

LA INTERFAZ URBANO- FORESTAL COMO TIERRA DE NADIE EN LA CONSTRUCCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL EN CIUDADES COSTERAS CHILENAS¹

THE WILDLAND-URBAN INTERFACE AS NO MAN'S LAND IN THE CONSTRUCTION OF
WILDFIRE RISK FOR CHILEAN COASTAL CITIES

EDILIA JAQUE-CASTILLO ²
CAROLINA OJEDA-LEAL ³
CESAR MUÑOZ-BERRÍOS ⁴

¹ La Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Concepción financió este proyecto con los fondos VRID 2021000383MUL (EJC) y VRID 2021000341MUL (EJC). La Beca de Doctorado Nacional ANID 21200455 (CO), el proyecto FONDEF ID22110334 (EJC) y Proyecto 1523A009 FONDAP 2023 (CO).

² Doctora en Ciencias Ambientales
Profesora Titular, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Geografía
Universidad de Concepción, Concepción, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-6081-4204>
edjaque@udec.cl

³ Doctora en Arquitectura y Estudios Urbanos
Profesora part time, Escuela de Arquitectura, Facultad Arquitectura, Arte y Diseño. Universidad San Sebastián, Concepción, Chile.
Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Macul, Chile
<https://orcid.org/0000-0002-9830-9203>
carolina.ojeda@cigiden.cl

⁴ Geógrafo
Profesional Independiente
Concepción, Chile
<https://orcid.org/0009-0009-9600-413X>
cesar.munoz.berrios.12@gmail.com

El impacto de los incendios forestales en las zonas de interfaz urbano-forestal del centro-sur de Chile ha crecido de manera sostenida en las últimas décadas, intensificándose en la temporada 2022–2023 con 1.834 incendios que afectaron más de 183.000 hectáreas en la Región del Biobío. Si bien gran parte de la literatura se ha concentrado en el área metropolitana de Concepción, este artículo analiza el caso de la comuna de Arauco, al evaluar la amenaza de incendios forestales y su correspondencia con la zonificación establecida por el Plan Regulador Comunal de 1988 (PRCA). A partir de un análisis espacial que integró variables biofísicas y antrópicas, se determinó que el 60% del área urbana presenta una alta amenaza de incendios y que más del 75% de dicha superficie corresponde a usos residenciales de alta densidad autorizados por el PRCA. Esta superposición evidencia que los instrumentos de planificación no solo omiten la amenaza, sino que también contribuyen a la construcción social del riesgo al promover la densificación en áreas críticas. El estudio concluye que la interfaz urbano-forestal en Arauco —y en muchas ciudades costeras chilenas— se mantiene sin regulación efectiva, marcada por obsolescencia normativa, fragmentación institucional y ausencia de criterios de riesgo, configurando estos territorios como “tierras de nadie”.

Palabras clave: incendios forestales, planificación urbana, zona costera, uso de la tierra

The impact of wildfires in wildland–urban interface (WUI) zones of central-southern Chile has steadily grown in recent decades, intensifying during the 2022–2023 season with 1,834 fires that burned more than 183,000 hectares in the Biobío Region. While most studies have focused on the Concepción metropolitan area, this article examines the case of Arauco, assessing wildfire threats and their relationship with the zoning established by the 1988 Municipal Master Plan (PRCA, in Spanish). Using a spatial analysis that integrated biophysical and anthropogenic variables, the study found that 60% of Arauco’s urban area has a high wildfire risk, and that over 75% of this surface is authorized for high-density residential uses by the PRCA. This overlap reveals that planning instruments not only overlook wildfire risks but also contribute to their social construction by promoting urban densification in highly exposed areas. The study concludes that the wildland–urban interface in Arauco, as in many coastal Chilean cities, remains largely unregulated, shaped by regulatory obsolescence, institutional fragmentation, and the absence of explicit risk criteria, effectively converting these areas into “no man’s lands.”

Keywords: topography, wildfires, urban planning, coastal zone, land use

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la frecuencia e intensidad de los incendios forestales ha aumentado sostenidamente a nivel global, con impactos severos sobre ecosistemas, asentamientos humanos e infraestructuras críticas. En Chile, esta problemática se concentra en la zona centro-sur, donde confluyen condiciones climáticas extremas, transformaciones en el uso del suelo y un modelo productivo basado en monocultivos altamente inflamables, configurando escenarios de elevada exposición. En este contexto, los incendios trascienden lo ambiental y se constituyen en un riesgo socioambiental que afecta tanto áreas urbanas como rurales, especialmente en territorios frágiles como laderas, quebradas y bordes de interfaz urbano-forestal (WUI).

La literatura ha mostrado que la mayoría de los incendios en Chile tienen origen antrópico y ocurren recurrentemente en zonas densamente pobladas o cercanas a plantaciones forestales (González et al., 2020; Altamirano et al., 2013). Sin embargo, gran parte de los estudios se concentran en áreas metropolitanas como Concepción y Valparaíso (Jaque Castillo et al., 2021; Quinteros-Urquieta, 2019), dejando en segundo plano a comunas intermedias o periféricas que enfrentan vulnerabilidades similares. Esta brecha se combina con una débil articulación entre planificación urbana y gestión del riesgo, reflejada en instrumentos normativos incapaces de incorporar criterios de prevención y resiliencia en la regulación del uso del suelo (Villagra y Paula, 2021; Moris et al., 2017).

La comuna de Arauco, en la Región del Biobío, constituye un caso ilustrativo de esta problemática. Su Plan Regulador Comunal (PRC), vigente desde 1988, ha permitido la expansión urbana en sectores colindantes a áreas de alta exposición sin considerar estudios de incendios forestales. Esto evidencia las limitaciones de los marcos normativos para anticipar escenarios de desastre y responder a los desafíos del cambio climático en territorios urbanos emergentes. El objetivo de este artículo es evaluar la amenaza de incendios forestales en Arauco, con énfasis en la interfaz urbano-rural, y analizar su correspondencia con la zonificación del PRC. A partir de un análisis espacial de variables biofísicas y antrópicas, se busca aportar insumos técnicos para fortalecer la planificación territorial desde un enfoque preventivo e integrador de la gestión prospectiva del riesgo.

II. MARCO TEÓRICO

Durante las últimas décadas, los incendios forestales se han intensificado a escala global en frecuencia, extensión y severidad, afectando tanto paisajes naturales como asentamientos humanos en contextos climáticos y socioeconómicos diversos (Bowman et al., 2019). Este fenómeno se vincula directamente

con procesos de cambio climático, transformaciones en los usos del suelo, expansión urbana desregulada y modelos productivos intensivos, generando una crisis socioecológica que exige enfoques integrales desde la planificación territorial y la gestión del riesgo (Moreira et al., 2020).

