

Tecnologías espaciales para la resiliencia urbana: Catastro multifinalitario con enfoque en la gestión del riesgo climático en Tierra del Fuego, Argentina

Bárbara Constantinidis Migoya - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7239-4473>

- 1 Universidad de Belgrano; barbara.constantinidis@comunidad.ub.edu.ar
- 2 Universitat Rovira i Virgili; barbararita.constantinidis@estudiants.urv.cat

Elvis Danilo Pérez Bendaña - ORCID <https://orcid.org/0009-0001-5336-1892>

- 3 Sociedad Futura; elvispz@sociedadfutura.com, elvispz@hotmail.com

Equipo de investigación de la Facultad de Arquitectura, Universidad de Belgrano:

Director: Bárbara Rita Constantinidis, barbara.constantinidis@comunidad.ub.edu.ar

Codirector período 2024: Dardo Héctor Becerra, dardoarqui@yahoo.com.ar

Codirector período 2025: Pablo Frigidi, pablo.frigidi@comunidad.ub.edu.ar

Investigadora Docente: M. Laura Russo Hernández, laura.russo@comunidad.ub.edu.ar

Resumen

La investigación ofrece enfoques innovadores que contribuyen a la planificación efectiva de áreas urbanas, sustentada en la Adaptación de la ISO LADM 19152 con Énfasis en el Modelo Núcleo de Catastro y Modelo Extendido para la Gestión del Riesgo Incendios en Tierra del Fuego, Argentina.

El objetivo es priorizar la identificación temprana de áreas vulnerables al riesgo climático en consonancia con la adopción de un sistema catastral multifinalitario, para promover procesos sostenibles de compromiso y colaboración intersectorial, de acuerdo con los Objetivos de la Agenda 2030.

La metodología adoptó tecnologías geoespaciales, técnicas de teledetección y aplicaciones web. Los resultados del análisis aportaron nuevos criterios en la gestión integral de información abierta para las agencias catastrales locales.

Pedagógicamente, la cátedra vinculada al proyecto incorporó actividades de internacionalización y adecuación del método Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) con alumnos de Arquitectura, promoviendo la replicabilidad, escalamiento y continuidad.

Abstract

The research offers innovative approaches that contribute to effective urban planning, based on the Adaptation of ISO LADM 19152 with an Emphasis on the Core Cadastre Model and Extended Model for Fire Risk Management in Tierra del Fuego, Argentina.

The objective is to prioritize the early identification of vulnerable areas to climate risk related to the adoption of a multipurpose cadastral system, to promote sustainable processes of intersectoral engagement and collaboration, according to 2030 Agenda Goals.

The methodology adopted geospatial technologies, remote sensing techniques, and web applications. The results of the analysis provided new criteria for the comprehensive management of open information for local cadastral agencies. Pedagogically, the chair associated with the project incorporated internationalization and adaptation activities of the Problem-Based Learning (PBL) method with architecture students, promoting replicability, scalability and continuity.

Palabras clave

Catastro multifinalitario; Gestión de Riesgos; Geotecnologías; Aprendizaje Basado en Problemas; Sostenibilidad.

Key Words

Multipurpose cadastre; Risk management; Geotechnologies; Problem-Based Learning (PBL); Sustainability.

Introducción

La transformación del catastro tradicional hacia un sistema multifinilarario sostenible implica un proceso de integración de información multidisciplinaria que contribuye a la planificación y gestión territorial de los territorios, en armonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El proyecto de investigación articula dos áreas temáticas fundamentales en la planificación territorial: el Catastro Multifinilarario y la Gestión del Riesgo Climático, mediante el uso eficiente de Tecnologías Geoespaciales.

Este trabajo estudia la estructura administrativa catastral de este país y la experiencia de aplicar Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos abiertos, en consonancia con la Adaptación de la ISO LADM 19152, enfatizando el Modelo Núcleo de Catastro y Modelo Extendido para la Gestión del Riesgo Incendios en Tierra del Fuego, Argentina. Entender el catastro como una fuente de información para diferentes propósitos, incluyendo la gestión del riesgo climático, significa cooperar con la consolidación y gestión territorial, así como con la planificación física y urbana. Los sistemas de información geográfica (SIG) pueden colaborar con la construcción de un catastro plural y esta evolución justifica la aplicación de estándares interoperables para involucrar dimensiones sociales, ambientales e infraestructurales (Medina et al., 2005).

El caso de estudio es la Provincia de Tierra del Fuego, con características geográficas de zonas predominantemente boscosas en las cercanías de lagos y sur de la isla, y de meseta patagónica en el área central y norte, que resultan de interés en el estudio de situaciones de riesgo climático. Adicionalmente se ha considerado la información del estudio sobre uso de datos geoespaciales publicado por (Constantinidis Migoya, 2025), que aporta datos relevantes sobre el catastro fueguino en relación con el comportamiento de variables a nivel país, para sustentar la elección del caso.

El proceso de vincular el manejo de datos de gestión de riesgos climáticos bajo estándares articulados con el modelo LADM, destaca la importancia de desarrollar mecanismos aptos para favorecer la evolución de catastros locales, en materia de transformación digital y uso de datos geoespaciales según el Marco de Administración Efectiva de la Tierra y el Marco de Marco Integrado de Información Geoespacial UN-GGIM (2019).

El desarrollo del proyecto se complementa con la colaboración de entidades miembro de la Red AmeriGEO de Laboratorios de Observación de la Tierra para la Reducción del Riesgo de Desastres - GEODARMA. AmeriGeo GAIA, que asume el rol de socio estratégico y académico. La contribución de sus expertos ha favorecido un intercambio de experiencias y casos de éxito en el área de América Central y el Caribe con el cuerpo de alumnos y docentes de Argentina. Dentro del marco metodológico se estudia el "Sistema de Localización de Incendios en Tiempo Real", y guiar la creación de tableros geográficos. Esta adaptación generó una transferencia de conocimiento tangible sobre el caso de estudio en Argentina.

Para abordar la magnitud de los efectos del cambio climático que han ocurrido en los últimos años en América Latina y el Caribe, se han registrado los numerosos daños causados por eventos considerados como desastres naturales, a través de la consulta bibliográfica a documentos preparados por entidades de Coordinación Regional y Nacional para la Reducción de Desastres. Asimismo, este proyecto de referencia, se sustenta en documentos originados por el área de Gestión del Riesgo de Desastres de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos), desde donde la investigación traza una ruta transferible hacia la situación de riesgo en América del Sur, complementando y localizando sus bases documentales con informes y capas de imágenes proporcionadas por la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales) de la República Argentina.

Objetivos

El objetivo principal de la investigación es contribuir con un enfoque tecnológico innovador hacia la gestión preventiva del riesgo climático conectado al catastro multifinalitario en Tierra del Fuego, Argentina.

