla 4.



Tabla 4.- Situaciones problemáticas, frecuencia y porcentaje de ocurrencia. San José de Maipo

Indicador	El Canelo		El Ingenio	El Manzano	Las Vertientes	El Melocotón	San Alfonso	San Gabriel	Los Maitenes	Totales detectados
SM05	62	3	18	16	9	7	10	10	5	140
VM	55	7	20	14	8	7	10	10	5	136
NPP	37	4	6	9	8	7	10	10	4	95
CACVL	34	4	15	8	7	7	9	9	4	97
SAA3	28	3	5	7	8	7	8	8	4	78
TMCS	15	3	8	2	5	4	7	7	1	52
DV	15	1	2	7	3	3	7	7	2	47
CPV	14	3	4	7	7	7	7	6	5	61
TAA	13	1	4	6	5	7	6	6	4	52
CPCC	12	1	11	11	8	6	6	6	4	65
BRF	10	1	14	12	7	5	6	6	5	66
CP20	10	0	0	0	2	2	6	6	3	29
CC50	9	0	1	3	7	5	6	6	3	40
VEOD	7	3	0	1	1	4	5	5	2	28
CMCAE	7	1	2	3	2	1	6	6	2	30
TME	7	0	1	3	2	2	5	5	3	28
CPI	6	1	7	6	3	3	5	5	5	41
CVEI	5	2	0	2	1	4	3	5	2	22
CMD	5	1	1	2	1	0	2	2	1	15
LRM	5	0	0	0	2	0	3	3	4	17

En consecuencia, los problemas mayormente detectados en el recorrido de las localidades, corresponden a 140 viviendas con muy escasa superficie de emplazamiento, fomentando la adyacencia con otras edificaciones (SM05), ventanas con vidrio monolítico (VM), contacto de la construcción con vegetación leñosa (CACVL), ausencia de podas (NPP), escasa separación vertical entre árboles y arbustos (SAA3), cercas en contacto con vegetación combustible (CPCC), revestimientos exteriores con baja resistencia al fuego (BRF), escasa ventilación de la construcción (CPV), techumbre de madera en contacto con ramas de árboles (TMCA), aleros abiertos expuestos a la vegetación (TAA) y ausencia de ductos de ventilación (DV), entre los problemas mayormente encontrados en las nueve localidades. Este árbol de problemas encontrado para la evaluación de tipologías constructivas permitió establecer una propuesta de referencias para la solución planteada, basado en el instrumento normativo idóneo para favorecer esta solución (Tabla 5).