Uno de los conceptos centrales para abordar esta problemática es la Interfaz Urbano-Forestal (IUF), entendida como la zona donde coexisten infraestructuras humanas y vegetación combustible, configurando condiciones de alta exposición al riesgo de incendio (Syphard et al., 2021; Radeloff et al., 2005). En estos entornos, el crecimiento urbano desordenado y la proximidad a masas vegetales continuas —plantaciones forestales o matorrales nativos— intensifican la amenaza, comprometiendo tanto la integridad de los ecosistemas como la seguridad de las comunidades (Stewart et al., 2007; Braun et al., 2021).

A escala de paisaje, la probabilidad de ocurrencia y propagación de incendios está determinada por la interacción entre clima, actividades humanas, cobertura del suelo y características fisiográficas (Dickson et al., 2006; Seidl et al., 2011, citado en Altamirano et al., 2013). Entre los factores clave destacan: el combustible vegetal disponible, la topografía y las condiciones meteorológicas (Thompson et al., 2025; Inzunza, 2009). Pendientes pronunciadas favorecen la velocidad de propagación, mientras que la densidad de vegetación, especialmente en sectores con plantaciones exóticas de alta inflamabilidad, incrementa el potencial de ignición (Huaico-Malhue et al., 2024; Williams, 2013).

El cambio de uso de suelo asociado a la expansión de monocultivos forestales —principalmente *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*— constituye un factor determinante en la alteración del régimen del fuego. Estas especies acumulan biomasa fina, reducen la humedad ambiental y poseen un elevado poder calorífico, condiciones que favorecen incendios de gran intensidad y extensión (Ruíz Murcia et al., 2015; Williams, 2013; Nahuelhual et al., 2012).

En Chile, los incendios de origen natural son poco frecuentes. Según el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2), el 99% de los eventos son provocados por acción humana, ya sea intencional o por negligencia (González et al., 2020). Factores como la proximidad a caminos, la accesibilidad, la presencia de asentamientos y el uso informal del espacio (quemadas agrícolas, fogatas, basurales) inciden directamente en su frecuencia y distribución. Esta predominancia de causas antrópicas coincide con lo observado en México (Pérez-Verdín et al., 2013), Brasil (Pereira Torres, 2014) y Ecuador (Pazmiño, 2019).

El modelo forestal chileno, de carácter extractivo y altamente concentrado, ha profundizado la exposición al riesgo, en particular en Biobío y La Araucanía (Frêne Conget y Núñez Ávila, 2010). Los mega incendios de 2017 y 2023 reflejaron

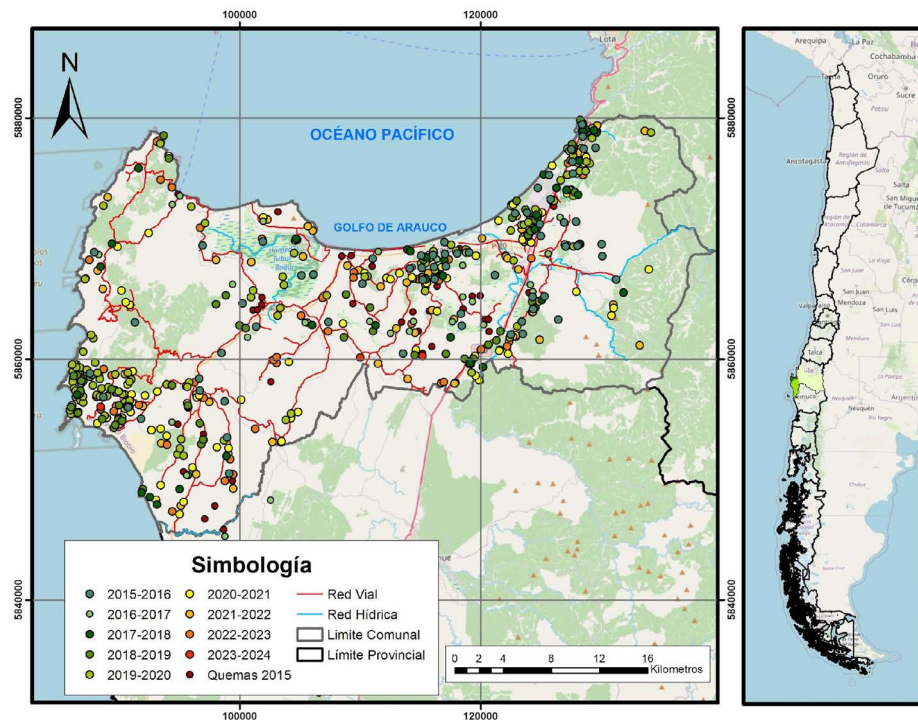


Figura 1: Comuna de Arauco y focos de incendios forestales 2010-2024. Fuente: CONAF (2023).

las consecuencias de un esquema territorial que privilegia la expansión de plantaciones sobre la regulación ecológica y la seguridad de las comunidades (Faúndez Pinilla et al., 2023; Jaque Castillo et al., 2021).

Desde el ámbito normativo, la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y su Ordenanza (OGUC) establecen la obligación de considerar amenazas naturales en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), como los Planes Reguladores Comunales (PRC). Sin embargo, diversos estudios demuestran la escasa incorporación de criterios de riesgo ante incendios forestales en la zonificación urbana (Vicuña y Guzmán, 2025; Alvarado Peterson et al., 2023; Jaque Castillo et al., 2022). Esta omisión ha permitido el desarrollo de proyectos habitacionales en quebradas, laderas y sectores adyacentes a masas forestales, perpetuando la exposición y facilitando la emergencia de otros riesgos. Tal dinámica se observa tanto en proyectos inmobiliarios recientes como en asentamientos informales (Zenteno-Torres et al., 2025; Kapstein López, 2004).

La comuna de Arauco, en la Región del Biobío, representa un nodo crítico de riesgo socioambiental (Pino Alborno y Carrasco Henríquez, 2019). Tres condiciones estructurales amplifican su vulnerabilidad: la expansión urbana hacia zonas de alta peligrosidad, la concentración de plantaciones forestales

alrededor de sectores habitados y un PRC obsoleto que carece de estudios específicos de riesgo. Esta configuración reproduce desigualdades socioespaciales y limita las capacidades locales de adaptación y prevención frente a incendios extremos.

