Revista Geográfica de Chile Terra Australis, Vol. 62 N°1 (2026) 2-21 ISSN 0719-9562
https://doi.org/10.23854/07199562.2026621.jaque

RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA INTERFAZ URBANO-FORESTAL DE SAN JUAN BAUTISTA. ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ.

WILDFIRE RISK IN THE WILDLAND–URBAN INTERFACE OF SAN JUAN BAUTISTA. JUAN FERNANDEZ ARCHIPELAGO.

Alexander Davidovich Barra[1], Edilia Jaque Castillo[1*]

RESUMEN

Los incendios forestales han aumentado en frecuencia y severidad, convirtiéndose en una de las amenazas más críticas para los ecosistemas y las comunidades a nivel mundial. En territorios insulares como el Archipiélago de Juan Fernández, estos eventos representan un riesgo mayor debido a la fragilidad ecológica de sus ecosistemas, su aislamiento geográfico y la capacidad local de respuesta.
Este estudio evalúa el riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de la aldea de San Juan Bautista mediante la integración de análisis espaciales cualitativos y cuantitativos. La amenaza se evaluó considerando: susceptibilidad de la cobertura vegetal, condiciones climáticas, topografía, antecedentes históricos de incendios y accesibilidad territorial, mientras que la vulnerabilidad se estimó a partir de la exposición de la población, la infraestructura y los servicios críticos.

El 47,05% del área presenta riesgo alto de incendios forestales, asociado a la convergencia de vegetación con elevada carga de combustible, relieve abrupto, condiciones climáticas, accesibilidad restringida y limitada infraestructura para la respuesta ante emergencias. El análisis de amenaza evidenció un 29,38% en rango alto, mientras que la vulnerabilidad por exposición alcanzó un valor moderadamente alto (2,25 en una escala de 3). Se concluye que la interfaz urbano-forestal de San Juan Bautista constituye un espacio crítico de riesgo y que los instrumentos de planificación territorial vigentes no incorporan adecuadamente esta amenaza, evidenciando una brecha institucional en la gestión del riesgo en contextos insulares.

Palabras clave: incendios forestales, vulnerabilidad, exposición, amenaza, riesgo, cambio climático, interfaz urbano-forestal.

ABSTRACT

Wildfires have increased in frequency and severity in recent decades, becoming one of the most critical threats to ecosystems and communities worldwide. In insular territories such as the Juan Fernández Archipelago, these events represent an even greater risk due to the ecological fragility of their ecosystems, their geographic isolation, and limited local response capacity.
This study assesses wildfire risk in the wildland–urban interface of the village of San Juan Bautista by integrating qualitative and quantitative spatial analyses. Hazard was evaluated considering vegetation cover susceptibility, climatic conditions, topography, historical wildfire occurrence, and territorial accessibility, while vulnerability was estimated based on the exposure of population, infrastructure, and critical services.
Results indicate that 47.05% of the area presents high wildfire risk, associated with the convergence of vegetation with high fuel loads, steep terrain, and favorable climatic conditions for fire spread, restricted accessibility, and limited emergency response infrastructure. Hazard analysis showed that 29.38% of the area falls within the high hazard category, while exposure-based vulnerability reached a moderately high value (2.25 on a scale of 3).
The findings indicate that the wildland–urban interface of San Juan Bautista constitutes a critical wildfire risk zone. Current territorial planning instruments do not adequately incorporate this hazard, revealing an institutional gap in risk management in insular contexts.

Keywords: wildfires, vulnerability, exposure, hazard, risk, climate change, wildland–urban interface.

[1] Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción.
* Autor de Correspondencia: edjaque@udec.cl

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales constituyen una de las amenazas ambientales más relevantes a nivel global, tanto por su recurrencia como por la magnitud de sus impactos. Estos eventos generan consecuencias que trascienden la pérdida inmediata de vidas humanas y bienes materiales: provocan la degradación de ecosistemas, alteran regímenes naturales de fuego, reducen la disponibilidad de servicios ecosistémicos esenciales y ocasionan pérdidas económicas de gran escala (UNEP & GRID-Arendal, 2022). En las últimas décadas, se ha registrado un aumento sostenido en su frecuencia, intensidad y extensión, situación que ha sido vinculada con el cambio climático, la transformación de usos de suelo y la creciente interacción entre asentamientos humanos y paisajes inflamables (Westerling et al., 2006; Armenteras et al 2024). A nivel mundial, estas transformaciones han generado consecuencias devastadoras para la biodiversidad y han expuesto a millones de personas a condiciones de riesgo, con costos económicos y sociales crecientes (UNDRR, 2019, Abatzoglou, *et al.* 2025).

La interfaz urbano-forestal (IUF) se ha consolidado como un espacio particularmente crítico en este escenario. En ella confluyen dinámicas urbanas y ecosistemas naturales o artificiales de alta inflamabilidad, configurando territorios con elevado nivel de amenaza y vulnerabilidad (Stewart et al., 2019; Lampin-Maillet et al., 2010). La expansión de ciudades hacia áreas rurales o forestales, sumada al abandono de prácticas tradicionales de manejo del fuego, ha incrementado exponencialmente el riesgo, generando lo que algunos autores denominan “nuevas geografías del riesgo” (Moritz et al., 2014). Así, los incendios forestales han pasado de ser disturbios ecológicos a convertirse en problemas socioambientales de alcance global.

En Chile, la historia de los incendios forestales está estrechamente ligada a la colonización europea y a la transformación del paisaje. El uso sistemático del fuego para habilitar tierras agrícolas y ganaderas en el centro-sur del país generó un cambio profundo en los regímenes de fuego locales (Camus & Hajek,1998). Desde 1964, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) mantiene registros sistemáticos, los cuales muestran una tendencia clara de aumento en la frecuencia y severidad de los incendios: actualmente, se promedian más de 6.000 eventos anuales. Durante la última década, se han perdido aproximadamente 1,7 millones de hectáreas, cifra que triplica lo ocurrido en el decenio previo. Eventos catastróficos como el “megaincendio” de 2017, que consumió 467.000 ha entre las regiones de O’Higgins y Biobío, el incendio de 2023 en Biobío; con más de 200.000 ha afectadas y el de 2024 en Valparaíso, que arrasó 9.429 ha y provocó 131 muertes, constituyéndose en el quinto más letal a nivel mundial desde 1900, evidencian la magnitud del fenómeno (EM-DAT, 2024).

El contexto nacional se complejiza aún más al considerar el origen de estos siniestros: el 99,7% de los incendios en Chile son provocados por la acción humana, ya sea intencional o accidental (Díaz-Hormazábal & González, Mauro, 2016). Este dato refleja la estrecha relación entre factores socioeconómicos, dinámicas territoriales y el riesgo de incendios. El modelo forestal chileno, basado en la expansión de plantaciones exóticas de rápido crecimiento, cubre actualmente 2,9 millones de hectáreas, cifra que en varias regiones supera la superficie ocupada por vegetación nativa (Astorga & Burschel, 2019). La concentración de monocultivos forestales, sumada a la expansión urbana no regulada y a la limitada capacidad de planificación territorial, ha intensificado la exposición de la población y la infraestructura a incendios de gran escala (Jaque et al., 2021).

En este escenario, los estudios sobre incendios forestales en Chile se han focalizado principalmente en el territorio continental, dejando en segundo plano a los espacios insulares. El Archipiélago de Juan Fernández (AJF), localizado en el Pacífico Sur a 667 km de la costa continental, constituye un caso paradigmático. La isla Robinson Crusoe, donde se emplaza la localidad de San Juan Bautista, concentra la mayor parte de la población del archipiélago y presenta un conjunto de características que potencian su vulnerabilidad frente a incendios forestales. Entre ellas destacan: un crecimiento poblacional sostenido, que pasó de 503 habitantes en 1992 a 904 en 2024 (INE, 2025), la expansión urbana hacia laderas montañosas tras el tsunami de 2010 y un emplazamiento confinado entre el borde costero y coberturas vegetales inflamables. Esta configuración geográfica y urbana limita severamente las posibilidades de evacuación y aumenta la exposición de la comunidad a eventos de incendio.

A pesar de estas condiciones, la localidad de San Juan Bautista carece de evaluaciones sistemáticas sobre amenaza y riesgo de incendios forestales. La ausencia de estudios técnicos no solo debilita la capacidad de planificación local, sino que también profundiza el vacío institucional que caracteriza a la gestión de riesgos en la interfaz urbano-forestal. La falta de integración de políticas urbanas, ambientales y forestales en territorios insulares genera lo que puede describirse como un "vacío de gobernanza"[1], donde ninguna entidad asume plenamente la responsabilidad de regular y mitigar el riesgo.

El estudio analiza los incendios forestales en San Juan Bautista (isla Robinson Crusoe) mediante un enfoque mixto espacial para identificar amenazas, evaluar vulnerabilidad y generar mapas de riesgo. Busca fortalecer la gestión local, la prevención y la respuesta comunitaria, aportando además a la comprensión del riesgo en territorios insulares frente al cambio climático.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Riesgo como proceso territorial

La literatura contemporánea sobre desastres converge en que el riesgo no es una condición inherente de la naturaleza, sino el resultado de interacciones históricas entre procesos biofísicos y configuraciones sociales, institucionales y territoriales. Desde esta perspectiva, el riesgo se entiende como un proceso territorialmente construido, en el que la probabilidad de daño depende tanto de la presencia de amenazas como de las formas en que las sociedades ocupan, organizan y gobiernan el espacio ((Oliver-Smith et al., 2017; UNDRR, 2019; IPCC, 2022). Este enfoque desplaza la atención desde el evento extremo hacia las condiciones estructurales que producen desigualdades en la exposición y la vulnerabilidad. En consecuencia, territorios sometidos a amenazas similares pueden experimentar impactos diferenciados según su estructura urbana, sus capacidades institucionales, sus recursos y la trayectoria histórica de uso del suelo. Así, los desastres se comprenden como manifestaciones territoriales de vulnerabilidades acumuladas, moduladas por decisiones de planificación, normas de edificación, acceso a infraestructura crítica y capacidades de respuesta.

Analíticamente, el riesgo se conceptualiza como la interacción entre amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidades. La amenaza refiere a la probabilidad e intensidad de un fenómeno peligroso; la exposición, a la presencia de población e infraestructura en áreas susceptibles; y la vulnerabilidad, a la susceptibilidad al daño y a las limitaciones para la recuperación. Estas dimensiones son moduladas por las capacidades institucionales y comunitarias de preparación, respuesta y adaptación (UNDRR, 2019; IPCC, 2022).

