

# Revisión de antecedentes para la Predicción de Incendios Forestales mediante IA

María Dolores González Martínez  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
mariagonzalez03@uv.mx

María Fernanda Sansores Quintana  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
zs21004657@estudiantes.uv.mx

Hiram Antonio Gómez Aquino  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
zs21022634@estudiantes.uv.mx

Javier Gallardo Díaz  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
zs21022627@estudiantes.uv.mx

Francisco Rafael García Monterrosas  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
franciscogarcia@uv.mx

Rita Flores Asis  
Facultad de Negocios y Tecnologías  
Universidad Veracruzana  
Ixtaczoquitlan, Veracruz, México  
ritflores@uv.mx

**Resumen**— Los incendios forestales aumentaron en frecuencia en el 2024, principalmente debido a la contaminación que crea condiciones secas para su propagación, estos eventos devastan la biodiversidad, causan pérdidas económicas y dificultan la recuperación de las áreas afectadas. En el estado de Veracruz aumentaron alarmantemente los incendios debido a una sequía extrema, lo que triplicó la superficie afectada en comparación con el año anterior, ocupando un lugar destacado en el país por la cantidad y superficie afectada, por lo que se considera indispensable la detección temprana, y la tecnología juega un papel clave al permitir respuestas rápidas.

**Palabras clave** — Predicción de incendios, Impacto climático, Inteligencia Artificial, Machine Learning.

## I. INTRODUCTION

Los incendios forestales, considerados entre los fenómenos climáticos más impactantes y devastadores para el medio ambiente, están experimentando un preocupante aumento en su incidencia, esto se atribuye en parte a condiciones climáticas propicias generadas por la contaminación ambiental, que crea un entorno seco y combustible para la propagación del fuego. La devastación del medio ambiente afecta de manera significativa a los ecosistemas naturales, por lo tanto, estos eventos climáticos extremos no solo representan una seria amenaza para la biodiversidad sino que también generan considerables pérdidas económicas y sociales, asimismo la recuperación de las áreas afectadas es un proceso prolongado y complejo, que demanda una inversión considerable de recursos y esfuerzos, por otra parte, los efectos secundarios en el cambio climático, la calidad del suelo y la disponibilidad de agua perpetúan los impactos negativos mucho después de que las llamas se apaguen, por lo que se considera crucial la detección oportuna de incendios forestales para prevenir estos impactos que conllevan a graves consecuencias[1].

En la actualidad, la implementación de herramientas tecnológicas juega un papel fundamental en la detección de incendios forestales, la importancia radica en la capacidad para detectar incendios en etapas tempranas, lo que permite una respuesta rápida y efectiva para controlarlos. La tecnología proporciona una cobertura amplia y detallada de áreas forestales, lo que permite el monitoreo constante y preciso, ayudando a los equipos de respuesta a anticiparse a los incendios, minimizando su impacto devastador en los ecosistemas y comunidades circundantes.

## II. ESTADO DEL ARTE

La tecnología desempeña un papel fundamental en la prevención, detección y mitigación de incendios forestales, al integrar herramientas avanzadas como la Inteligencia Artificial, redes de sensores y sistemas de información geográfica. Diversos estudios e iniciativas se centran en desarrollar soluciones innovadoras para abordar esta problemática desde distintos enfoques, ya sea mediante la predicción de incendios, la visualización de su propagación o la intervención temprana. A continuación, se presentan algunos de los trabajos más relevantes en esta área, que guardan una estrecha relación con la presente investigación y ofrecen un marco de referencia sobre el uso de tecnologías emergentes en la gestión de incendios forestales.

### A. Proyectos de investigación

En [2] se plantea una solución que brinda la capacidad de enviar información en tiempo real describiendo la situación actual del terreno con información clara y fácil de interpretar, permitiendo tomar medidas más acertadas y estables para la detección de un conato de fuego antes de que se transforme en un incendio forestal. Por otro lado, en [3] se propone elaborar y evaluar un sistema de inteligencia artificial que permita predecir la propagación de incendios activos en la provincia de Córdoba integrado a una IDE para que diversos organismos y actores que combaten los incendios puedan contar con esta información como fuente para la toma de decisiones estratégicas y gestión de recursos eficiente.