La trayectoria institucional posterior al terremoto de 2010 contribuye a explicar esta falta de respuesta. Dicho evento profundizó la paralización en la actualización de planes como el PRC y el PROT, revelando debilidades estructurales de la planificación para enfrentar desastres (Aguirre et al., 2024; González-Mathiesen et al., 2024; Gil et al., 2024; Moris et al., 2017). A ello se suma la (Ley General de Urbanismo y Construcciones [LGUC], 1975; Ley N.º 20.249, 2008; Ley N.º 21.364, 2021; PROT, Gobierno Regional del Biobío, 2019; Ley N.º 21.455, 2022) que ha generado fragmentación institucional y superposición de competencias entre distintos niveles de gobierno.

En consecuencia, la literatura enfatiza la necesidad de reorientar la planificación territorial hacia modelos de gobernanza adaptativa y multiescalar. Estos deben integrar cartografía de amenazas, evaluaciones de vulnerabilidad y enfoques ecosistémicos, lo que permitiría reducir la exposición de las comunidades y promover paisajes más resilientes al fuego en el contexto del Antropoceno (Lavell, 2001; González-Mathiesen et al., 2024).

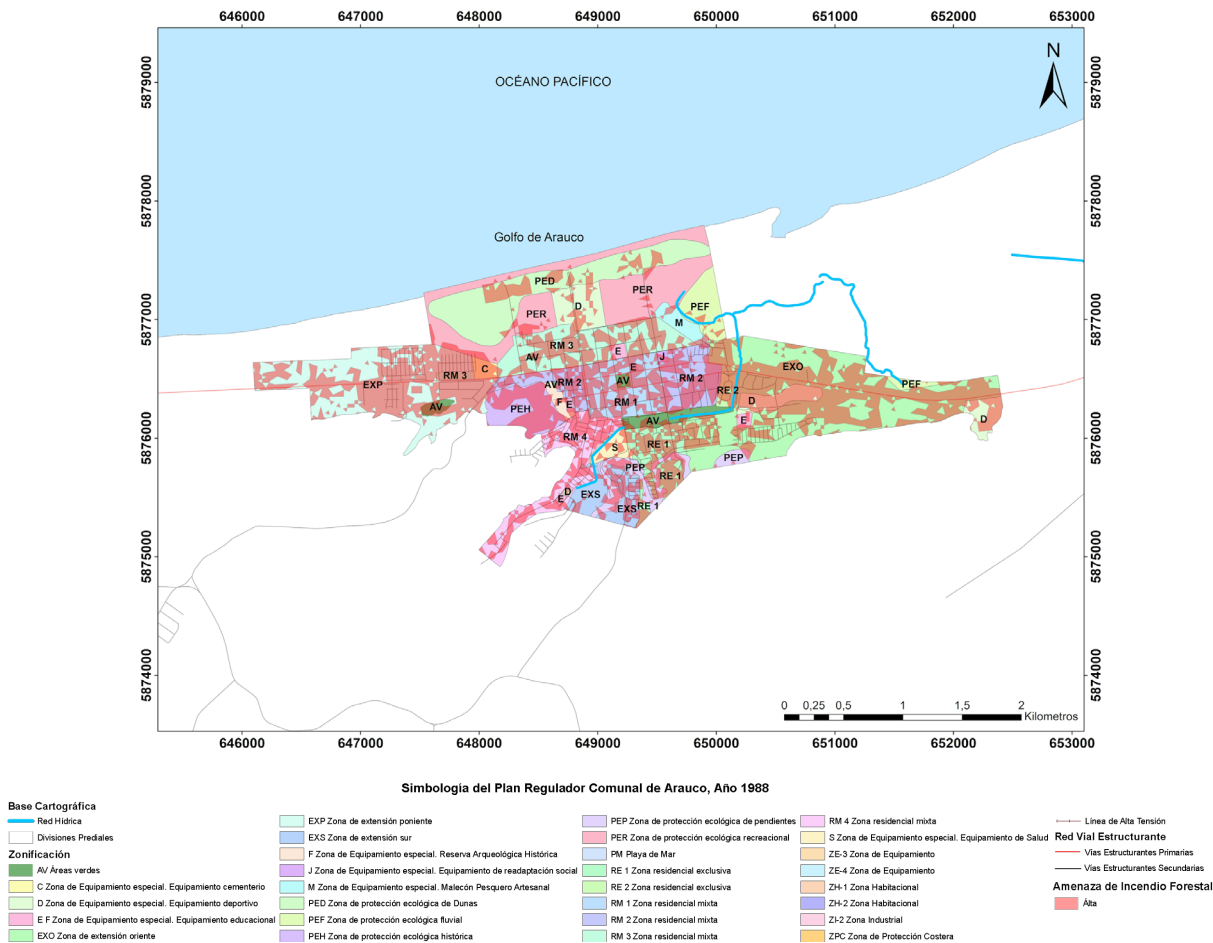


Figura 2: Zonas del Plan Regulador Comunal de Arauco de 1988. Fuente: Elaboración de los autores a partir de MINVU (2016).

III. ESTUDIO DE CASO

La comuna de Arauco, ubicada en la Región del Biobío ($37^{\circ}14'S$, $73^{\circ}19'W$), posee $956,1 \text{ km}^2$ y una población de 36.257 habitantes, de los cuales el 75% reside en áreas urbanas (INE, 2017). En las últimas décadas ha sido recurrentemente afectada por incendios forestales (Corporación Nacional Forestal [CONAF], 2022; CONAF, 2023), en un contexto dominado por la expansión urbana hacia la interfaz con plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

El instrumento de planificación vigente es el Plan Regulador Comunal (PRC) de 1988, que establece usos de suelo y condiciones de urbanización sin considerar estudios de riesgo asociados a incendios forestales. Para evaluar la exposición de la población, este estudio integró la zonificación del PRC con cartografía de amenazas derivada de variables biofísicas

y antrópicas. La superposición reveló áreas residenciales (RE1, RE2, RM1, RM2, RM3) ubicadas en sectores de alta amenaza, evidenciando la relación entre planificación territorial obsoleta y riesgo de desastre.

IV. METODOLOGÍA

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo y empírico basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), orientado a evaluar la amenaza de incendios forestales en la comuna de Arauco, con especial atención a las zonas de interfaz urbano-rural. La metodología integró variables biofísicas y antrópicas en un modelo multicriterio de amenaza (Elgueta Gutiérrez, 2023), que vincula la cartografía resultante con la zonificación del PRC vigente, con el fin de identificar sectores residenciales expuestos y analizar inconsistencias normativas en el uso del suelo.