Tabla 5. - Matriz de soluciones priorizadas

Problema identificado	Solución planteada	Origen sugerencia/regulación
Regularización ampliación	Consulte con un arquitecto para verificar el estado de la vivienda... Después de su revisión puede comenzar con las tramitaciones para la recepción final.	OGUC
Mejorar la ventilación de su vivienda	Agregue ventanas y ductos de ventilación individuales. Verifique que los ductos no estén obstruidos de ninguna forma.	Manual de Mantenimiento de la vivienda (MINVU)
Mejorar la aislación térmica de superficie vidriada	Cambiar ventanas de vidrio monolítico a vidriado doble hermético, utilizar cortinas black-out o persianas.	Manual de Mantenimiento de la vivienda (MINVU)
Mejorar la aislación térmica de techumbres	Evite utilizar el espacio del entretecho como bodega. Si lo hace evite deteriorar o remover la aislación térmica. Evite transitar por el entretecho, ya que podría deteriorar la aislación térmica (lana mineral, lana de vidrio o poliestireno expandido) generando riesgo de condensación en la superficie inferior del cielo. Si no cuenta con ninguno de estos materiales aislantes térmicos considere instalarlos a la brevedad en su vivienda. Procure que el entretecho tenga alguna forma de ventilación natural independiente de la ventilación del resto de la casa.	Manual de Mantenimiento de la vivienda (MINVU)
Mejorar la protección de la vivienda contra incendios	Deberá preparar programas de orden y limpieza además de una racionalización de la cantidad de materiales combustibles almacenados. Deberá mantener extintores de incendio con sus respectivos sellos y certificaciones, del tipo adecuado a los materiales combustibles o inflamables que existan en el entorno o se manipulen, estos deben estar ubicados en sitios de fácil acceso y claramente identificados.	Recopilación de la normativa Cámara Chilena de la Construcción.
Mejorar la ventilación de su vivienda	Evite o limite el uso de estufas a kerosene (parafina) o a gas, ya que como parte de su proceso de combustión generan grandes cantidades de vapor de agua, cuando no disponen de tubos hacia el exterior. En caso de no evitarlo, ventile el recinto cada 2 horas mínimo o utilice las ventanas medio abiertas.	Manual de Mantenimiento de la vivienda (MINVU)
Plan de preparación contra incendios forestales	Estudie, prepare y realice medidas de mitigación para la vegetación, otros combustibles y la estructura, incluido el mantenimiento periódico asociado a dichas medidas.	NFPA 1444 (sección 4.1.2.2)
Regularización ampliación	Consulte con un arquitecto para verificar el estado de la vivienda... Después de su revisión puede comenzar con las tramitaciones para la recepción final.	OGUC
Preparar entorno para sobrevivir a un incendio forestal	Dependiendo de la cantidad de metros cuadrados de superficie que posea deberá aplicar las medidas para ZONA 1, ZONA 2, ZONA 3 y/o ZONA 4.	CONAF documento de trabajo n°601
Mejorar la resistencia al fuego de su vivienda	Recuerde que todas las viviendas cuya superficie de edificación es menor o igual a 140 m ² debe cumplir con una resistencia al fuego de F-15 a lo menos en todos sus elementos y componentes soportantes.	OGUC
Disminuir la cantidad de combustible cercano a la vivienda	Todos los sobrantes de biomasa y desechos de construcción que se encuentren a menos de 9 metros de la edificación deben ser tratados o eliminados antes o inmediatamente después de la finalización de la construcción. El almacenamiento de los tanques de propano y otros líquidos combustibles debe cumplir con la NFPA 58.	NFPA 1144 (sección 5.1.3.5)
Construir una ampliación o mejorar la protección de su	Preocúpese de que el material de construcción a utilizar no se inflame, se queme, ni apoye la combustión, además no debe liberar vapores combustibles cuando se someta a calor.	NFPA 1144 (sección 5.2.1.1)



vivienda frente a incendios		
Disminuir la vulnerabilidad de canaletas, aleros y conectores de los techos	Las canaletas, aleros y conectores de los techos no deben ser combustibles o pueden ser contruidos con madera tratada ignífuga para exteriores o cualquier material resistente a la ignición, además deben estar cubiertas.	NFPA 1144 (secciones 5.3.2 y 5.3.4)
Proteger los ductos de ventilación o respiraderos de su vivienda	Los respiraderos o conjuntos de respiraderos deben resistir la intrusión de llamas y brasas, las rejillas de ventilación deben estar cubiertas con una malla de alambre no combustible y resistente a la corrosión con una abertura de la malla que no exceda los 3.1mm.	NFPA 1144 (sección 5.3.3.1)
Construir balcones, terrazas o mejorar las ya existentes	Cualquier proyección sobresaliente como balcones, cubiertas de patio, techos no cerrados, etc. Deben ser contruidos con madera pesada, material no combustible, madera tratada con retardo o materiales resistentes a la ignición.	NFPA 1144 (sección 5.4)
Mejorar puertas o paredes exteriores	Las puertas exteriores deben ser de madera maciza, con un espesor de al menos 45mm., contruidas con materiales no combustibles. Otra opción es que tengan una clasificación de protección contra incendios de no menos de 20 minutos de retraso de ignición, al igual que las paredes verticales exteriores.	NFPA 1144 (sección 5.7.3)
Disminuir la vulnerabilidad generada por la vegetación cercana a la vivienda	Los combustibles del suelo, incluida la vegetación nativa y las plantas utilizadas para el paisajismo dentro de las zonas de paisajismo definidas, deben tratarse o eliminarse.	CONAF documento de trabajo n°601
Proteger el espacio inmediato a la vivienda	La biomasa húmeda o seca a menos de nueve metros de la vivienda, debe eliminarse o tratarse para mantener el área de modificación de combustible de conformidad con el plan de mitigación de incendios forestales.	NFPA 1144 (sección 6.2.3)
Conocer los riesgos a los que está o estará sometida la vivienda	Pedir una evaluación de la estructura, la cual debe documentar la ubicación de la estructura en relación a las características topográficas predominantes y condiciones meteorológicas locales, incluidos el viento, humedad relativa, temperatura, contenido de estructura, humedad de los combustibles finos, etc.	NFPA 1144 (secciones 4.2.1.1. y 4.2.1.2)