En el estudio [4], se presenta el desarrollo de un sistema de aprendizaje supervisado, el cual tuvo como resultado la creación de un modelo que permite predecir la ocurrencia de incendios forestales, mediante la utilización de ciertas variables climáticas. Estos datos son obtenidos por un sistema web que permite la recopilación y tratamiento de datos meteorológicos, para ser utilizados por el modelo de predicción.

En el año 2023, en México se registraron más de 6 mil 900 incendios forestales, que afectaron a más de 900 mil hectáreas en diversos estados. Ante esta problemática Álvaro Novales cofundó NOCO [5], se trata de un prototipo, el cual funcionaría con un sistema de cámaras colocadas en partes estratégicas del bosque que detectarían el punto del incendio en etapa temprana y después se obtienen las coordenadas de este a través de un cálculo, con el dron se expelle una

sustancia, que es bicarbonato de sodio con otro elemento, y lo suelta en el incendio y lo mitiga, en etapa pequeña.

Asimismo, en [6], se presentó el análisis del efecto de distintos parámetros geofísicos en los episodios de dengue y la propagación de grandes incendios en Indonesia. Los satélites de observación de la tierra permiten monitorizar de forma regular y con resoluciones espaciales cada vez mejores parámetros geofísicos a nivel global. La monitorización de estos parámetros permite desarrollar nuevas aplicaciones que pueden resultar útiles para predecir el riesgo de producirse desastres naturales como incendios, inundaciones y la propagación de algunas epidemias. Para ello, se desarrolló un algoritmo de predicción de área potencial quemada en la zona del sur de Kalimantan, en Indonesia.

### B. Softwares para predicción de incendios

Global Forest Watch (GFW) [7], es una plataforma web accesible desde cualquier navegador, diseñada para monitorear la deforestación y los incendios forestales a nivel global en tiempo real. Utiliza datos satelitales de sistemas como MODIS y VIIRS, combinados con inteligencia geoespacial avanzada, para ofrecer actualizaciones diarias. Las imágenes satelitales se actualizan varias veces al día y permiten el envío de alertas a los usuarios cuando se detecta una anomalía térmica, como un incendio. Entre sus características más destacadas se encuentran el monitoreo global en tiempo real, acceso a mapas interactivos con múltiples capas de datos, como áreas protegidas y biodiversidad, y la capacidad de generar alertas automáticas ante incendios y cambios en la cobertura forestal.

Firecast [8], es una plataforma web que se integra con sistemas GIS (Geographic Information System) para el monitoreo y predicción de incendios forestales. La desarrolló Conservation International, y utiliza datos de satélites de la NASA, para detectar incendios en tiempo real y realizar predicciones a corto plazo. Firecast analiza diversos factores como datos climáticos, topográficos y la disponibilidad de combustible en los bosques. Entre sus características más destacadas se encuentran las alertas tempranas basadas en la probabilidad de incendios, monitoreo satelital constante, y la capacidad de predecir eventos en áreas críticas antes de que ocurran los incendios. Esta herramienta se utiliza principalmente en la conservación de ecosistemas, con especial enfoque en áreas protegidas.

FIRMS (Fire Information for Resource Management System) [9], es una plataforma web que ofrece una API para su integración en otros sistemas. Utiliza datos satelitales de MODIS y VIIRS para detectar puntos calientes en la superficie terrestre, los cuales pueden ser indicativos de incendios forestales. El sistema envía alertas automáticas tanto a las autoridades como a los gestores de recursos. Entre sus características principales se destacan la detección casi en tiempo real de incendios a nivel global, alertas personalizables para zonas específicas, la posibilidad de integrar con sistemas de gestión de emergencias a través de su API, y la capacidad de exportar datos para un análisis más detallado.

Wildfire Analyst [10], es un software de escritorio para Windows que se integra con algunas plataformas GIS, diseñado para predecir el comportamiento de los incendios forestales en tiempo real. Utiliza datos meteorológicos, topográficos y del combustible disponible para generar

simulaciones rápidas y precisas que permiten a los equipos de emergencia planificar sus acciones de respuesta. Entre sus características principales se incluyen simulaciones de propagación de incendios en tiempo real, análisis de riesgo e impacto basado en diferentes escenarios, y su uso como una herramienta clave para la planificación de evacuaciones y estrategias de control de incendios. Además, ofrece visualización avanzada en 3D y mapas detallados para una mejor comprensión de la situación.