Dimensión	Variable	Categorías de reclasificación	Fuente
Naturales	Insolación / Orientación de ladera	Bajo (-1,41 a -0,49), Medio (-0,49 a 0,46), Alto (0,46 a 1,41)	ASTER GDEM
Naturales	Pendiente	Baja, Media, Alta (según gradiente)	ASTER GDEM
Naturales	Altitud	0–144 m (Bajo), 144–421 m (Medio), 421–945 m (Alto)	ASTER GDEM
Naturales	Interfaz urbano-forestal	Tipologías de contacto	PRC
Antrópicas	Medio construido	Bajo (quemadas), Medio (caminos), Alto (carreteras, ferrocarriles, alta tensión)	CEDEUS
Antrópicas	Cobertura de suelo	Bajo (suelos descubiertos, agua, urbano), Medio (bosque nativo, humedal), Alto (agrícola, matorral, plantaciones)	CONAF-BIRF, Earth Explorer
Antrópicas	Inflamabilidad de la vegetación	NDVI/NDII: bajo, medio, alto	LANDSAT, Earth Explorer

Tabla 1: Variables utilizadas en la construcción del modelo de amenaza de incendios forestales. Fuente: Elaboración de los autores.

La construcción del modelo tomó como referencia el año 2016 y se fundamentó en la propuesta de Etxeberría et al. (2005), adaptada por Jaque Castillo et al. (2019), que considera variables agrupadas en dos categorías: Naturales: inflamabilidad de la vegetación (NDVI/NDII), insolación (exposición de ladera), altitud y pendiente (ASTER GDEM, LANDSAT) y Antrópicas: medio construido (distancia a carreteras, caminos, líneas eléctricas, zonas de camping; CEDEUS) y cobertura de usos de suelo (bosque nativo, matorral, áreas agrícolas, plantaciones exóticas, áreas urbanas, cuerpos de agua; CONAF-BIRF, Earth Explorer).

Cada variable se reclasificó en rangos de peligrosidad (baja, media, alta) (Tabla 1), aplicados a capas ráster y vectoriales. Posteriormente, se integraron mediante una ecuación heurística multicriterio en ArcGIS 10, asignando pesos diferenciados según su influencia en la propagación o ignición del fuego (Ecuación 1):

$$PI = 4V + 3H + 2I - A$$
(Ecuación 1)

donde PI = peligro de incendio; V = inflamabilidad; H = medio construido y cobertura; I = insolación; A = altitud.

La inflamabilidad se calculó con NDVI y NDII, reflejando densidad y humedad de la vegetación. La insolación se derivó de la orientación de las pendientes (mayor en laderas norte del hemisferio sur). La altitud se clasificó en tres rangos (<144 m, 144–421 m, >421 m). El medio construido incluyó buffers de 300 m para vialidad y 500 m para líneas de alta tensión. La cobertura de suelo se categorizó en baja (suelos descubiertos, agua, urbano), media (bosque nativo, humedales) y alta (matorral, agrícola, plantaciones exóticas).

El mapa de amenaza final se reclasificó en tres niveles de peligrosidad (baja, media, alta) y se superpuso con la zonificación

urbana oficial del PRC de Arauco (Arauco, 1988; MINVU, 2025). Este cruce permitió identificar la coincidencia entre áreas residenciales autorizadas y zonas de alta amenaza, aportando evidencia para evaluar la pertinencia del marco normativo frente al riesgo de incendios forestales.

V. RESULTADOS

El análisis de la cobertura de suelo mostró el predominio de plantaciones exóticas (*Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata*), acompañadas por matorral, praderas y fragmentos de bosque nativo. Aunque los usos urbanos representan solo el 5% de la superficie comunal, se concentran en Arauco, Laraquete y Carampangue. Los humedales costeros, incluido Tubul-Raqui (2.238 ha), fueron clasificados como suelos descubiertos con estrés hídrico estacional (Figura 3).

En cuanto a factores naturales, un 50% del territorio resultó altamente inflamable en áreas con vegetación continua y combustibles finos, un 26% mostró inflamabilidad media y solo un 4% baja. Respecto a insolación, un 43% de la comuna recibe radiación solar alta, principalmente en zonas urbanas y costeras, favoreciendo la ignición. El 64% de la superficie está bajo los 140 m s.n.m., coincidiendo con las áreas urbanas más expuestas.

Las variables antrópicas evidenciaron que un 8% de la comuna presenta alta peligrosidad en torno a la Ruta 160, la Ruta P-40 y Ramadillas, donde la proximidad del tendido eléctrico a plantaciones forestales constituye un riesgo crítico. (Figura 4)

En conjunto, el 57,5% de la superficie comunal presenta amenaza baja, 35,6% media y 6,8% alta. Estas últimas se localizan en vías principales y sectores urbanos, configurando una

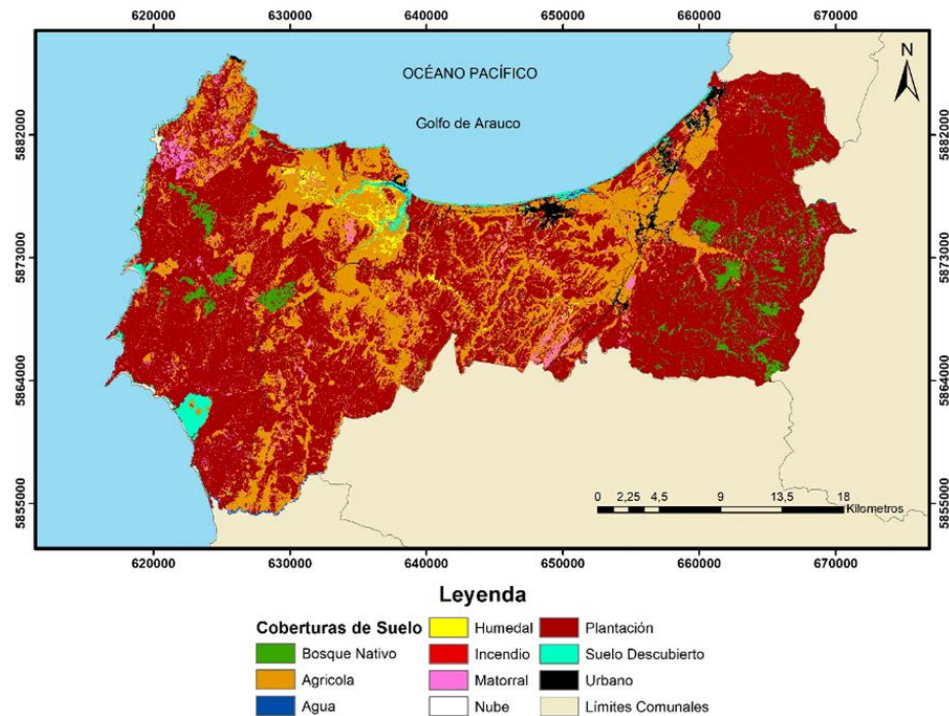


Figura 3: Mapa de Coberturas de Suelo. Comuna de Arauco año 2016. Fuente: Elaboración de los autores.

