

**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Córdoba**

Ingeniería en Sistemas de Información

Cátedra: Proyecto Final

Año: 2026



## **GeoRiskAI: plataforma geoespacial para la predicción de riesgos mediante aprendizaje automático. Aplicación al riesgo de incendios en Córdoba**

*Plataforma de Inteligencia Geoespacial para la Predicción de Riesgos Ambientales*

Curso y grupo: 5K4 — Grupo 9

Categoría: Proyecto de Impacto Social

### **Autores**

Ronco, Máximo — Legajo 91247

Teggi, Facundo Gonzalo — Legajo 90560

Aron, Agustín Román — Legajo 89371

Garetto, Camila — Legajo 93569

Castro, Walter Matías — Legajo 90557

Márquez, Juan Francisco — Legajo 89074

### **Docente/JTP**

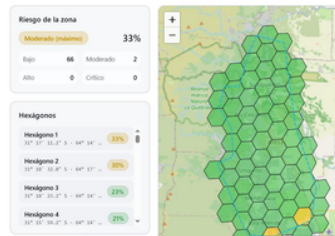
Aquino, Francisco

# GeoRiskAI

Inteligencia geoespacial para anticipar el riesgo de incendios y apoyar la prevención en Córdoba

## Mapa de riesgo interactivo

Sierras Chicas  
Polígono - 68 hexágonos - creado el 13/06/2026



Visualizá el territorio y reconocé zonas con distintos niveles de riesgo.

## Filtros de riesgo

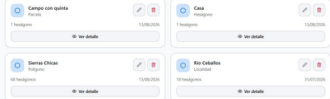
Todos Bajo Moderado Alto Crítico

Identificá rápidamente las áreas que necesitan atención

## Zonas de interés y parcelas

Zonas de interés

Seleccioná una zona de interés desde el mapa para recibir alertas personalizadas



Definí sectores específicos para realizar seguimiento personalizado

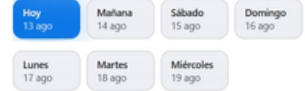
## Alertas y notificaciones



Recibí Alertas por correo, Telegram y navega a la zona y fechas asociadas

## Predicción a 7 días

PRONÓSTICO POR DÍA



Consultá el riesgo para hoy y los próximos seis días

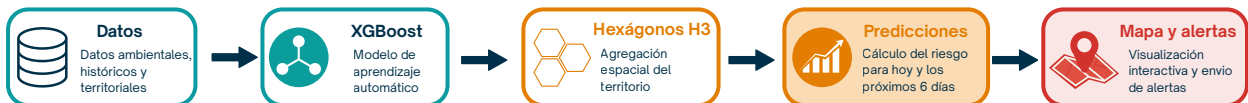
## Detalle por zona

Variables contribuyentes

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Temperatura pico        | 15.1 °C  |
| Humedad en pico térmico | 60 %     |
| Viento en pico térmico  | 7.3 km/h |
| Lluvia del día          | 0.3 mm   |
| Lluvia Acum. 30d, mm    | 30.1 mm  |
| NDVI previo             | 0.575    |
| Altitud                 | 725 m    |
| Pendiente               | 2.5 °    |

Seleccioná un hexágono para acceder al nivel de riesgo y variables ambientales

## CÓMO FUNCIONA



## EN NÚMEROS



48.356  
hexágonos



338.492  
predicciones por  
ejecución



90,03%  
exactitud



0,9336  
ROC-AUC



7 días  
horizonte

## VISIÓN FUTURA

Inundaciones • Granizo • Viento • Sequía



## TECNOLOGÍAS



UTN

Facultad Regional Córdoba  
Ing. en Sistemas de Información  
Proyecto Final 5K4 2026

