

# Análisis (CR)2 | Riesgo de incendios forestales: factores asociados

30 enero, 2023

*Por Gabriela Azócar, investigadora adjunta del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2; Marco Billi, investigador postdoctoral (CR)2 ; y Claudia Alonso, asistente de investigación línea de Gobernanza e interfaz ciencia-política (CR)2*

*Agradecimientos: Antonia Carrasco, Daniela Loyola, Romina Duarte*

La magnitud de los daños generados por el incendio de Viña del Mar a inicios de enero de 2023 ha vuelto a recordarnos la relevancia que estos desastres socioambientales tienen para un país como Chile con vastas extensiones de plantaciones forestales y zonas de interfaz. La vinculación de los incendios forestales con la crisis climática ha acentuado la preocupación por las graves consecuencias de este tipo de eventos. Cómo se comunica esa relación, sin embargo, puede constituir un riesgo de desinformación. El cambio climático ha incidido en la intensidad y frecuencia de los incendios forestales y los daños que estos provocan (1–4). En efecto, el aumento en la cantidad de eventos y áreas afectadas por incendios forestales que hemos podido observar en los últimos años se ha visto potenciado por una mayor frecuencia de olas de calor, prolongados ciclos de sequía y la degradación del suelo, especialmente en zonas con climas y paisajes mediterráneos como la zona central y parte del sur de Chile (5,6).

Sin embargo, aunque el cambio climático propicia aquellas condiciones que favorecen la ignición y propagación del fuego, no es la causa directa de estos (7–10). Personas expertas y diversas investigaciones coinciden en que en al menos un 90 % los incendios forestales tienen un origen antropogénico (5,11–14), es decir, su ignición se debe a prácticas voluntarias o involuntarias de seres humanos. Aun así, no es absolutamente claro en qué proporción se trata de hechos negligentes o intencionales, dado que las evidencias suelen desaparecer como consecuencia del propio incendio. Esto obstaculiza la investigación policial de posibles delitos y la consecuente aplicación de sanciones (15).

En el campo del análisis y la modelación del riesgo de incendios, en cambio, hay un sustantivo avance. Desde la investigación científica el riesgo se ha definido como la probabilidad de ocurrencia de un evento que puede generar potenciales daños (16,17). Esto se debe a una combinación de tres factores: a) la amenaza (probabilidad e intensidad esperada del incendio), b) la exposición (presencia de ecosistemas, personas, bienes o servicios en la zona potencialmente afectada por el incendio) y c) vulnerabilidad (predisposición a sufrir daños o pérdidas graves por culpa del incendio). En el caso de los incendios forestales el riesgo más marcado suele producirse en los entornos ecológicos y comunitarios que configuran las zonas de interfaz urbano-forestal. En estas áreas interactúan una serie de variables geográficas, topográficas, climáticas, de cobertura de suelo y sociales (18–21), determinando la probabilidad y magnitud de posibles daños generados por el fuego. Es justamente la interacción entre las condiciones naturales y sociales lo que determina la

probabilidad de daño. De ello se deduce que el riesgo es contextual, es decir, depende de las características particulares de la zona en análisis.

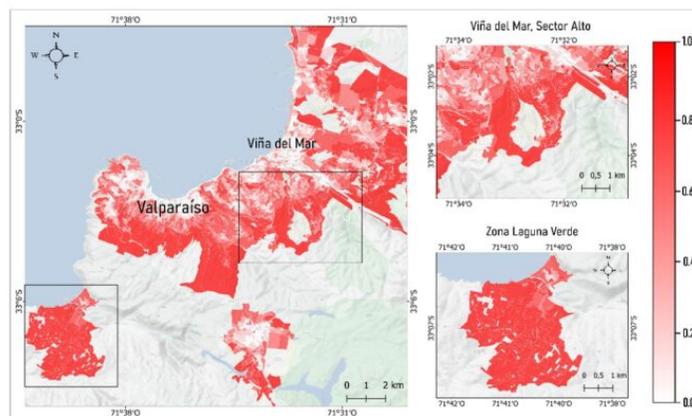
Los estudios al respecto suelen concordar en cuáles son las variables de mayor peso en la modelación de la vulnerabilidad y el riesgo de incendios forestales. Entre los factores naturales más comunes encontramos: especies de plantas y altura de árboles, humedad del combustible, temperatura, topografía y el clima local (5,11,18,22,23). Por otro lado, las variables de carácter antropogénico más mencionadas en la literatura son uso y cobertura de suelo, distancia de caminos, distancia de zonas urbanas o habitadas, e infraestructura urbana (3,13,22,24–26). Diversos trabajos de modelación de los incendios forestales coinciden en que las variables que mejor explican la ignición del fuego son aquellas de carácter humano. Así, por ejemplo, en la Región del Maule, una de las más devastadas por el megaincendio de 2017, un reciente estudio indica que tales variables son la proporción de cultivos, y la cercanía de caminos y ciudades (15). Esto corrobora la idea de que el origen de los incendios se asocia a actividades humanas que se desarrollan en las zonas de interfaz urbano forestal, algo que durante el periodo de confinamiento por la pandemia COVID-19 fue aún más evidente si consideramos el menor número de incendios forestales que se produjo durante ese periodo.

