



## MAPAS DE RIESGO DE INCENDIO EN R

Manuel Antonio Novo Pérez<sup>1</sup>

Marta Rodríguez Barreiro<sup>2</sup>

María José Ginzo Villamayor<sup>3</sup>

### Resumen

Conocer el riesgo de que se produzca un incendio en un área determinada es clave para llevar a cabo labores de prevención y de gestión de operativos de extinción. En este trabajo, se propone una modificación del índice ICONA, que incluye el factor antrópico como un factor de riesgo, considerando el histórico de incendios ocurridos en la región de interés. Además, este índice está integrado en un algoritmo desarrollado en R, utilizando varias de las librerías más conocidas para el manejo de datos geoespaciales.

**Palabras-clave:** índice de riesgo, incendios forestales, R.

### Abstract

Knowing the risk of a fire occurring in a given area is key to carry out prevention and management of extinguishing operations. In this work, we show a developed index, which is a modification of an existing one, which includes the anthropic factor as a risk factor, considering the history of fires that have occurred in the region of interest. Furthermore, this index is integrated in an algorithm developed in R, using several of the most well-known libraries for geospatial data management.

**Keywords:** risk index, wildfires, R.

### Introducción

Conocer el riesgo de que se produzca un incendio en una zona y un momento concretos es importante para planificar actividades de prevención y asignar recursos (Dentoni y Muñoz, 2012). En la literatura existen multitud de índices propuestos, como pueden ser los índices de Nesterov (Onderka y Melicherik, 2009; de Groot et al., 2014) y la Fórmula de Monte Alegre (Pereira et al., 2017). También existen sistemas compuestos de varios índices, como el Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro de Incendios Forestales (de Groot et al., 2007; de Groot et al., 2014) o el National Fire-Danger System (Mölders, 2010; de Groot et al., 2014).

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Tecnología Matemática de Galicia (CITMAga), [manuelantonio.novo.perez@usc.es](mailto:manuelantonio.novo.perez@usc.es).

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Tecnología Matemática de Galicia (CITMAga), [marta.rodriguez.barreiro@usc.es](mailto:marta.rodriguez.barreiro@usc.es).

<sup>3</sup> Universidad de Santiago de Compostela (USC) y Centro de Investigación y Tecnología Matemática de Galicia (CITMAga), [mariajose.ginzo@usc.es](mailto:mariajose.ginzo@usc.es).



Todos los índices se adecuan a las condiciones de la región en la que se desarrollaron, aunque se pueden utilizar también en regiones de características similares. En el caso de España, el antiguo Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) desarrolló un índice de riesgo (de Vicente, 2012) que establece el peligro de que se produzca un incendio a partir de una estimación de la humedad del combustible fino muerto.

El problema de este índice es que no tiene en cuenta la intervención humana como riesgo, lo que hace que, en algunas regiones de España, como es el caso particular de Galicia, el índice subestime el riesgo en zonas en las que los incendios suceden de forma recurrente. Por ello, en este trabajo, se sugiere una modificación del índice propuesto por el ICONA, que tenga en cuenta la recurrencia de incendios durante los últimos años.

El trabajo ha sido desarrollado en colaboración con la empresa Avincis ES y está sujeto a un acuerdo de confidencialidad.

### **Objetivo**

El objetivo de este trabajo es desarrollar un índice de riesgo de incendio basado en el propuesto por el ICONA, pero que además tenga en cuenta la recurrencia histórica de incendios en la región que se ejecute.

Este índice se integrará en un algoritmo que permitirá elaborar mapas de riesgo diarios a partir de predicciones meteorológicas (en concreto, la temperatura y la humedad relativa), características del terreno (sombreado, elevación del terreno, pendiente y orientación). Al igual que el propio índice del ICONA, el algoritmo tendrá en cuenta la hora del día a la que se ejecute.

### **Material y Métodos**

El algoritmo en el que se integra el índice se ha desarrollado enteramente en R (R Core Team, 2023). El algoritmo sigue, de forma resumida, los siguientes pasos:

1. Obtención, a partir del modelo digital del terreno (MDT), en formato TIFF, de la pendiente y la orientación del terreno de la zona de interés. Para esto, el algoritmo se apoya en la librería *terra* (Hijmans, 2023), haciendo uso de múltiples funciones de esta.
2. Descarga de las predicciones para municipios de los datos meteorológicos e interpolación a toda la región de interés. Esto se hace a través de la API de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Para esto, se utilizan las librerías



httr (Wickham, 2023), jsonlite (Ooms, 2014) y meteoland (De Cáceres et al., 2018).

3. Cálculo del índice del ICONA utilizando los resultados obtenidos en los pasos anteriores.
4. Cálculo del índice basado en recurrencia de incendios, que refleja la cantidad de incendios sucedidos durante los últimos años, según el mes del año en el que ocurren. Esto se hace a partir de una base de datos de incendios históricos que incluye su localización, fecha de inicio, fecha fin y tipo de uso de suelo afectado. Este resultado se guarda en formato TIFF.
5. Combinación de los índices calculados en los pasos 3 y 4 mediante una media ponderada de los mismos. El resultado se guarda en formato TIFF.

Además de las librerías ya mencionadas, el algoritmo se apoya también en otras, como la librería `sf` (Pebesma y Bivand, 2023; Pebesma, 2018) o la librería `dp1yr` (Wickman et al. 2023).