## AUTORES

Aron, Agustín Román - agustinaron8@gmail.com  
Castro, Walter Matías - matic1087@gmail.com  
Garetto, Camila - cgaretto1@gmail.com  
Márquez, Juan Francisco - jf.marquezutn@gmail.com  
Ronco, Máximo - maximoronco8@gmail.com  
Teggi, Facundo - facuteggi@gmail.com

## DOCENTES

Aquino, Francisco  
Jaime, María Natalia



# GeoRisk AI

**Ronco, Máximo; Teggi, Facundo Gonzalo; Aron, Agustín Román; Garetto, Camila; Castro, Walter Matías; Márquez, Juan Francisco**

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*

## Abstract

*GeoRiskAI se presentó como un producto de inteligencia geoespacial orientado a anticipar y comunicar el riesgo de incendios en la provincia de Córdoba. El producto integró datos meteorológicos, satelitales y territoriales, y representó el área de estudio mediante una grilla H3 de resolución 7. A partir de un modelo XGBoost y un horizonte móvil de siete días, la plataforma convirtió datos dispersos en predicciones persistidas y en un mapa web consultable por fecha, nivel de riesgo y ubicación. La solución incorporó detalle por hexágono, búsqueda territorial, zonas de interés, parcelas, reglas configurables y notificaciones por correo con acceso directo al sector afectado. El valor del producto final residió en acercar información preventiva, localizada y accionable a Bomberos, Defensa Civil, gobiernos locales, productores agropecuarios y ciudadanía. GeoRiskAI permitió priorizar atención, planificar recursos y monitorear áreas propias con mayor anticipación, sin reemplazar la evaluación ni los protocolos de organismos especializados.*

## Palabras Clave

Proyecto de Impacto Social; riesgo de incendios; aprendizaje automático; inteligencia geoespacial; H3; XGBoost; alerta temprana; provincia de Córdoba.

## Introducción

Los incendios y otros riesgos ambientales afectan a las personas, la actividad agropecuaria, la infraestructura y el ambiente en la provincia de Córdoba. La información climática, satelital, histórica y territorial disponible para anticipar estos eventos se encuentra fragmentada entre distintas fuentes, con diferencias de formato, frecuencia y resolución geográfica. Muchas herramientas existentes son reactivas: muestran eventos en curso, pero no integran predicciones territoriales anticipadas que permitan planificar recursos con antelación.

Los actores destinatarios de este tipo de información incluyen a Bomberos, Defensa Civil, gobiernos provinciales y municipales, productores agropecuarios y ciudadanía en general. GeoRiskAI responde a esa necesidad como un producto web que

centraliza información climática, satelital y territorial, y la transforma en predicciones georreferenciadas. Su propuesta de valor consiste en entregar una lectura preventiva del territorio, fácil de consultar y accionable por zonas, fechas y niveles de riesgo.

En Córdoba existen productos oficiales como el Índice Meteorológico de Peligro de Incendios (FWI) [8], útiles para estimar el peligro meteorológico de incendio a escala regional y provincial. GeoRiskAI complementa ese enfoque al estimar un índice geoespacial que integra probabilidad de ocurrencia y gravedad ambiental por hexágono, mostrar un horizonte de siete días y activar reglas de alerta asociadas a zonas o parcelas definidas por el usuario. La primera versión se enfoca en incendios para Córdoba y organiza la experiencia alrededor de tres acciones: visualizar el mapa de riesgo, monitorear zonas o parcelas propias y recibir alertas cuando se superan umbrales configurados.

## Elementos del Trabajo y metodología

Se diseñó un producto web de inteligencia geoespacial centrado en usuarios que necesitan decidir qué sectores atender antes de que ocurra un evento. La interfaz priorizó el mapa provincial, el selector de fecha, el filtrado por nivel de riesgo, la consulta del detalle de cada hexágono, la búsqueda territorial y la administración de zonas, parcelas y reglas de alerta.

