

# Análisis global de las zonas quemadas para la evaluación climática: experiencias del proyecto FireCCI

Chuvieco, Emilio<sup>1</sup> Pettinari, M. Lucrecia<sup>1</sup> Torres-Vázquez, Miguel Ángel<sup>1</sup>  
Solano-Romero, Erika<sup>1</sup> Khairoun, Amin<sup>1</sup> Storm, Thomas<sup>2</sup> Boettcher, Martin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Alcalá, España

<sup>2</sup> Brockmann Consult GmbH, Alemania

ORCID: Chuvieco 0000-0001-5618-4759 Pettinari 0000-0002-7472-4373 Torres 0000-0001-8897-9337  
Solano 0009-0004-4605-1660

Correspondencia: [emilio.chuvieco@uah.es](mailto:emilio.chuvieco@uah.es)

## RESUMEN

Las quemadas de biomasa (incluidos los incendios de bosques, pastizales, turberas y agrícolas) tienen importantes repercusiones en el sistema terrestre global, ya que afectan a la cobertura del suelo, la biomasa, el albedo de la superficie y la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y aerosoles. Como parte del programa de cambio climático de la Agencia Espacial Europea, el proyecto FireCCI ha desarrollado en los últimos años varios productos globales y regionales sobre áreas quemadas para evaluar su extensión, así como sus características espaciales y temporales, pero siguen existiendo incertidumbres, especialmente las relacionadas con los incendios pequeños y de baja intensidad. El producto más reciente se ha desarrollado desde 2019 hasta la actualidad a partir de datos SYN del Sentinel-3 (S-3) y los incendios activos del VIIRS con una resolución de 300 m. El producto incluye una estrategia de validación formal, basada en una muestra derivada estadísticamente de imágenes Landsat de 30 m de resolución. El coeficiente Dice de este producto para el año 2024 fue de 58,51, con una media de 19,95 de error de comisión y 53,90 de error de omisión, superando en exactitud a otros productos globales de área quemada. Para obtener tendencias temporales coherentes a largo plazo, recientemente se ha lanzado un nuevo producto (denominado FireCCI60) cuyo objetivo es armonizar los productos de área quemada del proyecto FireCCI generados a partir del S-3 (2019-2025) y del MODIS (2003-2022). Finalmente, en el marco del mismo proyecto, hemos producido una primera versión de un producto global de área quemada a partir de datos MSI del Sentinel-2 a 20 m de resolución para el año 2023.


**Palabras clave:** Área quemada, Sentinel, Quema de biomasa, Global, ESA




Fecha de recepción: 17 enero 2026 · Fecha de aceptación: 18 marzo 2026

# Análisis global de las zonas quemadas para la evaluación climática: experiencias del proyecto FireCCI

Chuvieco, Emilio <sup>(1)</sup>, Pettinari, M. Lucrecia <sup>(1)</sup>, Torres-Vázquez, Miguel Ángel <sup>(1)</sup>, Solano-Romero, Erika <sup>(1)</sup>, Khairoun, Amin <sup>(1)</sup>, Storm, Thomas <sup>(2)</sup>, Boettcher, Martin <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Alcalá, España, <sup>(2)</sup> Brockmann Consult GmbH, Alemania

 0000-0001-5618-4759, emilio.chuvieco@uah.es.

Pettinari  0000-0002-7472-4373; Torres  0000-0001-8897-9337; Solano  0009-0004-4605-1660

**Resumen:** Las quemas de biomasa (incluidos los incendios de bosques, pastizales, turberas y agrícolas) tienen importantes repercusiones en el sistema terrestre global, ya que afectan a la cobertura del suelo, la biomasa, el albedo de la superficie y la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero y aerosoles. Como parte del programa de cambio climático de la Agencia Espacial Europea, el proyecto FireCCI ha desarrollado en los últimos años varios productos globales y regionales sobre áreas quemadas para evaluar su extensión, así como sus características espaciales y temporales, pero siguen existiendo incertidumbres, especialmente las relacionadas con los incendios pequeños y de baja intensidad. El producto más reciente se ha desarrollado desde 2019 hasta la actualidad a partir de datos SYN del Sentinel-3 (S-3) y los incendios activos del VIIRS con una resolución de 300 m. El producto incluye una estrategia de validación formal, basada en una muestra derivada estadísticamente de imágenes Landsat de 30 m de resolución. El coeficiente Dice de este producto para el año 2024 fue de 58,51, con una media de 19,95 de error de comisión y 53,90 de error de omisión, superando en exactitud a otros productos globales de área quemada. Para obtener tendencias temporales coherentes a largo plazo, recientemente se ha lanzado un nuevo producto (denominado FireCCI60) cuyo objetivo es armonizar los productos de área quemada del proyecto FireCCI generados a partir del S-3 (2019-2025) y del MODIS (2003-2022). Finalmente, en el marco del mismo proyecto, hemos producido una primera versión de un producto global de área quemada a partir de datos MSI del Sentinel-2 a 20 m de resolución para el año 2023.