PROMETHEUS [11], es un software de escritorio especializado, utilizado principalmente en Canadá, que se centra en la simulación y predicción de la propagación de incendios forestales en bosques boreales. Este modelo utiliza datos meteorológicos, topográficos y del combustible disponible para estimar de manera precisa la trayectoria y el comportamiento del fuego. Entre sus características destacan las simulaciones detalladas para ecosistemas boreales y otros específicos, su uso especializado en la gestión de incendios forestales en Canadá, y su capacidad para considerar la variabilidad en las condiciones meteorológicas y del combustible.

WIFIRE [12], es una plataforma basada en la nube que se integra con sistemas GIS y servicios de respuesta a emergencias, utilizada principalmente en California. Combina datos provenientes de satélites, drones y redes de estaciones meteorológicas para crear modelos predictivos avanzados. Utiliza Inteligencia Artificial para mejorar la precisión en la predicción de la propagación de incendios forestales. Sus principales características incluyen la predicción en tiempo real de incendios mediante modelos basados en IA, integración con sistemas de monitoreo meteorológico y sensores, soporte para la planificación de respuestas a emergencias tanto en áreas urbanas como rurales, y una mejora continua de sus predicciones a través de algoritmos de Machine Learning.

EWS-Fire (Early Warning System) [13], es una plataforma basada en la nube que ofrece acceso tanto móvil como web, diseñada para predecir la probabilidad de incendios forestales utilizando datos climáticos, de viento y humedad, combinados con algoritmos de inteligencia artificial. Su principal objetivo es proporcionar alertas tempranas a las autoridades locales para prevenir incendios antes de que se propaguen. Entre sus características clave se encuentran los modelos predictivos basados en IA para alertar sobre riesgos de incendios, un enfoque en la prevención más que en la respuesta, integración con redes de sensores y datos meteorológicos, y la capacidad de enviar alertas tempranas a dispositivos móviles y estaciones de control.

A continuación, en la Tabla 1, se resumen las principales plataformas, su funcionamiento, características más destacadas y sus aplicaciones prácticas para la prevención, monitoreo y respuesta a incendios forestales.

TABLA 1. COMPARATIVA DE SOFTWARE PARA MONITOREO Y GESTIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Software	Relevancia		
	Funcionamiento	Plataforma	Enfoque
Global Forest Watch	Monitoreo satelital en tiempo real utilizando MODIS y VIIRS, con inteligencia	Web-based	Deforestación y cambios en la cobertura forestal

Software	Relevancia		
	Funcionamiento	Plataforma	Enfoque
	geoespacial avanzada		
Firecast	Analiza datos climáticos y del combustible forestal	Web-based Integración GIS	Conservación de ecosistemas y áreas protegidas
FIRMS	Detección de puntos calientes con datos de MODIS y VIIRS, envía alertas automáticas.	Web-based API para integración	Gestión de emergencias y recursos forestales
Wildfire Analyst	Predicción en tiempo real del comportamiento de incendios usando datos meteorológicos y topográficos.	Software de escritorio (Windows) Integración GIS	Respuesta a emergencias, planificación de evacuaciones
PROMETH EUS	Simulación de incendios en bosques boreales utilizando datos meteorológicos y de combustibles.	Software de escritorio (Canadá)	Gestión de incendios en bosques boreales
Gestión de incendios en bosques boreales	Predicción en tiempo real de incendios con IA y machine learning. Integra datos de satélites, drones y estaciones meteorológicas.	Basado en la nube Integración GIS	Respuesta a emergencias, planificación urbana y rural
EWS-Fire	Predicción de la probabilidad de incendios usando IA y datos climáticos. Envía alertas tempranas.	Basado en la nube Acceso móvil y web	Prevención de incendios forestales

<sup>a</sup> Esta tabla resume los puntos principales de cada una de las herramientas de software para el monitoreo y gestión de incendios forestales.