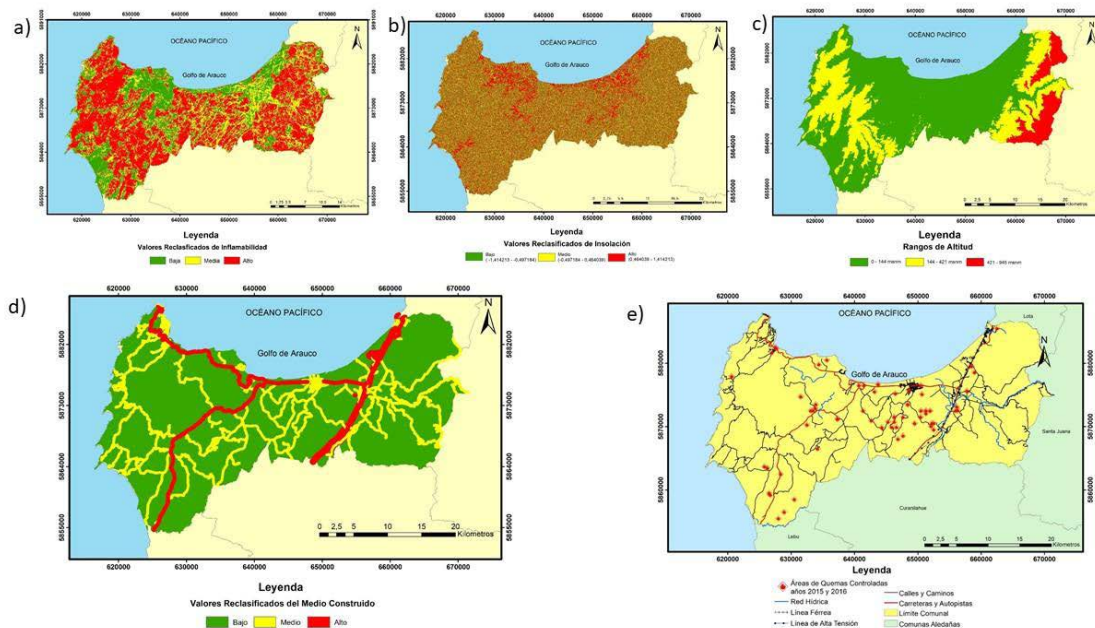


Figura 4: Factores Naturales y antrópicos de amenaza de incendios forestales: a) inflamabilidad, b) insolación y c) altitud. d) Medio Construido, e) áreas de influencia del medio construido. Fuente: Elaboración de los autores.



Figura 5: Mapa de Amenaza de Incendio Forestal Comuna de Arauco. Fuente: Elaboración de los autores.

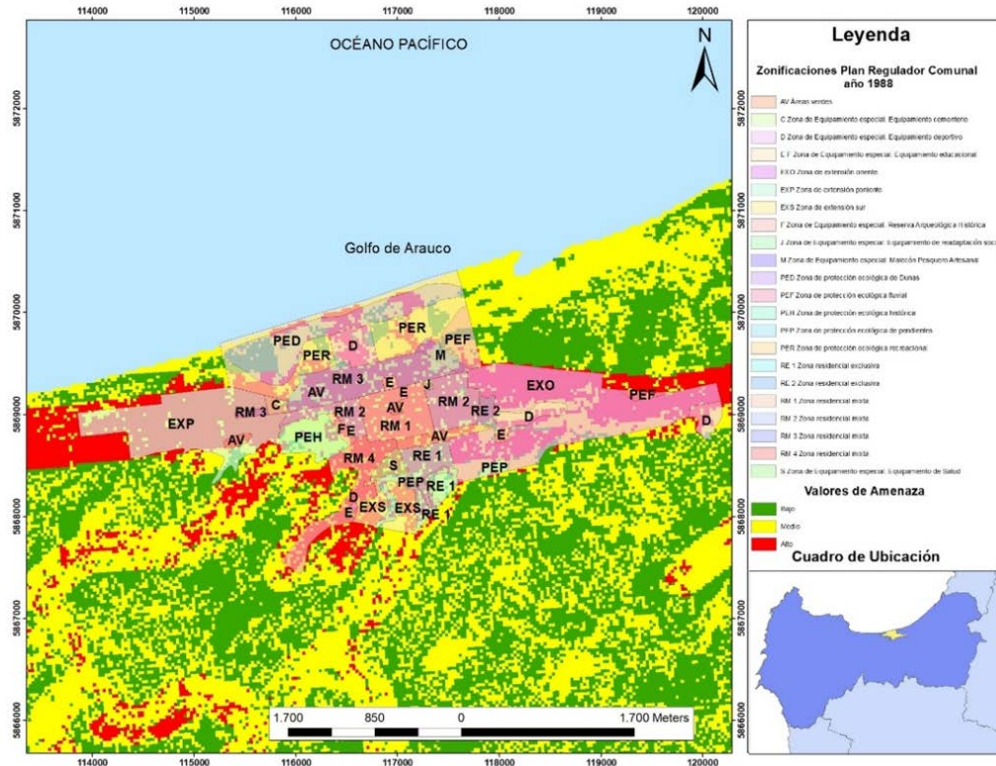


Figura 6: Superposición de Amenaza de Incendio Forestal sobre las zonificaciones de usos de suelo del PRC vigente (1988) Fuente: Elaboración de los autores.

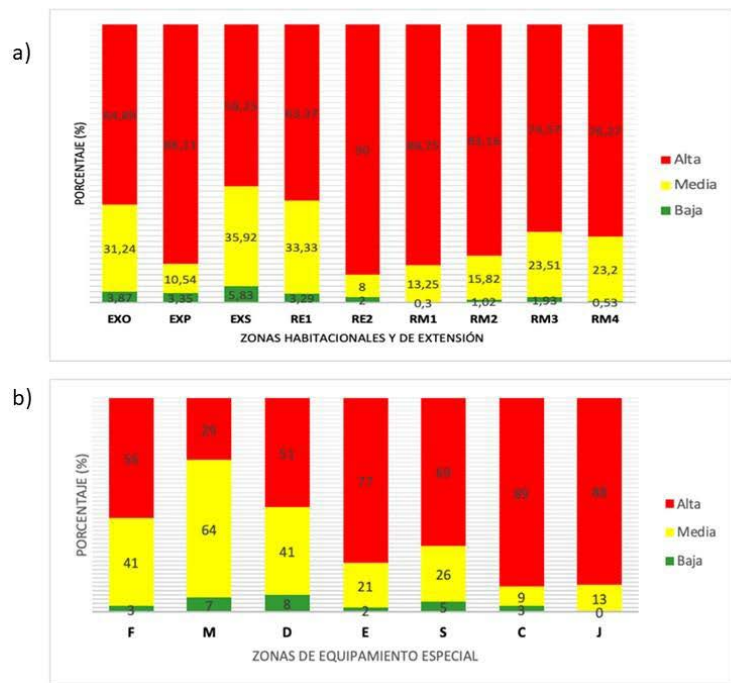


Figura 7: a) Amenaza de Incendio Forestal en Zonas Habitacionales b) Zonas de Extensión y en Zonas de Equipamiento Especial (PRCA. 1988). Fuente: Elaboración de los autores.

interfaz urbano-forestal altamente expuesta, en un contexto de crecimiento demográfico y urbanización desregulada (Figura 5).