**Palabras clave:** Área quemada, Sentinel, Quema de biomasa, Global, ESA

## ***Global Analysis of Burned Areas for Climate Assessment: Experiences from the FireCCI project***

**Abstract:** Biomass burning (including forest, grassland, peatland and agricultural fires) has significant impacts on the global Earth system, as it affects land cover, biomass, surface albedo and atmospheric concentrations of greenhouse gases and aerosols. As part of the European Space Agency's climate change programme, the FireCCI project has developed several global and regional products on burned areas in recent years to assess their extent, as well as their spatial and temporal characteristics; however, uncertainties remain, particularly those related to small and low-intensity fires. The most recent product has been developed from 2019 to the present using Sentinel-3 (S-3) SYN data and VIIRS active fires at a resolution of 300 m. The product includes a formal validation strategy, based on a statistically derived sample from 30 m resolution Landsat images. The Dice coefficient for this product for the year 2024 was 58.51, with an average of 19.95 for false positives and 53.90 for false negatives, surpassing other global burned area products in terms of accuracy. To obtain consistent long-term temporal trends, a new product (named FireCCI60) has recently been launched, aimed at harmonising the FireCCI project's burned area products generated from S-3 (2019–2025) and MODIS (2003–2022). Finally, as part of the same project, we have produced a first version of a global burned area product based on Sentinel-2 MSI data at 20 m resolution for the year 2023.

**Keywords:** Burned Area, Sentinel, Biomass burning, Global, ESA

## 1. INTRODUCCIÓN

El seguimiento de las áreas quemadas (BA) es crucial para comprender el impacto del fuego en el sistema terrestre. Los incendios alteran la distribución y la estructura de la vegetación, afectan el ciclo global del carbono y modifican los equilibrios climáticos a diferentes escalas (Jones *et al.*, 2022; Kelley *et al.*, 2025). Aunque históricamente el fuego ha sido un agente de renovación ecológica (Pausas & Keeley, 2021), sus implicaciones negativas (por ejemplo, la duración de la temporada de incendios, los daños a la biodiversidad, las infraestructuras y la salud humana) han aumentado en los últimos años, como consecuencia de los cambios climáticos y sociales (Abatzoglou *et al.*, 2025; Cunningham *et al.*, 2024; Zheng *et al.*, 2023). Además de contribuir a la comprensión de los efectos de los incendios, la cartografía del áreas quemada es clave para mejorar la modelización del fuego a diferentes escalas temporales (Torres-Vázquez *et al.*, 2025), prever medidas de adaptación futura (Seitzinger *et al.*, 2026) e identificar los principales factores (climáticos, ecológicos o antropogénicos) que explican la variabilidad y la evolución de los regímenes de incendios (García *et al.*, 2022).

Esta comunicación presenta los productos que se han desarrollado en el marco de la Iniciativa de Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea, en la que se están generando series de datos correspondientes a distintas variables climáticas esenciales (Roebeling *et al.*, 2025) a partir de datos de satélites.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

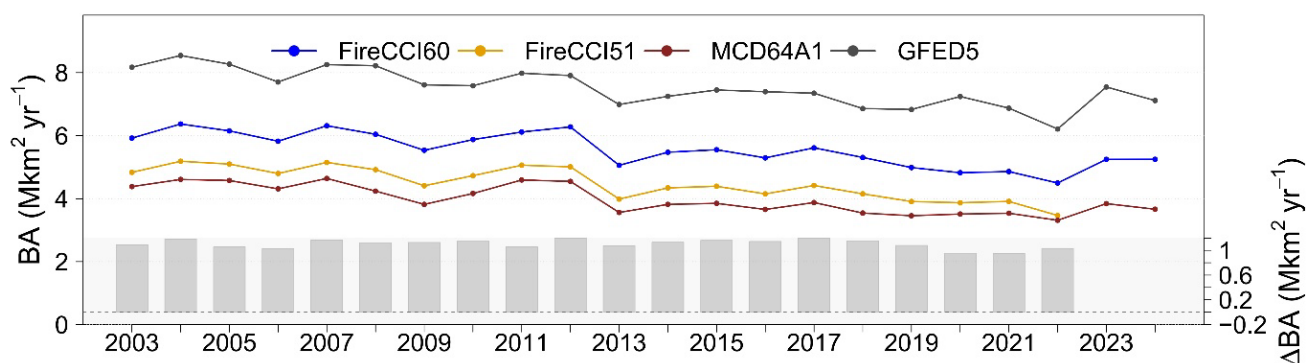
La actual gama de productos obtenidos a partir de los algoritmos del proyecto FireCCI abarca desde 1982 hasta 2024, y está previsto que la última versión generada (FireCCIS311) se utilice operativamente en el Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S). Las características de los productos más recientes se detallan en la Tabla 1, en la que se muestra la cobertura espacio-temporal, los datos de entrada (SR es la reflectividad de superficie y AF los incendios activos) y la resolución espacial de los productos de píxeles y celdas. Además, cada producto se presentó en una publicación científica en la que se puede obtener información completa del mismo.