Siglas: OGUC = Ordenanza General de Urbanismo y Construcción; MINVU = Ministerio de Vivienda y Urbanismo; CONAF = Corporación Nacional Forestal de Chile; NFPA = Norma constructiva norteamericana.

Las recomendaciones a cada una de las tipologías detectadas se pueden desglosar desde lo general a lo particular y según problemas detectados. En la macroescala las prescripciones técnicas se enfocan en el tratamiento de la vegetación a escala de paisaje, propendiendo a resguardar un área de defensa en aquellos sectores en que la calificación de primera prioridad de protección presenta los valores más altos de potencial de propagación y menor accesibilidad para el combate terrestre. Analizando el peligro a mesoescala, el factor problema más agudo corresponde a la prevención del peligro, en donde se requieren sistemas de autoprotección de las zonas urbanas, ya que el aumento del riesgo de incendio y de la peligrosidad en la interfaz se debe a la presencia de viviendas y actividades en áreas de bosque, lo que supone un mayor riesgo implícito de ignición. La vulnerabilidad de las viviendas es un indicador de riesgo y/o peligrosidad ante un incendio (CONAF, 2020). La amenaza del humo para los habitantes de la interfaz es limitante debe tenerse en cuenta, así como las vías de accesibilidad y las vías de escape estrechas y/o únicas son, con frecuencia, características de las zonas de interfaz.



Desde el ámbito de la microescala, es importante recalcar la relevancia de realizar los trámites para obtener la recepción final de las viviendas en la municipalidad, incluyendo sus ampliaciones, también la realización de mantenciones a toda la estructura, tomando en cuenta la antigüedad de esta. Un punto relevante y que es transversal a todas las tipologías, es la ubicación o entorno de la vivienda, ya que en prácticamente el 100 % de los puntos evaluados se encontró la necesidad de trabajar en un programa de poda del arbolado urbano del sector, puesto que en la mayoría de los sitios fue evidente el contacto con el tendido eléctrico, lo que sugiere una situación de riesgo de incendio inminente. Por esta razón, una de las recomendaciones está dirigida a realizar medidas de mitigación conjuntas para la vegetación, otros combustibles y la estructura, incluido el mantenimiento periódico asociado a dichas medidas, siempre trabajando con la comunidad y la municipalidad. Se incluye, además, la necesidad de trabajar para mejorar las condiciones de ventilación de las viviendas, puesto que, transversalmente se observó la falta de ductos de ventilación en las distintas tipologías. Para ello, se sugiere evitar o limitar el uso de estufas a kerosene o a gas, ya que como parte de su proceso de combustión generan grandes cantidades de vapor de agua, cuando no disponen de tubos hacia el exterior. En caso de no evitarlo, se debe ventilar el recinto cada dos horas mínimo o utilizar las ventanas medio abiertas. Otro factor preocupante para todas las tipologías presentes en esta zona es la falta de materiales aislantes térmicos en las construcciones, lo que lleva a sugerir la postulación a fondos como el subsidio de mejoramiento térmico para las viviendas, o el subsidio de vivienda del gobierno para el mejoramiento del entorno, mejoramiento y ampliación de la vivienda, o establecimiento de viviendas de emergencia post ocurrencia de desastres.