### III. INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO.

México posee 138.7 millones de hectáreas de vegetación forestal, lo que significa que aproximadamente el 70.6% de su territorio está cubierto por bosques templados, selvas, manglares y ecosistemas áridos y semiáridos. En estas áreas forestales, residen 11.87 millones de personas, de las cuales 3.6 millones son parte de Pueblos Originarios, tan solo el estado de Veracruz en 2023, representó aproximadamente 2.6 millones de hectáreas de vegetación forestal. Esta superficie es fundamental para la biodiversidad y el equilibrio ecológico de las regiones del estado, entre los tipos de vegetación presentes se encuentran los bosques de pino y encino, así como diversas asociaciones vegetales que juegan un papel importante en el ecosistema[14].

Sin embargo, el incremento en el número de incendios forestales registrados en el país es motivo de gran preocupación, según datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) el estado de Veracruz ocupa uno de los primeros ocho lugares a nivel nacional tanto en cantidad de incendios como en superficie afectada. En el 2023, la entidad reportó 218 incendios que afectaron una superficie de 2,227 hectáreas, sin embargo, la situación cambió en el presente año debido a una de las peores temporadas de estiaje registradas, la cual se caracteriza por la escasez de lluvias y la disminución de los niveles de agua en ríos, lagos y lagunas, por otra parte, de acuerdo con el Monitor de sequía en México (MSM) del

Servicio Meteorológico Nacional [15], el 7.8 por ciento de la entidad presenta condiciones de sequía excepcional; el 16.9 por ciento registra sequía extrema; el 15.1 por ciento presenta sequía severa; y el 37.5 por ciento sequía moderada. La sequía extrema que afecta a más del 24% del territorio veracruzano agrava la situación, puesto que aumenta la probabilidad de que se produzcan más incendios forestales, tan solo de enero a abril del 2024 se registraron 111 incendios que afectaron una superficie de 6,605 hectáreas, es decir, se triplicó la cifra de afectación del año anterior en el territorio Veracruzano.



Fig. 1. Incremento de incendios forestales en la región de las Altas Montañas.

Los incendios más graves ocurrieron en la región de las Altas Montañas durante el primer trimestre del año 2024, tal como se expone en la Figura 1, donde cerca de 2,100 hectáreas de bosque fueron consumidas, afectando gravemente al área natural protegida del Cañón del Río Blanco, la biodiversidad local incluyendo flora y fauna, y las comunidades circundantes. Las posibles causas de estos incendios forestales incluyen actividades intencionales, desconocidas, actividades relacionadas con la ganadería y agricultura, fogatas, fumadores, cazadores, así como otras actividades humanas y fenómenos naturales. En la Figura 2, se presenta el impacto que tuvo la región de las Altas Montañas frente al fuego.



Fig. 2. Incendios forestales en la región de las Altas Montañas.

#### A. Propuesta de solución

La creciente incidencia de incendios forestales en el estado de Veracruz, exacerbada por condiciones climáticas adversas como la sequía extrema, representa una grave amenaza no solo para la vegetación y la biodiversidad, sino también para las comunidades locales que dependen de estos ecosistemas, por lo tanto, se generó la necesidad de implementar una solución que ayude a mitigar los incendios y proteger los

recursos naturales del estado. Algunas de las razones que sustentan la propuesta de solución son:

1) *Protección de la biodiversidad:* La vegetación forestal en Veracruz alberga una rica diversidad de flora y fauna, muchas de las cuales son endémicas y están en peligro de extinción, además los incendios forestales destruyen hábitats, poniendo en riesgo la supervivencia de estas especies.

2) *Impacto climático:* Los incendios forestales contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, intensificando el cambio climático, por lo que se considerará indispensable que proteger los bosques ayuda a mitigar estos efectos al mantener el carbono almacenado en la vegetación y el suelo.

3) *Estrategias de manejo integral:* La solución propuesta no solo contempla la prevención y control de incendios mediante una herramienta tecnológica, sino también la promoción de prácticas de manejo forestal sostenible, lo implica la colaboración entre comunidades, gobiernos y organizaciones no gubernamentales para desarrollar programas de concientización, así como la implementación de prácticas agroecológicas que reduzcan la vulnerabilidad de las tierras al fuego.

