

# Sistema de Predicción de Incendios Forestales basado en el índice FWI para la Provincia de Córdoba

Marina Cardenas, Juan C. Vázquez, Julio Castillo, Sebastián Villena Ruiz

Laboratorio de Investigación de Software LIS/Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información/  
Facultad Regional Córdoba/ Universidad Tecnológica Nacional

{ ing.marinacardenas, jcjvazquez, jotacastillo, sebastian.villena.ruiz }@gmail.com

## Resumen

El objetivo de este proyecto es elaborar un modelo que permita pronosticar los incendios forestales en la Provincia de Córdoba mediante técnicas de aprendizaje automático (machine learning), utilizando para ello modelos supervisados como redes neuronales o maquinas de soporte vectorial.

A partir del mismo, se pretende capturar la presencia de patrones de comportamiento de los factores que influyen en la producción de incendios forestales, ya sean humanos o de índole climática, tales como humedad, presión, temperatura y cantidad de lluvia caída en una zona determinada, asociados a incendios forestales.

**Palabras clave:** *Pronósticos, modelo, incendios, forestales, meteorología, predicción.*

## Contexto

El presente proyecto se encuentra consolidado dentro de la línea de investigación que se dedica a la resolución de problemas físicos, reales y sociales, a través del uso y del empleo de herramientas computacionales basadas en aprendizaje automático. Este proyecto se lleva a cabo en el Laboratorio de Investigación de Software del Dpto. de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, y es un proyecto acreditado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UTN.

El mismo, se enmarca dentro del Grupo GIA (Grupo de Inteligencia Artificial) de la UTN-FRC, el cual tiene como objetivo general el investigar técnicas, algoritmos de inteligencia artificial, entre los que se destacan el estudio de las redes neuronales, autómatas celulares,

análisis y procesamiento de imágenes, minería de datos, y su aplicabilidad y resolución de problemas de las ciencias naturales y de las ciencias sociales. El grupo está integrado por doctores, ingenieros, licenciados, becarios, y pasantes.

De esta manera, se puede observar que se investigan técnicas de IA tanto desde el punto de vista teórico, como desde el punto de vista práctico.

## Introducción

Los objetivos del proyecto podrían agruparse en tres tipos: relacionados a las capacidades cognitivas de sus integrantes, aquellos relacionados a la aplicabilidad concreta del sistema (por ejemplo, en el marco de una transferencia a la comunidad), y aquellos relacionados con los objetivos académicos en cuanto a la formación de futuros investigadores.

- *Cognitivos:* lograr profundo conocimiento teórico y práctico, de las técnicas, algoritmos, desarrollo y construcción de sistemas basados en conocimiento, y en particular, en sistemas basados en aprendizaje supervisado.

Asimismo se planea lograr un profundo conocimiento en la modelización de problemas complejos y no-lineales, determinando las herramientas computacionales más apropiadas, sus ventajas y desventajas, y ganar experiencia práctica en la implantación de tales sistemas.

- *Relación con el medio:* Especificar, analizar, diseñar, implementar, y probar el sistema en campo.

Obtener una realimentación y adaptar el sistema de manera tal que sea de gran utilidad a los expertos: bomberos, personal de lucha contra el

fuego, y personal de gestión de los recursos para el combate contra el fuego.

Así este sistema tendrá las funciones de ser una herramienta preventiva en la lucha contra incendios.

- *Académicos*: Generar un marco, para la enseñanza-aprendizaje y motivación de alumnos acerca de la importancia de sistemas basados en conocimiento, y de algoritmos de aprendizaje automático como manera de resolver una problemática concreta en el campo de las ciencias naturales. Como resultado, se pretende involucrar a alumnos en el estudio y la investigación de temas fundamentales de su carrera.

Este proyecto tiene como objetivo fundamental el de proveer de un modelo de pronóstico para poder detectar incendios forestales en la Provincia de Córdoba, especialmente en las sierras de Córdoba y luego tratando de abarcar la región del parque Chaqueño en la Provincia de Córdoba [1], [2].

Se pretende elaborar un modelo matemático/computacional que capture la presencia de patrones de comportamiento humanos y patrones de índole climática en factores tales como humedad, presión, temperatura y cantidad de lluvia caída en una zona determinada.

Las condiciones meteorológicas como la temperatura y el viento influyen en los incendios forestales, tal es así que desde los años 70 se conoce el Índice Canadiense de Incendios Forestales (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI) [3], el cual se compone de 7 índices basados en 4 observaciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, lluvia y viento). Este índice es empleado en Argentina, y en muchos países alrededor del mundo, y es de fácil recolección por cualquier estación meteorológica.