Un avance muy sustantivo al respecto ha sido la caracterización mecánica de materiales basados en madera factibles de ser utilizados para fabricación de viviendas de emergencia (Garay *et al.*, 2019), dado que en su contenido se exponen normas constructivas que podrían aplicarse a los actuales esquemas de edificación en el área de estudio. Mayores aportes en este tema se reportan en González *et al.*, (2016), quienes proponen una guía práctica para la construcción de viviendas de manera, y cuyo contenido posee referencias que apuntan a mejorar condiciones desfavorables en las actuales tipologías constructivas existentes en el área de estudio, y en general a nivel nacional.

En el caso de la tipología B, el problema radica en la antigüedad de su construcción, no tanto en su materialidad. La ubicación de éstas emplazadas en 91% de áreas en primera prioridad de protección, implica una mayor preocupación, ya que no existen obras de mitigación en caso de derrumbes provocados por remoción en masa, tampoco protección en caso de inundación en las partes más cercanas al río. A esto se suma la falta de accesos en áreas inmersas en el bosque. En el caso de que la vivienda se encuentre ubicada a menos de 9 metros de la pendiente con vegetación, será necesario construir una pared o barrera que no sea combustible donde no exista suficiente espacio disponible entre la estructura y la vegetación nativa no perturbada ni laderas, además de modificar la vegetación que se encontrará en contacto directo con los cimientos, todo esto antes de comenzar la construcción si es posible, en el caso de las viviendas ya emplazadas, realizar tales acciones, a la brevedad.

En el caso de la tipología D los problemas más presentados son la acumulación de combustible cercano a la vivienda, ya sea de origen vegetal como no vegetal. Se sugiere preparar programas de orden y limpieza además de una racionalización de la cantidad de materiales combustibles almacenados, a su vez, sería apropiado el mantener



extintores de incendio con sus respectivos sellos y certificaciones, del tipo adecuado a los materiales combustibles o inflamables que existan en el entorno o se manipulen, debiendo estar ubicados en sitios de fácil acceso y claramente identificados, además todos los sobrantes de biomasa y desechos de construcción que se encuentren a menos de 9 metros de la edificación deben ser tratados o eliminados antes o inmediatamente después de la finalización de la construcción, en caso de que se produzcan por la mantención o construcción de acoplamientos constructivos.

Si bien el desarrollo del territorio depende en parte del mejoramiento de la habitabilidad y saneamiento de las viviendas, hoy la integralidad de los factores identificados como problemas a resolver (de acuerdo al análisis realizado en este estudio) es la que podría asegurar el funcionamiento de las infraestructuras, tomando en cuenta que las zonas de emplazamiento ejercen sus propias presiones sobre las distintas edificaciones. Adicionalmente, si no son contemplados los patrones de crecimiento de la población, la incidencia de la planificación territorial, especialmente, en lo referido al uso de suelo, la vegetación de la zona de emplazamiento, el destino de la edificación y los servicios básicos o equipamiento de las comunas, no será posible avanzar a una comunidad protegida y preparada ante siniestros de carácter natural o antrópico.

Una gran debilidad detectada en el recorrido en terreno de todas las localidades es que las viviendas en general, se encuentran en espacios más reducidos de los que se sugieren para el manejo óptimo de la vegetación; por lo tanto, la jurisdicción de cada propietario no sólo determina la seguridad de su propia vivienda, sino también repercute en la de sus vecinos colindantes. Esto lleva a pensar en la importancia del trabajo mancomunado entre particulares, juntas de vecinos, organizaciones varias y autoridades comunales, ya que el trabajo de mantener a la comunidad segura y preparada, escala en responsabilidad desde lo más particular hasta la organización territorial. Así se dio a entender en las distintas instancias de conversación con la comunidad de San José de Maipo, donde los participantes pertenecientes a organizaciones vecinales, instituciones como bomberos e incluso funcionarios municipales, dieron a conocer sus puntos de vista y mencionaron la necesidad de capacitarse en distintos niveles para enfrentar la emergencia. Cada uno, deseaba aportar en la protección desde su propia vereda, lo cual parece una excelente idea, sin embargo, no se puede dejar de lado, la explicación de cómo funcionaría su aporte dentro de una jerarquía de organización, un tema relevante al momento de sumar aportes en la emergencia, pues no es posible afrontar de manera óptima el proceso, a menos de que sea comandado con orden y con roles predeterminados.