### **Estudio del riesgo de incendios forestales**

El análisis del riesgo de incendios forestales ha adquirido gran relevancia en Chile, especialmente luego del megaincendio de 2017, durante el cual 529.974 hectáreas fueron arrasadas por el fuego con un saldo de 3.000 viviendas perdidas y 11 personas muertas (27,28). A partir de la preocupación por que fenómenos de tal magnitud se sigan produciendo, se han desarrollado diferentes modelaciones en torno a la ignición de incendios en diferentes regiones del país (15,19,29). Durante la última temporada de incendios forestales, si bien es lamentable, los resultados de estos estudios se han corroborado. Gran parte de los incendios se han generado en zonas señaladas como de alto riesgo por estos estudios.

El incendio de Viña del Mar de diciembre de 2022 se produjo en la zona alta de la ciudad, en una zona clasificada como de alto riesgo por un estudio publicado el año 2021. Como se observa en la Figura 1 el área afectada por este incendio asume los valores más altos en la escala de riesgo. Este estudio señala que en la conurbación Viña del Mar – Valparaíso, el mayor nivel de amenaza se ha encontrado en las áreas periféricas de la zona urbana, donde destaca la presencia de interfaz urbano-forestal, cerros y quebradas, los que aumentan la probabilidad de ignición o propagación debido a la presencia de factores como la cobertura del suelo, pendiente y exposición de ladera (30).





*Figura 1. Mapa de Riesgo de Incendios Forestales. Elaborado a partir de los datos de Amigo et al. (2021).*

Cabe señalar que Viña del Mar presenta un mayor porcentaje de áreas con baja amenaza que Valparaíso debido a sus mayores índices de urbanización. Sin embargo, posee amplias zonas de interfaz urbano-forestal que contribuyen a aumentar la amenaza que enfrenta el territorio.

Valparaíso, por otro lado, por su particular topografía, presenta una amenaza de incendio media o alta en la mayoría de su territorio, especialmente en la zona del Anfiteatro y en Laguna Verde donde abundan las plantaciones forestales (ver figura 1) (30). Esto se traduce en un alto grado de conciencia por parte de la población sobre el riesgo de incendios en zonas de interfaz, así como en el compromiso del municipio por abordar este problema a través de su Plan Maestro para la Gestión de Riesgo. Una serie de barreras, sin embargo, se interponen en la implementación de este tipo de medidas: problemas con el manejo de la basura, deficiente planificación territorial, altos niveles de marginalidad y delincuencia, recursos municipales insuficientes, entre otros (31).

Cabe notar que los patrones de densidad demográfica que presentan ambas comunas generan un alto nivel de heterogeneidad en la distribución de la población y las viviendas; pese a ello, es común encontrar zonas densamente pobladas en las laderas y cerros de las periferias, que son zonas de alta amenaza como se ha indicado previamente. Estas áreas suelen a menudo ser las más vulnerables, debido a la concentración de condiciones de pobreza y marginación social, menor infraestructura, así como un alto grado de irregularidad en la ubicación y calidad de las viviendas. Estas zonas también son, a menudo, las que cuentan con menor capacidad de respuesta por el menor acceso a capitales y a servicios de emergencia (30).