Actualmente se cuenta con un modelo inicial que permite caracterizar el problema de los incendios forestales. Este modelo ha sido desarrollado empleando técnicas de aprendizaje automático (machine learning), y utilizando para ello modelos no supervisados como redes neuronales y maquinas vectores de soporte.

Este modelo inicial es susceptible de diversas mejoras y queda aún realizar su prueba en contraste con datos reales, ya que con nuestro grado de avance actual se ha podido realizar predicciones de incendios forestales del parque

Montesino en Portugal, ya que se contaba con datos certeros acerca de la ocurrencia de incendios en esa región y nuestras primeras pruebas experimentales auguran resultados muy buenos sobre estos datos.

Para centrarnos en el entorno del problema, se puede determinar que los incendios forestales son uno de los mayores problemas ambientales y que producen un daño ecológico, económico y humano, irreparables. Es por ello que una detección prematura de los mismos, es una herramienta clave que puede permitir una lucha más eficaz contra este flagelo.

En la actualidad existen distintas aproximaciones [4], [5] que intentan dar soluciones empleando herramientas automáticas [6] basadas en sensores locales (meteorológicos), otras se basan en satélites, y un tercer grupo de técnicas, en scanners de humo e infrarrojos [7].

En este proyecto pretendemos construir un sistema, empleando redes neuronales [8] artificiales y maquinas vectores de soporte, y alimentarlas con datos meteorológicos no costosos, como los sugeridos por índices internacionales, con el objetivo de poder predecir la existencia o no de un área quemada y en ese caso, de la extensión de la misma [9]. La información de salida que este sistema proveería, sería de vital importancia para el planeamiento estratégico de los recursos destinados a combatir los incendios forestales.

Si bien el pronóstico de incendios es una tarea difícil, se piensa que un enfoque basado en aprendizaje automático podrá inferir un modelo matemático útil y aplicable en la práctica, de manera tal de servir de un sistema de soporte de decisión a la planeación estratégica de recursos destinados a incendios forestales. Como resultados podríamos obtener un sistema que indique las áreas en las que ocurrirá un incendio y la cantidad de hectáreas que se verían afectadas.

Nuestro objetivo es aplicar este modelo en la Provincia de Córdoba que ha sido ampliamente afectada por los incendios forestales en años recientes.

Según el informe preliminar de valoración sobre el impacto del incendio en Sierras Chicas ocurrido en septiembre de 2006, los focos de fuego afectaron aproximadamente a 18.640 hectáreas distribuidas en el cordón montañoso de Sierras Chicas de la región natural de Sierras

de Sur, ubicadas en los departamentos de Colón, Punilla y Santa María. Este incendio fue uno de los de mayor magnitud registrada en Córdoba en los últimos años. La vegetación más afectada fue la arbustal-pastizal, alcanzando 11.080 hectáreas, que representa el 67% del total de la flora que fue afectada. En segundo lugar, en lo que respecta a impacto en superficie, fue el Bosque con una extensión quemada de 2.480 hectáreas.

Cabe destacar que la recuperación del estrato arbóreo podría demorar aproximadamente 60 años.

Desde el punto de vista de las pérdidas económicas derivadas del incendio forestal, se cuentan las pérdidas económicas del bosque, el costo de la extinción del incendio y costo parcial de las pérdidas de infraestructura. Así, las personas residentes permanentes del área quemada, ven perjudicada su calidad de vida, tanto en su salud como en su economía y sus actividades cotidianas, cada vez que acontece dicho flagelo.

Por esta razón, un sistema de prevención del fuego que informe de alertas tempranas podría ayudar a solventar muchas de estas pérdidas, alertando a la población y a las autoridades, para que prepare y dirija sus recursos en la posible zona de siniestro, y así evitar al mínimo pérdidas económicas, ecológicas y principalmente pérdidas de vidas humanas.

## Líneas de Investigación y Desarrollo

Como se mencionó inicialmente, el presente trabajo forma parte de la línea de investigación de aprendizaje automático, esto es, en la construcción de algoritmos que intentan inferir un modelo computacional con el fin de resolver un problema concreto, en este caso la predicción de incendios, problema que se caracteriza como complejo y altamente no lineal.

Este proyecto fue aprobado por la Secretaria de Ciencia y Técnica de la UTN, y comenzó formalmente en Marzo de 2010.

## Resultados

Durante el desarrollo del proyecto se alcanzaron los siguientes resultados:

- Predicción de la ocurrencia de un incendio forestal.
- Seguimiento y gestión de los siniestros.
- Aporte de una herramienta de gestión para la ayuda en la asignación efectiva de los recursos físicos, financieros y humanos, asociados a un siniestro.
- Formación de alumnos becarios, y pasantes en el área de IA, e introducción de los mismos en tareas de investigación.