El cruce con la zonificación del PRC (Figura 6) reveló que más del 75% del suelo urbano residencial se encuentra en zonas de alta amenaza (Figura 6). Las zonas residenciales mixtas (RE-2) y de extensión poniente (EXP) coincidieron en un 90% y 86%, respectivamente, con áreas de alta peligrosidad. Las zonas de equipamiento especial (cárcel de Arauco: 88%; centros de salud: 69%) también se emplazan en áreas críticas. En conjunto, se confirma que el PRC vigente reproduce la exposición al habilitar usos urbanos en territorios de riesgo, (Figura 7).

VI. DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de la amenaza de incendios forestales en la comuna de Arauco evidencian una alta exposición en áreas de interfaz urbano-forestal, especialmente en las zonas urbanas y de expansión definidas por el PRC vigente. Esta configuración territorial no es aislada, sino parte de una tendencia más amplia en las zonas costeras del centro-sur de Chile, donde confluyen dinámicas económicas, institucionales e históricas que condicionan la planificación urbana y la gestión del riesgo.

Diversos estudios han señalado que las contradicciones entre planificación, gobernanza y uso real del suelo en zonas costeras se explican por la presión ejercida por sectores estratégicos —portuario, industrial y forestal— junto a la expansión urbana formal e informal en territorios de alta vulnerabilidad (Andersen Cirera y Balbontín Gallo, 2021). Estas transformaciones han intensificado la fragmentación del paisaje, aumentando la exposición a incendios forestales, como se ha documentado en el Área Metropolitana de Valparaíso (Quinteros-Urquieta, 2019), en el Gran Concepción (Jaque Castillo et al., 2021) y en la propia comuna de Arauco (Jaque Castillo et al., 2022).

A estas presiones estructurales se suman factores socioeconómicos que limitan las capacidades institucionales locales. La escasez de personal técnico en los municipios, la dependencia del Fondo Común Municipal y de los Fondos de Gobierno (2025) para financiar licitaciones de instrumentos de planificación territorial), así como la baja calidad de vida en muchas zonas costeras —marcadas por déficit de servicios, bajos ingresos y precariedad habitacional— dificultan la elaboración y actualización de planes con enfoque de riesgo (Silva y Mena, 2020; Guerrero et al., 2023).

Incluso cuando han existido intentos de incorporar el riesgo de incendio forestal en la planificación, estos han enfrentado barreras institucionales. En 2014, el Ministerio de Vivienda

y Urbanismo [MINVU] emitió la Circular 350/DDU-269, que instruyó incluir el riesgo de incendios en los IPT; sin embargo, la Contraloría General desestimó esta iniciativa al sostener que las circulares no podían imponer nuevos requerimientos a los planes reguladores, limitándose a orientar la aplicación de normativas vigentes como la LGUC y la OGUC. Este fallo evidenció los límites legales y estructurales para integrar el riesgo de incendios en la planificación territorial chilena (González-Mathiesen et al., 2024), reflejando tensiones entre conocimiento técnico, voluntad institucional y restricciones normativas.

En este escenario, la interfaz urbano-forestal se configura como un espacio crítico de vacío institucional. Aunque es reconocida como zona de alta vulnerabilidad, no existe integración sistemática de su gestión en las políticas urbanas, ambientales ni forestales. Esta ausencia normativa genera una condición asimilable a una "tierra de nadie", donde ninguna entidad pública asume la responsabilidad de regular o mitigar el riesgo. Como resultado, la planificación urbana no solo omite un componente esencial del riesgo, sino que en muchos casos lo reproduce, al habilitar usos residenciales en sectores altamente expuestos.

El caso de Arauco constituye así una expresión territorial concreta de un problema estructural de alcance nacional. La obsolescencia del PRC, la ausencia de estudios fundados de riesgo y la falta de una política coherente para la interfaz urbano-forestal reflejan fallas sistémicas en la gobernanza territorial. Superar esta situación requiere articular planificación y gestión del riesgo, integrando explícitamente las amenazas antrópicas en los instrumentos normativos y avanzando hacia modelos de desarrollo territorial más resilientes (Villagra y Paula, 2021).

VII. CONCLUSIONES

Este estudio confirma que la amenaza de incendios forestales en Arauco se concentra en la interfaz urbano-forestal, donde existe una alta exposición de áreas residenciales. La superposición entre la zonificación del PRC de 1988 y las áreas de alta amenaza muestra que la planificación no solo omite el riesgo, sino que lo reproduce al habilitar densificación en sectores críticos.

La ausencia de criterios de riesgo en el PRC vigente refleja la desconexión entre planificación y gestión del riesgo de desastres. Esta omisión coincide con lo señalado por la literatura sobre la construcción social del riesgo, donde los marcos normativos perpetúan la exposición cuando no incorporan amenazas ambientales emergentes.

A nivel nacional, los resultados se suman a la evidencia sobre la limitada integración de amenazas naturales en la planificación territorial, especialmente en comunas con expansión urbana, monocultivos forestales y condiciones climáticas propicias para incendios. Internacionalmente, aportan evidencia empírica sobre

los desafíos de las interfaces urbano-forestales en el contexto del cambio climático.

La metodología basada en SIG e integración de variables biofísicas y antrópicas demostró utilidad para evaluar espacialmente la amenaza y es replicable en otras comunas del país. En términos de implicancias, el estudio refuerza la necesidad de actualizar los PRC incorporando estudios fundados de riesgo y articulando la planificación con políticas de adaptación territorial, en línea con el Marco de Sendai. Una planificación sensible al riesgo, informada por evidencia, es clave para reducir la exposición y fortalecer la resiliencia frente a desastres socioambientales cada vez más frecuentes.