En el caso de los incendios forestales, la amenaza está determinada por factores biofísicos como la carga y continuidad de combustibles, la topografía y las condiciones meteorológicas, así como por la frecuencia de igniciones. La exposición refleja patrones de urbanización y expansión en áreas inflamables, mientras que la vulnerabilidad incorpora dimensiones físicas, sociales e institucionales, incluyendo la calidad de las viviendas, el acceso a recursos y la organización comunitaria. Desde este enfoque, la reducción del riesgo implica intervenir tanto en la configuración de la amenaza como en las condiciones territoriales que la transforman en daño potencial. Esto sitúa a la planificación territorial y a la gobernanza como ejes centrales, particularmente en contextos donde la expansión urbana en áreas de riesgo no ha sido adecuadamente regulada. En Chile, si bien la institucionalidad ha avanzado con la creación de SENAPRED, persisten brechas en la incorporación efectiva de los incendios forestales en los instrumentos de planificación territorial, lo que limita la capacidad preventiva del sistema

[1] *En este trabajo, la gobernanza se entiende como la articulación entre instituciones, actores e instrumentos para la gestión del riesgo; por ello, un "vacío de gobernanza" alude a deficiencias de coordinación más que a la ausencia de instituciones.*

2.2. Incendios forestales como riesgo socionatural

El fuego es un disturbio ecológico natural que cumple funciones clave en numerosos ecosistemas, regulando la dinámica de la vegetación y los ciclos biogeoquímicos. Sin embargo, cuando los regímenes de fuego se alteran por el cambio climático y las transformaciones del uso del suelo, los incendios pueden intensificarse y generar impactos sociales y ambientales significativos (Westerling et al., 2006; Pausas et al., 2009). Actualmente, se reconoce una "pirografía" emergente caracterizada por temporadas más largas, condiciones más cálidas y secas, expansión de la interfaz urbano-forestal y una alta proporción de igniciones antrópicas (UNEP, 2022; IPCC, 2022). En Chile, estos factores se combinan con modelos productivos basados en plantaciones forestales altamente inflamables y con procesos de urbanización periférica, configurando escenarios de riesgo creciente.

En este contexto, la reducción del riesgo no puede limitarse a la supresión del fuego, sino que requiere intervenciones estructurales sobre el territorio, incluyendo la regulación del uso del suelo, el diseño urbano y la gestión de combustibles. La interfaz urbano-forestal (IUF) se configura como un espacio crítico donde convergen vegetación inflamable, fuentes de ignición y activos expuestos. La literatura distingue distintas tipologías de IUF (interface, intermix y oclusión) que presentan dinámicas diferenciadas de propagación (Stewart et al., 2005). En regímenes dominados por combustible, la continuidad de la vegetación es determinante, mientras que, en regímenes dominados por viento, las pavesas permiten la propagación a larga distancia, haciendo crítica la materialidad de las edificaciones (Keeley & Syphard, 2019). Por ello, las estrategias de mitigación deben adaptarse a cada contexto, incorporando espacios defendibles, diseño urbano resiliente y manejo de combustibles.

Desde una perspectiva geomorfológica, los incendios también actúan como agentes de transformación del paisaje. El fuego puede inducir hidrofobicidad en los suelos, reducir la infiltración y aumentar la escorrentía, favoreciendo procesos erosivos y remociones en masa posteriores (Doerr et al., 2000). En laderas, esto incrementa la probabilidad de aluviones y flujos hiperconcentrados, configurando escenarios de amenazas compuestas. El cambio climático amplifica estas dinámicas, al aumentar la temperatura, reducir la humedad y prolongar las sequías, lo que incrementa la inflamabilidad de los combustibles (IPCC, 2022). En Chile, las proyecciones climáticas anticipan condiciones más favorables para incendios de gran magnitud. En territorios con limitaciones logísticas, como las islas, estas tendencias reducen significativamente la capacidad de respuesta, reforzando la necesidad de enfoques preventivos

2.3. Especificidades insulares: riesgo, interfaz y logística en San Juan Bautista

Los territorios insulares presentan condiciones particulares que intensifican la configuración del riesgo. Entre ellas destacan la limitada disponibilidad de suelo habitable, la concentración de población en franjas costeras o valles estrechos, y la alta dependencia de ecosistemas locales (IPCC, 2022). Estas características tienden a aumentar la exposición, especialmente cuando los asentamientos se desarrollan en proximidad a áreas vegetadas.

Diversos estudios en islas como Madeira, Canarias o Hawái evidencian que la combinación de topografía abrupta, continuidad de combustibles y condiciones de viento favorece dinámicas complejas de propagación del fuego, a lo que se suman limitaciones logísticas para su combate. En estos contextos, la interfaz urbano-forestal adquiere una relevancia crítica.

A nivel institucional, las islas suelen depender de recursos externos para la gestión de emergencias, lo que implica mayores tiempos de respuesta. Esta condición incrementa la vulnerabilidad y refuerza la importancia de la prevención y la planificación territorial como estrategias prioritarias.

En el Archipiélago de Juan Fernández, estas condiciones se expresan con claridad. La isla Robinson Crusoe concentra su población en San Juan Bautista, asentamiento ubicado en una estrecha planicie costera rodeada por laderas con vegetación continua. Esta configuración genera una interfaz urbano-forestal compacta, con

alta proximidad entre viviendas y combustibles, lo que incrementa el potencial de propagación del fuego.

A ello se suman limitaciones en la red vial y posibles cuellos de botella para evacuación, así como procesos recientes de expansión urbana hacia laderas tras el tsunami de 2010, lo que ha aumentado la exposición en zonas de mayor pendiente. Este patrón responde a dinámicas comunes en territorios insulares, donde la escasez de suelo disponible favorece la ocupación de áreas ambientalmente sensibles.

En este contexto, la gestión del riesgo requiere estrategias adaptadas a las condiciones locales, integrando planificación urbana, manejo de combustibles y participación comunitaria. El caso de San Juan Bautista constituye así un escenario paradigmático para analizar la interacción entre condiciones biofísicas, estructura territorial y capacidades institucionales en la configuración del riesgo

2.4. Justicia espacial, planificación territorial e indicadores para la gestión del riesgo en la interfaz urbano-forestal

El riesgo en la interfaz urbano-forestal se distribuye de manera desigual, reflejando patrones de segregación socioespacial. Los hogares de menores ingresos tienden a localizarse en áreas más expuestas, con viviendas más vulnerables y menor acceso a recursos para la mitigación. En este sentido, la gestión del riesgo debe incorporar una perspectiva de justicia espacial, considerando las desigualdades en exposición y capacidad adaptativa.

Integrar estos principios en la planificación territorial implica no solo regular la localización de asentamientos, sino también garantizar acceso a infraestructura crítica, mejorar la calidad constructiva y apoyar el manejo de combustibles en entornos residenciales. Los instrumentos de planificación territorial deberían establecer zonas de restricción y medidas proporcionales al riesgo, acompañadas de mecanismos de apoyo para su implementación efectiva. Para operacionalizar este enfoque, es necesario traducir el concepto de riesgo en indicadores observables que permitan su integración en sistemas de información geográfica. La evaluación puede estructurarse en tres dimensiones: amenaza, exposición y vulnerabilidad.

La amenaza se asocia a variables como el tipo y la continuidad de los combustibles, la topografía, las condiciones meteorológicas y la frecuencia de igniciones. La exposición considera la densidad y tipología de las edificaciones, su proximidad a vegetación combustible y la accesibilidad de la red vial. Por su parte, la vulnerabilidad integra factores físicos, sociales e institucionales, tales como la materialidad de las viviendas, las características demográficas, las capacidades de respuesta y las condiciones ambientales.

La integración de estas dimensiones mediante análisis espacial permite identificar patrones de riesgo y orientar la priorización de intervenciones. En el caso de San Juan Bautista, este enfoque posibilita reconocer zonas críticas, especialmente en bordes urbanos, corredores de viento y sectores con limitada conectividad vial, donde la configuración territorial intensifica la interacción entre amenaza, exposición y vulnerabilidad. En estos espacios, la reducción del riesgo exige una articulación efectiva entre la planificación urbana, el manejo del paisaje y el fortalecimiento de las capacidades locales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

San Juan Bautista constituye el principal asentamiento humano del Archipiélago Juan Fernández y se localiza en la isla Robinson Crusoe, (Figura 1), en un espacio insular caracterizado por una estrecha interfaz urbano–forestal entre el borde costero y laderas con coberturas vegetales de alta inflamabilidad. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (INE, 2025), la localidad concentra la mayor parte de la población comunal (904 habitantes), distribuida en 472 viviendas, configurando un núcleo compacto y altamente expuesto. El asentamiento se emplaza de manera contigua al Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández, unidad creada

mediante el Decreto Supremo N.º 103 de 1935 del Ministerio de Tierras y Colonización, cuya delimitación ha sido definida y ajustada posteriormente por los Decretos Supremos N.º 399 y N.º 799 del Ministerio de Bienes Nacionales, y modificada por el D.S. N.º 606 de 1989, que excluye del parque la zona urbana de San Juan Bautista y el sector de la pista de aterrizaje. Como resultado, la isla Robinson Crusoe mantiene actualmente una superficie aproximada de 4.397 ha bajo categoría de parque nacional, con límites que separan formalmente las áreas de conservación estricta de los espacios urbanos e infraestructurales. No obstante, la proximidad inmediata entre el asentamiento humano y el área protegida refuerza la exposición a amenazas socio-naturales, en particular incendios forestales y plantea desafíos específicos para la planificación territorial y la gestión del borde urbano en un contexto insular de alta fragilidad ecológica (CONAF, 2023).

