

Aplicaciones de Machine Learning para el uso Sustentable de Recursos Naturales

Pablo Ezequiel Inchausti, Ana Martínez Saucedo, Leonardo Javier Amet, Pedro Martin Blanco, Guillermo Manuel Nievas y Luana Giusto

Universidad Argentina de la Empresa, Instituto de Tecnología (UADE - INTEC), CABA, Argentina
{pinchausti, anmartinez, lamet, peblanco, gunievas, luagiusto}@uade.edu.ar

RESUMEN

Se propone una investigación para predecir la ocurrencia de incendios forestales basada en el entrenamiento de Modelos de Machine Learning. Se utiliza para el entrenamiento de los modelos, datos de registros históricos provistos por las propias Asociaciones de Bomberos Voluntarios, datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) e imágenes satelitales provistas por la NASA. Se propone extender la solución para abarcar el monitoreo de áreas en riesgo, mediante dispositivos de IoT en puntos fijos o móviles, y equipados con sensores y cámaras. El procesamiento de las imágenes se propone realizar mediante algoritmos de reconocimiento de imágenes para enviar alertas de posibles focos de incendios.

Palabras Clave: Machine Learning, IoT, Medio Ambiente, Incendios Forestales, Sustentabilidad

CONTEXTO

La investigación se desarrolla dentro del Instituto de Tecnología (INTEC) dependiente de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE). Se inicia en el año 2021 como una Actividad de Ciencia y Técnica (ACyT).

El proyecto lleva el nombre “*Aplicaciones de Machine Learning para mejorar el uso de Recursos Naturales*” y se lo identifica con el código A21T03. Se propone una duración de dos años en el período 2021 y 2023 y se designa como investigador responsable a Mg. Pablo Ezequiel Inchausti.

Durante el año 2021 la investigación avanza por medio del desarrollo del Proyecto Final de Ingeniería (PFI) de la Ing. Ana Martínez

Saucedo, denominado “*AQUA: Prevención de Incendios Forestales En Pinamar con Machine Learning*”. El trabajo aporta a la investigación los fundamentos teóricos acerca del estudio de los incendios forestales y se desarrolla el primer prototipo funcional, denominado “*AQUA*”.

Respecto a la Ing. Ana Martínez Saucedo, en diciembre 2021 recibe una beca cofinanciada por UADE-CONICET para iniciar sus estudios doctorales.

Durante el año 2022 la investigación se extiende para incorporar la integración con dispositivos de IoT (en inglés, *Internet of Things*) que permita realizar acciones de alertas y monitoreo. Para el desarrollo de la línea de extensión sobre IoT, se integra al proyecto el Dr. Ing. Leonardo Javier Amet como especialista en Electrónica y Telecomunicaciones.

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina han sido pocos los antecedentes de investigaciones y estudios para tratar la problemática de los incendios forestales. Y a su vez, los efectos producidos por el fuego han sido devastadores para el medio ambiente, con daños irreparables en la biodiversidad y pérdidas económicas millonarias que repercuten en la sociedad en su conjunto.

Un claro ejemplo de sus consecuencias son los incendios forestales que se produjeron en febrero de 2022 en la provincia de Corrientes, Argentina. De acuerdo a los informes divulgados por el INTA, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, los incendios forestales arrasaron con 935.000 hectáreas, es decir, un equivalente al 11% de la superficie provincial [1].

En cuanto a la tendencia, se observa que la severidad de los incendios forestales es cada vez

mayor y así también la superficie final quemada. Y entre las causas de esta tendencia creciente, se identifican los efectos derivados del Cambio Climático y también el impacto de nuestra sociedad y su avance negativo sobre el medio ambiente [2].

En términos numéricos, desde el INPE, el Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil, se indica que en Argentina se alcanzó en el 2020 una cifra record de 74.113 focos activos de incendios, representando un incremento cercano al 150% en términos interanuales [3].