VIII. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES CRedit:

Conceptualización, E.J.C.; Curación de datos, C.M.B.; Análisis formal, C.O.L.; Adquisición de financiación, E.J.C.; Investigación, E.J.C.; Metodología, C.M.B.; Administración de proyecto, E.J.C.; Recursos, E.J.C.; Software; Supervisión; Validación, C.M.B.; Visualización, E.J.C.; Escritura – borrador original, C.O.L.; Escritura – revisión y edición, E.J.C.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P., León, J., González-Mathiesen, C., Román, R., Penas, M., y Ogueda, A. (2024). Modelling the vulnerability of urban settings to wildland-urban interface fires in Chile. *Articles*, 24(4), 1521-1537. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-1521-2024>
- Altamirano, A., Salas, C., Yaitul, V., Smith-Ramirez, C., y Ávila, A. (2013). *Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la ocurrencia de incendios forestales en Chile Central*. *Revista de Geografía Norte Grande*, (55), 157-170. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022013000200011>
- Andersen Cirera, K., y Balbontín Gallo, C. (2021). La planificación del borde costero chileno. Una regulación insuficiente. *Revista de Geografía Norte Grande*, (80), 227-247. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000300227>
- Alvarado Peterson, V., Paulsen-Espinoza, A., y Hidalgo Dattwyler, R. (2023). *Seguridad ontológica y propiedad residencial. Vivienda, bienestar y naturaleza en los suburbios del sur chileno (2011-2023)*. *Revista De Direito Da Cidade*, 15(3), 1454-1478. <https://doi.org/10.12957/rdc.2023.78910>
- Bowman, D. M. J. S., Moreira-Muñoz, A., y Kolden, C. A. (2019). Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48, 350-362. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1084-1>
- Braun, A. C., Faßnacht, F., Valencia, D. y Sepulveda, M. (2021). *Consequences of land-use change and the wildfire disaster of 2017 for the central Chilean biodiversity hotspot*. *Regional Environmental Change*, 21, 37. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01756-4>
- Chile. (1975). *Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC)*, D.F.L. N.º 458, de 13 de abril de 1976 (texto fijado). Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=13560&idParte=8632116>
- Chile. (24 de marzo de 1988). *Plan Regulador Comunal de la comuna de Arauco* (D.S. N.º 23 de 5 febrero 1988, D.O. 24/03/1988). Recuperado <https://centrodeestudios.minvu.gob.cl/planes-reguladores/>

Chile. (2008, 19 de febrero). Ley N° 20.249. *Crea el Espacio Costero Marino de los Pueblos Originarios*. Recuperado de https://www.conadi.gob.cl/storage/docs/Comunicaciones/Leyes/Ley_20249.pdf

Chile. (2021, 7 de agosto). Ley N° 21.364. *Establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sustituye la Oficina Nacional de Emergencia por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres...* Recuperado de <https://www.bcn.cl/historiadelaley/nc/historia-de-la-ley/7900>

Chile. (2022, 13 de junio). Ley N° 21.455. *Ley Marco de Cambio Climático*. Recuperado de <https://www.leychile.cl/navegar?idNorma=1177286>

Corporación Nacional Forestal [CONAF]. (2022). *Plan de protección contra incendios forestales, Comuna de Los Álamos*. Municipalidad de Los Álamos y Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Corporación Nacional Forestal [CONAF]. (2023). *Ocurrencia y daño histórico nacional, 1985–2024*. Corporación Nacional Forestal (CONAF). <https://www.conaf.cl/centro-documental/ocurrencia-y-dano-historico-nacional-1985-2023/>

Dickson, B. G., Prather, J. W., Xu, Y., Hampton, H. M., Aumack, E. N., y Sisk, T. D. (2006). Mapping the probability of large fire occurrence in northern Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 21, 747–761. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-5475-x>

Elgueta Gutiérrez, V. N. (2023). *Clasificación de la amenaza por incendios forestales en campamentos del Anfiteatro de Valparaíso*. *Revista Cartográfica*, (107), 35–56. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i107.3566>

Etcheberria, P., Edeso, J. M., y Brazaola, A. (2005). Metodología para crear mapas de peligros naturales en Guipúzcoa utilizando SIG. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (5), 250–267. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/68>

Faúndez Pinilla, J., Castillo Soto, M., y Navarro Cerrillo, R. M. (2023). *Impactos de los incendios forestales de magnitud en áreas silvestres protegidas de Chile central*. *Bosque (Valdivia)*, 44(1), 83–95. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-92002023000100083>

Fondos de Gobierno. (2025). *Fondo Concursable 2025 – Programa de Gestión del Riesgo de Desastres*. <https://fondos.gob.cl/ficha/senapred/programagr/>

Frêne Conget, C., y Núñez Ávila, M. (2010). *Hacia un nuevo modelo forestal en Chile*. *Revista Bosque Nativo*, (47), 25–35. http://revista.bosquenativo.cl/volumenes/47/2_opinion.htm

Gil, M., Cruz, F., Gilabert, H., Campos, K., González-Mathiesen, C., y Vicuña, M. (2024). *Gestión del riesgo de incendios forestales en Chile: aprendizajes y temas emergentes*. Centro de Políticas Públicas UC, Temas de la Agenda Pública. <https://politicaspublicas.uc.cl/publicacion/gestion-del-riesgo-de-incendios-forestales-en-chile-aprendizajes-y-temas-emergentes/>

González, M. E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada Ugarte, A. M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R. J., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J. P., Carrasco, C., Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., y Castillo, I. (2020). *Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84. <https://www.cr2.cl/incendios/>

González-Mathiesen, C., March, A., y Yunis-Richter, F. (2024). Integrando la gestión del riesgo de los incendios forestales y la planificación territorial: Una reseña del contexto histórico de Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres - REDER*, 8(2), 68–82. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.158>

Guerrero, N., Contreras, M., y Chamorro, A. (2023). Social vulnerability in Chile: challenges for multi-scale analysis and disaster risk reduction. *Natural Hazards*, 117, 3067–3102. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05978-z>

Huaico-Malhue, A., Carrasco-Cabello, C., Ojeda, C., y López-Briones, J. (2024). El reemplazo de la vegetación de tipo mediterránea: Los desafíos para la planificación territorial y el riesgo de desastres en una cuenca de Chile central. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres - REDER*, 8(1), 254–267. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i1.150>

Región del Biobío (Chile). (2019). *Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) de la Región del Biobío*. Documento síntesis. Recuperado de https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/04_Anteproyecto_PROT_Biobio%20C3%ADO.pdf