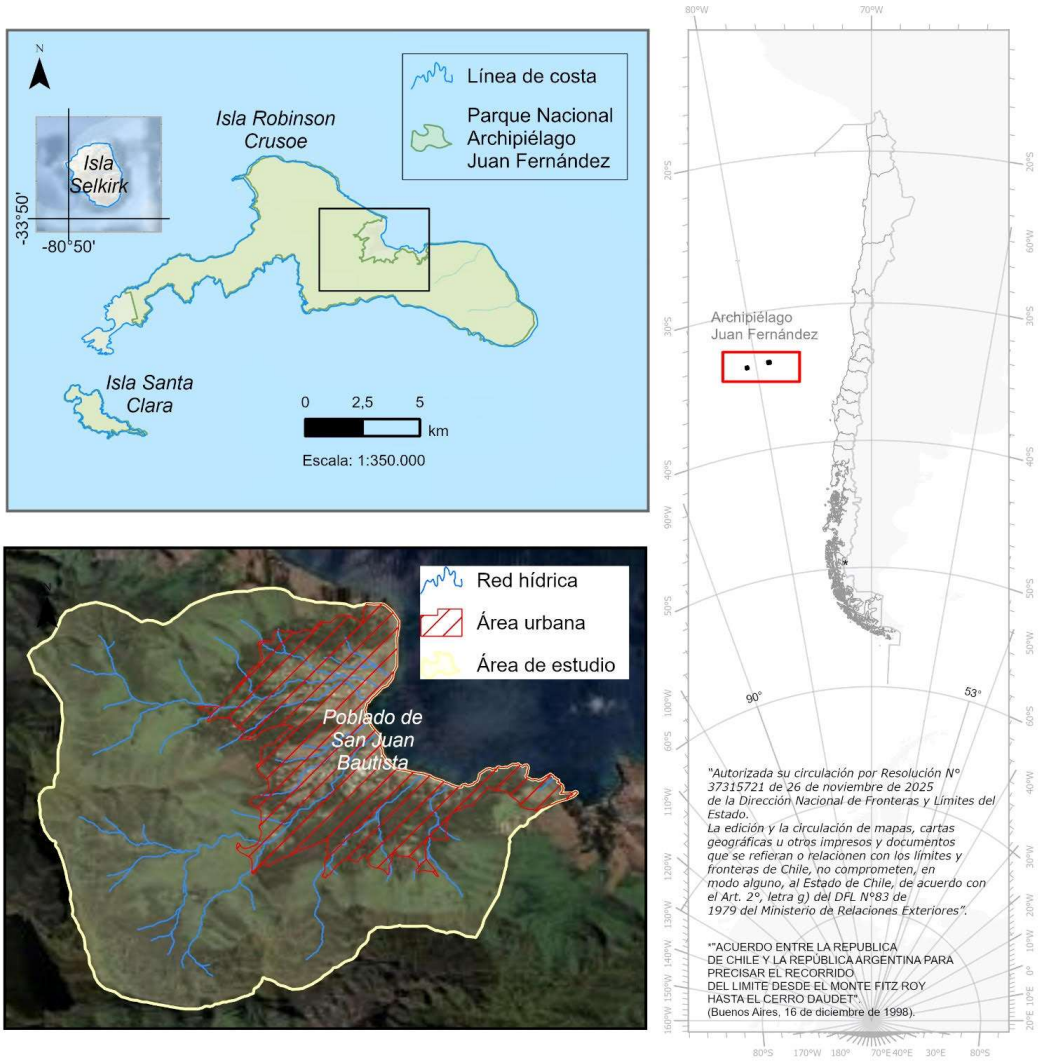

Figura 1. Localización del Archipiélago Juan Fernández en el Pacífico Sur, extensión del Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández y área de estudio en la isla Robinson Crusoe, incluyendo islas e islotes del archipiélago. Fuente: Elaboración de los autores.

3.2. Fuentes de datos y pre procesamiento

El Modelo Digital de Terreno (MDT) empleado para la derivación de la pendiente corresponde a un modelo de

elevación de resolución media, obtenido a partir de datos satelitales de cobertura global, con una resolución espacial de 30m. El MDT fue reproyectado al sistema de referencia WGS 84 / UTM zona 17S y procesado mediante herramientas de análisis raster para calcular la pendiente en porcentaje. Esta variable fue posteriormente reclasificada en categorías de amenaza, considerando el rol del relieve como factor amplificador de la propagación del fuego en ambientes de ladera, particularmente relevante en el contexto geomorfológico abrupto de la isla Robinson Crusoe.

Se integraron insumos cartográficos, climáticos y biofísicos provenientes de diversas fuentes institucionales. En particular: (i) coberturas de uso y cobertura del suelo de CONAF (2019), actualizadas mediante imágenes Landsat-8 (enero–febrero de 2024), a partir de las cuales se calculó el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) como proxy de biomasa relativa (IDEAM, 2011); (ii) variables climáticas de temperatura y precipitación obtenidas de la estación Juan Fernández del CR2 (serie 1993–2023); (iii) información de viento a 10 m de altura proveniente del Global Wind Atlas (2024); (iv) red vial primaria y secundaria, así como equipamientos locales, recopilados desde fuentes municipales, CONAF y levantamientos de campo; y (v) el MDT utilizado para la derivación de la pendiente. Todas las capas fueron homogeneizadas en términos de proyección cartográfica, resolución espacial y extensión, y posteriormente reclasificadas conforme a umbrales propuestos o adaptados a partir de metodologías de referencia (IDEAM, 2011; UNDRR & ISC, 2020, 2023).

3.3. Evaluación de la amenaza de Incendio Forestal

La amenaza de incendios se estimó mediante una suma ponderada inspirada en el modelo paramétrico del IDEAM (2011), adaptado al contexto insular. Se consideraron siete factores: susceptibilidad de la cobertura vegetal, temperatura media, precipitación, pendiente, viento, histórico de incendios y accesibilidad. Las ponderaciones asignadas y sugeridas por la literatura, fueron: susceptibilidad (0,20), precipitación (0,25), temperatura (0,25), pendiente (0,10), viento (0,10), histórico (0,05) y accesibilidad (0,05).

La Susceptibilidad de la cobertura vegetal, se clasificó en tres dimensiones: tipo de combustible (por uso/cobertura, ajustando la inflamabilidad relativa: plantaciones > matorral/pastizal > bosque nativo > cultivos/áreas urbanas), duración del combustible (1 h, 10 h, 100 h) y carga (proxy por NDVI, reclasificado por cortes naturales). La susceptibilidad total se estimó como suma de las calificaciones de esas tres subvariables, categorizando el resultado en cinco niveles (de “muy baja” a “muy alta”) (IDEAM, 2011).

Para incorporar aspectos climáticos, se calculó el promedio anual de temperatura y precipitación (1993–2023) con datos de la estación local (CR2). Dada la escala reducida del área de estudio y la ausencia de estaciones adicionales, no se realizaron interpolaciones; se asumió homogeneidad intra-área para ambas variables. Los promedios se reclasificaron según umbrales del IDEAM (2011) “temperatura: de “muy baja” a “muy alta” amenaza; precipitación: de “muy baja” a “muy alta” amenaza inversa”.

Además, se utilizó la velocidad media del viento a 10 m (Global Wind Atlas, 2024) y se reclasificó conforme a la escala de Beaufort (CENEPRED, 2021), dada su relación con la tasa de propagación, el transporte de pavesas y la direccionalidad del frente de fuego. La pendiente se derivó del Modelo Digital de Terreno y se reclasificó por clases de amenaza, considerando el efecto acelerador de laderas pronunciadas sobre la propagación (IDEAM, 2011).

Los registros de eventos históricos se incorporaron, elaborando una superficie de densidad (kernel/heat map) con los focos registrados por CONAF en la comuna (2000–2012 dentro del polígono de estudio), reconociendo que el bajo número de eventos refleja tanto la barrera de acceso como la sub-representación estadística en islas, por lo que este factor recibió baja ponderación (0,05). Finalmente, la accesibilidad, se modeló considerando la proximidad a red vial (buffers cada 100 m) como proxy de probabilidad de ignición antrópica y acceso humano, ajustando los intervalos del IDEAM (originalmente 500 m) a la escala urbana-insular (IDEAM, 2011). De esta manera la amenaza de incendios forestales, resultó de la suma de factores ponderados y su reclasificación en rangos de baja, media y alta amenazas, mediante puntos de quiebre naturales.

3.4. Evaluación de la vulnerabilidad por exposición ante Incendios Forestales

Se utilizó la metodología propuesta por Vera y Albarracín (2017), considerando cuatro componentes: ecosistemas expuestos (VEE), infraestructura expuesta (VEI), población/vivienda expuesta (VEP) y sistemas productivos expuestos (VESP), definidos por su intersección espacial con zonas de amenaza. Dada la ausencia de manzanas censales para la isla (INE, 2017), la VEP se estimó mediante proporciones de superficie de entidades censales ("San Juan Bautista" e "Indeterminada") que caen en cada clase de amenaza, y un inventario predial construido con cartografía base y verificación en terreno. Cada componente se categorizó en baja/media/alta exposición según umbrales proporcionales (>20 % en amenaza alta se clasifica como alta), y la vulnerabilidad total se calculó como promedio simple de los cuatro componentes, coherente con el enfoque original.

3.5. Riesgo de Incendio Forestal

El riesgo de incendio forestal se estimó como el producto entre amenaza y vulnerabilidad a nivel de celda (raster), siendo posteriormente reclasificado en categorías baja, media y alta. Este enfoque, basado en índices compuestos, permitió identificar áreas críticas y priorizar intervenciones de mitigación y preparación. Los resultados fueron complementados y validados mediante entrevistas semi-estructuradas a residentes de la isla, orientadas a evaluar su conocimiento sobre los instrumentos de planificación territorial y a profundizar en la percepción del riesgo, las prácticas preventivas y la organización comunitaria, integrando así dimensiones cualitativas con la modelación espacial. El tamaño muestral (n=63) se estimó para una población aproximada de 1.000 habitantes, con un nivel de confianza del 90% y un error del 10%. El cuestionario abordó aspectos vinculados al conocimiento del riesgo, planificación territorial, existencia de estudios de riesgo, capacitación institucional y protocolos de evacuación ante incendios forestales.

4. RESULTADOS

El análisis espacial permitió identificar patrones diferenciados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de incendios forestales en la localidad de San Juan Bautista, isla Robinson Crusoe. La integración de estos componentes ofrece una visión holística de la magnitud del problema y de las áreas prioritarias para la gestión preventiva en un contexto insular de alta fragilidad socioecológica.

4.1. Amenaza de incendios forestales

Factores condicionantes de la amenaza de incendio forestal.
El análisis espacial de los factores que determinan la amenaza de incendios forestales en San Juan Bautista (Figura 2) permitió reconocer una configuración territorial compleja, marcada por la interacción entre la cobertura vegetal, las condiciones climáticas, el relieve y la accesibilidad (Tabla 1). El área de estudio abarca 645,63 ha, distribuidas en siete categorías de uso de suelo, donde predominan los matorrales (36,6%), seguidos por plantaciones forestales (21,3%) y bosque nativo (15%). La superficie urbana representa apenas un 12,8%, localizada principalmente en la planicie costera. Esta distribución inicial define un escenario en el que la vegetación leñosa de rápido encendido constituye la matriz paisajística dominante, mientras que las áreas urbanas y los suelos desnudos representan sectores menos expuestos.