Se conoce públicamente la responsabilidad de Bomberos, Brigadistas Forestales, Carabineros, entre otros, en una emergencia, pero se minimiza la obligación de las inmobiliarias, empresas constructoras, y la responsabilidad de la misma municipalidad, en la gestión y obtención de permisos de construcción, en sitios con inestabilidad de suelos y de alta carga combustible por la vegetación misma, pero, no menos importante, es la responsabilidad de los mismos particulares, que desconociendo el riesgo, eligen utilizar el territorio sin tomar las precauciones necesarias para resguardar sus propias vidas y las de sus respectivas familias, aunque en ocasiones las circunstancias de pobreza y precariedad hacen que el territorio acoja a personas sin otra opción habitacional. Ambas situaciones generan un aumento en la condición de vulnerabilidad frente a desastres, dificultando además la oportunidad de respuesta debido a la precariedad de la infraestructura instalada para la movilización terrestre de recursos para el combate de incendios forestales.



El actual enfoque aplicado no sólo en esta área en estudio sino en prácticamente todas las comunas en donde se aplican estándares para la protección contra el fuego, es la no consideración de dos dimensiones: casa hacia adentro y casa hacia afuera. En ambos aspectos las regulaciones son necesarias para otorgar un nivel de protección básico y razonable frente a la llegada de un incendio. En consecuencia, actualmente es posible notar que las mismas regulaciones legales están avanzando hacia una mayor protección de las infraestructuras, sin embargo, esta sigue enfocándose en cómo proteger a la misma, cuando el incendio parte en el interior de las edificaciones (enfoque casa hacia adentro), lo cual es muy importante, pero sigue dejando tareas pendientes para la protección contra el fuego relacionado al entorno de propagación.

Posterior a la tipificación de problemas y soluciones, se realizó una guía de tipologías de edificaciones e infraestructura de rol crítico, según las variables consideradas para la construcción del mapa de Prioridades de Protección, dando como resultado las principales zonas de riesgo de incendios forestales. Esta información se transforma en un instrumento de apoyo a la gestión preventiva de emergencias, y con ello a la aplicación de un protocolo integrado de medidas, siendo además una valiosa herramienta de apoyo para la formulación de Planes Reguladores para la Comuna. En efecto, a raíz de todos los resultados aquí presentados, es posible implementar cinco pautas de operación descritas a continuación, las cuales han sido ampliamente expuestas y discutidas en talleres comunitarios con distintos representantes vecinales y organismos pertenecientes a esta Comuna:

Pauta 1: Diagnóstico

Con la información recopilada por el proyecto se dispone de una base inicial de información relevante respecto a las áreas prioritarias de protección e infraestructuras críticas que mediante la información clasificada de vulnerabilidad (mapa de Prioridades de Protección). En él se establece un marco inicial de referencia, respecto al estado de seguridad y vulnerabilidad.

Pauta 2: Análisis prospectivo

El diagnóstico permitirá a los tomadores de decisiones dentro de la cadena de roles y jerarquías en la Comuna, de anticiparse a las condiciones potenciales de emergencias y la capacidad de identificar y distinguir las posibles mitigaciones que se puedan implementar, bajo la premisa de cumplimiento de las normas y protocolos destinados para estas tareas.

Pauta 3: Preparación e instrumentación

Representa un modo de operación, un trabajo continuo, estableciendo prioridades, con un balance entre urgente y prioritario, procurando establecer metas y plazos para resolver aquellos aspectos que fueron detectados en el diagnóstico.

Pauta 4: Ejecución

La municipalidad podrá determinar la estructura organizacional que considere más pertinente para poner en marcha un plan de acción que permita monitorear de forma continua las actividades asociadas a la prevención y/o mitigación que se relacionen con implementación de la planificación territorial en la comuna. Deberá velar por generar un



presupuesto, dentro de sus posibilidades, gestionando el contacto permanente con el gobierno central en relación a este tema, así como con su entorno comunitario.