Los objetivos secundarios son:

1. Detectar eventos climáticos y generar patrones históricos, que contribuyan a los procesos de planificación local sobre la base de la sostenibilidad y la resiliencia urbana.
2. Generar un prototipo de análisis de vulnerabilidad anticipada de incendios conectando información abierta con el sistema catastral local.
3. Aplicar los principios de PBL (Aprendizaje Basado en Problemas) a jóvenes investigadores en la etapa pregrado universitaria para estudiantes de Arquitectura y construir nuevas habilidades en la gestión de información espacial con tecnologías geográficas SIG.

Hipótesis:

La hipótesis de la investigación establece que la generación de capacidades predictivas mediante el uso de geotecnologías aplicadas a la gestión del riesgo climático, promueve la colaboración intersectorial y contribuye al proceso transformador de los catastros multifinalitarios, en Tierra del Fuego, Argentina.

Caso de estudio:

El proyecto estudia el territorio de Tierra del Fuego, provincia ubicada en el extremo sur de Argentina, región de paisajes fríos y bosques subantárticos o andinos patagónicos, ubicados al Sur del paralelo 54, latitud sur.

En los últimos años, el cambio climático ha intensificado la ocurrencia de fenómenos inesperados, generando mayores impactos en la infraestructura local y los ecosistemas. Varias amenazas ambientales han afectado el área, como incendios forestales, principalmente causados por actividades humanas, con consecuencias devastadoras de larga recuperación en el tiempo. También en esta zona se han registrado inundaciones, causadas por el derretimiento de la nieve y las fuertes lluvias, que afectan ciudades como Ushuaia y Tolhuin, poniendo en riesgo áreas pobladas. Mientras tanto en el caso de Río Grande, sus costas se abren al Mar Argentino, con un área caracterizada como típica estepa patagónica con mesetas, llanuras y pastizales.

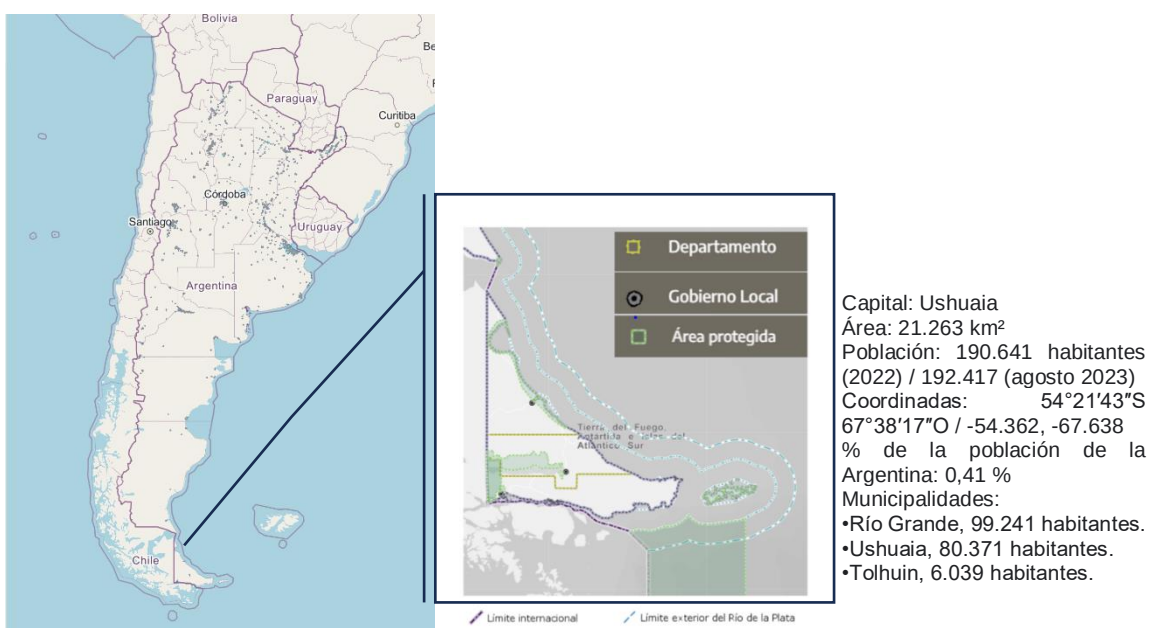


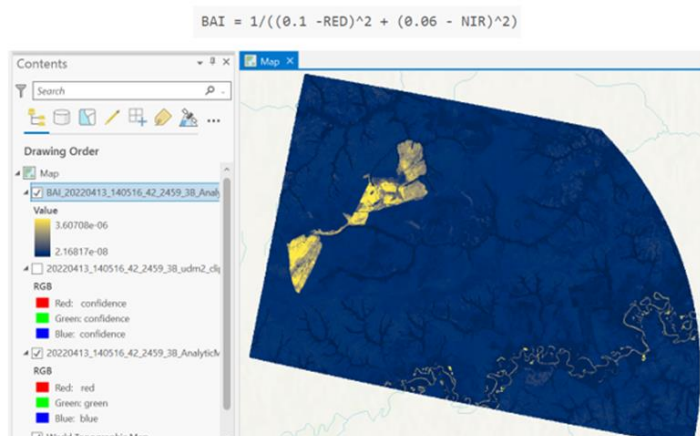
Figura 1: Área de estudio con Límites departamentales, Tierra del Fuego, Argentina. Fuente: IGN, Ministerio de Defensa, 2024.

Durante el proceso de definición del caso de estudio, se intercambió información valiosa con la Dirección de Catastro de Tierra del Fuego para conocer en profundidad sobre el enfoque de su proyecto catastral en cuanto a su situación tecnológica, de manejo de datos abiertos y sobre la situación socio-geográfica de la provincia y sus municipios. En esta etapa, se abordaron aspectos clave del catastro en Tierra del Fuego en entrevistas entre el grupo de investigación y sus representantes en la administración pública, explicando sus características y el papel esencial que desempeña la información geoespacial en la gestión territorial. Se destacó que, en la actualidad, la provincia enfrenta riesgos específicos debido a su ubicación y condiciones climáticas, lo que hace esencial tener un catastro preciso y actualizado con enfoque multidisciplinario. En la actualidad, la falta de herramientas tecnológicas en los catastros provinciales del país dificulta la prevención y la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Los principales factores de riesgo estudiados en este proyecto son los incendios y las inundaciones. La siguiente figura y tablas muestran la relación entre las causas y las condiciones que afectan principalmente a Tierra del Fuego. Este esquema se elaboró con información de la Secretaría de Medio Ambiente de Tierra del Fuego de la Provincia y del Servicio Nacional de Manejo del Fuego del Gobierno Argentino.