4) *Consideración de antecedentes:* En la elaboración de esta propuesta se tomaron en cuenta los antecedentes de incendios forestales en el estado, analizando datos históricos y patrones de ocurrencia que permiten identificar las áreas más vulnerables y las causas recurrentes de los incendios, además el análisis de los trabajos relacionados y las plataformas existentes para la predicción de incendios, proporcionan una base sólida para la implementación de estrategias específicas y adaptadas a las necesidades de la región.

#### IV. FIRE FORECAST AI: PLATAFORMA DE PREDICCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Con base en la información que se presentó previamente, se logró identificar que el desarrollo de una plataforma web para la predicción de incendios forestales en las regiones centrales del estado de Veracruz, mediante modelos de Inteligencia Artificial ayudará a facilitar las respuestas y coordinar acciones que minimicen los impactos negativos al medio ambiente y comunidades circundantes. Se realizó un análisis exhaustivo de las plataformas y proyectos existentes para determinar la propuesta de valor de la solución que se propone en esta investigación.

La plataforma Fire Forecast AI además de predecir incendios considerando datos geográficos y ambientales de las regiones del estado, contendrá módulos para mapear y cartografiar las zonas de incendio. Al mapear las zonas de incendio, las autoridades y los equipos de respuesta tendrán la oportunidad de planificar mejor las acciones para combatir el fuego, además de identificar rutas de acceso, áreas de evacuación, y ubicaciones estratégicas para desplegar recursos como bomberos, equipos de extinción de incendios y helicópteros. Con la cartografía de las zonas de incendio se busca evaluar y clasificar los riesgos en diferentes áreas, esto

es útil para priorizar la asignación de recursos y enfocar la atención en las áreas más críticas o propensas a incendios. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación, es implementar modelos predictivos de Inteligencia Artificial para mejorar significativamente la capacidad de detección en áreas afectadas y emitir alertas tempranas sobre incendios forestales, contribuyendo así a proteger los recursos naturales, reducir los impactos negativos en el medio ambiente y salvaguardar la vida y propiedad de comunidades afectadas.

Por otra parte, en el marco de los objetivos y desarrollo de la investigación, se contempla la integración del Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 (ODS 15), cuyo propósito es proteger y conservar la vida de los ecosistemas terrestres, por lo que el desarrollo de la plataforma Fire Forecast IA como objetivo contribuir a la gestión de los bosques y a la conservación de la biodiversidad, promoviendo acciones preventivas que salvaguarden los ecosistemas terrestres en las regiones centrales del estado de Veracruz.

#### A. Variables consideradas para predicción

Es importante considerar las variables de predicción que se utilizaron en los trabajos relacionados con la plataforma Fire Forecast AI, para fundamentar teóricamente la investigación, contextualizar el problema, seleccionar variables relevantes, diseñar experimentos adecuados y facilitar la interpretación de resultados, lo que contribuye a desarrollar modelos predictivos más precisos y efectivos que ayuden en la prevención y gestión de incendios forestales. Algunas de las variables consideradas, se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2. VARIABLES CONSIDERADAS PARA LA PREDICCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Variable	Descripción
Precipitación total	Cantidad de lluvia acumulada en un área específica durante un período determinado, influye en la humedad del suelo y la vegetación.
Humedad relativa del aire	Porcentaje que representa la cantidad de vapor de agua presente en el aire comparado con la máxima cantidad que el aire puede contener a esa temperatura, afecta la desecación de la vegetación
Temperatura Media	Promedio de las temperaturas observadas en un lugar y período específicos, afecta la tasa de evaporación y condiciones de sequía.
Temperatura Mínima	La temperatura más baja registrada en un período específico, puede influir en los patrones de comportamiento del fuego durante la noche.
Temperatura Máxima	La temperatura más alta registrada en un período específico, está directamente relacionada con el aumento del riesgo de incendios.
Temperatura del suelo durante el día	Refleja el calor acumulado en el suelo, que puede afectar la ignición y propagación de incendios.
FWI (Fire Weather Index)	Índice que integra varios elementos meteorológicos para estimar el peligro de