Respecto a los tipos de estudios de incendios forestales, van desde la inclusión de sensores especializados, hasta satélites que permiten detectar focos de incendios, monitorear los cambios en la distribución y salud de la vegetación, determinar la temperatura de la superficie y estudiar el cambio climático a escala planetaria. Como los datos de estos satélites son de libre acceso, es posible utilizarlos para el entrenamiento de modelos de Machine Learning. [4]

Los desarrollos de modelos de incendios forestales se han enfocado en:

- Predicción espacial y temporal de incendios.
- Detección de incendios forestales.
- Predicción de área quemada por los incendios.
- Detección del área quemada a causa de incendios.
- Simulación de propagación de fuego una vez iniciado el incendio.

Respecto a los antecedentes de Machine Learning para predecir incendios, se puede mencionar a Rodrigues et al., 2014 [5] que compara la precisión de predicción de distintos modelos. También existen aplicaciones móviles gratuitas que calculan la probabilidad de incendios forestales a partir de índices meteorológicos como el FWI (*Forest fire Weather Index*, por sus siglas en inglés). Y respecto a Cardenas et al. [6] a nivel nacional desarrolla un sistema de predicción de incendios forestales en la provincia de Córdoba, con técnicas de Machine Learning basadas en redes neuronales y máquinas de soportes vectoriales (o SVM, por sus siglas en inglés, *Support Vector Machines*).

Objetivo:

Describir cómo la tecnología de Machine Learning (ML) puede contribuir al uso sustentable de los recursos naturales, iniciando el estudio con la prevención de incendios forestales, y luego extrapolar los conocimientos a otros contextos, en donde los recursos naturales resulten clave para el desarrollo.

2. LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

En el presente proyecto, que se encuadra dentro de la investigación aplicada, se propone desarrollar soluciones basadas en tecnologías de Machine Learning, para contribuir a la predicción y prevención de incendios forestales. Se propone entrenar modelos para predecir la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales y generar alertas en base al reconocimiento de imágenes obtenidas por dispositivos de monitoreo.

El modelo de ML propuesto en AQUA se enmarca en las áreas de predicción espacial-temporal de incendios forestales y el área quemada por los mismos.

Para el entrenamiento de los modelos, desde el equipo de investigación se estuvo trabajando en conjunto con la Asociación de Bomberos Voluntarios de Pinamar (ABVP), para la digitalización de los registros históricos desde el año 2015. Los datos recolectados se complementan con datos abiertos de las plataformas Open Data, imágenes satelitales provistas por la NASA, y datos del servicio Meteorológico Nacional (SMN) en estaciones de monitoreo cercanas a la zona de estudio.

Como parte del procesamiento, se relaciona el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI por sus siglas en inglés *Normalized Difference Vegetation Index*) con una serie de otras variables ambientales. El índice NDVI refleja cuan saludable se encuentra la vegetación en un área, y se considera que mientras más seca se encuentre la vegetación, mayores son las probabilidades de que se genere un incendio. Con estos números junto con otros indicadores ambientales, se hace posible identificar las zonas que se encuentran en riesgo.

La presentación de los resultados se proporciona mediante el prototipo funcional de

la aplicación denominada AQUA, que en su primera versión presenta sobre un mapa de Pinamar, tanto los registros históricos como las predicciones de las zonas de riesgo de incendios realizadas por los modelos entrenados con ML.

Como líneas de extensión y posibilidades de integración, se propone presentar los datos utilizados para el entrenamiento en una plataforma especializada en la visualización de datos medio ambientales junto con su contexto de interpretación. Esta plataforma se denominada “*Glaciar*” y fue desarrollada en UADE en el contexto de un Proyecto de Investigación (PID) identificado con el código PI18T04 [7]

Respecto a la línea de extensión con los dispositivos de IoT, se propone realzar la recolección primaria de los datos con fines de generación de alertas y monitoreo.

Por ejemplo, un caso concreto de aplicación de IoT es el desarrollo de redes de sensores inalámbricos para monitoreo de parámetros ambientales, o detección de fuego. Cada sensor inalámbrico es un dispositivo electrónico digital con procesadores embebidos que se encargan de medir los parámetros necesarios, procesarlos y enviarlos a una plataforma de IoT, desplegada, por ejemplo, en Amazon Web Services (AWS) para realizar la captura de los datos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

La recolección primaria de los datos de los incendios forestales para el entrenamiento de los modelos de Machine Learning, se realizó trabajando en conjunto con el cuartel de bomberos de Pinamar, digitalizando cinco años de registros históricos.