Susceptibilidad de Incendios: Condiciones que facilitan la propagación	Detonantes del Fuego: Causas directas de incendios
CONDICIONES CLIMÁTICAS: • Vientos fuertes: Es un factor crítico, ya que aviva las llamas y transporta chispas a largas distancias. • Baja humedad relativa: La baja humedad seca la vegetación, haciendo que se vuelva más combustible. • Temperaturas elevadas: Períodos de calor intenso favorecen el secado de la vegetación, aumentando su inflamabilidad.	ACTIVIDADES HUMANAS • Quemas agrícolas mal controladas. • Fogatas en áreas de camping o recreativas. • Vertido de colillas de cigarrillos. • Actividades de construcción o industriales que generan chispas.
VEGETACIÓN INFLAMABLE: • Bosques de lenga y ñire: Estos bosques, pueden acumular gran cantidad de hojas secas lo que aumenta su susceptibilidad al fuego. • Pastizales secos: Durante los meses de verano, los pastizales secan y actúan como combustible fácil para la propagación rápida de incendios.	RAYOS Y TORMENTAS ELÉCTRICAS • Las tormentas eléctricas que no producen lluvia significativa pueden generar rayos que encienden la vegetación seca.
DIFÍCIL ACCESO Y AISLAMIENTO GEOGRÁFICO • Muchas áreas de Tierra del Fuego son de difícil acceso, lo que complica la respuesta rápida ante un incendio y permite que se extienda más fácilmente.	DESPEJES DE VEGETACIÓN • Para infraestructura. Las obras que implican la eliminación de vegetación (por ejemplo, para la construcción de carreteras) pueden generar condiciones propicias para que el fuego se inicie.
AUSENCIA DE MEDIDAS PREVENTIVAS • En zonas donde no se implementan planes de manejo forestal.	
CAMBIO CLIMÁTICO El aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones climáticos pueden aumentar la frecuencia y la gravedad de los incendios	

Tabla 1: Resumen de Susceptibilidad al Fuego y factores detonantes de riesgo en Tierra del Fuego, Argentina. Fuente: Elaboración propia, 2024.

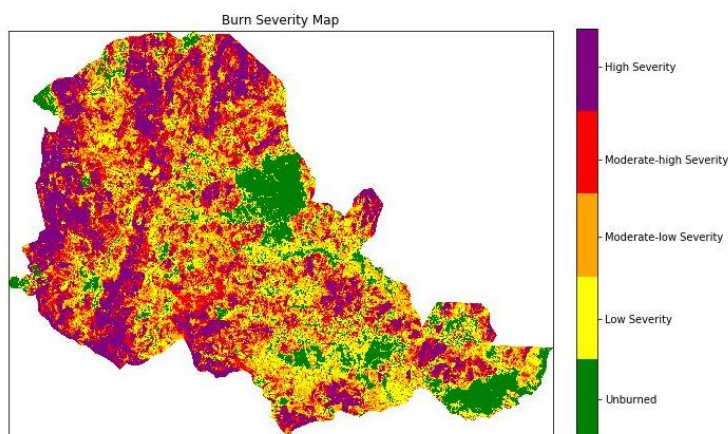
Desarrollo de las variables de impacto en incendios para Tierra del Fuego, Argentina: Índice de Área Quemada (BAI-NBR)



El Índice de área calcinada (BAI) utiliza los valores de reflectancia de la parte roja y NIR del espectro para identificar las áreas del terreno afectadas por un incendio, utilizando Sentinel 2 y LandSat 9. MODIS y VIIRS como estudios a grandes escalas (Chuvieco, 2002)

Figura 2: Procedimiento en ArcGIS Pro (Esri). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/bai.htm>

Mapeo de Severidad de Área Quemada

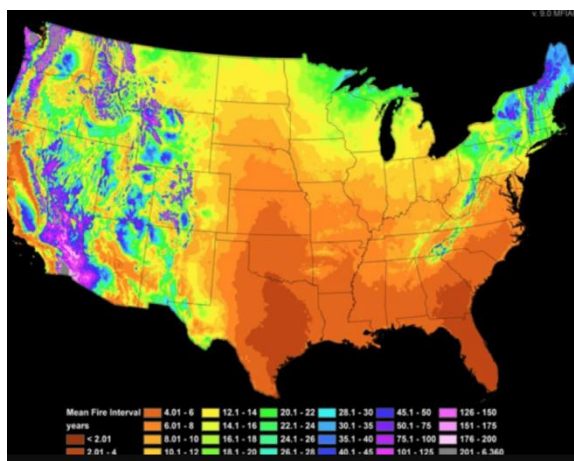


La severidad de quema es el efecto de un incendio en las propiedades del ecosistema, o en otras palabras el grado de mortalidad de la vegetación.

Figura 3: Práctica recomendada de ONU-SPIDER para el mapeo de la gravedad de los incendios.

<https://github.com/UN-SPIDER/burn-severity-mapping-EO>,
https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_series/rmrs/gtr/rmrs_gtr243_es.pdf,

Histórico: Intervalo de Retorno de Incendios



Variables para Zonificación de Vulnerabilidad

Amenaza = susceptibilidad de la vegetación * (0,17) + precipitación * (0,25) + temperatura * (0,25) + pendientes * (0,03) + accesibilidad (0,03)

Análisis de combustión: Tipo, Duración y Carga de Combustible

TIPO DE COMBUSTIBLES	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Árboles	BAJA	2
Árboles y arbustos	MODERADA	3
Arbustos	ALTA	4
Hierbas	ALTA	4
Pastos / hierbas	MUY ALTA	5
Pastos	MUY ALTA	5
No combustibles	MUY BAJA	1
Áreas urbanas	MUY BAJA	1

DURACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
No combustibles	MUY BAJA	1
Áreas urbanas	MUY BAJA	1
100 horas (Predominio de árboles)	BAJA	2
10 horas (Predominio de arbustos y hierbas)	MODERADA	3
1 hora (Predominio de pastos)	ALTA	4

CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
No combustibles	MUY BAJA	1
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	MUY BAJA	1
Baja (1-50 Ton/Ha)	BAJA	2
Moderada (50 a 100 Ton/Ha)	MODERADA	3
Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)	ALTA	4

Factores Climáticos: (Precipitación y temperatura)

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Árido (0-500)	MUY BAJA	1
Pluvial (>7000)	MUY BAJA	1
Muy húmedo (3000-7000)	MODERADA	2
Húmedo (2000-3000)	MODERADA	3
Seco (1000-2000)	ALTA	4
Muy seco (500-1000)	MUY ALTA	5

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Nival (<1.5)	MUY BAJA	1
Extremadamente frío (1.5 - 6)	MUY BAJA	1
Muy frío (6 - 12)	MODERADA	2
Frío (12 - 18)	MODERADA	3
Templado (18 - 24)	ALTA	4
Cálido (>24)	MUY ALTA	5

Relieve (Pendiente)

PENDIENTE MEDIA (%)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 - 7 %	MUY BAJA	1
7 - 12 %	BAJA	1
12 - 25 %	MODERADA	2
25 - 75 %	ALTA	3
> 75 %	MUY ALTA	4

Accesibilidad (Vías y caminos)

DISTANCIA A LA VÍA (GROSOR DEL BUFFER en m)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 - 500	MUY ALTA	5
500 - 1000	ALTA	4
1000 - 1500	MODERADA	3
1500 - 2000	BAJA	2
Más de 2000	MUY BAJA	1

Figura 5: Tablas para el análisis de variables de riesgo de incendios. Elaboración propia.