La susceptibilidad por tipo de combustible confirma que la categoría "Alta" es la predominante (50,3%), asociada a matorrales, bosque mixto y pastizales, mientras que las plantaciones forestales concentran un 21,3% de la superficie en la categoría "Muy alta". El bosque nativo, en cambio, se clasifica como "Moderado" y el área urbana como "Muy baja". A ello se suma que la duración del combustible se distribuye mayoritariamente entre las categorías "Moderada" (49,4%) y "Baja" (48,2%), lo que indica una permanencia media de biomasa inflamable en el paisaje. La carga de combustible, estimada mediante NDVI, refuerza este diagnóstico al mostrar concentraciones más densas en las laderas circundantes al núcleo urbano, dominadas por plantaciones y bosques mixtos. En conjunto, la integración de estas variables evidencia un patrón general de susceptibilidad moderada en la zona urbana y alta a muy alta en el resto del territorio, particularmente en las

áreas de relieve más abrupto.

Las condiciones climáticas históricas refuerzan esta susceptibilidad. El análisis de tres décadas (1993–2023) muestra una temperatura media anual de 15,1 °C (categoría “Moderada”) y una precipitación media de 932 mm/año (categoría “Muy alta”), lo que corresponde a un régimen oceánico que favorece la acumulación de biomasa. Sin embargo, en períodos secos, este mismo régimen incrementa la disponibilidad de combustibles. La velocidad del viento, si bien es mayormente baja o moderada en un 65,7% del área, presenta un 18,2% clasificado como “Muy alta”, especialmente en corredores de valle y zonas de ladera expuestas, lo que constituye un factor crítico para la propagación del fuego.

La topografía de la isla acentúa este escenario de riesgo. La cartografía de pendientes muestra que la mayor parte del territorio presenta inclinaciones superiores al 25%, clasificadas como “Altas” y “Muy altas”. Estas condiciones geomorfológicas favorecen la rápida propagación de incendios mediante convección y dificultan tanto la construcción de infraestructura de defensa como el acceso en caso de emergencia. Solo la franja costera inmediata al asentamiento urbano ofrece pendientes más bajas y condiciones relativamente más seguras. Finalmente, el análisis de antecedentes históricos y accesibilidad permite contextualizar los demás factores. Si bien los registros disponibles muestran baja recurrencia de incendios, esto responde principalmente a la ausencia de datos sistemáticos más que a la inexistencia de eventos. En paralelo, la red vial de la isla es limitada y se concentra en torno a San Juan Bautista.

El análisis de buffers confirma que un 28% del área presenta accesibilidad “Muy alta”, pero en contraste, un 33% corresponde a accesibilidad “Muy baja”, lo que dificulta la llegada de brigadas y reduce la eficacia de la infraestructura de control existente. Esta combinación de factores, combustibles abundantes, clima propicio, relieve abrupto y accesibilidad restringida, explica la alta susceptibilidad a incendios que afecta a la interfaz urbano-forestal de la isla y que sitúa a San Juan Bautista en una posición crítica frente a este tipo de amenazas como se expresa en Tabla 1.

4.2. Amenaza de Incendios forestales en san Juan Bautista.

Los resultados del mapa de amenaza por incendio forestal (Figura 3), permiten identificar una configuración espacial donde la interfaz urbano-forestal constituye el núcleo crítico de riesgo, dada la superposición de combustibles disponibles, condiciones meteorológicas favorables y limitaciones de evacuación. El análisis espacial reveló que las áreas de ladera con plantaciones y matorrales concentran las mayores amenazas. Las condiciones de viento y pendiente potencian la propagación, mientras que la accesibilidad limitada dificulta la respuesta. La mayor parte del área urbana presenta niveles bajos de amenaza, mientras que las zonas de ladera, cubiertas por plantaciones forestales, bosque mixto y matorrales, se clasifican entre moderada y alta. Este patrón confirma que la interfaz urbano-forestal constituye el espacio más crítico para la gestión de incendios en San Juan Bautista.

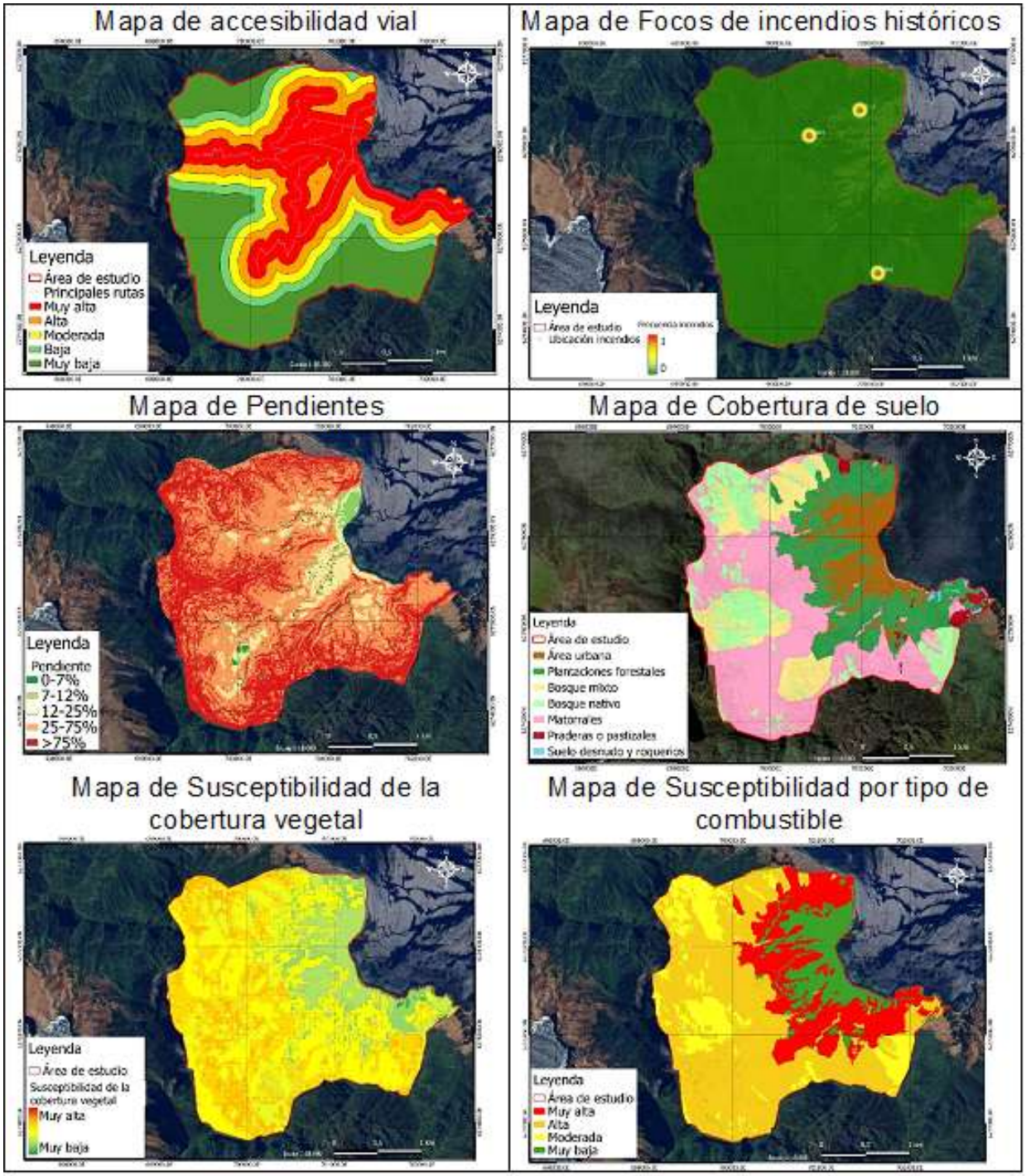

Figura 2. Factores espaciales asociados al riesgo de incendios forestales en San Juan Bautista. Fuente de datos: Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2019); Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2, 1993–2023); Global Wind Atlas (2024); imágenes satelitales Landsat-8 OLI y modelo digital de elevación SRTM (30 m). Procesamiento cartográfico y análisis espacial: realizado en ArcGIS Pro 3.x. Sistema de referencia de coordenadas: WGS 84 / UTM zona 17S.

Tabla 1. Síntesis de factores analizados y su implicancia en la amenaza de incendios forestales en San Juan Bautista, isla Robinson Crusoe.

Factor	Tendencia observada	Implicancia en la amenaza
Cobertura vegetal	Predominan matorrales (36,6%) y plantaciones forestales (21,3%); bosque nativo (15%).	Alta disponibilidad de combustibles leñosos; matriz paisajística propicia para la ignición.
Susceptibilidad por tipo, duración y carga de combustible	50,3% en categoría “Alta”; 21,3% “Muy alta”; NDVI elevado en laderas.	Susceptibilidad moderada en zona urbana y alta a muy alta en laderas con cobertura densa.
Clima (1993–2023)	T° media anual 15,1 °C (“Moderada”); precipitación media 932 mm/año (“Muy alta”).	Acumulación de biomasa favorecida; en períodos secos aumenta la disponibilidad de combustibles.
Viento	40,4% “Baja”; 25,4% “Moderada”; 18,2% “Muy alta” en corredores de valle.	El viento en zonas expuestas puede acelerar la propagación y dificultar el control del fuego.
Relieve	Predominio de pendientes >25% (“Altas” y “Muy altas”).	Topografía abrupta que favorece la propagación y dificulta acceso y medidas de control.
Antecedentes históricos	Baja recurrencia registrada, atribuible a falta de datos más que ausencia de eventos.	Potencial subestimación de la amenaza
Accesibilidad	28% del área con accesibilidad “Muy alta”; 33% con accesibilidad “Muy baja”.	Red vial restringida que limita la llegada de brigadas y reduce capacidad de respuesta.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de IDEAM (2011), Vera & Albarracín (2017)