Variable	Descripción
	incendio diario, esencial para la planificación de la gestión del fuego.
DC (Drought Code)	Indicador del contenido de humedad profundo en materiales orgánicos, relevante para prever la disponibilidad y combustibilidad de los combustibles forestales.
SOI (Southern Oscillation Index)	Mide las variaciones en la presión atmosférica entre Tahiti y Darwin, asociado con fenómenos de El Niño y La Niña, que afectan el clima global.
Déficit de presión de vapor:	Mide la diferencia entre la cantidad de humedad en el aire y la que el aire puede retener cuando está saturado, indicativo de condiciones propensas a incendios.
Presencia de vegetación	Tipo y estado de la vegetación en un área, ya que ciertos tipos son más inflamables que otros.
Topografía	Incluye la elevación y la orientación de las laderas, que afectan cómo y dónde se propagan los incendios.
Acciones humanas	Incluye actividades como la construcción, la agricultura y el turismo, que pueden introducir fuentes de ignición en áreas forestales.
Historial de incendios	Datos sobre incendios previos en un área, útiles para identificar patrones y áreas de riesgo recurrente.
Vientos locales	La dirección y velocidad del viento son críticos para determinar la rápida propagación de los incendios
Índice de Área Quemada	Utiliza información sobre áreas previamente afectadas por incendios para modelar y predecir futuros incendios.

a. Esta tabla presenta información de las variables relacionadas con la detección de incendios, sin embargo, las consideradas para la plataforma Fire Forecast IA se seleccionaron con base a las necesidades de la región.

### B. Arquitectura preliminar

La plataforma representa un avance significativo en la predicción y gestión de incendios forestales en las regiones centrales del estado de Veracruz, al integrando diversos componentes tecnológicos y fuentes de datos. A través de la utilización de servicios API REST, se estima que la plataforma permita la recopilación y análisis de información meteorológica y geoespacial en tiempo real. La implementación de Inteligencia Artificial optimiza la capacidad de prever incendios, proporcionando herramientas valiosas para la toma de decisiones y la prevención de desastres naturales. En la Figura 3, se ilustra la estructura fundamental de la plataforma y su flujo de datos.

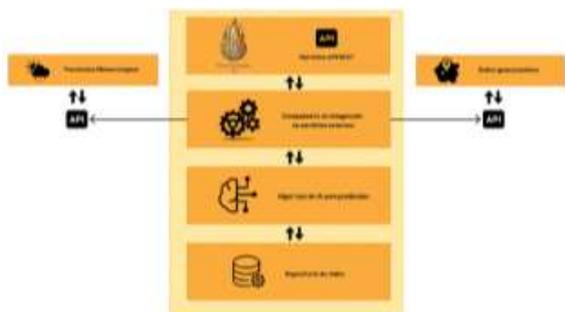


Fig. 3. Arquitectura preliminar de la plataforma de predicción de incendios.

A continuación, se detalla la arquitectura de la plataforma Fire Forecast AI:

- Servicios API REST: Consumo de datos para obtener la información y asegurar que la plataforma disponga de datos actualizados y relevantes.
- Integración de servicios externos: Recopila y procesa datos necesarios para la predicción, estos se transforman y preparan para ser utilizados por los modelos de predicción de incendios.
- Algoritmos de IA para predicción: Utiliza algoritmos de IA para analizar los datos recopilados y predecir la probabilidad y el comportamiento de los incendios forestales.
- Repositorio de Datos: Almacena datos recopilados para análisis y reportes.

### C. Stack tecnológico inicial

La importancia de tener un stack tecnológico definido es fundamental para el éxito al momento de desarrollar la plataforma, ya que proporciona una estructura y organización claras que facilitan la planificación y gestión a lo largo del desarrollo. Además, a medida que aumenta la demanda, las tecnologías elegidas deben ser capaces de manejar un crecimiento sin comprometer el rendimiento. Es por ello que, para llevar a cabo la implementación de la plataforma de predicción de incendios, se consideró el stack tecnológico que se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3. STACK TECNOLÓGICO PARA FIRE FORECAST IA

Componente	Opciones		
	1	2	3
Frontend	HTML/CSS, React	HTML/CSS, Vue.js	HTML/CSS, Angular
Backend	Python, Flask	Python, Django	Node.js, Express
Base de datos	PostgreSQL	PostgreSQL	PostgreSQL
Inteligencia Artificial	TensorFlow	PyTorch	Scikit-learn
Recopilación de datos	OpenWeather Map API	Weather API	Google Earth Engine
Infraestructura	Docker, AWS	Docker, Google Cloud	Kubernetes, Azure

a. Posterior al análisis del stack tecnológico presente, se seleccionó una opción para el desarrollo de la plataforma de predicción de incendios.