A continuación se detallan las características esenciales de los productos construidos para la concreción de los objetivos del proyecto y de los resultados alcanzados:

### Subsistema de Recopilación de Información Meteorológica

Inicialmente en el proyecto se presuponía la existencia de registros de incendios recolectados en las estaciones de bomberos, o en estaciones meteorológicas. Sin embargo, se descubrió que no se llevaba a cabo ningún tipo de registro de incendios y que era necesario un sistema que permitiera capturar al menos los siguientes datos: fecha del siniestro, coordenadas de ocurrencia del siniestro, temperatura, humedad, presión, velocidad del viento y cantidad de hectáreas afectadas. A raíz de ello, se diseñó un sistema para realizar la carga de mediciones meteorológicas y de siniestros (incendios) en el que se puedan registrar a través de una interfaz WEB esta información.



Figura 1: Pantalla de acceso Sitio Web

En la Figura 1 se puede observar la pantalla de inicio al sistema web desarrollado que permite la administración, seguimiento de mediciones, visualización de siniestros,

estadísticas y otras operaciones propias de la gestión de incendios forestales.

A partir de este sistema, se podrán capturar las mediciones diarias que realiza cada cuartel de bomberos, las cuales servirán de entrada para los módulos de entrenamiento y predicción.

### Subsistema de Entrenamiento

Este subsistema se caracteriza por tomar como entrada un conjunto de información estadística acerca de la ocurrencia de siniestros y las condiciones en las cuales el mismo se produjo. En base a estas mediciones se infiere un modelo que es la salida de este subsistema.

Debido a que aun no se ha implementado en las estaciones de bomberos el Subsistema de Recopilación de Información Meteorológica, la información necesaria para la entrada de este subsistema es recopilada manualmente a través de la búsqueda y consulta en diarios y en sitios especializados de cuidado del medio ambiente.

### Subsistema de Predicción

Este subsistema se caracteriza por tomar como entrada el modelo producido por la etapa anterior, junto con información climática actual, y realiza la inferencia de la ocurrencia o no de un siniestro.

El sub-módulo de visualización de predicciones y siniestros emplea la API de Google Maps para la visualización de los mismos en un lapso de tiempo determinado.

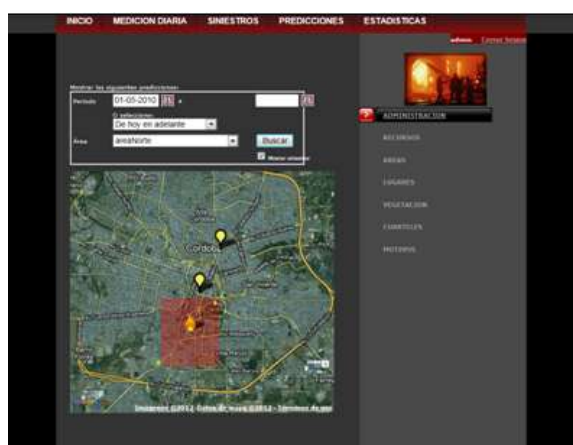


Figura 2: Ejemplo de visualización de predicciones y siniestros

En la Figura 2 pueden observarse cómo se ha utilizado la interfaz de Google Maps para la visualización de:

- siniestros: incendios ocurridos.

- predicciones: evento que el sistema pronostica que ocurrirán.

Adicionalmente, esto constituye una gran herramienta durante la etapa de testing y afinamiento del módulo de pronósticos, ya que el sistema puede probarse con datos históricos en base a siniestros ya ocurridos. De esta manera, sería posible identificar visualmente la efectividad en pronosticar incendios en las diferentes regiones de la provincia y observar gráficamente el error de la predicción (distancia del siniestro con respecto al lugar de la predicción). Esto permite analizar distintos tipos de errores: errores geográficos (si hubo una correcta predicción pero en un lugar diferente), errores temporales (si hubo una correcta predicción en un determinado lugar pero “desfasada” en el tiempo) y errores de precisión (si hubo una correcta predicción de un incendio en un lugar determinado, pero la predicción de la cantidad de hectáreas quemadas varía significativamente).

En las siguientes Figuras 3 y 4 se puede observar cómo se visualizan los datos estadísticos y la generación del reporte respectivo.