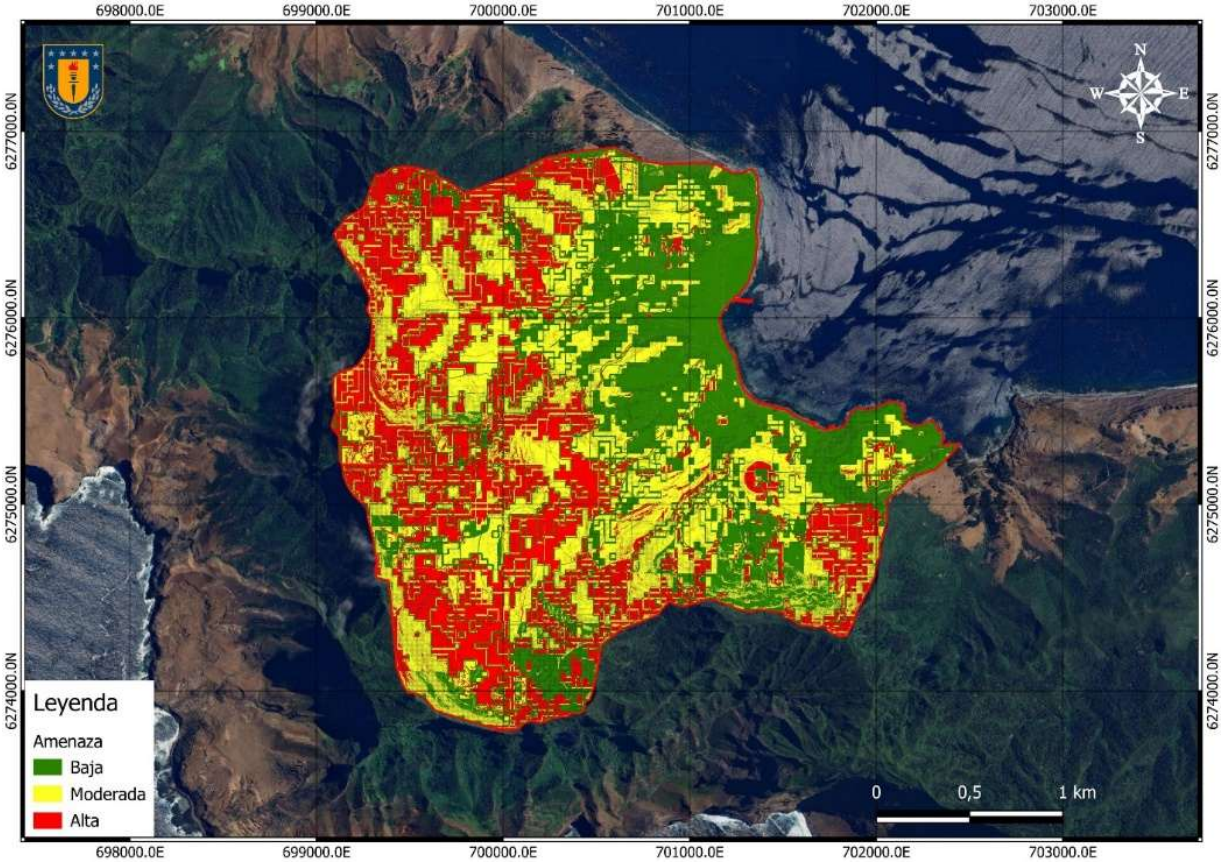

Figura 3. Amenaza de incendio forestal en Isla Robinson Crusoe. Fuente: Elaboración propia en base a IDEAM (2011).

4.3. Vulnerabilidad ante Incendios Forestales.

4.3.1. Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas

Como se observa en la figura 4a, los ecosistemas de bosque nativo, matorrales y bosque mixto concentran los mayores niveles de vulnerabilidad, dado su rol ecológico y su alta exposición a la amenaza (Tabla 2). En total, el 42,8% de los ecosistemas evaluados se clasifican con vulnerabilidad “Alta”, lo que refleja la importancia de su protección en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Por otro lado, en la figura 4b, se observa que la infraestructura crítica es limitada y altamente concentrada. San Juan Bautista cuenta con dos establecimientos educacionales, un CESFAM, un cuartel de bomberos y una red acotada de grifos. La localización de estos elementos en la franja costera urbana implica una vulnerabilidad media a alta, dado que su funcionamiento es esencial en emergencias y su exposición está condicionada por la accesibilidad restringida.

Tabla 2. Ponderación vulnerabilidad por exposición de ecosistemas.

Variable	Vulnerabilidad	Superficie variable (ha)	Superficie total (ha)	Porcentaje	Ponderación vulnerabilidad
Bosque nativo	Baja	14,44	96,52	14,96%	**ALTA**
	Moderada	25,57		26,49%	

	Alta	56,51		58,55%	
Matorrales	Baja	50,60	236,24	21,42%	**ALTA**
	Moderada	88,71		37,55%	
	Alta	96,93		41,03%	
Pastizales	Baja	8,82	11,54	77,16%	**BAJA**
	Moderada	1,55		13,05%	
	Alta	1,17		9,79%	
Suelo desnudo	Baja	3,99	4,14	96,38%	**BAJA**
	Moderada	0,10		2,42%	
	Alta	0,05		1,21%	
Bosque mixto	Baja	16,65	76,62	21,73%	**ALTA**
	Moderada	32,72		42,70%	
	Alta	27,25		35,57%	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos

Los sistemas productivos incluyen plantaciones forestales, pesca, turismo y comercio local (Tabla 3). La vulnerabilidad de las plantaciones es moderada, dado que representan un recurso económico, pero, a la vez, constituyen un factor de propagación del fuego. En contraste, las actividades urbanas asociadas al turismo y la pesca presentan vulnerabilidad baja, al localizarse principalmente en la franja urbana costera.

Tabla 3. Ponderación vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos.

Variable	Vulnerabilidad	Superficie variable (ha)	Superficie total (ha)	Porcentaje	Ponderación vulnerabilidad
Plantaciones forestales	Baja	65,45	137,70	47,53%	**MODERADA**
	Moderada	67,93		49,33%	
	Alta	4,32		3,14%	
Área urbana (turismo, pesca, etc)	Baja	70,39	82,77	85,04%	**BAJA**
	Moderada	9,59		11,59%	
	Alta	2,79		3,37%	

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Vulnerabilidad por exposición de la población

La exposición de la población en el archipiélago se concentra íntegramente en la localidad de San Juan Bautista, donde reside la totalidad de la población permanente, asentada en un área urbana reducida y con rutas de evacuación limitadas. De acuerdo con los datos actualizados del Censo de Población y Vivienda 2024 (INE,2025), la localidad alberga 904 habitantes distribuidos en 472 viviendas, lo que se traduce en una elevada densidad residencial en relación con la superficie construida. Esta condición incrementa la exposición potencial frente a eventos de incendio forestal de rápida propagación.

Si bien un 64,89 % de la superficie habitada de San Juan Bautista se emplaza en sectores clasificados con baja amenaza (Tabla 5), lo que atenúa parcialmente la vulnerabilidad, la alta concentración poblacional, la continuidad entre edificación y vegetación circundante, y la dependencia de una red vial restringida constituyen factores críticos en escenarios de incendios de mayor magnitud. Estas condiciones resultan particularmente relevantes bajo situaciones de viento intenso y evacuación simultánea, donde la capacidad de respuesta y salida segura de la población puede verse significativamente comprometida.

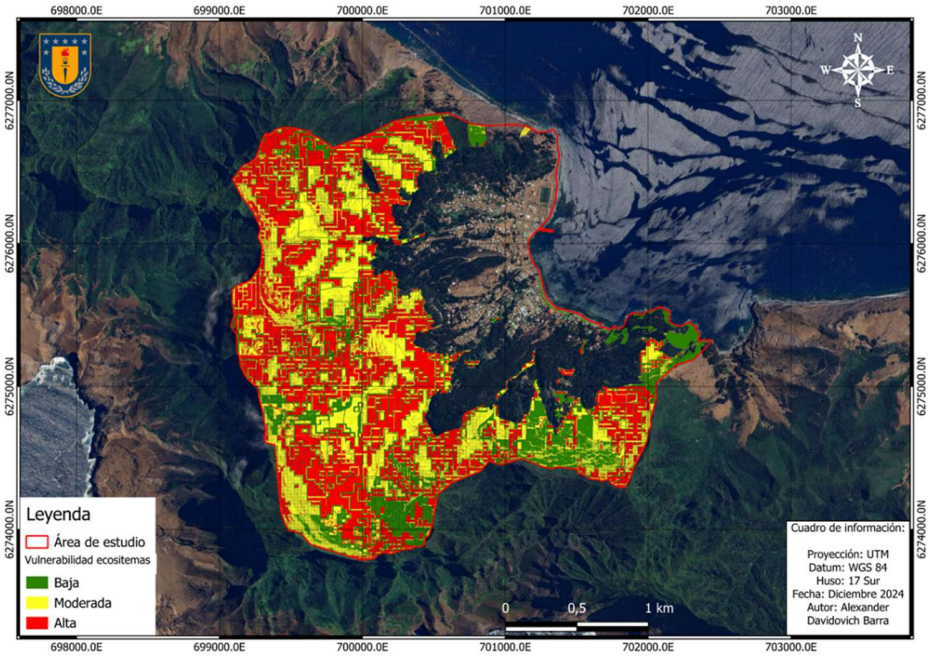

Figura 4a. Mapa de Vulnerabilidad frente a incendios Forestales en San Juan Bautista, Archipiélago de Juan Fernández. Mapa de Vulnerabilidad por exposición de ecosistemas. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vera & Albarracín (2017).

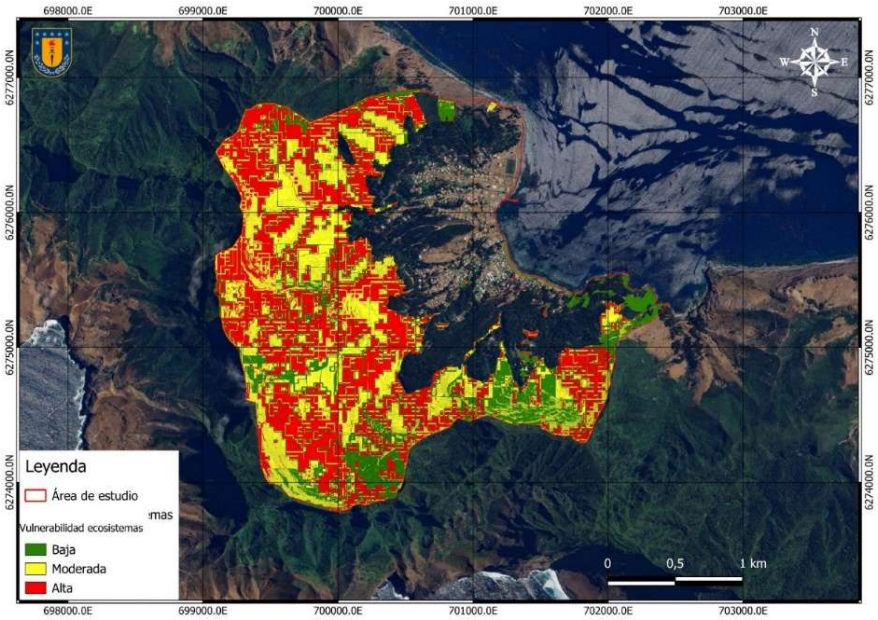

Figura 4b. Mapa de Vulnerabilidad frente a incendios Forestales en San Juan Bautista, Archipiélago de Juan Fernández. Mapa de vulnerabilidad por exposición de sistemas productivos. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vera & Albarracín (2017).