Pauta 5: Seguimiento y control

Monitorear la ejecución de actividades de carácter preventivo y correctivo, si fuera el caso, lleva a establecer una correcta toma de decisiones en materia económica, administrativa, social y ambiental, pudiendo crear instrumentos que aporten a mejorar paulatinamente la planificación territorial y su relación con los desastres. La implementación de estas medidas resulta esencial y necesaria para abordar adecuadamente los planes preventivos que se incorporen al Plan Regulador Comunal. La comprensión del factor riesgo y las amenazas del entorno, pasan en consecuencia a jugar un rol clave en la autoprotección individual y colectiva. Esta información constituye una base inicial, a la que se debe ir incorporando información relevante para ser analizada y monitoreada bajo un enfoque de Gestión de Riesgo de Desastres (GRD) y que, a través de la base cartográfica ya existente, es posible ir agregando y adecuando los planes preventivos y operativos en función de una base inicial de información.

CONCLUSIONES

San José de Maipo es una comuna altamente expuesta al peligro de incendios forestales. Esto se constata con el 91 % de exposición para los más altos niveles de Prioridad de Protección. Las 23 localidades identificadas se distribuyen en un entramado de infraestructura que no es concordante con el nivel de demanda en atención de eventuales emergencias, no solamente derivadas por incendios.

A macroescala (1:600.000) se constata que un 45 % de toda la superficie presenta los niveles más altos de vulnerabilidad. Al interior de esta superficie se realizaron dos análisis: uno de mesoescala (1:30.000) mediante sobrevuelos e interpretación satelital para la determinación del número y densidad de estructuras, su localización dentro del paisaje y los grados de adyacencia, que permitieron apoyar el análisis de microescala (1:15.000), en donde se realizó un muestreo a 158 viviendas de nueve localidades, seleccionadas por aspectos de accesibilidad y entrevista con sus habitantes. En esta última escala, se determinaron 37 aspectos asociados a la caracterización de la vivienda y sus tipologías constructivas. De este análisis se jerarquizaron y ordenaron los problemas técnicos calificados como deficiencias frente al cumplimiento de normativas que resguarden la estructura frente al peligro de incendios.

El árbol de problemas se concentra preferentemente en la falta de gestión de la vegetación combustible, aun cuando se destacan importantes avances en la conformación de organizaciones vecinales para hacer frente al crecimiento y carga excesiva de combustible vegetal cerca de sus casas y de infraestructura crítica.

La infraestructura crítica como tal, también fue estudiada y revisada en cuanto a sus estándares, con énfasis en centros de salud, cuarteles de policía local, establecimientos educacionales y cuarteles de bomberos. Se constata que en el entorno inmediato tampoco se cumplen los requisitos mínimos para disponer de un espacio defendible frente al efecto radiactivo de la propagación del fuego.



La actual ordenanza municipal ha sido emitida considerando aspectos parciales sobre manejo de la vegetación combustible. Sin embargo, en los hechos, ésta no se cumple a cabalidad, limitándose las actividades a las comunidades locales con colaboración de personal técnico del Municipio, pero alejado en muchos casos del cumplimiento de esta ordenanza. En efecto, este mismo documento requiere ser revisado nuevamente para incorporar el árbol de problemas y su cumplimiento normativo, basado en los antecedentes de este estudio.