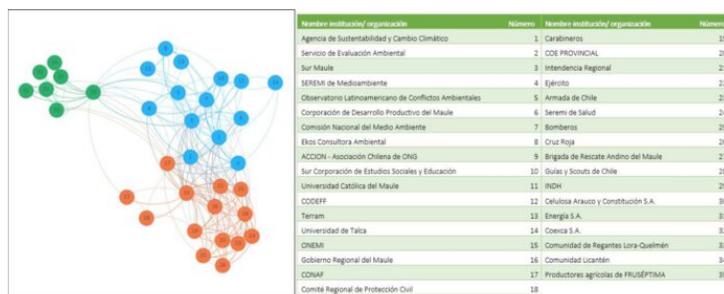
### **Gobernanza de los incendios forestales: diferentes narrativas sobre el riesgo**

Contar con conocimiento científico sobre las causas y factores asociados los incendios forestales no parece ser suficiente si este no se traspasa adecuadamente a tomadores de decisiones y organismos políticos y técnicos encargados de implementar acciones de

prevención, preparación y combate. Al respecto, resulta necesario generar instancias de diálogo entre los distintos agentes involucrados en la gobernanza de los incendios, más aún cuando, desde cada una de sus posiciones, el riesgo adquiere significados diferentes. Para la esfera **científica**, el riesgo se entiende como una probabilidad de daño factible de ser calculada y proyectada, mientras que los **actores técnicos y políticos** lo ven como un problema social asociado a un bajo nivel de compromiso de las comunidades y personas con la prevención. Por otra parte, para las **comunidades** el riesgo se asocia a estar preparados ante la ocurrencia de un incendio, es decir, saber qué hacer para resguardarse de sus daños. Esto no es del todo extraño si consideramos que parte de las campañas de prevención se enfocan en enseñar cómo reaccionar ante un incendio forestal que ya está ocurriendo.

Las narrativas sobre el riesgo sostenidas por los diferentes agentes de la gobernanza de los incendios forestales derivan en una serie de controversias sobre qué o quiénes se identifican como responsables de la gestión de este tipo de desastres y sobre cómo esta debe ser abordada. En tal contexto la gobernanza de los incendios forestales tiende a fragmentarse en acciones desarticuladas, de carácter reactivo, con una cobertura limitada y desigual en distintos territorios (32).

Un ejemplo claro de ello es lo que ocurre en la Región del Maule. El análisis de las vinculaciones formales entre agentes de la gobernanza de los incendios forestales en esta región muestra cómo esta se organiza en tres grupos de agentes (ver figura 2).



*Figura 2. Red gobernanza incendios forestales Región del Maule. Elaboración propia.*

El grupo de color naranja se conforma, principalmente, de instituciones públicas encargadas de acciones de prevención, combate y mitigación de los daños generados por incendios forestales. Se trata de un grupo altamente interconectado, algo que refleja el buen nivel de coordinación que existe en la región en torno al combate de incendios. Destaca en este grupo la centralidad de Onemi (actualmente Senapred), institución con mayor grado de vinculaciones con los agentes de su grupo y con la red en su conjunto. Por su lado, Conaf juega un importante rol de conexión con el resto de las instituciones de este grupo.

El grupo de color celeste se conforma de organismos relacionados con la producción de información y conocimiento técnico y científico sobre incendios forestales. Aquí, la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático es al actor que mayores vinculaciones internas genera y es el que más se vincula con el resto de la red.

El grupo de color verde lo componen organizaciones sociales, instituciones públicas y privadas de diversa índole. Este grupo representa la agencia comunitaria dentro de la gobernanza de los incendios forestales. No hay actores centrales en su interior y, en comparación con los otros grupos, está menos interconectado tanto internamente como con el resto de la red.

Los grupos de agentes dentro de esta red de gobernanza de la Región del Maule representan tres narrativas sobre cómo se aborda el riesgo de incendios forestales, cada una ligada a un significado y forma de actuar diferente en torno a estos desastres. La red de gobernanza que grafica esta figura da cuenta de una alta interconexión entre los agentes asociados a la gestión del riesgo y la producción de conocimiento sobre incendios forestales, grupos que, además, se encuentran internamente muy conectados. La vinculación de estos grupos con los agentes comunitarios en cambio es débil. Una mejor y mayor integración de este tipo de agencia es uno de los principales desafíos que se debe abordar para el fortalecimiento de la gobernanza de incendios forestales.

### **Recomendaciones**

De este análisis, surge un conjunto de recomendaciones:

- Promover el uso de la información científica generada en torno al riesgo de incendios forestales en organismos técnicos y políticos encargados de la gestión de desastres. Esto implica generar más información y más detallada, que permita orientar de manera efectiva las decisiones a tomar en escalas locales. Se debe cuidar la transparencia y difusión de esta información para fomentar la comprensión, preparación y capacidad de respuesta de los actores locales.



