

Sistema de Predicción Temprana de Incendios Forestales en la República Dominicana

Evaluación Tecnológica, Arquitectura Geoespacial de Inteligencia Artificial y Recomendaciones de Política Pública

Organización Desarrolladora: Tikunia Group SRL

Fecha de Publicación: Agosto de 2026

Área de Enfoque: Resiliencia Climática & Gestión Digital de Riesgos

Ámbito Geográfico: República Dominicana (Escala Nacional)

1. Resumen Ejecutivo

El presente informe técnico expone el diseño, desarrollo e implementación del **Predictor Temprano de Incendios Forestales** para la República Dominicana, un sistema de inteligencia geoespacial concebido para fortalecer la resiliencia frente al cambio climático y optimizar los protocolos nacionales de gestión del riesgo de desastres.

A través de una arquitectura analítica basada en aprendizaje automático (*Random Forest Classifier*) e integración continua de datos de observación terrestre satelital (NASA FIRMS y Google Earth Engine), el sistema evalúa la susceptibilidad del territorio nacional con una resolución espacial de alta precisión (5 km × 5 km). La plataforma proporciona alertas preventivas en tiempo real dirigidas a la toma de decisiones institucionales y la asignación eficiente de recursos de respuesta a emergencias.

2. Contexto Institucional y Marco Metodológico

La frecuencia e intensidad de los incendios forestales en la cuenca del Caribe ha registrado una tendencia creciente debido a las variaciones térmicas interanuales, períodos prolongados de sequía y patrones alterados de precipitación. En este marco, la transición hacia esquemas proactivos basados en ciencia de datos resulta indispensable para sustituir los enfoques tradicionales de respuesta reactiva.

2.1 Definición de la Malla Geoespacial

Para garantizar una cobertura integral e independiente del territorio nacional, el mapa topográfico de la República Dominicana se fragmentó analíticamente en una cuadrícula regular conformada por **2,466 celdas autónomas**, cada una representando una unidad geográfica discreta de 25 km² (5 km × 5 km). Este nivel de granularidad permite capturar microclimas regionales, variaciones topográficas y gradientes de degradación de vegetación.

2.2 Fuentes e Ingesta de Datos Satelitales

El motor de inferencia procesa un corpus histórico de **114,689 registros climáticos e hidrológicos** derivados de sensores espectrorradiométricos MODIS y VIIRS de la NASA mediante la plataforma *Google Earth Engine*. Las variables ambientales continuas clave incorporadas en la modelación incluyen:

- **Temperatura de la Superficie Terrestre (LST - Land Surface Temperature):** Monitoreo de anomalías térmicas absolutas e incrementos estacionales de temperatura cutánea del suelo.
- **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI):** Evaluación del estrés hídrico de la biomasa, verdor y carga de combustible vegetativo seco acumulado mes a mes.
- **Focos de Calor Históricos (NASA FIRMS):** Registro verificado de eventos de fuego pasados utilizados como variable objetivo (*ground truth*).

3. Arquitectura del Modelo de Machine Learning y Validación

El núcleo predictivo utiliza un algoritmo de clasificación supervisada *Random Forest Classifier*, seleccionado por su robustez frente a no-linealidades geoespaciales y su resistencia al sobreajuste (*overfitting*).

ESTRATEGIA DE MUESTREO Y RIGOR METODOLÓGICO

Para mitigar el sesgo derivado de la prevalencia natural de áreas no quemadas frente a eventos de fuego, se implementó una estrategia de balanceo de clases estricta (50/50) combinando controles geoespaciales no afectados con **2,612 celdas validadas** con presencia histórica de fuego. La evaluación del modelo sobre conjuntos de prueba independientes determinó una **Precisión Global (Accuracy) del 67.46%** en condiciones de prueba rigurosas.

Cuadro 1. Parámetros Técnicos y Métricas de Desempeño del Modelo

Dimensión Analítica	Métrica / Parámetro	Resultado / Especificación
Algoritmo Principal	Arquitectura del Modelo	Random Forest Classifier (Ensemble Machine Learning)
Rendimiento Global	Precisión Global (Accuracy)	67.46% de aciertos sobre conjunto de prueba (Test set)
Eventos Validados	Píxeles Históricos con Fuego	2,612 celdas confirmadas (NASA FIRMS)
Balanceo de Muestra	Estrategia de Control Geoespacial	Balanceo estricto 50/50 (Fuego vs. No-Fuego)
Granularidad Territorial	Resolución de Celdas	2,466 celdas independientes (5 km × 5 km)
Volumen de Datos	Registros Históricos Procesados	114,689 observaciones multitemporales (Google Earth Engine)

4. Plataforma de Monitoreo en Tiempo Real e Interfaz de Producción

Para traducir los resultados complejos del modelo en insumos operativos accionables para los cuerpos de emergencia y tomadores de decisiones, se desarrolló un cuadro de mando dinámico e interactivo sobre la infraestructura *Streamlit*.