Los productos globales más recientes son el FireCCIS311 y FireCCI60. El primero se basa en datos de reflectividad de Sentinel-3 SYN (300 m) y VIIRS de incendios activos (375 m), y cubre adquisiciones diarias desde 2019 hasta la actualidad. El producto se genera utilizando un algoritmo híbrido de dos pasos que tiene en cuenta las estadísticas locales de incendios activos para guiar el proceso de detección de cambios en la reflectividad. El segundo paso mejora la definición de las zonas quemadas mediante un análisis contextual. Este producto se valida anualmente utilizando una muestra diseñada estadísticamente que comprende 106 escenas Landsat, basada en un muestreo aleatorio estratificado y unidades que comprenden varios meses de adquisiciones (para reducir el efecto de los errores de fechado en la estimación de la precisión espacial). Los resultados para el período 2020-2024 mostraron un coeficiente Dice (Franquesa *et al.*, 2022) medio de 58,99 ( $\pm 3,77$ ), con estimaciones anuales que oscilan entre 56 y 62,06. Los errores de comisión oscilan entre 19,95 y 17,47, mientras que los errores de omisión oscilan entre 50,27 y 57,2.

El FireCCI60 es una combinación del FireCCIS311 y el FireCCI51, con el objetivo de armonizar estos dos productos para obtener una serie de datos más larga. La serie temporal incluye la estimación de cómo detectaría área quemada el producto FireCCIS311 a partir de las detecciones del FireCCI51 para el periodo previo de 2003 a 2018. A partir de 2019 se emplean los datos detectados directamente por el FireCCIS311. El método para armonizar ambos productos se basó en un conjunto de modelos Random Forest (RF) durante el periodo común de observaciones (2019-2022), teniendo en cuenta la variabilidad estacional y espacial de los regímenes de incendio. Además, se introdujo un proceso de corrección del sesgo mediante la técnica *Quantum mapping* para ajustar las distribuciones de área quemada. Las entradas para los modelos de estimación fueron el FireCCI51, los incendios activos de MODIS y variables auxiliares de clima y vegetación. El  $R^2$  para el periodo común entre el FireCCI51 armonizado y el FireCCIS311 fue de 0,97. Dado que el modelo RF tendía a suavizar las series temporales, se mantuvieron los valores originales del FireCCI51 cuando se observaron incendios extremos. El conjunto de datos FireCCI60 BA resultante se produjo con una resolución de 0,25 grados.

Tabla 1: Principales características de los productos de área quemada generados por el proyecto FireCCI

Producto	Cobertura	Sensor	Serie temporal	Resolución espacial	Publicación relacionada (DOI)
FireCCI51	Global	SR: MODIS AF: MODIS	2001-2022	Píxel: 250 m Cuadrícula: 0,25°	10.1016/j.rse.2019.111493
FireCCIS311	Global	SR: SYN (OLCI+SLSTR) AF: VIIRS	2019-2024	Píxel: 300 m Cuadrícula: 0,25°	10.1016/j.rse.2022.113298
FireCCILT11	Global	SR: AVHRR LTDR	1982-2018	Píxel: 0,05° Cuadrícula: 0,25°	10.1016/j.jag.2021.102473
FireCCI60	Global	Armonización FireCCI51 FireCCIS311	2003-2024	Cuadrícula: 0,25°	(en revisión)
FireCCIS2	Global	MSI Sentinel-2	2023	Píxel 20m Cuadrícula: 0,25°	(en revisión)



**Figura 1.** Evolución temporal de la superficie quemada global (BA). Se muestran FireCCI60 y, a modo de comparación, FireCCI51, MCD64A1 y GFED51. Las barras grises de la parte inferior muestran la diferencia acumulada (FireCCI60 – FireCCI51) durante su periodo común (2003-2022).