Metodología:

El proyecto se articula a través de 3 principales pasos metodológicos:

Para el primer paso, el proyecto utilizó información de acceso abierto, complementada por imágenes satelitales de las constelaciones que se estudiaron y trabajaron en los cursos de teledetección dictados durante el primer semestre del año 2024.

Estas imágenes satelitales han permitido obtener datos actualizados y precisos, facilitando un análisis detallado de las áreas de interés. La integración de estas herramientas fortalece la capacidad para monitorear y gestionar riesgos de manera eficiente, aplicando el conocimiento adquirido en el campo de la teledetección.

Para el segundo paso, el proyecto utilizó información de acceso abierto del Living Atlas of The World (Esri Inc), vinculada a infraestructuras de datos espaciales (IDE) provinciales o nacionales, lo que permitió acceder a recursos geoespaciales actualizados y de alta calidad.

Para el tercer paso, el equipo de investigación trabajó la relación entre un Land Administration Domain Model o en español Modelo del Dominio de la Administración de Tierras (LADM) y su aplicación al Catastro Multifinalitario en el caso de estudio.

El LADM ISO 19152 establece un esquema conceptual estandarizado para la administración de tierras, estructurado en clases principales que permiten representar derechos, restricciones, responsabilidades (RRR) y datos espaciales asociados.

Ese concepto de uso de estándares para integrar la información de datos territoriales precisos y actualizados, proporciona una representación integral de las propiedades, límites y características físicas del terreno, que habilita capacidades de toma de decisión informada en áreas de planificación y gestión de riesgos para zonas urbanas y rurales, a partir de una cartografía completa del territorio.

Para trabajar con la variable de incendios, el proyecto adaptó el estudio de antecedentes presentado por AMERIGEO, la Agencia Espacial Peruana – CONIDA y la Agencia Espacial Paraguaya, desarrollado por el Laboratorio GAIA (Perez Bendaña E., 2023).

Teledetección:

Se trabajó con sensores VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), dado que son herramientas avanzadas para la observación de la Tierra actualmente disponibles en forma abierta, que forman parte de los satélites de la serie Suomi NPP y NOAA-20, lanzados por la NASA y la NOAA, cuya misión principal es monitorear los sistemas climáticos, la cobertura terrestre, la temperatura del mar y eventos extremos como incendios forestales.

VIIRS permitió la detección de "puntos de calor" en tiempo casi real, de particular importancia para territorios como Tierra del Fuego, Argentina, donde los incendios forestales han incrementado en frecuencia e intensidad.

La Aplicación en Tierra del Fuego consistió en realizar detecciones activas de incendios, que se han utilizado para construir series temporales, identificar áreas de mayor frecuencia de ocurrencia y evaluar la efectividad de zonas de amortiguamiento.

Para integrar datos de observación de la Tierra con el modelo LADM, fue posible adaptar la extensión de la clase LA_Source y su vinculación con eventos espaciales representados por una nueva clase LA_RemoteSensingEvent.

En este estudio geoespacial se evaluaron las huellas de incendios usando imágenes de satélite de Landsat 8-9 anteriores y posteriores a un incendio para visualizar las áreas calcinadas, calcular los daños mediante un índice de calcinación normalizado y publicar los datos como una clase de entidad.

Con el índice de calcinación normalizado (NBR) se utilizaron las bandas NIR (Infrarrojo cercano) y SWIR (Infrarrojo de onda corta) de las imágenes para destacar las áreas calcinadas a la vez que se mitigan las diferencias en la iluminación y los efectos atmosféricos.
$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

La diferencia entre el NBR previo (Prefire) y posterior al incendio (Postfire) obtenido de las imágenes se usó para calcular el diferencial NBR (dNBR o Δ NBR), que luego se puede aplicar para estimar la severidad del incendio. Un valor más alto de dNBR indica un daño más severo, mientras que las áreas con valores negativos de dNBR pueden indicar un nuevo crecimiento después de un incendio. La fórmula utilizada para calcular dNBR se ilustra a continuación:

$$\text{dNBR or } \Delta\text{NBR} = \text{PrefireNBR} - \text{PostfireNBR}$$

Fuente: <https://un-spider.org/es/node/10959> ;

Referencias: FIG (2014), Williamson & Ting (2001a), Dangermond & Goodchild (2020).

A continuación, se detallan las clases y su aplicación en el catastro multifinalitario con enfoque en gestión del riesgo climático, para este estudio:

a) Clase LA_Party (Partes Interesadas)

- Descripción: Representa a los actores (personas, organizaciones, instituciones) vinculados a la gestión catastral y de riesgos.
- Campos relevantes:
 - partyID (Identificador único).
 - partyType (Tipo: "Persona física", "Gobierno", "ONG", "Empresa").
 - name (Nombre o razón social).
 - contactInfo (Datos de contacto).
- Aplicación en Tierra del Fuego:
 - Registro de la Dirección de Catastro provincial, Secretaría de Medio Ambiente, propietarios de tierras, y equipos de respuesta a emergencias.

b) Clase LA_AdministrativeUnit (Unidades Administrativas)

- Descripción: Define límites territoriales (jurisdicciones, parcelas, áreas protegidas).
- Campos relevantes:
 - auID (ID único).
 - auType (Tipo: "Municipio", "Parcela", "Reserva Forestal").
 - geometry (Representación espacial: polígonos, líneas).
- Aplicación:
 - Delimitación de municipios (Ushuaia, Río Grande, Tolhuin), parcelas catastrales, y zonas de riesgo (bosques, áreas inundables).

c) Clase LA_RRR (Derechos, Restricciones, Responsabilidades)

- Descripción: Establece relaciones legales y condicionantes sobre la tierra.
- Subclases clave:
 - LA_Right (Derechos):
 - rightType (Ej: "Propiedad", "Uso de suelo", "Concesión").
 - share (Porcentaje de tenencia).
 - LA_Restriction (Restricciones):
 - restrictionType (Ej: "Área protegida", "Zona no edificable", "Riesgo de incendio").
 - regulation (Normativa asociada, ej: Ley 26.331 de Bosques Nativos).
 - LA_Responsibility (Responsabilidades):
 - obligation (Ej: "Mantenimiento de cortafuegos", "Reporte de incendios").
- Aplicación:
 - Vinculación de restricciones por riesgo climático (ej: prohibición de construcción en áreas boscosas susceptibles a incendios).

d) Clase LA_SpatialUnit (Unidad Espacial Topográfica)

Descripción: Modela la representación geométrica del territorio (parcelas, edificios, infraestructura).

Campos relevantes:

suID (ID único).

suType (Tipo: "Parcela", "Edificio", "Carretera").

geometry (Geometría en 2D/3D).

riskLevel (Atributo extendido para riesgo: "Alto", "Medio", "Bajo").