La solución se organizó en módulos que separaron experiencia de usuario, reglas de negocio, predicción y persistencia. El frontend se desarrolló con React 18, TypeScript, Vite, Tailwind CSS, Leaflet, React Leaflet, Zustand, Axios y h3-js; el backend, con Python y FastAPI; y el servicio de aprendizaje automático, con Python y XGBoost [6]. PostgreSQL almacenó usuarios, zonas, reglas, predicciones y auditoría; Supabase aportó autenticación; Brevo [7] envió correos de

alerta; y los servicios se comunicaron mediante API REST.

Se utilizaron registros de incendios de NASA FIRMS [1] y del Gobierno de Córdoba; meteorología histórica y pronosticada de Open-Meteo [2]; NDVI de MODIS MOD13Q1 [3] y altitud y pendiente de SRTM [4], ambos mediante Google Earth Engine; y referencias territoriales de OpenStreetMap Nominatim [9]. El conjunto histórico abarcó del 1 de enero de 2015 al 14 de mayo de 2026 e integró incendios registrados y controles negativos construidos a partir de ubicaciones y fechas sin eventos reportados.

Se entrenó un modelo XGBoost sobre once variables: NDVI previo, material vegetal, altitud, pendiente, presión atmosférica, punto de rocío, temperatura máxima, viento, humedad en el momento de temperatura pico, precipitación diaria y precipitación acumulada de 30 días. Córdoba se dividió mediante H3 de resolución 7 [5] en una grilla territorial de hexágonos, con inferencia vectorizada sobre la totalidad de las celdas. El riesgo se clasificó en cuatro niveles: bajo (0 a 0,30), medio o moderado (0,30 a 0,60), alto (0,60 a 0,80) y crítico (0,80 a 1).

La operación predictiva generó y actualizó predicciones para el día de ejecución y los seis siguientes, las almacenó en PostgreSQL mediante la combinación hexágono-fecha para evitar duplicados, evaluó reglas de alerta y envió notificaciones por correo electrónico mediante Brevo. Para sostener la consulta provincial, los hexágonos se vincularon a una grilla de puntos climáticos representativos, reduciendo consultas redundantes a Open-Meteo. La redacción final del artículo fue asistida por una herramienta de IA generativa [10] y revisada contra la documentación y el código del producto.

## Resultados

Como resultado principal se obtuvo una plataforma web funcional que transformó fuentes meteorológicas, satelitales y

territoriales en información preventiva para la gestión del riesgo de incendios. El usuario pudo observar Córdoba segmentada en hexágonos H3, elegir una fecha dentro de la semana pronosticada, filtrar por nivel de riesgo y consultar el detalle ambiental de cada sector desde una misma interfaz.

La aplicación también permitió guardar zonas de interés, asociar parcelas, buscar localidades o coordenadas, configurar reglas de alerta por categoría o probabilidad y recibir correos automáticos cuando una zona monitoreada superó el umbral definido. Cada alerta conservó la fecha objetivo, la probabilidad máxima detectada y los hexágonos asociados, y permitió volver al mapa para interpretar territorialmente la situación. El detalle por hexágono funcionó como capa de explicabilidad al mostrar las variables que volvieron más favorables las condiciones de ignición y propagación.

El producto resolvió tres necesidades centrales detectadas: redujo la fragmentación de datos, aportó granularidad territorial para analizar zonas puntuales y convirtió una predicción técnica en una acción comprensible para usuarios no especialistas. La solución fue presentada en una instancia de revisión con integrantes de Bomberos, en la que se valoró la visualización territorial como apoyo para tareas preventivas.

*Tabla 1. Valor entregado por GeoRiskAI*

| Resultado del producto                 | Valor para usuarios y sociedad                              |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Mapa predictivo por fecha y nivel      | Consulta preventiva en una fuente unificada                 |
| Zonas, parcelas y búsqueda territorial | Monitoreo localizado para cada actor                        |
| Reglas y alertas operativas            | Avisos anticipados para priorizar recursos                  |
| Detalle por hexágono                   | Explicabilidad de las condiciones de ignición y propagación |

## Discusión

El principal valor del producto no se limita al cálculo de una probabilidad, sino a convertirla en una experiencia consultable por territorio, fecha y responsable. H3

permite una división uniforme de Córdoba y una identificación estable de cada zona; el horizonte móvil de siete días aproxima el resultado al modo en que los usuarios planifican guardias, recorridos, recorridas de campo y asignación preventiva de recursos.