Además de estos productos globales, se ha generado recientemente una primera versión de un producto global de área quemada a partir de datos MSI del Sentinel-2 a 20m para el año 2023. Este producto se basa en la variación temporal de reflectividades de este sensor y en los puntos de calor detectados por el sensor VIIRS (Suomi-NPP). El algoritmo se ensayó inicialmente sobre el continente africano para los años 2016 y 2019 (Chuvieco *et al.*, 2022; Roteta *et al.*, 2019) y utiliza los dos satélites Sentinel-2 que trabajan simultáneamente.

### 3. RESULTADOS

Aunque la resolución espacial de FireCCIS311 es un poco más baja que la de FireCCI51 (300 m frente a 250 m), el algoritmo mejorado que incluye la información SWIR de las bandas SYN de Sentinel-3 y el uso de incendios activos VIIRS explica los mejores resultados para este último producto. Las estadísticas de validación generadas comparando los datos de media y alta resolución (Landsat) proporcionaron un valor DC para el FireCCI51 de 47,9 y 50,40 para los años 2020 y 2021, frente a los 56 y 58,9 de FireCCIS311 para los mismos años, con menores errores de omisión y comisión en ambos años, especialmente de omisión.

La Figura 1 incluye las tendencias anuales de los productos BA globales existentes, incluyendo el de NASA (MCD64A1) y el derivado del Global Fire Emission Database (GFED). Los generados a partir del proyecto FireCCI de la ESA estiman un área quemada media para el periodo común (2019-2022) de 3,79 Mkm<sup>2</sup> (FireCCI51) y 4,79 Mkm<sup>2</sup> (FireCCIS311), lo que implica que este último detecta un 26,6 % más área quemada que el primero. Por lo tanto, era razonable obtener estimaciones más altas para todo el periodo armonizado (2003-2018), añadiendo alrededor de 1,1 Mkm<sup>2</sup> de superficie quemada anual para el nuevo producto FireCCI60. Las barras grises de la Figura 1 muestran la diferencia entre el FireCCI60 y FireCCI51 durante su periodo común (2003-2022), que suma un total de ~22,1 Mkm<sup>2</sup> para ese periodo, aunque FireCCI60 solo incluye datos armonizados hasta 2018, ya que a partir de 2019 las estimaciones se toman directamente del producto FireCCIS311. Para la serie temporal completa (2003-2024), FireCCI60 detecta una media de 5,6 Mkm<sup>2</sup> al año.

En relación con el producto BA estándar de la NASA (MCD64A1), generado a partir de imágenes MODIS, y la última versión del GFED (v5.1), las estimaciones de FireCCI60 se sitúan entre ambos productos, con un 40 % más de BA media anual que MCD64A1 y un 26 % menos que GFED v5. Es conocido el alto error de omisión del producto NASA, por lo que es previsible la menor estimación, mientras el producto GFED v5 está generado a partir de comparar con perímetros quemados generados de imágenes de alta resolución, luego incluye una estimación sustancialmente mayor que los generados a partir de sensores de resolución media.

Finalmente, el producto basado en imágenes Sentinel-2 se denomina FireCCIS2.v1. Al tener mayor resolución espacial (20 m) detecta incendios más pequeños que los productos globales, estimando un área quemada superior a los 8 Mkm<sup>2</sup> para el año 2023, lo que supone un 50 % más de superficie quemada que la detectada por FireCCIS311 y más del 100 % de superficie quemada que las estimaciones del MCD64A1 para el mismo año. Este producto está en la línea de lo que ahora estima el GFED, lo que supone una modificación sustancial de las estimaciones previas generadas a partir de datos MODIS, en torno a los 4 Mkm<sup>2</sup> anuales. El producto basado en S-2 también es capaz de detectar quemadas agrícolas, que normalmente no se detectan con sensores de resolución media. Además, delimita mejor los perímetros de los incendios, gracias a su mayor precisión espacial. No obstante, puesto que los umbrales de detección se calculan para ventanas de 100x100 km, en algunos casos, especialmente en los bosques tropicales, pueden producirse algunos errores de comisión debido a la confusión con las sombras de las nubes o las nubes oscuras. Se está llevando a cabo una validación independiente global de fase dos utilizando imágenes de Planet con una resolución espacial de 3 m para evaluar la precisión de FireCCIS2.v1.

Todos los datos del proyecto FireCCI están a disposición pública y gratuita, así como los algoritmos y guías de uso, en el portal de datos del programa ESA CCI (<https://climate.esa.int/es/data/>). Además de los productos se, incluye información sobre incertidumbre

de la detección y cobertura del suelo quemada, así como documentación técnica sobre los algoritmos empleados.