Aplicación:

Mapeo de parcelas con cobertura vegetal inflamable (lenga, ñire) y infraestructura crítica (hospitales, escuelas).

e) Clase LA_Source (Fuentes de Datos)

Descripción: Documenta el origen y calidad de la información (fundamental para trazabilidad).

Campos relevantes:

sourceID (ID único).

sourceType (Ej: "Satélite", "Censo", "Catastro").

reference (Enlace o cita).

accuracy (Precisión del dato).

Aplicación:

Registro de imágenes VIIRS/NASA para incendios, datos catastrales provinciales, y capas del Living Atlas (Esri).

Resultados:

La aplicación exploratoria de modelos basados en teledetección facilitó la identificación de zonas de riesgo y el análisis SIG con ArcGIS Pro, consumiendo datos meteorológicos que generan cambios en el modelo en tiempo real, como muestra la Figura 6.

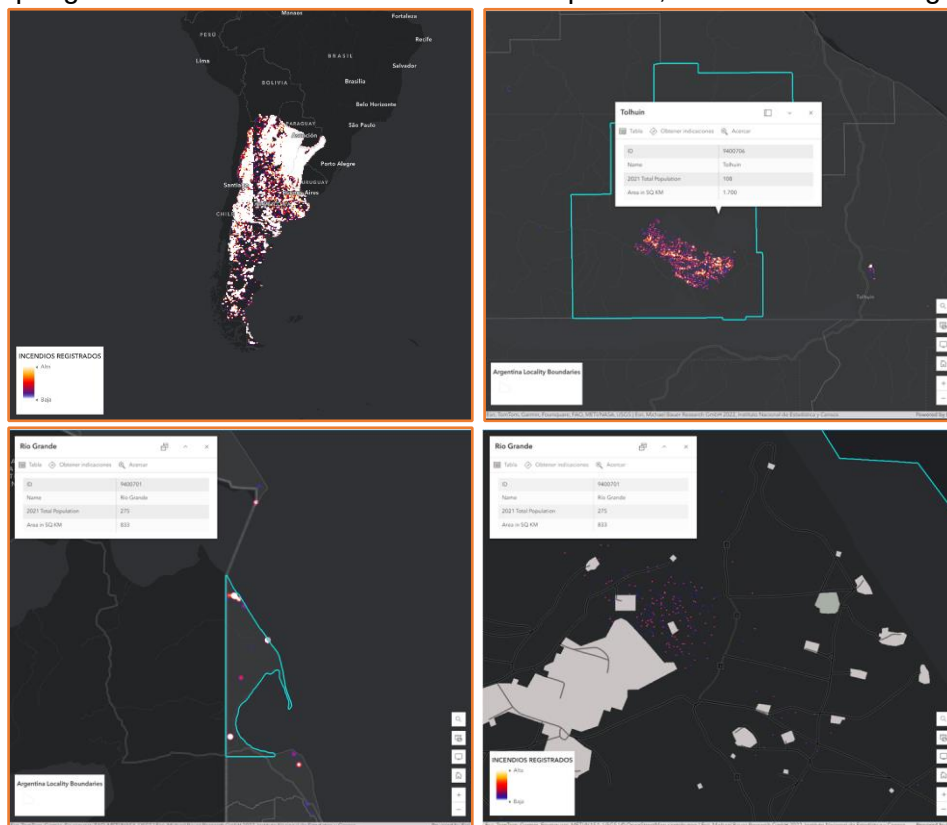


Figura 6: Mapa de focos de incendio. Resultado de la ejecución del modelo SIG predictivo, visualización generada con Map Viewer de Esri. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7 muestra el mapa de área boscosa en Tierra del Fuego. Se generó un modelo integrado, usando datos oficiales abiertos, en correlación con las capas de áreas protegidas y condiciones del terreno, que se aprecian en la Figura 8.



Figura 7: Análisis del estado de los bosques, Mapa de Bosques Nativos y uso del modelo SIG para el mapeo de la fauna nativa. Fuente: O.T.B.N.

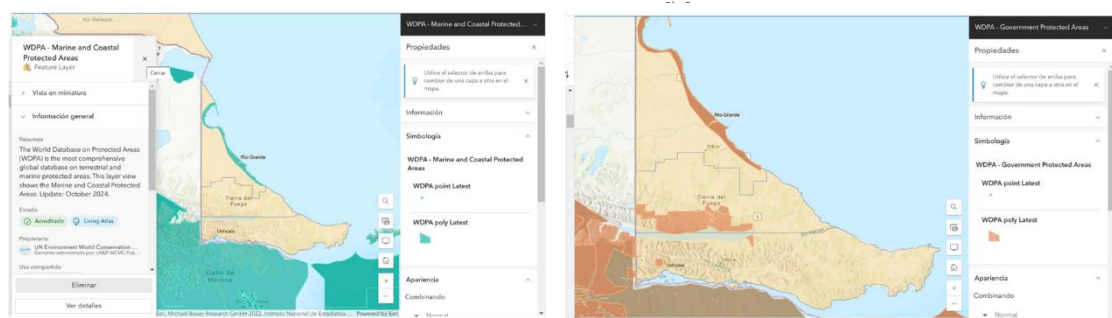


Figura 8: Uso de las capas del Living Atlas para analizar las condiciones del terreno. Mapa de Áreas costeras protegidas. Fuente: Elaboración propia.

Una vez descargadas las diferentes capas y generado el análisis con técnicas de teledetección, se comenzaron a analizar los focos de incendio en relación con las diferentes condiciones urbanas y rurales, en particular identificando la superposición o cercanía con áreas pobladas. Este procedimiento se aprecia en la Figura 9.

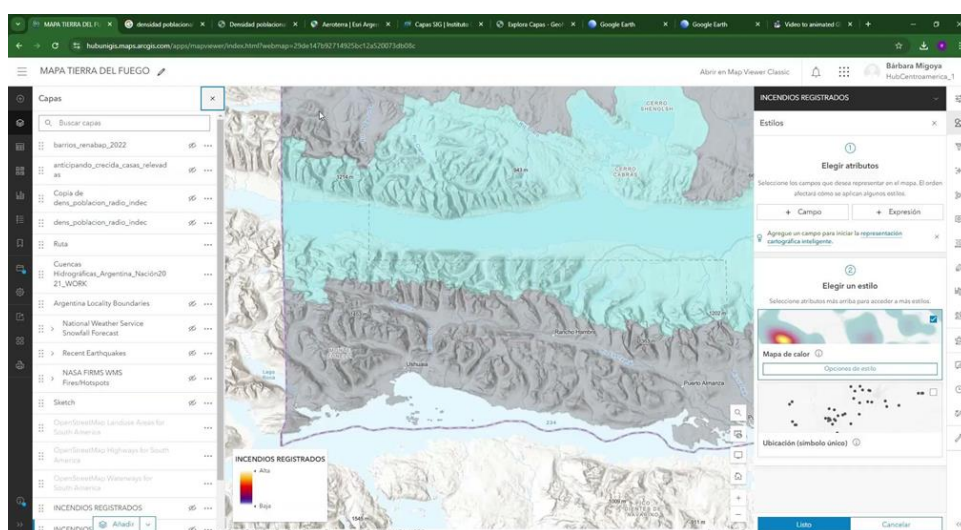


Figura 9: Uso de las capas de Living Atlas para analizar las condiciones del terreno. Mapa de focos de incendio con puntos de población. Fuente: Elaboración propia.