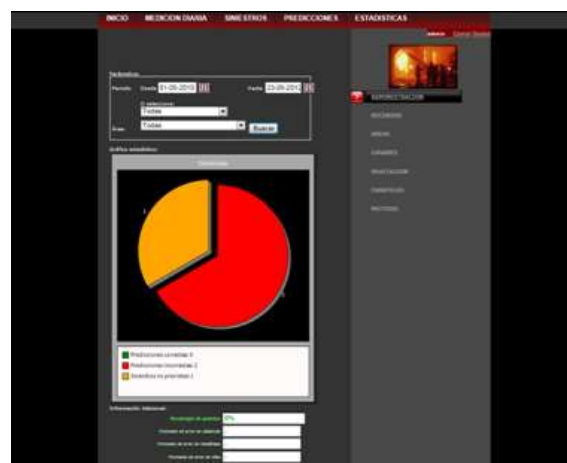


Figura 3: Ejemplo de visualización de estadísticas de siniestros y predicciones

Los reportes generados (Figura 4) por el sistema permiten conocer de manera precisa la diferencia entre las hectáreas quemadas a causa de algún siniestro y aquellas hectáreas (por quemarse) que pronosticó el sistema.

Reporte Estadístico						
Validez	Fecha Predicción	Fecha Siniestro	Hectáreas Predichas	Hectáreas Quemadas	Diferencia	Distr
Correcta	3/21/2011	3/21/2011	2.00	3.00	1.00	
Correcta	3/21/2011	3/21/2011	3.00	8.00	5.00	
Incorrecta	1/17/2010		8.00			
Incorrecta	1/3/2010		4.00			
Incendio		5/26/2011		1300.00		
Incendio		1/18/2010		20000.00		

Figura 4: Ejemplo de generación de reporte estadístico de siniestros y predicciones.

Además de la diferencia en hectáreas, el sistema provee información indicativa acerca de la diferencia en kilómetros entre un siniestro y su predicción, lo cual es particularmente útil para analizar la causa de los errores en la predicción atendiendo a la localización del error y evidenciando falencias de predicción en determinadas áreas.

## Formación de Recursos Humanos

Además de docentes, también participan de este proyecto, alumnos del último nivel la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN FRC, próximos a recibirse y con perspectivas de iniciarse en una carrera de posgrado o doctorado, con lo cual, uno de los objetivos del proyecto es el contribuir a la formación de dichos alumnos.

También forman parte alumnos becarios que se inician en las actividades de investigación dentro de la universidad.

El equipo de investigación y desarrollo de software, está formado por investigadores de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, sin embargo también participan del proyecto, alumnos de los últimos niveles la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN FRC, próximos a recibirse que realizan sus prácticas supervisadas como parte de los requisitos para la obtención del grado de Ingeniero. Los alumnos intervienen, aportan su trabajo en el proyecto, y aprenden a realizar actividades de investigación, y cómo integrarse en un equipo existente. De esta manera, se está cumplimentando uno de los objetivos del proyecto que es el contribuir a la formación de alumnos en tareas de investigación, en especial fomentando el interés por los sistemas basados en IA. Asimismo, se plantea como un objetivo adicional del proyecto que sirva como marco de trabajo para que docentes-investigadores

realicen su tesis de Maestría en Sistemas de Información en el presente proyecto.

## Referencias

- [1] J. Castillo, M. Cardenas, R. Gordillo y J. Vázquez. Un Modelo de Pronósticos para Predicción de Incendios en la Provincia de Córdoba. WICC 2011, Rosario, Argentina, 2011.
- [2] J. C. Vázquez, J. Castillo, M. Cardenas, R. Gordillo, S. Villena Ruiz. Predicción de Incendios Forestales en la Provincia de Córdoba. WICC 2012, Posadas, Argentina, 2012.
- [3] C. Vega Garcia, P.M. Woodard y S.J. Titus. Dos modelos para la predicción de incendios forestales en Whitecourt Forest, Canadá. Investigación Agraria: sistemas y recursos forestales. Vol. 8, 1999.
- [4] J. Terradas J. Pinol y F. Lloret. Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain. Climatic Change, 38:345–357, 1998.
- [5] S. Taylor y M. Alexander. Science, technology, and human factors in fire danger rating: The Canadian experience. International Journal of Wildland Fire, 15:121–135, 2006.
- [6] S. Makridakis, S. Wheelwright y R. Hyndman. Forecasting: Methods and Applications. Wiley, 1997.
- [7] B. Arrue, A. Ottero y J. Martínez de Dios. An Intelligent System for False Alarm Reduction in Infrared Forest-Fire Detection. IEEE Intelligent Systems, 15(3):64–73, 2000.
- [8] C. Vega-García, B. Lee, P. Woodard, y S. Titus. Applying neural network technology to human-caused wildfire occurrence prediction. AI Applications, 10(3):9–18, 1996.
- [9] D. Mazzoni, L. Tong, D. Diner, Q. Li, y J. Logan. Using MISR and MODIS Data For Detection and Analysis of Smoke Plume Injection Heights Over North America During Summer 2004. AGU Fall Meeting Abstracts, págs. B853+, 2005.