#### 4. CONCLUSIONES

Esta comunicación informa sobre los productos de área quemada generados en el marco del proyecto FireCCI de la ESA. Se presentan los primeros resultados de dos nuevos productos, basados en la armonización entre datos MODIS y datos Sentinel-3, que ofrece una secuencia histórica más larga de productos de área quemada, junto al nuevo producto basado en datos Sentinel-2 con una sustancial mejora en la detección de incendios, lo que eleva sustancialmente las estimaciones previamente disponibles de área quemada global.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los productos a los que hace referencia esta comunicación se han generado en el marco del European Space Agency (ESA) project FireCCI, contract number 4000126706/19/I-NB.

#### 6. REFERENCIAS

- Abatzoglou, J. T., Kolden, C. A., Cullen, A. C., Sadegh, M., Williams, E. L., Turco, M., & Jones, M. W. (2025). Climate change has increased the odds of extreme regional forest fire years globally. *Nature Communications*, 16(1), 6390. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-61608-1>
- Chuvieco, E., Roteta, E., Sali, M., Stroppiana, D., Boettcher, M., Kirches, G., Khairoun, A., Pettinari, L., Franquesa, M., & Albergel, C. (2022). Building a small fire database for Sub-Saharan Africa from Sentinel-2 high-resolution images. *Science of the Total Environment*, Volume 845, 157139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157139>
- Cunningham, C. X., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. J. S. (2024). Increasing frequency and intensity of the most extreme wildfires on Earth. *Nature Ecology & Evolution*, 8, 1420–1425. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02452-2>
- Franquesa, M., Lizundia-Loiola, J., Stehman, S. V., & Chuvieco, E. (2022). Using long temporal reference units to assess the spatial accuracy of global satellite-derived burned area products. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112823>
- García, M., Pettinari, M. L., Chuvieco, E., Salas, J., Mouillot, F., Chen, W., & Aguado, I. (2022). Characterizing Global Fire Regimes from Satellite-Derived Products. *Forests*, 13(5), 699. <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/5/699>
- Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., Smith, A. J. P., Burton, C., Betts, R. A., van der Werf, G. R., Sitch, S., Canadell, J. G., Santín, C., Kolden, C., Doerr, S. H., & Le Quéré, C. (2022). Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change. *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2020RG000726. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2020RG000726>
- Kelley, D. I., Burton, C., Di Giuseppe, F., Jones, M. W., Barbosa, M. L. F., Brambleby, E., McNorton, J. R., Liu, Z., Bradley, A. S. I., Blackford, K., Burke, E., Ciavarella, A., Di Tomaso, E., Eden, J., Ferreira, I. J. M., Fiedler, L., Hartley, A. J., Keeping, T. R., Lampe, S., . . . Kolden, C. A. (2025). State of Wildfires 2024–2025. *Earth Syst. Sci. Data*, 17(10), 5377-5488. <https://doi.org/10.5194/essd-17-5377-2025>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2021). Wildfires and global change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(7), 387-395.
- Roebeling, R., Bojinski, S., Poli, P., John, V., & Schulz, J. (2025). On the determination of GCOS ECV product requirements for climate applications. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 106(5), E868-E893.
- Roteta, E., Bastarrika, A., Storm, T., & Chuvieco, E. (2019). Development of a Sentinel-2 burned area algorithm: Generation of a small fire database for sub-Saharan Africa. *Remote Sensing of Environment*, 222(1), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.011>
- Seitzinger, S. P., Chuvieco, E., Di Giuseppe, F., Bombelli, A., Cagnazzo, C., Harris, S., & Tapper, N. (2026). Relevance of earth observations of essential climate variables in wildfire adaptation. *Remote Sensing of Environment*, 332, 115082. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.115082>
- Torres-Vázquez, M. Á., Di Giuseppe, F., Moreno-Torreira, A., Gincheva, A., Jerez, S., & Turco, M. (2025). Large increase in extreme fire weather synchronicity over Europe. *Environmental Research Letters*, 20(2), 024045.
- Zheng, B., Ciais, P., Chevallier, F., Yang, H., Canadell, J. G., Chen, Y., van der Velde, I. R., Aben, I., Chuvieco, E., Davis, S. J., Deeter, M., Hong, C., Kong, Y., Li, H., Li, H., Lin, X., He, K., & Zhang, Q. (2023). Record-high CO2 emissions from boreal fires in 2021. *Science*, 379(6635), 912-917. <https://doi.org/doi:10.1126/science.ade0805>