En el proceso de digitalización se utilizó la versión de gestión administrativa del software “*AQUA*”, que se presentó en las 50 JAIIO por parte de Ana Martínez Saucedo [8] y constituye un antecedente para el presente proyecto.

Durante el año 2021, en el marco del presente proyecto, Ana Martínez Saucedo desarrolló su trabajo de PFI de Ingeniería en Informática “*AQUA: Prevención de Incendios Forestales En Pinamar con Machine Learning*” que entre sus resultados se presenta el software “*AQUA*” con los modelos entrenados para

predecir incendios forestales en la ciudad de Pinamar, utilizando los datos de los bomberos voluntarios, datos e índices meteorológicos de la zona e imágenes satelitales de la NASA.

De forma adicional, debido a la gravedad de los efectos de los incendios forestales, y en especial, los desastres producidos por los incendios forestales en Corrientes en febrero de 2022 [1] que contó con una amplia cobertura de los medios de prensa, se generó un interés por divulgar el trabajo que se viene realizado dentro del presente proyecto de investigación. Y en ese contexto, se les solicitó a los investigadores compartir en los medios los avances y resultados obtenidos al momento. Como producto del proceso de difusión, al momento se publicaron dos artículos de prensa. El primero en el portal institucional de UADE describiendo en términos generales al proyecto [9] y el segundo, en el portal de la emisora Frecuencia Zero FM, transcribiendo una entrevista realizada a Ana Martínez Saucedo como parte del equipo del investigación [10].

Durante el año 2022, el presente proyecto tiene como objetivo extender su solución para la integrar la solución de predicción de incendios con Machine Learning, con monitoreo con dispositivos de IoT, por ejemplo, sensores, cámaras, y drones, integrándose con algoritmos de reconocimiento de imágenes incendios para identificar alertas de fuego.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Como parte de la formación de recursos humanos, se realizó una primera convocaría para alumnos dirigida a alumnos de la carrera ingenierías informática, y como resultado de esa primera convocatoria se sumaron al equipo cinco integrantes.

Está planificado el lanzamiento de una segunda convocatoria a estudiantes de los últimos años de las carreras Gestión Ambiental, Ingeniería Informática, Ciencia de Datos e Ingeniería Electrónica. El objetivo de la convocatoria es tener alumnos que puedan investigar sobre el dominio del tema, alumnos que puedan realizar la analítica de los datos y el entrenamiento de los modelos predictivos, y alumnos que puedan investigar sobre la

integración con los dispositivos de IoT que se aplicarán en el proyecto.

También se contempla que del proyecto de investigación se deriven temas a desarrollar en trabajos de Proyecto Final de Ingeniería (PFI) para los alumnos de último año de las carreras de Ingeniería en Informática e Ingeniería Electrónica.

Sobre la audiencia interna, que la constituye la Universidad Argentina de la Empresa (UADE), se proponen actividades de transferencia describiendo a los prototipos funcionales, y dirigidas hacia las siguientes materias de la Ingeniería en Informática:

- *Inteligencia Artificial*
- *Arquitectura de Aplicaciones*
- *Tecnología y Medio Ambiente*

Se tiene en cuenta que la tecnología aplicada en los prototipos funcionales genera valor hacia la formación de los alumnos, al estar basados en plataformas de código abierto, y utilizando productos y técnicas de software de actualidad en el mercado.

Sobre las tecnologías que se utilizan, se mencionan entre las principales a React, Angular, Mongo, Node.js, Docker, Python, Scikit-learn, Tensorflow, entre otras, que se integran con las prácticas de Integración y Despliegue Continuo, conocidas con las siglas de CI/CD, para desplegar en entornos de nubes públicas como AWS y Azure. Siendo estas tecnologías de referencia ampliamente difundidas dentro de la industria del software actual.