El panel integra controles de simulación paramétrica que permiten a los analistas evaluar la sensibilidad del riesgo ante posibles desviaciones térmicas ($\Delta^{\circ}\text{C}$) o déficits de humedad en la vegetación (*ΔNDVI*), generando mapas coropléticos instantáneos de alerta nacional.

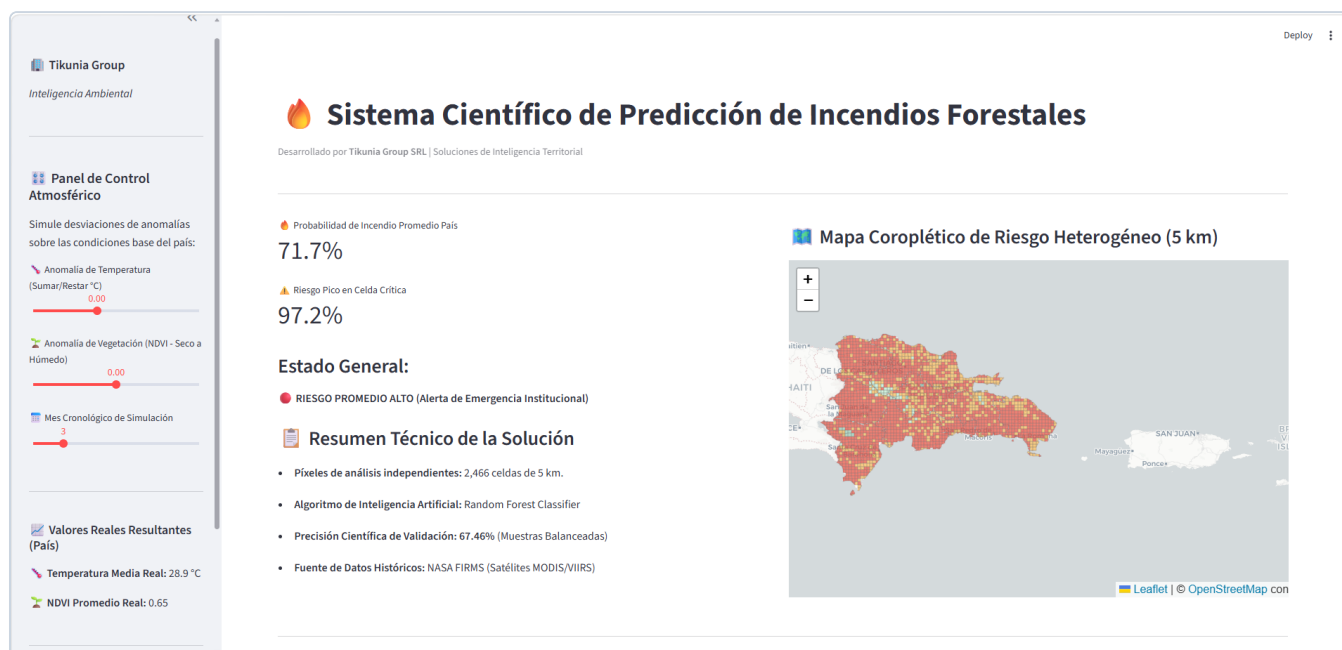


Gráfico 1. Interfaz web de producción del Sistema Científico de Predicción de Incendios Forestales (Tikunia Group). Muestra el mapa coroplético de riesgo heterogéneo a escala nacional (5 km), simulaciones atmosféricas y métricas consolidadas del estado de alerta.

5. Recomendaciones de Política Pública y Gobernanza del Riesgo

Siguiendo los estándares y recomendaciones de la OCDE en materia de gestión integral de riesgos de desastres y gobernanza ambiental, se proponen las siguientes acciones prioritarias:

- **Integración en el Sistema Nacional de Atención a Emergencias:** Vincular las alertas tempranas generadas por la plataforma con el Centro de Operaciones de Emergencias (COE) y el Ministerio de Medio Ambiente para automatizar patrullajes preventivos en celdas de riesgo alto (>70%).
- **Fortalecimiento de Datos In-Situ:** Desplegar redes complementarias de sensores IOT de bajo costo en parques nacionales clave para calibrar las mediciones satelitales con micro-datos de humedad de suelo y velocidad de viento.
- **Planes de Contingencia Focalizados:** Priorizar la asignación presupuestaria y de brigadas de bomberos forestales en aquellas celdas identificadas iterativamente con riesgo pico persistente.

Términos de Uso, Licencia y Responsabilidad Institucional:

Este documento técnico y el sistema de inteligencia artificial asociado han sido desarrollados por Tikunia Group SRL exclusivamente para fines académicos, de investigación científica y de demostración tecnológica corporativa. Toda la información y métricas provistas son de **USO Estrictamente No Comercial** y carecen de vinculación jurídica, civil u oficial ante el Estado o los organismos nacionales de protección civil frente a situaciones de emergencia real.