### **Resultados y Discusión**

El algoritmo fue probado con datos reales en Galicia. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de resultado de una ejecución para el día 11 de abril de 2024. En ella se pueden observar zonas con colores rojos más intensos, que se corresponden con las zonas que presentan más riesgo de que se produzca un incendio a la fecha y hora señaladas. Cabe destacar que, en este caso, las zonas de mayor riesgo coinciden con las zonas con mayor recurrencia de incendios en los últimos años en abril, ya que el índice del ICONA indicaba un riesgo homogéneo en todo el territorio.



Figura 1: Mapa de riesgo de incendios en Galicia el 11/04/2024 a las 14:00h.

Una de las principales diferencias respecto a otros índices es la incorporación de la recurrencia de incendios como un factor de riesgo. Esto funciona especialmente en casos como el de Galicia, donde los incendios se dan de forma periódica en las mismas regiones. Esto no se tiene en cuenta en muchos índices que sólo consideran variables meteorológicas. En este aspecto, la implementación realizada permite adaptarlo a determinadas zonas de España con relativa facilidad, pues permite modificar de forma sencilla el peso que se le da a la recurrencia de incendios.

### **Conclusiones**

La solución aportada proporciona al usuario un archivo en formato TIFF que contiene un mapa que refleja el riesgo de que se produzcan incendios en el área deseada por el usuario y que es válido para la fecha y la hora de ejecución del algoritmo. Cabe señalar que

Para la obtención del mapa de riesgo, el algoritmo utiliza los datos meteorológicos proporcionados por AEMET, el índice de riesgo del ICONA y los datos históricos de los incendios ocurridos en la zona de interés. De esta forma, el índice propuesto permite tener en cuenta tanto el riesgo dado por las condiciones meteorológicas como algunos factores antrópicos relacionados con la frecuencia de incendios.

La implementación del algoritmo en R permite que para obtener el riesgo en la región de interés sólo sea necesario introducir un MDT, a partir del cual se obtendrá la pendiente y la orientación correspondientes, un archivo con el sombreado del terreno o con los usos del suelo descritos por el SIOSE, una contraseña proporcionada por AEMET que permita



descargar los datos meteorológicos necesarios y las coordenadas de la zona de interés para la que se quiere obtener el mapa de riesgo.

En lo referente a trabajo futuro, una posibilidad es probar utilizando otros índices distintos del sugerido por el ICONA o incluso probar a utilizar combinaciones con más índices distintos.

## Referencias

- DENTONI, M.C.; MUÑOZ, M.M. (2012). **Sistemas de Evaluación de Peligros de Incendios. Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana.** Plan Nacional de Manejo del Fuego. Tech. Rep. 1.
- DE CÁCERES, M., MARTIN-STPAUL, N., TURCO, M., CABON A., GRANDA, V. (2018). **Estimating daily meteorological data and downscaling climate models over landscapes.** Environmental Modelling and Software 108, 186-196 <https://vegmod.cifc.cat/software/meteoland/>.
- DE GROOT, W.J.; FIELD, R.D.; BRADY, M.A.; ROSWINTIARTI, O.; MOHAMAD, M. (2007). **Development of the Indonesian and Malaysian fire danger rating systems.** Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12(1), 165. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9043-8>.
- DE GROOT, W.J., WOTTON, B.M., FLANNIGAN, M.D. (2014). **Wildland Fire Danger Rating and Early Warning Systems.** In: Paton, D., Buergelt, P.T., McCaffrey, S., Tedim, F. (eds.), Wildfire Hazards, Risks, and Disasters. Elsevier, Netherlands, pp. 207-228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00011-7>.
- de Vicente y López, F. (2012). **Diseño de un modelo de riesgo integral de incendios forestales mediante técnicas multicriterio y su automatización en sistemas de información geográfica.** Una aplicación en la Comunidad Valenciana. Tesis Doctoral.
- HIJMANS, R. (2023). **terra: Spatial Data Analysis. R package version 1.7-55,** <https://CRAN.R-project.org/package=terra>.
- MÖLDERS, N. (2010). **Comparison of Canadian Forest Fire Danger Rating System and National Fire Danger System fire indices derived from Weather Research and Forecasting (WFR) model data for the June 2005 Interior Alaska wildfires.** Atmospheric Research, 95, 290-306. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.03.010>.
- OOMS, J. (2014). **The jsonlite Package: A Practical and Consistent Mapping Between JSON Data and R Objects.** arXiv:1403.2805 [stat.CO]. <https://arxiv.org/abs/1403.2805>.
- PEBESMA, E., BIVAND, R. (2023). **Spatial Data Science: With Applications in R.** Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>.
- PEBESMA, E. (2018). **Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data.** The R Journal 10 (1), 439-446, <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>.
- PEREIRA, F.T.; SOUZA, G.; MARTINS, S.V.; RENATO, S. (2017). **Analysis of efficiency of fire danger indices in forest fire prediction.** Revista Árvore, 41(2). <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000200009>.
- WICKHAM, H., FRANÇOIS, R., HENRY, L., MÜLLER, K., VAUGHAN, D. (2023). **dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.2.** <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- WICKHAM, H. (2023). **httr: Tools for Working with URLs and HTTP. R package version 1.4.1.** <https://CRAN.R-project.org/package=httr>