El uso del modelo SIG con el software ArcGIS, permitió correlacionar áreas pobladas del área de estudio y evaluar su nivel de vulnerabilidad a riesgos potenciales. El estudio de riesgos en áreas pobladas dentro de los límites administrativos municipales y las capas de datos socioeconómicos de Tierra del Fuego, Argentina, incluye equipamiento escolar y sanitario, extrayendo principalmente los datos del Living Atlas of the World (Esri) y de fuentes de datos abiertos, analizados por el equipo de investigación. Se priorizó el estudio de:

- Características demográficas de las poblaciones afectadas
- Disponibilidad de infraestructura
- Ubicación de equipos críticos: escuelas y hospitales

Las Figuras 10 y 11, muestran la relación de los límites Administrativos Municipales y Capas de equipamiento escolar para las ciudades de Río Grande y Tolhuin, respectivamente, sobreponiendo un análisis de influencia de riesgos y poblacional.

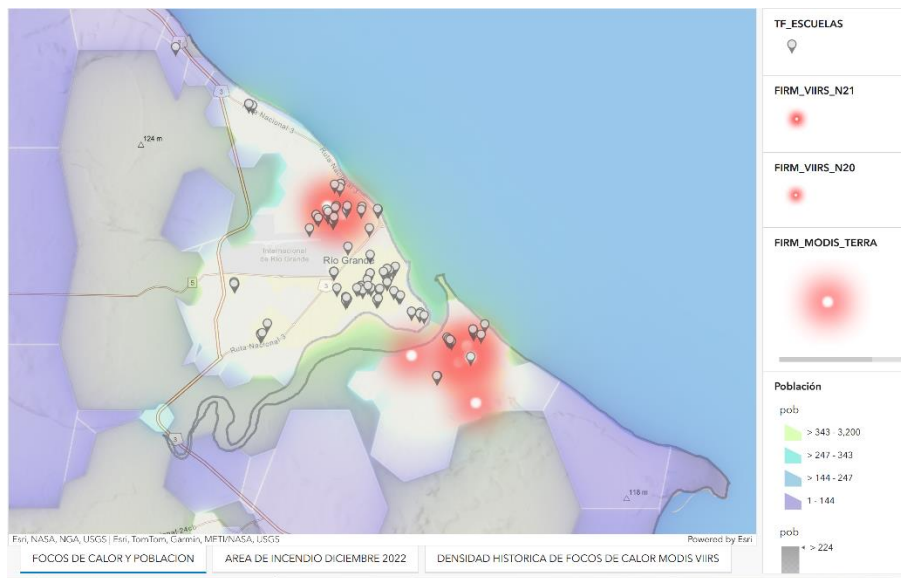


Figura 10: Análisis de riesgos sobre la ciudad de Río Grande, incorporando focos de incendio, población y escuelas. Fuente: Elaboración propia.

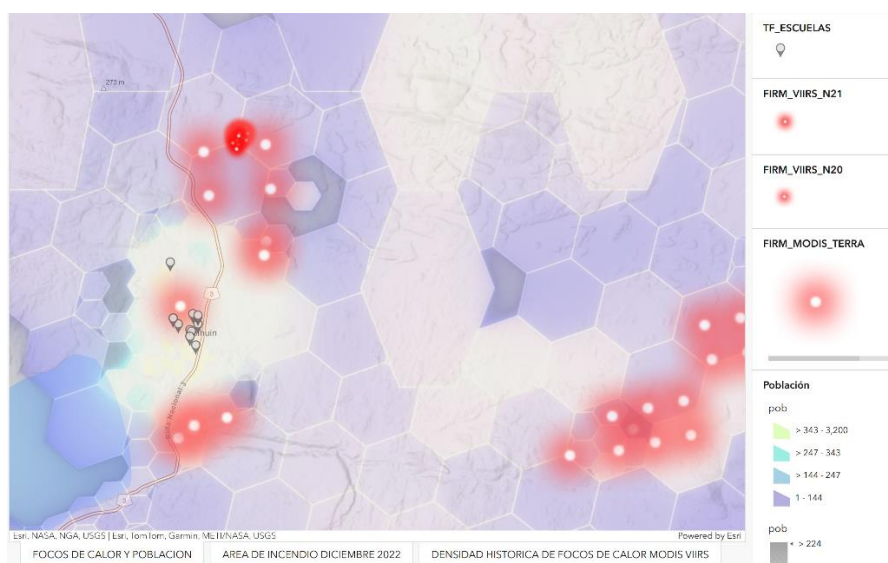


Figura 11: Análisis de riesgos sobre la ciudad de Tolhuin, incorporando focos de incendio, población y escuelas. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se generaron productos SIG web, para integrar la información, permitir el análisis de indicadores y potenciar el uso de herramientas dinámicas con actualización en tiempo real. En la Figura 12, se presenta un tablero geográfico realizado con la aplicación ArcGIS Dashboard de Esri, localizando los principales focos de calor y población, generados simultáneamente por los satélites MODIS TERRA, VIIRS N20 y VIIRS N21.

Para mostrar cómo se comporta el modelo en una aproximación territorial de riesgo, se realizó un análisis cercano para un área de incendio con las capas ráster de polígono, usando índice NBR y DELTA NBR. Fuente: Imágenes LANDSAT 8 (Oct-22) y Landsat 9 (Ene-2023), que se pueden apreciar en la Figura 13. Finalmente, la figura 14 muestra la misma aplicación de Tablero, mostrando resultados de densidad histórica, con cobertura provincial.