Sobre la plataforma de despliegue, se utiliza a AWS como la principal plataforma de nube pública para desplegar las aplicaciones en un entorno público. También se utilizan los servicios de Machine Learning de AWS para realizar el entrenamiento de los modelos. En ese contexto, se pretende que el equipo de investigación alcance una sólida formación en los servicios de AWS, utilizando, en parte, cursos de AWS específicos de Arquitectura de Aplicaciones en la Nube y Machine Learning. Los cursos se realizan en la plataforma *AWS Academy* que desde el año 2021 tiene un convenio activo con UADE. También se está en proceso de gestión de créditos de uso de la plataforma AWS para investigadores [11] para

disponer de una cuenta de AWS con crédito para ser utilizada dentro el proyecto de investigación, principalmente en servicios de despliegue y entrenamiento a escala de los modelos predictivos.

Sobre la difusión académica, se propone la participación en congresos nacionales e internacionales con publicaciones de los resultados derivados del proyecto. Algunos ejemplos de estos congresos lo constituyen las Jornadas Argentinas de Informática (JAIIO), el Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) y la Escuela de Ciencias Informáticas (ECI).

En cuanto al aporte social, el trabajo inicia con la colaboración de la Asociación de Bomberos Voluntarios de Pinamar (ABVP), y la digitalización de sus registros históricos de incendios forestales para ser utilizados como datos de entrada para el entrenamiento de los modelos. Pero los procedimientos y aplicativos son extrapolables a los distintos Cuarteles de Bomberos de nuestro país, permitiendo acercar estas herramientas y tecnologías a las distintas regiones del Argentina, y a su vez permitiendo enriquecer la base de datos que nutren los entrenamientos para generar mejores predicciones que se encuentren al servicio de la sociedad.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Escobar, “Informe técnico del INTA: Corrientes registró una superficie de 935 mil hectáreas afectadas por los incendios”, *Argentina Forestal*, 25 de febrero de 2022. <https://www.argentinaforestal.com/2022/02/25/informe-tecnico-del-inta/>
- [2] M. D. Flannigan, B. J. Stocks, y B. M. Wotton, “Climate change and forest fires”, *Sci. Total Environ.*, vol. 262, n.º 3, pp. 221-229, nov. 2000, ISSN 00489697. doi: 10.1016/S0048-9697(00)00524-6.
- [3] INPE, “Monitoramento dos Focos Ativos por País - Programa Queimadas”. https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_paises/
- [4] P. Jain, S. C. P. Coogan, S. G. Subramanian, M. Crowley, S. Taylor, y M. D. Flannigan, “A review of machine learning applications

in wildfire science and management”, *Environ. Rev.*, vol. 28, n.º 4, pp. 478-505, dic. 2020, ISSN 1181-8700, 1208-6053. doi: 10.1139/er-2020-0019.

- [5] M. Rodrigues y J. de la Riva, “An insight into machine-learning algorithms to model human-caused wildfire occurrence”, *Environ. Model. Softw.*, vol. 57, pp. 192-201, jul. 2014, ISSN 1364-8152. doi: 10.1016/j.envsoft.2014.03.003.
- [6] M. Cardenas *et al.*, “Sistema de Predicción de Incendios Forestales para la Provincia de Córdoba”, 2016.
- [7] P. Inchausti, P. Romanos, M. Barturen, y B. D. Rossi, “Glaciar: software de visualización de datos de recursos hídricos y atmosféricos”, XI Congreso de Agro Informática (CAI) - JAIIO 48 (Salta, 2019), 2019, ISSN 2525-0949.
- [8] A. C. Martínez Saucedo, F. Connell, B. Ríos, y J. Perrotta, “AQUA: Sistema de administración y gestión documental de emergencias para cuarteles de bomberos”, p. 9, oct. 2021. ISSN 2451-7534.
- [9] UADE, “Modelo UADE para la prevención de incendios forestales”, 4 de febrero de 2022.
<https://www.uade.edu.ar/noticias/modelo-uade-para-la-prevencion-de-incendios-forestales/>
- [10] L. Coro, “Proponen un modelo para prevenir incendios forestales”, *Frecuencia Zero FM*, 24 de febrero de 2022.
<https://frecuenciazero.ar/proponen-un-modelo-para-prevenir-incendios-forestales/>
- [11] Amazon Web Services, Inc., “AWS Cloud Credit for Research”.
<https://aws.amazon.com/es/government-education/research-and-technical-computing/cloud-credit-for-research/>