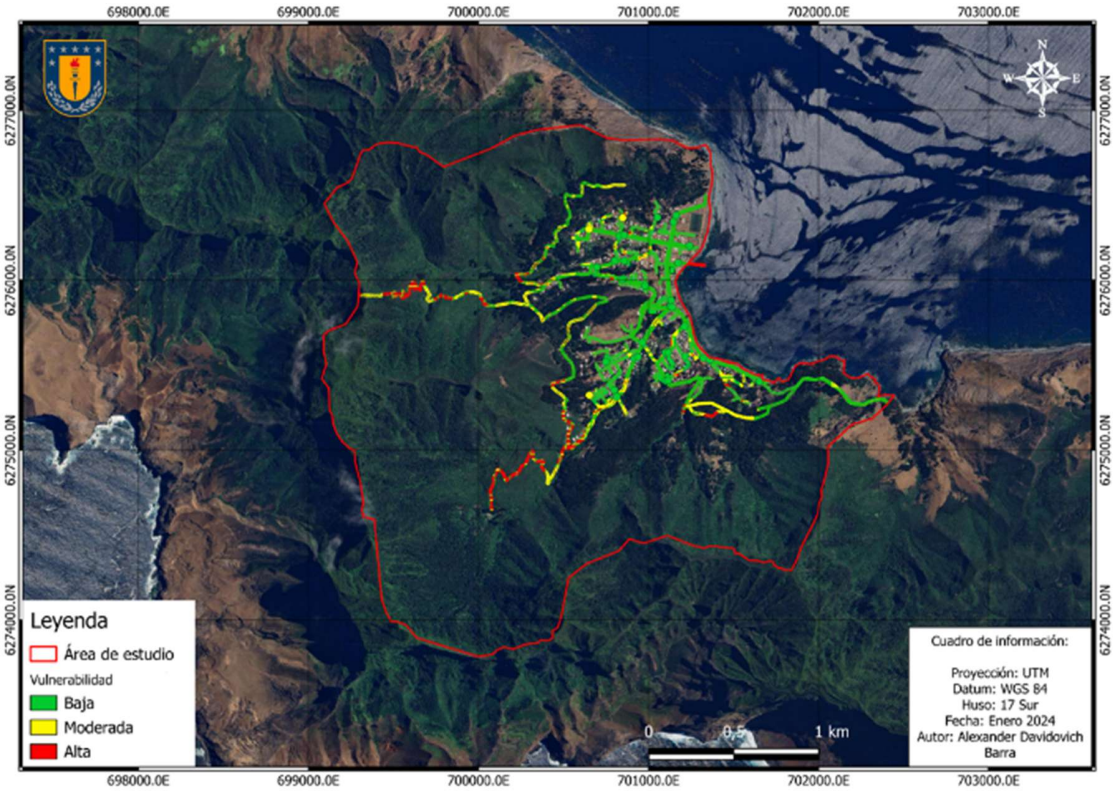

Figura 4c. Mapa de Vulnerabilidad frente a incendios Forestales en San Juan Bautista, Archipiélago de Juan Fernández. Mapa de Vulnerabilidad por exposición de Infraestructura. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vera & Albarracín (2017).

Tabla 5. Ponderación vulnerabilidad por exposición de la población.

Entidad	Vulnerabilidad	Superficie variable (ha)	Superficie total (ha)	Porcentaje	Ponderación vulnerabilidad
San Juan Bautista	Baja	77,33	119,28	64,89%	**BAJA**
	Moderada	34,62		28,96%	
	Alta	7,33		6,15%	
Indeterminada	Baja	151,69	526,36	28,83%	**ALTA**
	Moderada	191,38		36,35%	
	Alta	183,29		34,82%	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Vulnerabilidad por Exposición ante incendio forestal.

El promedio aritmético de las dimensiones evaluadas indica que la vulnerabilidad general de la interfaz urbano-forestal de San Juan Bautista se clasifica como Alta, (Figura 5), con especial peso de los ecosistemas

y la población, debido a la concentración urbana y la limitada infraestructura crítica. Se identificó una dependencia de servicios esenciales (agua, energía, conectividad) ubicados en áreas expuestas.

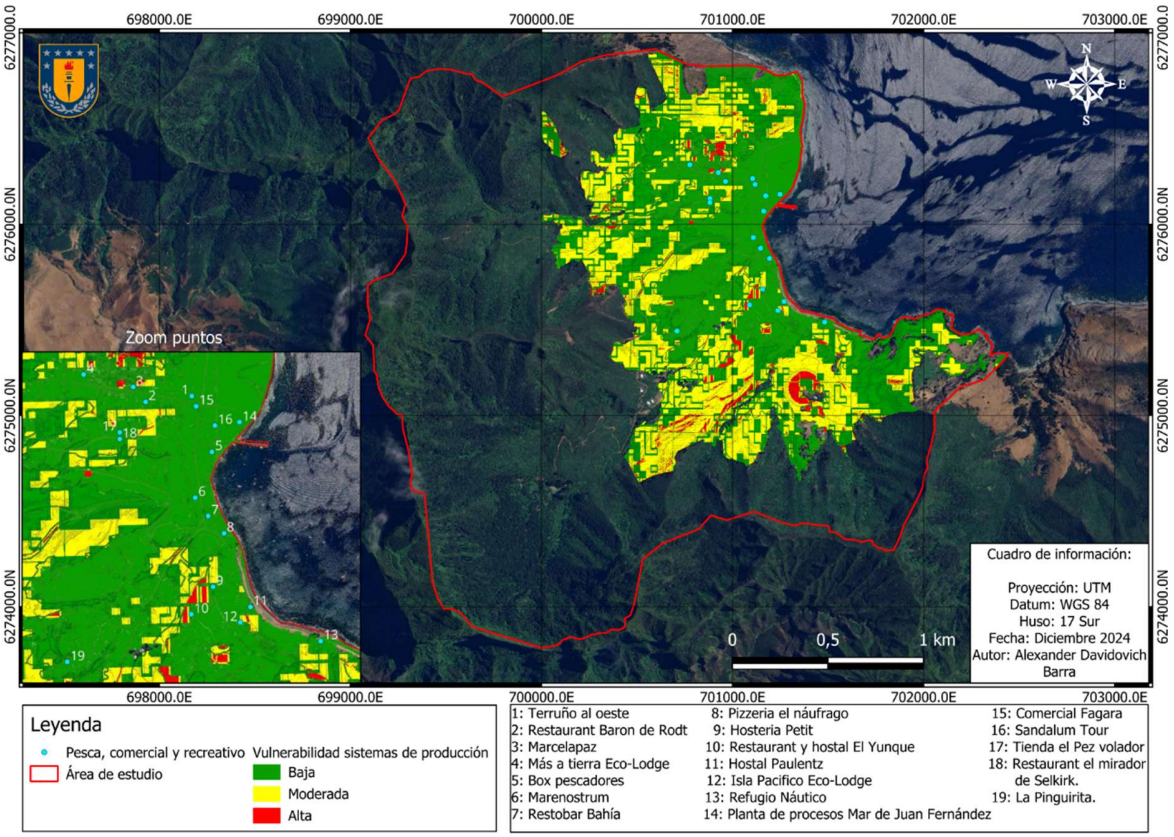

Figura 5. Vulnerabilidad por Exposición ante incendio forestal en Isla Robinson Crusoe. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vera & Albarracín (2017).

4.4. Riesgo de incendios forestales en San Juan Bautista Isla Robinson Crusoe

El riesgo de incendio forestal definido como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, permitió elaborar un mapa de riesgo de incendio forestal en la localidad de San Juan Bautista. El mapa final (Figura 6) muestra tres clases: bajo (0–1, verde), moderado (1–2, amarillo) y alto (>2, rojo). El 47,05 % del área se clasifica en riesgo alto, concentrado en la interfaz urbano-forestal (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución riesgo de incendio forestal para el área de interfaz urbano-forestal de San Juan Bautista.

Riesgo	Superficie (ha)	Porcentaje
Bajo	192,04	29,74%
Moderado	149,84	23,21%
Alto	303,75	47,05%
Total	645,63	100%

Fuente: Elaboración propia.

El riesgo elevado predomina en la interfaz urbano-forestal y en sectores periurbanos de ladera, donde la probabilidad de ignición se combina con alta exposición de población, infraestructura y ecosistemas. En la zona

urbana central, el riesgo es mayoritariamente moderado; no obstante, persisten limitaciones críticas de evacuación y escasa infraestructura de control, lo que podría transformar un evento moderado en una emergencia de gran magnitud.

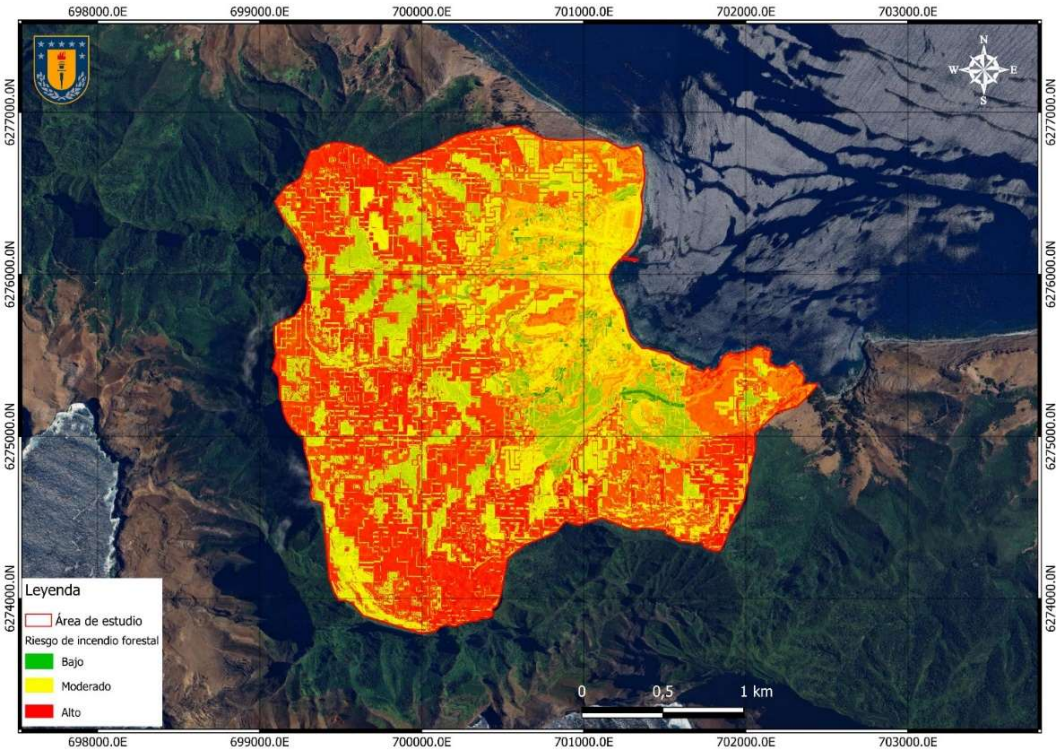

Figura 6. Riesgo de Incendio forestal en la localidad de San Juan Bautista. Isla Robinson Crusoe. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Vera & Albarracín (2017) e IDEAM (2011)

En conjunto, los resultados muestran un patrón espacial de riesgo elevado, condicionado por la interacción de factores físicos, climáticos y sociales. Este diagnóstico constituye una base técnica robusta para orientar la planificación territorial, la gestión preventiva y la priorización de medidas de mitigación en un contexto insular marcado por aislamiento geográfico, fragilidad ecológica y limitada disponibilidad de recursos.