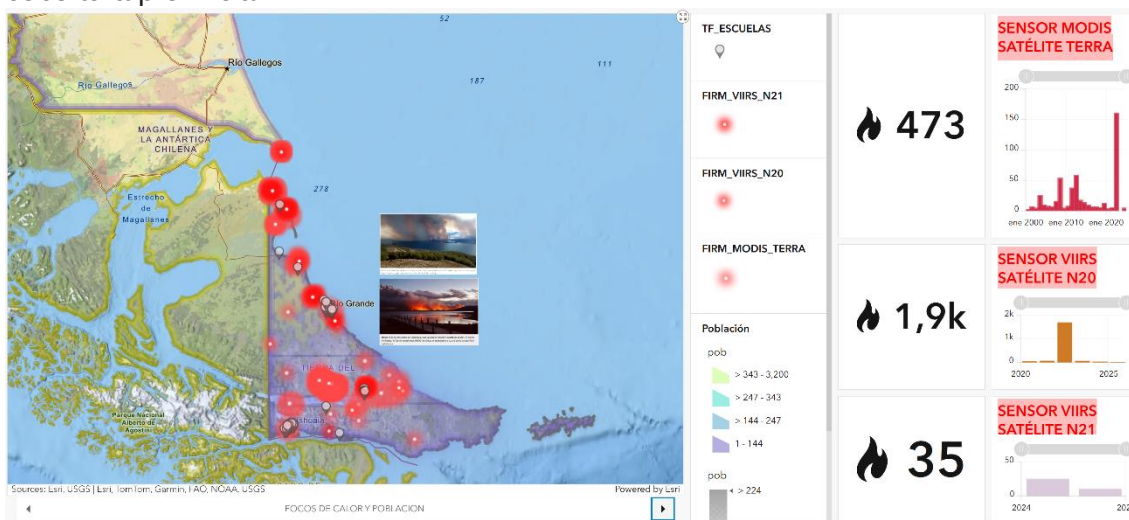


Figura 12: Tablero de focos de Calor y Población en Tierra del Fuego. Fuente: Elaboración propia.

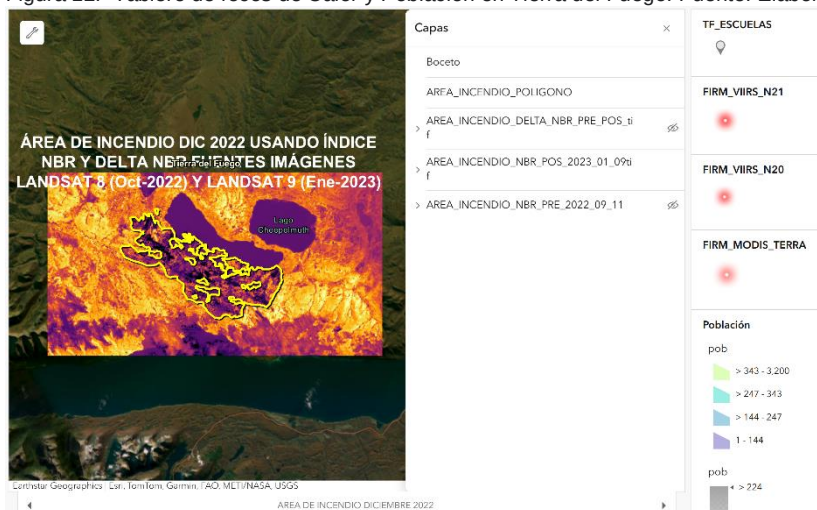


Figura 13: Análisis de un área de incendio con las capas ráster de polígono, usando índice NBR y DELTA NBR. Fuente: Elaboración propia sobre imágenes LANDSAT 8 (Oct-22) y Landsat 9 (Ene-2023)

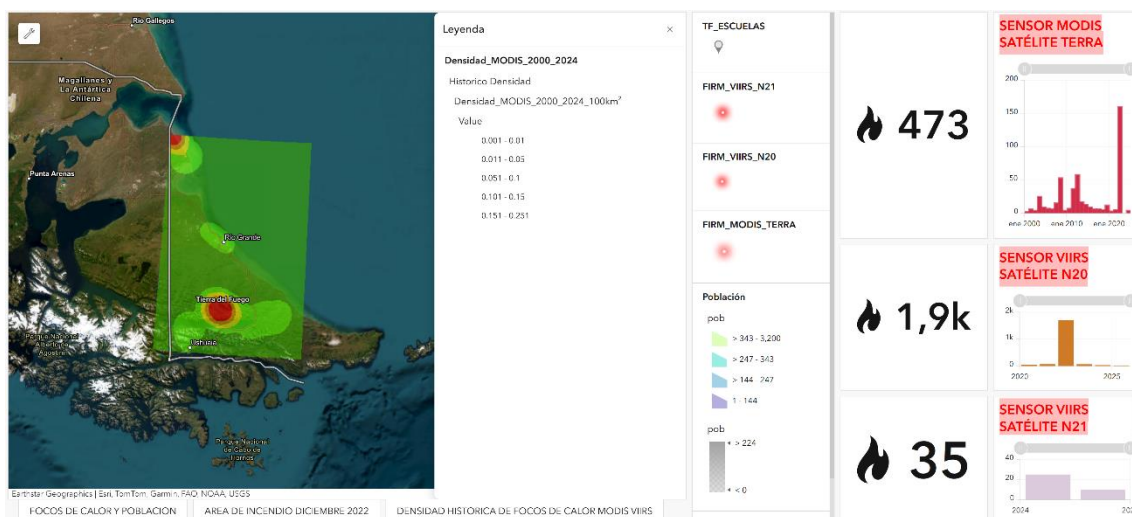


Figura 14: Tablero de densidad histórica con sensores MODIS y VIIRS. Fuente: Elaboración propia.

Resultados pedagógicos:

A lo largo del proyecto se aplicó el método de formación autónoma de Cursos Masivos Abiertos en Línea (MOOC) para implementar nuevas habilidades de los alumnos en el uso de SIG. Esta actividad se complementó con un curso de formación específico en Tecnologías de teledetección y SIG, y seminarios articulados con organizaciones nacionales e internacionales afines al tema de la investigación. Entre ellas, se destacaron temas de resiliencia, mitigación y adaptación al cambio climático y gestión de información geoespacial dirigido a la toma de decisiones sobre temas urbanos.

Conclusión:

Los resultados obtenidos con el uso de recursos GIS web permitieron mapear situaciones de alerta, y visualizar posibles fuentes de colaboración con actores multisectoriales, incluyendo la retroalimentación de las comunidades con encuestas georreferenciadas, pudiendo ampliar el impacto de las soluciones geográficas actuales. Los flujos de trabajo integradores con información geoespacial interoperable son clave para la innovación, alimentando los observatorios locales de riesgo y abriendo un proceso de evolución en el uso de hechos de transformación digital adicionales como el uso de Inteligencia Artificial Geoespacial (Geo-AI) para la región.

El uso de recursos disponibles (datos oficiales y herramientas SIG configurables) permiten obtener resultados inmediatos y asertivos sin implicar un esfuerzo de desarrollo personalizado y con una inversión económica sostenible en términos de implementación tecnológica y recursos humanos.

Un modelo de trabajo científico basado en datos abiertos y con la utilización de estándares geoespaciales, es esencial para incorporar y combinar nuevas variables de estudio a escala local, abordando necesidades específicas de cada población afectada. En cuanto a la adaptación de la ISO LADM 19152 con Énfasis en el Modelo Núcleo de Catastro y Modelo Extendido para la Gestión del Riesgo Incendios en Tierra del Fuego, Argentina, se concluye que el catastro y la gestión de los riesgos climáticos se están conectado en un proyecto multifinalitario al compartir una base de información en común; la prevención mediante la identificación de áreas vulnerables y una respuesta rápida en emergencias se produce cuando se tiene acceso a información parcelaria.