GeoRiskAI complementa herramientas oficiales como el FWI: mientras estas aportan una lectura meteorológica de peligro, la plataforma incorpora una capa de personalización operativa mediante zonas, parcelas y alertas. Esta diferencia es importante para productores, municipios o brigadas que no solo necesitan conocer el estado general de la provincia, sino saber si una zona concreta requiere seguimiento.

El producto debe utilizarse como apoyo a la prevención y no como confirmación determinística de un incendio. Muchos incendios tienen intervención humana, por lo que no es posible determinar de forma exacta el lugar y el momento en que una persona puede iniciar un foco. El índice expresa, a partir de datos históricos, cuándo las condiciones ambientales están más dadas para que un incendio se genere y se extienda; por eso combina probabilidad de ocurrencia con gravedad potencial del escenario.

### **Conclusión**

GeoRiskAI se consolida como un producto de alerta temprana que aborda un problema concreto: la información ambiental existe, pero suele estar dispersa, ser difícil de interpretar y no llegar a tiempo a quienes deben actuar. La plataforma integra esas fuentes, las organiza geoespacialmente y las convierte en una experiencia de uso simple: ver el riesgo, entender en qué sectores se concentra, guardar zonas relevantes y recibir avisos cuando cambian las condiciones.

El valor social de la solución reside en anticipar decisiones que pueden proteger vidas, bienes, producción agropecuaria e infraestructura. Para Bomberos, Defensa Civil y gobiernos locales, GeoRiskAI aporta una lectura territorial que ayuda a priorizar atención y planificar recursos;

para productores y ciudadanos, ofrece monitoreo personalizado y acceso más claro a información preventiva. La aplicación no reemplaza a los organismos especializados: fortalece su capacidad de observación, comunicación y respuesta anticipada.

Como evolución futura, la arquitectura puede extenderse al análisis de inundaciones, granizo, viento o sequía. Cada nuevo dominio requiere incorporar fuentes, variables, modelos y validaciones propias antes de integrarse al producto.

### **Referencias**

- [1] NASA, "Fire Information for Resource Management System (FIRMS)", <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>, consulta: ago. 2026.
- [2] Open-Meteo, "Open-Meteo Weather API", <https://open-meteo.com/>, consulta: ago. 2026.
- [3] NASA LP DAAC, "MOD13Q1 v061 MODIS Vegetation Indices", <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/>, consulta: ago. 2026.
- [4] NASA JPL, "Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)", <https://science.jpl.nasa.gov/projects/srtm/>, consulta: ago. 2026.
- [5] Uber Technologies, "H3: Hexagonal Hierarchical Geospatial Indexing System", <https://h3geo.org/>, consulta: ago. 2026.
- [6] T. Chen y C. Guestrin, "XGBoost: A Scalable Tree Boosting System", en Proc. 22nd ACM SIGKDD Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining, 2016, doi: 10.1145/2939672.2939785.
- [7] Brevo, "Transactional Email API", <https://developers.brevo.com/docs/send-a-transactional-email>, consulta: ago. 2026.
- [8] IDECOR, "Índice Meteorológico de Peligro de Incendios (FWI) - Diario", <https://www.idecor.gob.ar/mapas/indice-meteorologico-de-peligro-de-incendios-fwi-diario/>, consulta: ago. 2026.
- [9] OpenStreetMap Foundation, "Nominatim", <https://nominatim.org/>, consulta: ago. 2026.
- [10] OpenAI, "Codex in ChatGPT", <https://openai.com/codex/>, consulta: ago. 2026.