Asimismo, el análisis de las entrevistas revela brechas significativas en el conocimiento y apropiación social de la gestión del riesgo y de los instrumentos de planificación territorial. Un 79,4% de los entrevistados no distingue entre riesgo natural y antrópico y, aunque el 69,8% reconoce la existencia de un Plan Regulador Comunal, predomina el desconocimiento sobre su contenido y vigencia. A esto se suma la incertidumbre respecto a la existencia de estudios de riesgo y su inclusión de incendios forestales, frecuentemente asociada de manera imprecisa al rol de instituciones como CONAF. En términos de preparación, se observa una distribución similar entre población capacitada y no capacitada, junto con estrategias de evacuación basadas principalmente en conocimientos empíricos y experiencias previas, más que en protocolos formales.

En este sentido, la percepción de los habitantes da cuenta de una construcción del riesgo fuertemente anclada en la experiencia cotidiana y en saberes locales, pero con escasa articulación con los instrumentos institucionales y la planificación formal. Esta disociación entre conocimiento local y gestión institucional no solo limita la efectividad de las estrategias de prevención y respuesta, sino que también contribuye a reproducir condiciones de vulnerabilidad. Por tanto, los resultados subrayan la necesidad de avanzar hacia enfoques integrados de gobernanza del riesgo que articulen conocimiento técnico, planificación territorial y saberes locales, fortaleciendo así la resiliencia en territorios insulares.

5. DISCUSIÓN

La interfaz urbano–forestal de San Juan Bautista constituye un espacio crítico de riesgo de incendios forestales, con un 47,05 % del área clasificada en categoría de riesgo alto. Esta condición emerge de la convergencia de factores biofísicos y socioespaciales, entre los que destacan la presencia de vegetación con alta carga de combustible, condiciones climáticas favorables a la propagación del fuego, un relieve abrupto, accesibilidad restringida y una infraestructura urbana con limitada capacidad de respuesta ante emergencias.

El análisis de amenaza, aplicado mediante la metodología del IDEAM (2011), evidenció una distribución espacial heterogénea: el 35,67 % del área presenta niveles bajos, el 34,96 % niveles moderados y el 29,38 % niveles altos. Esta configuración responde a la dualidad territorial entre la franja urbana costera, caracterizada por microclimas relativamente más húmedos y mayor accesibilidad y las laderas circundantes, donde la pendiente, la continuidad de la vegetación y la influencia del viento incrementan la probabilidad de ignición y propagación del fuego. Por su parte, la vulnerabilidad por exposición, estimada según Albarracín y Vera (2017), alcanzó un valor de 2,25 sobre 3, lo que corresponde a una condición moderadamente alta, asociada a la concentración poblacional en un espacio reducido, la baja diversificación de infraestructura esencial y la fragilidad de los ecosistemas insulares. La integración de ambas dimensiones revela un patrón espacial de riesgo elevado, particularmente en sectores periurbanos y áreas de expansión urbana, donde confluyen niveles altos de amenaza y una exposición significativa de población, servicios e infraestructura crítica.

Estos resultados son consistentes con la literatura internacional sobre territorios insulares, que identifica a los incendios forestales como una amenaza amplificada por el aislamiento geográfico, la complejidad topográfica y la presión antrópica sobre ecosistemas frágiles. Estudios en Madeira (Fernandes et al., 2016) y Hawái (Elison Timm et al., 2015) mustran patrones similares de concentración del riesgo en la interfaz urbano–forestal. En el contexto chileno, investigaciones desarrolladas en Valparaíso (De la Barrera et al., 2018) y en la Región del Biobío (Jaque et al, 2021) confirman que este tipo de interfaz concentra las mayores tasas de ocurrencia de incendios. Sin embargo, en San Juan Bautista este patrón se intensifica debido a la ausencia de rutas de evacuación alternativas y a la dependencia casi total de capacidades de respuesta externas.

Desde la planificación territorial estratégica, el Plan Regional de Ordenamiento Territorial ((Gobierno Regional de Valparaíso, 2014) establece como objetivo prioritario la integración de la gestión del riesgo en la formulación de instrumentos de planificación, con énfasis en la prevención, mitigación y manejo de amenazas como tsunamis, incendios forestales, remociones en masa y riesgos sísmicos y volcánicos. No obstante, los resultados evidencian que este principio no se materializa adecuadamente en el caso del Archipiélago Juan Fernández. Tanto el PROT como el Plan Regulador Comunal vigente carecen de una identificación y delimitación explícita de áreas de amenaza por incendios forestales, omisión especialmente crítica en un territorio donde la interfaz urbano–forestal constituye el principal espacio de riesgo.

La única referencia indirecta a esta amenaza en el PROT corresponde a la definición de una “zona de transición cortafuegos”, concebida como una franja de aproximadamente 8 m de ancho destinada a reducir la propagación del fuego hacia áreas habitadas. Si bien esta medida reconoce la proximidad entre zonas residenciales y áreas con vegetación nativa y exótica, se trata de una acción puntual, no respaldada por cartografía sistemática de amenaza ni integrada en una estrategia territorial coherente de gestión del riesgo de incendios forestales.
Esta situación pone en evidencia una debilidad estructural de la planificación territorial local, alineada con lo observado a escala nacional, donde la incorporación del riesgo en los instrumentos de planificación sigue siendo fragmentaria y desigual (González-Mathiesen et al., 2024). En contextos insulares, esta brecha se ve agravada por la lejanía de los centros de decisión, la escasez de recursos técnicos y la limitada capacidad institucional para implementar políticas públicas adaptadas a realidades territoriales altamente específicas.

En este marco, el rol institucional aparece claramente fragmentado. En Robinson Crusoe, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) concentra su acción en la gestión del Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández y en la respuesta operativa ante emergencias, actuando principalmente desde el límite urbano hacia el interior del área protegida. El municipio, en tanto, aborda aspectos vinculados al ordenamiento urbano,

ordenanzas locales y control ambiental en el área habitada. Esta división funcional genera un vacío de gobernanza en la interfaz urbano–forestal, donde no existe un ente articulador que coordine de manera efectiva acciones de prevención, manejo de combustibles, planificación territorial y reducción del riesgo de desastres.

Las entrevistas y observaciones de terreno refuerzan esta lectura, evidenciando una percepción comunitaria de "vacío institucional", en el sentido planteado por González-Mathiesen et al. (2024) y Jaque et al, (2025) donde ninguna entidad asume responsabilidad integral sobre la gestión del riesgo. Esta situación contrasta con experiencias internacionales en islas como las Azores o Córcega, donde modelos de cogestión adaptativa y gobernanza comunitaria han permitido reducir la vulnerabilidad frente a incendios mediante la articulación entre ciencia, instituciones locales y sociedad civil.

La fragmentación institucional se ve reforzada por factores estructurales que amplifican el riesgo: la ausencia de identificación formal del riesgo de incendios en los instrumentos de planificación, la precariedad de instalaciones eléctricas domiciliarias, el almacenamiento disperso de combustibles en los hogares, la existencia de vertederos informales con prácticas de incineración sin control, y la acumulación de biomasa seca en el borde urbano. A ello se suma la topografía abrupta de la isla, caracterizada por pendientes pronunciadas y quebradas profundas, que dificulta el control de incendios y aumenta su potencial destructivo.

Asimismo, la presión sobre el suelo urbano de San Juan Bautista ha incentivado procesos de expansión informal hacia áreas boscosas que cumplen funciones de protección del Parque Nacional. La limitada disponibilidad de suelo apto, la irregularidad en la tenencia de la tierra y las restricciones asociadas al saneamiento básico han contribuido a este patrón, incrementando la exposición de la población y evidenciando la desconexión entre planificación territorial, política habitacional y gestión del riesgo en un contexto insular altamente frágil.

En conjunto, la evidencia indica que, pese a la existencia de marcos normativos que promueven la integración del riesgo en la planificación territorial, San Juan Bautista se caracteriza por un vacío institucional persistente en la gestión del riesgo de incendios forestales. La ausencia de una identificación explícita de esta amenaza, la fragmentación de competencias y la falta de una gobernanza articulada de la interfaz urbano–forestal configuran un escenario de alta vulnerabilidad territorial e institucional. En el contexto del Antropoceno y del aumento proyectado de incendios forestales bajo condiciones de cambio climático, estos resultados subrayan la urgencia de avanzar hacia una gestión integral del riesgo, incorporando cartografía de amenaza, criterios de planificación preventiva, manejo de combustibles, fortalecimiento de capacidades locales y coordinación interinstitucional, particularmente relevantes en territorios insulares expuestos a escenarios crecientes de riesgo.

6. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

La presente investigación permitió evaluar de manera integral el riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de la aldea de San Juan Bautista, en la isla Robinson Crusoe, mediante la integración de análisis espacial de amenaza y vulnerabilidad por exposición. Los resultados evidencian que este territorio presenta condiciones estructurales que favorecen la ocurrencia y propagación de incendios forestales, configurando un escenario de riesgo significativo en un contexto insular caracterizado por una alta fragilidad socioecológica.

El análisis de la amenaza, desarrollado a partir de la metodología propuesta por IDEAM (2011), permitió identificar una distribución espacial heterogénea de los factores que favorecen la ocurrencia de incendios forestales. Los resultados indican que el 35,67% del área de estudio presenta niveles bajos de amenaza, principalmente asociados a sectores urbanos consolidados, mientras que el 34,96% corresponde a niveles moderados y el 29,38% a niveles altos. Estos valores reflejan la convergencia de múltiples factores biofísicos que influyen en la dinámica del fuego, entre los que destacan la presencia de vegetación con alta carga de combustible, condiciones climáticas favorables para la propagación del fuego, relieve abrupto y limitaciones en la accesibilidad para el combate de incendios. En particular, las laderas circundantes a la aldea presentan

condiciones topográficas y de cobertura vegetal que incrementan la probabilidad de ignición y dificultan las labores de control.