El proyecto piloto aplicado al caso de estudio, vinculó el catastro provincial con un modelo predictivo de incendios a partir de una metodología que incluyó mapear áreas de alta susceptibilidad, superponerlas con límites de propiedad catastrales y generar

informes automatizados para autoridades locales, utilizando herramientas como software y bases de datos SIG, así como datos abiertos de Argentina.

Las variables elegidas se conectaron con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuyendo a ciudades más resilientes (ODS 11) y a la acción climática (ODS 13) mediante la mitigación de riesgos, impulsando su escalabilidad y estimulando políticas públicas que modernicen los catastros con estándares como el LADM, así como fomentar la colaboración entre universidades, agencias espaciales y comunidades locales, integrando así conocimiento técnico y participación ciudadana para una gestión territorial más efectiva y sostenible.

Agradecimientos:

Agradecemos los valiosos aportes de las siguientes personas:

- Ing. Elvis Pérez Bendaña. Presidente del Grupo de Redes SIG de Sociedad Futura, y Coordinador Regional de Catastro de la Procuraduría General de la República de Nicaragua, con más de 25 años de experiencia en SIG.
- Ing. Agrimensor Martín Eladio Ibarra Medina. Director General de Catastro de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Agencia de Rentas Fuguinas. Vocalía del Mercosur, Comité Permanente de Catastros de Iberoamérica para el bienio 2024/2026. Presidente de la subregión del Mercosur en la Red Interamericana de Catastros y Registros de la Propiedad de la OEA para 2025.
- Ing. Marcelo Ramos, Licenciado en Geografía. Director de Sistemas de Información Geográfica e IDE Municipales del Municipio de La Matanza, Provincia de Buenos Aires, Argentina, Representante de los Gobiernos Locales en el Consejo Directivo de IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina).

Agradecemos a la Universidad de Belgrano - Programa de Jóvenes Investigadores, por contribuir en el proceso de formación profesional de nuestros alumnos estudiantes de 5.º año de Arquitectura, (2024): Mikele Olais, Martina Carrusca, Francesca Marrazzo, Catalina Colloca, Eugenio Artus y Sofía Bastante.

Este trabajo es parte de una investigación aplicada dentro de la transferencia tecnológica, desarrollada en modo híbrido dentro del ámbito de las Cátedras de Habilitación Profesional II A y B, Arq. Dardo Becerra (2024) Arq. Pablo Frigidi (2025), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Carrera de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Belgrano, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Este documento de investigación ha sido elaborado por los autores y el contenido es de su exclusiva responsabilidad. Según la Tabla CONEAU, la investigación se clasifica como «Ciencias Aplicadas, Arquitectura, Otros: Gestión de Riesgos» y se ajusta a tres de los Objetivos Socioeconómicos (MINCyT): Exploración y explotación del territorio, Medio Ambiente y Producción general de conocimiento.

Conflictos de intereses: «Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses».

Referencias:

- Alvarez Villacreses, B. M., Alvarez Villacreses, S. M., & Alvarez Pincay, D. E. (2022). Gestión de los riesgos climáticos en la inversión pública. UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 6(4), 157–164. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n4.2022.684>
- Balvo, Elvira H. (2009). El catastro multifinalitario: un estudio exploratorio. Cuadernos del Instituto AFIP. C9.

- Cheverri Molina, I. (2016). Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento, por medio de la metodología Mora-Vahrson, en la microcuenca del Río Macho, San José, Costa Rica (Tesis de grado en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/7054>
- Chuvieco, E., M. Pilar Martín y A. Palacios (2022). Assessment of Different Spectral Indices in the Red-Near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination. *Remote Sensing of Environment* 112: 2381-2396.
- Constantinidis, B. (2020). A PBL Collaborative and Cumulative Dynamics Towards Urban Sustainable Environments. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*. Aalborg University. In Vol. 8 No. 1 (2020): Special Issue: PBL for Sustainability and Sustainable Cities Page 72-85. <https://journals.aau.dk/index.php/pbl/article/view/2661>
- Constantinidis, B (2025). Marco Integrado de Información Geoespacial para la Gestión Sostenible del Catastro Multipropósito: Modelo de Evaluación SIG para Argentina, nivel provincial. *Revista Investigación, Ciencia y Universidad (ICU)*, ISSN: 2525-1783, <http://revistas.umaza.edu.ar/index.php/icu/index>. Mendoza, Argentina.
- Dangermond, J., & Goodchild, M. F. (2020). Building geospatial infrastructure. *Geo-Spatial Information Science*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1698274>
- Ehlers, M. (1990). *Geographic information systems: An introduction*: Jeffrey Star and John Estes: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990, 303 pages. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 45(5–6), 461–463. [https://doi.org/10.1016/0924-2716\(90\)90035-A](https://doi.org/10.1016/0924-2716(90)90035-A)
- Erba, D. (2007). El catastro territorial en América Latina y el Caribe. Lincoln Institute of Land Policy Cambridge MA, 428. Recuperada de <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- FIG. (2014). CADASTRE 2014 and Beyond: Vol. PUBLICATIO (Issue 61). Recuperado de <http://www.fig.net/pub/figpub/pub61/Figpub61.pdf>
- Gómez, L. F. (2007). Interoperabilidad en los Sistemas de Información Documental (SID): la información debe fluir. *Revista Códice*, 3(1), 23–39.
- Goodchild, M. F. (1990). GIS and basic research: The national center for geographic information and analysis. *Government Information Quarterly*, 7(3), 343–355. [https://doi.org/10.1016/0740-624X\(90\)90029-N](https://doi.org/10.1016/0740-624X(90)90029-N)
- Iturraspe, Rodolfo. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. - 1a ed.- Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales, 2010. 32 p.: il.; 17x24 cm. ISBN 978-987-24710-4-0 1. Cambio Climático. I. Título CDD 551.39
- Londoño-Linares, J. P. (2017), Landslides susceptibility assessment using discriminant analysis. Application on a regional scale *DYNA* 84(201), pp. 278-289. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/496/49650911029/html/>
- UN-GGIM. (2019). A Framework on effective Land Administration. July. Recuperado de http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/E_C.20_2020_10_Add_1_LAM_background.pdf
- United Nations (Habitat III). (2017). New Urban agenda. Recuperado de www.habitat3.org
- Valladares Riveroll L. (2022) Disaster risk reduction education as a practice of public pedagogy: challenges and possibilities for the Mexican context. *Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad de México, México*. *REXE* 21(47) (2022), 307-335. Recuperado de <https://revistas.ucsc.cl/index.php/rexe/article/view/1646/1142>
- Williamson, I., & Ting, L (2001a). Land administration and cadastral trends - A framework for re-engineering. *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(4–5), 339–366. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(00\)00053-3](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(00)00053-3)