La elección de la mejor opción tecnológica para el desarrollo de la Plataforma Fire Forecast AI, es clave, ya que se deben considerar desde la capacidad de procesar grandes volúmenes de datos y escalar de manera eficiente, hasta la seguridad y el soporte a largo plazo, cada decisión tecnológica influirá en la capacidad de la plataforma para cumplir con su propósito de predecir incendios forestales de manera efectiva.

### V. CONCLUSIÓN

El desarrollo de una plataforma basada en Inteligencia Artificial para predecir incendios en las regiones centrales del estado de Veracruz, marca un avance significativo en la gestión de riesgos ambientales, al utilizar algoritmos avanzados que permiten analizar una amplia gama de datos,

identificando patrones y tendencias que indican la probabilidad de incendios forestales con mayor precisión y anticipación. Además, la presente investigación posee una alta escalabilidad, lo que asegura que la plataforma se adapte y crezca conforme a las necesidades cambiantes. Por ejemplo, la posibilidad de incorporar módulos adicionales para el mapeo y la caracterización detallada de las zonas afectadas por incendios transforma a la plataforma en una herramienta integral para la gestión de emergencias.

La solución propuesta en esta investigación contribuye tanto a la protección del medio ambiente como a la seguridad de las comunidades de la región, brindando una respuesta robusta y adaptativa ante las amenazas de incendios.

#### REFERENCIAS

- [1] IEEE Xplore, "Fire Detection Systems Using AI Technologies for Forest Fire Prevention," IEEE Access, vol. 11, pp. 10567-10577, Feb. 2023. Disponible: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1001045>
- [2] G. P. Beltran y J. E. Castillo, "Prototipo web para predicción y detección de incendios forestales en los cerros orientales de Bogotá, mediante una red de sensores e inteligencia artificial FASE 1," \*Universidad Piloto de Colombia\*, 2020. Disponible: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10059>.
- [3] J. Mensa, "Inteligencia Artificial y la potencialidad de las IDE para la visualización de la propagación de incendios forestales activos en la Provincia de Córdoba," 2022. Disponible: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10059>.
- [4] J. J. Castillo, M. E. Cardenas, N. A. Hernández, M. Gramática, y D. J. Serrano, "Sistema de predicción de incendios forestales," en XXV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Junín, Argentina, 2023, pp. 13-14.
- [5] L. M. García, "Con proyecto de emprendimiento busca mitigar incendios forestales," Tec.mx. Disponible: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/monterrey/emprendedores/con-proyecto-de-emprendimiento-busca-mitigar-incendios-forestales>.
- [6] J. Marín Ródenas, "Inteligencia artificial aplicada a la predicción del Dengue e incendios forestales en Indonesia," Universitat Politècnica de Catalunya, 2024. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/406714>.
- [7] Global Forest Watch, "About GFW," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://globalforestwatch.org>
- [8] Conservation International, "Firecast: Global Fire Monitoring," 2023. Disponible en: <https://conservation.org/firecast>
- [9] NASA, "Fire Information for Resource Management System (FIRMS)," 2023. Disponible en: <https://earthdata.nasa.gov/firms>
- [10] Technosylva, "Wildfire Analyst," 2023. Disponible en: <https://technosylva.com/wildfire-analyst>
- [11] Canadian Forest Service, "PROMETHEUS Fire Growth Model," 2023. Disponible en: <https://cfs.nrcan.gc.ca/prometheus>
- [12] WIFIRE, "Fire Prediction for California," 2023. Disponible en: <https://wifire.ucsd.edu>
- [13] EWS-Fire, "Early Warning System for Wildfires," 2023. Disponible en: <https://ews-fire.org>
- [14] Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), "Gobierno de México," Disponible en: <https://www.gob.mx/conafor>.
- [15] Servicio Meteorológico Nacional (SMN), "Gobierno de México," Disponible en: <https://www.gob.mx/smn>.