- Diferenciar con claridad prevención de preparación como parte de la gestión del riesgo de incendios forestales. La prevención debe ser trabajada desde un enfoque proactivo y de largo plazo que considere las consecuencias que tendrá el cambio climático y las tendencias en materia de sequía en el aumento del riesgo de incendios forestales. Se deben incluir, además, estrategias específicamente orientadas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia. En cuanto a la preparación, se debe fortalecer la formación de personas y comunidades en cómo evitar que los incendios se produzcan, promoviendo el uso controlado del fuego, la denuncia ante acciones negligentes y comportamientos de cuidado del medioambiente.
- Adecuar las estrategias de prevención a las características particulares de los territorios y zonas de interfaz, con el fin de que los conocimientos que se entreguen se ajusten a la realidad de estos entornos sociales y ecológicos, adquiriendo con ello mayor sentido y valor en quienes son receptores de esta información.
- Generar instancias de diálogo de carácter transdisciplinario en las que agentes políticos, técnicos, científicos y comunitarios discutan sus formas de comprender el riesgo y cómo gestionarlo, cuidando la inclusividad y equidad en la incorporación de estas distintas formas de conocimiento. Complementariamente, se recomienda crear una institucionalidad que fomente la interfaz entre conocimiento científico, sociedad y toma de decisiones en diferentes escalas.



## Referencias

1. Matt Jolly W, Freeborn PH, Page WG, Butler BW. Severe fire danger index: A forecastable metric to inform firefighter and community wildfire risk management. *Fire*. 2019;2(3):1–24.
2. Jolly WM, Cochrane MA, Freeborn PH, Holden ZA, Brown TJ, Williamson GJ, et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. 2015; Available from: [www.nature.com/naturecommunications](http://www.nature.com/naturecommunications)
3. Caggiano MD, Hawbaker TJ, Gannon BM, Hoffman CM. Building loss in wui disasters: Evaluating the core components of the wildland–urban interface definition. *Fire*. 2020;3(4):1–17.
4. Flannigan M, Stocks B, Turetsky M, Wotton M. Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Glob Chang Biol* [Internet]. 2009 Mar 1 [cited 2022 Aug 1];15(3):549–60. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01660.x>
5. Kang Y, Jang E, Im J, Kwon C, Kim S. Developing a new hourly forest fire risk index based on catboost in South Korea. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020;10(22):1–21.
6. Meneses BM. Vegetation recovery patterns in burned areas assessed with landsat 8 oli imagery and environmental biophysical data. *Fire*. 2021;4(4).
7. Westerling AL, Hidalgo HG, Cayan DR, Swetnam TW. Warming and earlier spring increase Western U.S. forest wildfire activity. *Science* (1979) [Internet]. 2006 Aug 18 [cited 2022 Jul 20];313(5789):940–3. Available from: <https://doi.org/10.1126/science.1128834>
8. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Calvo E, et al. El cambio climático y la tierra Resumen para responsables de políticas Editado por [Internet]. 2020. Available from: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
9. Parisien MA, Parks SA, Krawchuk MA, Little JM, Flannigan MD, Gowman LM, et al. An analysis of controls on fire activity in boreal Canada: comparing models built with different temporal resolutions. *Ecological Applications* [Internet]. 2014 Sep 1 [cited 2022 Aug 1];24(6):1341–56. Available from: <https://doi.org/10.1890/13-1477.1>