### **Datos de Contacto:**

*Máximo Ronco; Facundo Gonzalo Teggi; Agustín Román Aron; Camila Garetto; Walter Matías Castro; Juan Francisco Márquez. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Maestro López esq. Cruz Roja Argentina, Ciudad Universitaria, C.P. X5016ZAA, Córdoba, Argentina. E-mail: [georisk.ai2026@gmail.com](mailto:georisk.ai2026@gmail.com).*

## Anexo II Planilla para Catalogación de Proyecto

### PLANILLA PARA CATALOGAR EL PROYECTO FINAL

|                                                                         |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| AÑO                                                                     | 2026 | CURSO Y NRO. DE GRUPO                                                                                                                                                                                                         | 5K4 - G09 |
| NOMBRE DEL SISTEMA / PROYECTO                                           |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
| GeoRisk AI                                                              |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
| CATEGORÍA (Solución de Negocio / Producto / Proyecto de Impacto Social) |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
| Proyecto de Impacto Social                                              |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
| HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS UTILIZADAS                                   |      |                                                                                                                                                                                                                               |           |
| ÁMBITO DE APLICACIÓN                                                    |      | NOMBRE Y VERSIÓN                                                                                                                                                                                                              |           |
| ENTORNO DE DESARROLLO                                                   |      | Visual Studio Code; Docker y Docker Compose; Node.js 20; Python 3.11 (backend/data-pipeline) y Python 3.9 (ML); Ubuntu latest en CI.                                                                                          |           |
| REPOSITORIOS Y VERSIONADO                                               |      | Git + GitHub; Git Flow simplificado; ramas main/develop/feature; Conventional Commits; Pull Requests; GitHub Actions.                                                                                                         |           |
| PROGRAMACIÓN                                                            |      | Frontend: React 18.3.1, TypeScript 5.7.2, Vite 6.0.5, Tailwind CSS 3.4.17, Leaflet 1.9.4, h3-js 4.1.0, Axios 1.7.9. Backend/ML: Python, FastAPI >=0.115, Uvicorn >=0.30, XGBoost, scikit-learn, pandas, SQLAlchemy, H3 >=4.1. |           |
| BASE DE DATOS                                                           |      | PostgreSQL 16; Supabase Auth; psycopg2-binary >=2.9; SQLAlchemy; MinIO compatible S3 para almacenamiento auxiliar.                                                                                                            |           |
| COMUNICACIÓN INTERNA                                                    |      | WhatsApp; Slack; Google Meet/Drive/Docs; GitHub Pull Requests y comentarios de revisión.                                                                                                                                      |           |
| CAPACITACIÓN                                                            |      | Documentación oficial de React, FastAPI, Supabase, H3, XGBoost, NASA FIRMS, Open-Meteo y Google Earth Engine; Scrum Guide 2020; material de cátedra.                                                                          |           |
| PRUEBAS DE SISTEMA                                                      |      | Vitest 3.2.4, Testing Library 16.1.0, Playwright 1.49.1, Pytest >=8, HTTPX/TestClient; Ruff; CI con GitHub Actions.                                                                                                           |           |
| GESTIÓN DEL PROYECTO                                                    |      | Scrum adaptado; sprints de dos semanas; Planning Poker y Story Points; Jira; GitHub Actions para integración continua.                                                                                                        |           |
| DOCUMENTACIÓN                                                           |      | README y documentación técnica en Markdown; Swagger/OpenAPI generado por FastAPI; paper, póster y presentaciones; Google Docs/Drive.                                                                                          |           |
| MODELOS                                                                 |      | XGBoost classifier; modelo xgboost_incendios_v1.1; H3 resolución 7; variables NDVI, altitud, pendiente, temperatura, viento, humedad y precipitación; fuentes NASA FIRMS, Open-Meteo, MODIS MOD13Q1 y SRTM.                   |           |