Esta investigación constituye un antecedente válido para formular estrategias de prevención del peligro y de revisión de normativas para la construcción de nuevas edificaciones en áreas sensiblemente vulnerables al impacto de nuevos incendios. La experiencia en los últimos años ha demostrado que, aunque las organizaciones vecinales disponen de adecuados esquemas organizacionales para enfrentar este tipo de emergencias, solicitan con urgencia nuevas disposiciones normativas que sean transversales para todas actividades y grupos de localidades que conforman la Comuna de San José de Maipo. En efecto, la ocurrencia de incendios forestales y sus niveles de gravedad han ido en aumento, con lo cual este estudio contribuye a revisar los antecedentes normativos que aplican a la gestión del peligro en esta Comuna.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), a través de su fondo de investigación FONDEF, particularmente al proyecto it16i10003. También a la Ilustre Municipalidad de San José de Maipo por otorgar todas las facilidades de terreno y acercamiento a las comunidades. Agradecimientos también a las instituciones colaboradoras de este proyecto: Corporación Nacional Forestal Región Metropolitana, y ONEMI Región Metropolitana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARAY, R., HERRERA, R. y MEJÍAS, C., 2019. Project shelter, Part 2: Structural Verification. *Revista de la construcción* [en línea], vol. 18, pp. 68-86. DOI 10.7764/RDLC.18.1.68. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332689337_Project_shelter_Part_2_Structural_Verification.
- GARAY, R.M., TAPIA ZARRICUETA, R., CASTILLO SOTO, M.E., FERNÁNDEZ, O. y VERGARA, J., 2018. Habitabilidad de edificaciones y ranking de discriminación basado en seguridad y sustentabilidad frente a eventuales desastres: estudio de caso: viviendas de madera. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 28-45. [Consulta: 27 mayo 2021]. ISSN 0719-8477. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177928>.



- GONZÁLEZ, M., VÁSQUEZ, L. y HERNÁNDEZ, G., 2016. *Guía práctica para la construcción de viviendas de madera con sistema plataforma* [en línea]. S.l.: 185th Ed. Disponible en: <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/26793.pdf>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), 2018a. *Base Cartográfica Censal. Definición límite urbano censal y definición distrito censal* [en línea]. 2018a. S.l.: Departamento de Geografía. Disponible en: <http://www.censo2017.cl>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), 2018b. *Información Resultados Censo de población y Vivienda 2017* [en línea]. 2018b. S.l.: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). Disponible en: <https://redatamine.ine.cl>.
- JULIO ALVEAR, G., MOLINA MARTÍNEZ, J.R., CASTILLO SOTO, M. y RODRÍGUEZ Y SILVA, F., 2013. A territorial fire vulnerability model for Mediterranean ecosystems in South America. En: Accepted: 2014-01-24T18:18:58Z [en línea], [Consulta: 27 mayo 2021]. DOI 10.1016/j.ecoinf.2012.06.004. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120377>.
- MAY, N., GUENTHER, E. y HALLER, P., 2017. Environmental Indicators for the Evaluation of Wood Products in Consideration of Site-Dependent Aspects: A Review and Integrated Approach. *Sustainability* [en línea], vol. 9, pp. 1897. DOI 10.3390/su9101897. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320562743_Environmental_Indicators_for_the_Evaluation_of_Wood_Products_in_Consideration_of_Site-Dependent_Aspects_A_Review_and_Integrated_Approach.
- MIKKOLA, E. 2008. Forest fire impacts on buildings. *Transactions on Ecology and the Environment* (119):237-243. doi:10.2495/FIVA080241
- MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y URBANISMO, 2009. *Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*. Chile: MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y URBANISMO.
- MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y URBANISMO, 2014b. *Edificaciones estratégicas y de servicio comunitario Ntm 003* [en línea]. 2014b. S.l.: MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y URBANISMO. Disponible en: <http://minvuhistorico.minvu.cl/>.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, 2016. *Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile Tomo I. Salud y bienestar. División Técnica*. [en línea]. Chile: MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Disponible en: <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/EST%C3%81NDARES-DE-CONSTRUCCI%C3%93N-SUSTENTABLE-PARA-VIVIENDAS-DE-CHILE-TOMO-I-SALUD-Y-BIENESTAR.pdf>.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, 2017. Resumen de modificaciones y rectificaciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. [en línea]. 125: MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Disponible en: <http://www.minvu.cl/>.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, 2014a. Listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. *Minvu-Ditec*, vol. 14, no. 1.



MOORE, H. 1981. Protecting residences from Wildfires: a guide for homeowners, lawmakers, and planners. General Technical Report PSW-5. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. United States Department of Agriculture. 52p.

TAPIA, A., 2016. Iniciativa industrialización y prefabricación. S.I.: Construye2025.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Miguel Eduardo Castillo Soto: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Rosemarie Garay Moena: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Javiera Vergara Estrada: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2021 Miguel Eduardo Castillo Soto, Rosemarie Garay Moena, Javiera Vergara Estrada