10. Bowman DMJS, Williamson GJ. River flows are a reliable index of forest fire risk in the temperate tasmanian wilderness world heritage area, Australia. *Fire*. 2021;4(2).
11. Maniatis Y, Doganis A, Chatzigeorgiadis M. Fire Risk Probability Mapping Using Machine Learning Tools and Multi-Criteria Decision Analysis in the GIS Environment: A Case Study in the National Park Forest Dadia-Lefkimi-Soufli, Greece. *Applied Sciences*. 2022;12(6):2938.
12. Ganteaume A, Camia A, Jappiot M, San-Miguel-Ayanz J, Long-Fournel M, Lampin C. A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environ Manage*. 2013;51:651–62.
13. Ricotta C, Bajocco S, Guglietta D, Conedera M. Assessing the influence of roads on fire ignition: Does land cover matter? *Fire*. 2018;1(2):1–9.
14. Xofis P, Konstantinidis P, Papadopoulos I, Tsiourlis G. Integrating remote sensing methods and fire simulation models to estimate fire hazard in a south-east mediterranean protected area. *Fire*. 2020;3(3):1–23.
15. Azócar G, Alfaro G, Alonso C, Calvo R, Orellana P. Modeling the Ignition Risk: Analysis before and after Megafire on Maule Region, Chile. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2022 Sep 1;12(18).
16. Scheer D, Benighaus C, Benighaus L, Renn O, Gold S, Röder B, et al. The Distinction Between Risk and Hazard: Understanding and Use in Stakeholder Communication. *Risk Analysis*. 2014;34(7):1270–85.
17. Dong X, Shao G, Limin D, Zhanqing H, Lei T, Hui W. Mapping forest fire risk zones with spatial data and principal component analysis. *Science in China: Series E Technological Sciences [Internet]*. 2006;49:140–9. Available from: [www.scichina.com](http://www.scichina.com)
18. van Hoang T, Chou TY, Fang YM, Nguyen NT, Nguyen QH, Canh PX, et al. Mapping forest fire risk and development of early warning system for NW vietnam using AHP and MCA/GIS methods. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020;10(12):1–19.
19. Miranda A, Carrasco J, González M, Pais C, Lara A, Altamirano A, et al. Evidence-based mapping of the wildland-urban interface to better identify human communities threatened by wildfires. *Environmental Research Letters*. 2020 Sep 1;15(9).

20. Chuvieco E, Aguado I, Yebra M, Nieto H, Salas J, Martín MP, et al. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecol Modell.* 2010 Jan 10;221(1):46–58.
21. Aragoneses E, Chuvieco E. Generation and mapping of fuel types for fire risk assessment. *Fire.* 2021;4(3).
22. Martin J, Hillen T. The spotting distribution of wild fires. *Applied Sciences (Switzerland).* 2016;6(6).
23. Pérez-Sánchez J, Jimeno-Sáez P, Senent-Aparicio J, Díaz-Palmero JM, Cabezas-Cerezo J de D. Evolution of burned area in forest fires under climate change conditions in southern Spain using ANN. *Applied Sciences (Switzerland).* 2019;9(19).
24. Ghorbanzadeh O, Blaschke T, Gholamnia K, Aryal J. Forest fire susceptibility and risk mapping using social/infrastructural vulnerability and environmental variables. *Fire.* 2019;2(3):1–27.
25. Montiel-Molina C, Vilar L, Romão-Sequeira C, Karlsson O, Galiana-Martín L, de Lomana GMG, et al. Have historical land use/land cover changes triggered a fire regime shift in central Spain? *Fire.* 2019;2(3):1–28.
26. Minsavage-davis CD. Evaluating the Performance of Fire Rate of Spread Models in Northern-European *Calluna vulgaris* Heathlands. 2022;
27. de la Barrera F, Barraza F, Favier P, Ruiz V, Quense J. Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of the Total Environment.* 2018 Oct 1;637–638:1526–36.
28. Bowman DMJS, Moreira-Muñ Oz A, Kolden CA, Chávez RO, Muñoz AA, Salinas F, et al. Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society [Internet].* 2021;4(1). Available from: <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1084-1>



29. Miranda A, Mentler R, Moletto-Lobos Í, Alfaro G, Aliaga L, Balbontín D, et al. The Landscape Fire Scars Database: mapping historical burned area and fire severity in Chile Earth System Science Data Discussions. Earth System Science Data Discussions [Internet]. 2022;1–22. Available from: <https://doi.org/10.5194/essd-2021-467>
30. Amigo C, Álamos N, Arrieta D, Billi M, Contreras M, Larraguibel C, et al. Riesgo integrado de Asentamientos Humanos. Conurbación Valparaíso – Viña del Mar [Internet]. Santiago; 2020 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2021/09/Amigo-et-al-2021-An%C3%A1lisis-de-riesgo-integrado-de-asentamientos-humanos-en-la-conurbaci%C3%B3n-de-Vi%C3%B1a-del-Mar-y-Valpara%C3%ADso.pdf>
31. Sapiains R, Aldunce P, Ugarte A, Marchant G, Inostroza V, Romero J. Trabajando juntos por Placeres Alto: Prevención comunitaria de incendios forestales. Santiago; 2019.
32. Billi M, Moraga P, Aliste E, Maillet A, O’Ryan R, Sapiains R, et al. Informe\_a\_las\_Naciones\_Gobernanza\_de\_los\_Elementos [Internet]. Santiago; 2021 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.cr2.cl/gobernanza-elementos>