Ruiz Murcia, F., Gutierrez Valderrama, J. E., Dorado Delgado, J., Eduardo Mendoza, J., Martínez Zuleta, C., Rojas Laserna, M., Hernández Gaona, D., y Rodríguez Salguero, M. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011–2100 Nivel Nacional - Departamental: Herramientas científicas para la toma de decisiones*. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Ministerio de Relaciones Exteriores, Departamento Nacional de Planeación – DNP. <https://www.andi.com.co/Uploads/NUEVOS%20ESCENARIOS%20DE%20CAMBIO%20CLIM%3%81TICO%20COLOMBIA%202011%20-%202100.pdf>

INE. (2017). *Resultado Censo de Población y Vivienda 2017*. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. https://redatam-ine.ine.cl/redbit/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CENSO_2017&lang=esp

Inzunza, J. C. (2009). The relation between Puelche wind and the occurrence of forest fires in Bío Bío region, Chile. *Ingeniería y Ciencia*, 5(10), 33–48. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/54>

Jaque Castillo, E., Castillo, C., Ojeda Leal, C., y Díaz, P. (2019). Vulnerabilidad educativa ante incendios forestales en el Área Metropolitana de Concepción. Caso de estudio: Penco, Chile. *Estudios Socioterritoriales. Revista De Geografía*, (25), e022. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.25-022>

Jaque Castillo, E., Fernández, A., Fuentes Robles, R., y Ojeda, C. G. (2021). Data-based wildfire risk model for Mediterranean ecosystems - case study of the Concepción metropolitan area in central Chile. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(12), 3663–3678. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-3663-2021>

Jaque Castillo, E., Ojeda, C. G., y Fuentes Robles, R. (2022). Landscape fragmentation at Arauco Province in the Chilean forestry model context (1976–2016). *Land*, 11(11), 1992. <https://doi.org/10.3390/land11111992>

Kapstein López, P. (2004). Análisis de asentamientos precarios en Valparaíso y su incidencia en el crecimiento urbano. *Revista INVI*, 19(49). <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2004.62210>

Lavell, A. (2001). *Sobre la gestión del riesgo: Apuntes hacia una definición*. <https://desastres.unaenleon.edu.ni/pdf/2004/mayo/PDF/SPA/DOC/15036/doc15036-contenido.pdf>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU]. (2014). *Circular Ordinaria N.º 350 DDU 269: Definición de áreas de riesgo por amenaza de incendio en los instrumentos de planificación territorial*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/DDU-269.pdf>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU]. (2025). *Planes Reguladores Comunales de Chile*. MINVU.

Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M. C., Catry, F. X., Armesto, J., Bond, W., González, M. E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pusas, J. G., Rigolot, E., Stephens, S., Tavsanoglu, C., Vallejo, V. R., Van-Wilgen, B. W., Xanthopoulos, G., y Fernandes, P. M. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>

Moris, R., Contrucci, P., y Ortega, A. (2017). El riesgo en la actualización post-desastre de instrumentos de planificación territorial comunales en Chile 2010–2014. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres - REDER*, 1(1), 85–100. <https://doi.org/10.55467/reder.v1i1.6>

Nahuelhual, L., Carmona, A., Lara, A., Echeverría, C., y González, M. E. (2012). Land-cover change to forest plantations: Proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile. *Landscape and Urban Planning*, 107(1), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.006>

Pazmiño, D. (2019). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 7(1), 10–18. <https://doi.org/10.29166/revfig.vii1.1800>

Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., y Salmerón-Macías, M. (2013). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 19(2), 37–58. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000200003

Pereira Torres, F. (2014). *Estudos sobre incêndios em vegetação nas áreas urbanas de Ubatuba e Juiz de Fora – MG* [Tesis de Doctorado]. Universidade Federal de Viçosa. <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/606/texto%20completo.pdf>

Pino Alborno, A. P., y Carrasco Henríquez, N. G. (2019). Extractivismo forestal en la comuna de Arauco (Chile): internalización y formas de resistencia. *Revista Colombiana de Sociología*, 42(1), 207–226. <https://doi.org/10.15446/rcs.v42n1.73233>

Quinteros-Urquieta, C. (2019). Transformaciones urbanas postdesastre en Valparaíso. Estado y planes de reconstrucción. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 151–158. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.70070>

Radeloff, V. C., Hammer, R. B., Stewart, S. I., Fried, J. S., Holcomb, S. S., y McKeefry, J. F. (2005). The wildland–urban interface in the United States. *Ecological Applications*, 15(3), 799–805. <https://doi.org/10.1890/04-1413>

Seidl, R., Fernandes, P. M., Fonseca, T. F., Gillet, F., Jönsson, A. M., Merganicova, K., Netherer, S., Arpacı, A., Bontemps, J.-D., Bugmann, H., González-Olabarria, J. R., Lasch, P., Meredieu, C., Moreira, F., Schelhaas, M.-J., y Mohren, F. (2011). Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review. *Ecological Modelling*, 222(4), 903–924. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.09.040>

Silva, N., y Mena, C. (2020). Identifying the underlying risk factors of local communities in Chile. *Disaster Prevention and Management*, 29(5), 681–696. <https://doi.org/10.1108/DPM-04-2020-0105>

Stewart, S. I., Radeloff, V. C., Hammer, R. B., y Hawbaker, T. J. (2007). Defining the Wildland–Urban Interface. *Journal of Forestry*, 105(4), 201–207. <https://doi.org/10.1093/jof/105.4.201>

Syphard, A. D., Rustigian-Romsos, H., y Keeley, J. E. (2021). Multiple-scale relationships between vegetation, the wildland–urban interface, and structure loss to wildfire in California. *Fire*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.3390/fire4010012>

Thompson, V., Mitchell, D., Melia, N., Bloomfield, H., Dunstone, N., y Kay, G. (2025). Detecting rising wildfire risks for South East England. *Climate Resilience and Sustainability*, 4(1), e70002. <https://doi.org/10.1002/cli2.70002>

Vicuña, M., y Guzmán, S. (2025). *Atlas del riesgo de desastre: Áreas de riesgo en los instrumentos de planificación territorial en Chile*. Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastre – CIGIDEN, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales PUC. <https://www.cigiden.cl/atlas-del-riesgo-de-desastre-areas-de-riesgo-en-los-instrumentos-de-planificacion-territorial-en-chile/>

Villagra, P., y Paula, S. (2021). Wildfire management in Chile: Increasing risks call for more resilient communities. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 63(3), 4–14. <https://doi.org/10.1080/00139157.2021.1898891>

Williams, J. (2013). Exploring the onset of high-impact mega-fires through a forest land management prism. *Forest Ecology and Management*, 294, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.030>

Zenteno Torres, E., Muñoz Salazar, P. & Rosso Ávila, B. (2022). Urbanización subalterna en tiempos de pandemia. Asentamientos informales en Chile. *Bitácora Urbano Territorial*, 32(2), 267–280. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v32n2.99624>