En cuanto a la vulnerabilidad por exposición, evaluada a partir de la metodología propuesta por, Vera y Albarracín (2017), se obtuvo un valor final de 2,25 en una escala de 1 a 3, lo que corresponde a una vulnerabilidad moderadamente alta. Este resultado se explica por la concentración de población, infraestructura y servicios críticos en un espacio geográfico reducido, así como por la limitada diversificación de infraestructura esencial y la fragilidad de los ecosistemas locales. Estas condiciones incrementan la exposición del territorio frente a un eventual incendio forestal y amplifican las posibles consecuencias sociales, ambientales y económicas.

La integración de los niveles de amenaza y vulnerabilidad permitió determinar que el 47,05% del área analizada se encuentra en niveles altos de riesgo de incendios forestales, mientras que el 23,21% corresponde a niveles moderados y el 29,74% a niveles bajos. Estos resultados confirman que la interfaz urbano-forestal de San Juan Bautista constituye un espacio crítico desde la perspectiva de la gestión del riesgo, donde convergen factores biofísicos, territoriales e institucionales que incrementan la susceptibilidad del territorio frente a este tipo de eventos.

Desde la perspectiva de la planificación territorial, uno de los hallazgos más relevantes del estudio corresponde a la identificación de una brecha institucional significativa en la gestión del riesgo de incendios forestales. El análisis de los instrumentos de planificación territorial vigentes en la comuna de Juan Fernández evidenció que, si bien existen avances en la identificación de amenazas de origen natural, particularmente tsunamis, inundaciones por quebradas y remociones en masa, el riesgo de incendios forestales no ha sido incorporado de manera explícita ni sistemática en dichos instrumentos. Esta omisión genera un escenario de riesgo institucional, en el que la ausencia de una caracterización territorial adecuada de esta amenaza limita la implementación de medidas preventivas, de mitigación y de ordenamiento del territorio.

En este sentido, la investigación evidencia el papel central que desempeñan los instrumentos de planificación territorial en la construcción social del riesgo. Una planificación que no reconoce adecuadamente las amenazas existentes puede contribuir indirectamente al aumento de la vulnerabilidad de la población, al no establecer criterios claros para el uso del suelo, la localización de infraestructuras críticas o la implementación de medidas de prevención frente a incendios forestales.

Finalmente, es importante reconocer algunas limitaciones metodológicas de la investigación. La aplicación de metodologías desarrolladas para contextos continentales requirió adaptaciones específicas para su implementación en un territorio insular de menor escala. Un ejemplo de ello corresponde a la modificación de los buffers utilizados para el análisis del factor accesibilidad en la metodología del IDEAM, los cuales debieron ajustarse a intervalos menores debido a la escala territorial del área de estudio. Asimismo, la limitada disponibilidad de información estadística detallada para la comuna de Juan Fernández, particularmente en los datos censales del Instituto Nacional de Estadísticas, implicó la necesidad de realizar ajustes metodológicos para estimar la vulnerabilidad por exposición de la población.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos aportan evidencia relevante para comprender la configuración espacial del riesgo de incendios forestales en contextos insulares. En particular, el caso de San Juan Bautista ilustra cómo la interacción entre condiciones biofísicas, estructura territorial y debilidades institucionales puede intensificar la exposición de comunidades insulares frente a incendios forestales. En este sentido, el estudio destaca la necesidad de incorporar de manera explícita esta amenaza en los instrumentos de planificación territorial, avanzando hacia enfoques integrales de gestión del riesgo que permitan fortalecer la prevención y la resiliencia de los territorios insulares.

REFERENCIAS

Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cullen, A.C. et al. Climate change has increased the odds of extreme regional forest fire years globally. Nat Commun 16, 6390 (2025). https://doi.org/10.1038/s41467-025-61608-1

Armenteras, Dolors, & González, Tania Marisol. (2024). Repensando la gestión de incendios forestales en Suramérica: un enfoque integrado en la era del cambio climático. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 48(186), 210-215. Epub July 07, 2025.https://doi.org/10.18257/raccefyn.2600

Astorga Schneider, L. E., & Burschel, H. (2019). Desafíos climáticos, sociales y ambientales. Chile necesita un nuevo modelo forestall, Santiago: LOM Ediciones.

Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A. ... & Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth system. Science, 324(5926), 481-484. https://doi.org/10.1126/science.1163886

Calderón Ramírez, D., & Frey, K. (2017). El ordenamiento territorial para la gestión del riesgo de desastres en Colombia. territorios, (36), 239-264. http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.4795

Camus, P., & R Hajek, E. (1998). Historia ambiental de Chile. Andros Impresores.

CENEPRED. (2021). *Escala de Beaufort y gestión del riesgo*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. https://www.gob.pe/cenepred

Cerda, A. (2009). Fire Effects on Soils and Restoration Strategies (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781439843338

Ciocca, I., Fernández, A., Jaque, E., Justino, F., Schumacher, V., Santos da Silva, A., Muñoz, A., & de la Barrera, F. (2023). Increased wildfire hazard along South-Central Chile under the RCP8.5 scenario as revealed by high-resolution modelling. *Environmental Research Letters, 18*(3), 034017. https://doi.org/10.1088/1748-9326/acba33

CONAF. (2015). Determinación de causa y origen de incendios forestales. Corporación Nacional Forestal. https://www.conaf.cl/incendios/prevencion-y-mitigacion/determinacion-de-causa-y-origen-de-incendios-forestales/

CONAF. (2022-2026). Plan estratégico. Programa protección contra incendios forestales. https://www.conaf.cl/incendios/

CONAF. (2023). *Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández: antecedentes normativos*. Corporación Nacional Forestal. https://www.conaf.cl/parque_nacionales/parque-nacional-archipielago-juan-fernandez/

CONAF. (2025). Sistema de Información Territorial SIT CONAF. https://sit.conaf.cl/

CR2. (2023). *Explorador climático: estación Juan Fernández (1993–2023)*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. https://explorador.cr2.cl

Díaz-Hormazábal, Ignacio, & González, Mauro E. (2016). Análisis espacio-temporal de incendios forestales en la región del Maule, Chile. Bosque (Valdivia), 37(1), 147-158. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000100014

De la Barrera, F., Barraza, F., Favier, P., Ruiz, V., & Quense, J. (2018). Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of the Total Environment, 637–638*, 1526–1536. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.119

Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. P. D. (2000). Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews, 51*(1–4), 33–65. https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8

EM-DAT. (2024). *The international disaster database*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. https://www.emdat.be

Elison Timm, O., Giambelluca, T. W., & Takahashi, M. (2015). Climate of the Hawaiian Islands. In *Regional climates of the Pacific basin* (pp. 1–24). Springer. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0432.1

Fernandes, P.M., Monteiro-Henriques, T., Guiomar, N. et al. Bottom-Up Variables Govern Large-Fire Size in Portugal. Ecosystems 19, 1362–1375 (2016). https://doi.org/10.1007/s10021-016-0010-2 Global Wind Atlas. (2024). *Mean wind speed at 10 m*. Technical University of Denmark. https://globalwindatlas.info

Gobierno Regional de Valparaíso. (2014). Plan Regional de Ordenamiento Territorial Región de Valparaíso 2014–2024. División de Planificación y Desarrollo, Gobierno Regional de Valparaíso.

González, Mauro E, Lara, Antonio, Urrutia, Rocío, & Bosnich, Juvenal. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33º - 42º S). Bosque (Valdivia), 32(3), 215-219. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002

González-Mathiesen, C., March, A. & 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. http://doi.org/10.55467/reder.v8i2.158

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal: Escala 1:100.000. IDEAM.

INE. (2024). *Censo de población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. https://censo2024.ine.gob.cl/

IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

Jaque Castillo, E., Fernández, A., Fuentes Robles, R., & 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*(11), 3663–3678. https://doi.org/10.5194/nhess-21-3663-2021

Jaque Castillo, E., Ojeda, C. G., & 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

Jaque Castillo, E., Ojeda-Leal, C., & Muñoz-Berríos, C. (2025). La interfaz urbano-forestal como tierra de nadie en la construcción del riesgo de incendio forestal en ciudades costeras chilenas. *Urbano, 28*(52). https://doi.org/10.22320/07183607.2025.28.52.04

Jerez Ramírez, Deysi Ofelmina y Ramos Torres, Rogelio Josué. "La gobernanza del riesgo en América Latina y la dimensión política de los desastres". Estudios de la Gestión: revista internacional de administración. 11 (I Semestre, 2022): 211-230. https://www.redalyc.org/pdf/7198/719877740002.pdf

Keeley, J.E., Syphard, A.D. Twenty-first century California, USA, wildfires: fuel-dominated vs. wind-dominated fires. Fire ecol 15, 24 (2019). https://doi.org/10.1186/s42408-019-0041-0

Gonzalez-Mathiesen, C., & March, A. (2018). Establishing Design Principles for Wildfire Resilient Urban Planning. Planning Practice & Research, 33(2), 97–119. https://doi.org/10.1080/02697459.2018.1429787

Lampin-Maillet, C., Jappiot, M., Long, M., Bouillon, C., Morge, D., & Ferrier, J.-P. (2010). Mapping wildland-urban interfaces at large scales integrating housing density and vegetation aggregation for fire prevention in the South of France. Journal of Environmental Management, 91(3), 732–741. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.001

Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., & Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature, 515*(7525), 58–66. https://doi.org/10.1038/nature13946

Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009). A burning story: The role of fire in the history of life. BioScience, 59(7), 593–601. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10

Pérez-Soba Díez del Corral, I., & Jiménez Shaw, C. (2019). Interfaz urbano-forestal e incendios forestales: regulación legal en España. Revista Aragonesa De Administración Pública, (53), 158–219. https://doi.org/10.71296/raap.107

Oliver-Smith, A., Alcántara-Ayala, I., Burton, I., & Lavell, A. (2017). The social construction of disaster risk: Seeking root causes. International Journal of Disaster Risk Reduction, 22, 469–474. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.10.006
Stewart, Susan & Radeloff, Volker & Hammer, Roger & Hawbaker, Todd. (2007). Defining the Wildland-Urban Interface. Journal of Forestry. 105. 10.1093/jof/105.4.201. UNDRR. (2019). *Global assessment report on disaster risk reduction*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

UNDRR & ISC. (2020). *Hazard definition and classification review*. United Nations.

UNEP. (2022). *Spreading like wildfire: The rising threat of extraordinary landscape fires*. United Nations Environment Programme.

UNEP & GRID-Arendal. (2022). *Global wildfire assessment 2022*. United Nations Environment Programme.

Vera Rodríguez, J. M., & Albarracín Calderón, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *27*(2), 109-136. https://doi.org/10.18359/rcin.2309

Westerling, A. L., Hidalgo, H. G., Cayan, D. R., & Swetnam, T. W. (2006). Warming and earlier spring increase wildfire activity. *Science, 313*(5789), 940–943. https://doi.org/10.1126/science.1128834