



ANEXO 02

1. Título del contenido

Comparación de los niveles de alerta por incendios en la cobertura vegetal con los registros de focos de calor de las imágenes MODIS y VIIRS de la NASA y los reportes de eventos de incendios en Colombia durante 2023

2. Autor(es) y/o colaboradores del contenido

Nombres y apellidos completos	Instituto al que pertenece	Autor o colaborador	Correo electrónico
Adriana Marcela Tamayo Quintana	IDEAM	Autor	atamayo@ideam.gov.co
Luis Mario Moreno Amado	IDEAM	Autor	lmoreno@ideam.gov.co
Yira Nathalie Fonseca Parga	IDEAM	Autor	yfonseca@ideam.gov.co
Lina María Caballero Villalobos	IDEAM	Colaborador	lcaballero@ideam.gov.co
Jhon Edison Nieto Vargas	IDEAM	Colaborador	jnieto@ideam.gov.co

3. Siglas y acrónimos

IDEAM: Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales

4. Resumen

Durante el año 2023 en Colombia se reportaron 3.078 eventos de incendios, lo que representa un incremento del 32,8% en comparación con los 1.010 eventos registrados en 2022. El estudio de estos incendios es fundamental para entender su impacto en las diferentes coberturas vegetales del país. Los incendios se han incrementado debido a la transformación de las coberturas y la degradación de suelos.



El contraste entre alertas por incendio, focos de calor y los eventos de incendios reportados a nivel nacional en 2023 hace evidente la importancia de la información generada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para la gestión de riesgos, basada en la prevención, manejo y control de incendios de la cobertura vegetal.

Este análisis comparativo utiliza datos de alertas por incendio generadas por el IDEAM, focos de calor obtenidos de la plataforma FIRMS de la NASA y registro de eventos atendidos por bomberos, comités locales de gestión del riesgo, y autoridades ambientales. Se procesaron estos datos mediante un sistema de información geográfica usando el método de flujo de trabajo denominado “Model Builder” en ArcGIS 10.8.1, generando una base de datos alfanumérica y espacial que muestra la cantidad de focos de calor por departamento y municipio mensualmente durante el año 2023.

Los resultados sugieren que las áreas más amenazadas por incendios en 2023 fueron áreas localizadas en la región Caribe, Orinoquía y el sur de la región Andina. Los meses con mayor amenaza de incendios por condiciones meteorológicas fueron febrero, agosto y diciembre. Se registraron un total de 98.300 focos de calor, siendo más frecuentes en la región Orinoquía y la región Caribe. Sin embargo, los eventos de incendios registrados se concentraron principalmente en departamentos de la región Andina, como Huila, Cundinamarca, Santander y Tolima lo que puede deberse a un posible subregistro de eventos en las regiones Orinoquía y Caribe.

5. Desarrollo del contenido principal

A continuación, se abordará el proceso metodológico para la obtención de los resultados del comportamiento de las alertas de pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal, los focos de calor y los eventos reportados de incendios durante el año 2023:

Alertas de pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal, emitidas durante el año 2023

Para la elaboración de este análisis se toman resultados generados en la Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas (OSPA) del IDEAM donde se alimenta el “Sistema de Información Geográfico para la prevención de Incendios – SIGPI”, el cual tiene como insumos el mapa de la susceptibilidad de coberturas a incendios junto con los datos diarios de precipitación y temperatura registrados por las estaciones climatológicas ubicadas a nivel nacional, mediante el sistema se generan las alertas diariamente, generando dos tipos de información: mapas de amenaza y mapa de alertas de pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal a nivel de municipios en 4 niveles de alerta (alta, moderada, baja y sin condición). Con esta información diaria, se congregó toda la información, sin discriminar el nivel de amenaza y a escala municipal y mensual, del cual se obtiene el mapa de amenazas y su respectiva tabla de atributos distribuida por mes durante el año 2023.



A partir del proceso anterior, y con la información alfanumérica de los resultados anteriores se hace el análisis por semestre, diferenciando el nivel de alertas, todo esto mediante un análisis estadístico, para generar las cifras porcentuales de zonas a escala nacional en cada nivel de alerta durante el año 2023, como resultado de lo anterior, se evidencia el análisis gráfico del comportamiento semestral del nivel de alertas por incendios de la cobertura vegetal.

Focos de calor observados satelitalmente

Para la obtención de la información de focos de calor utilizada en este análisis se accedió a la página de FIRMS de la NASA <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> y se descargaron los archivos correspondientes a los focos de calor presentados durante el año 2023 para América latina, donde posteriormente se seleccionaron y se ajustaron los focos de calor que correspondieran al territorio colombiano empleando la herramienta de análisis espacial en el software de ArcGIS 10.8.1.

A partir de la información resultante se realizaron procesos de depuración y selección de los focos de calor, suprimiendo aquellos focos donde se tiene evidencia que no corresponden a incendios de la cobertura vegetal como áreas de centros poblados y zonas de minería. De forma consecutiva se realizó el análisis espacial de los focos de calor, identificando los que correspondían a cada municipio del territorio colombiano y diferenciando la fecha de ocurrencia de los focos de calor. Todo este proceso se diseñó y sistematizó mediante la herramienta denominada Model Builder del software ArcGIS, el cual se puede detallar en el siguiente mapa conceptual (Figura 1).

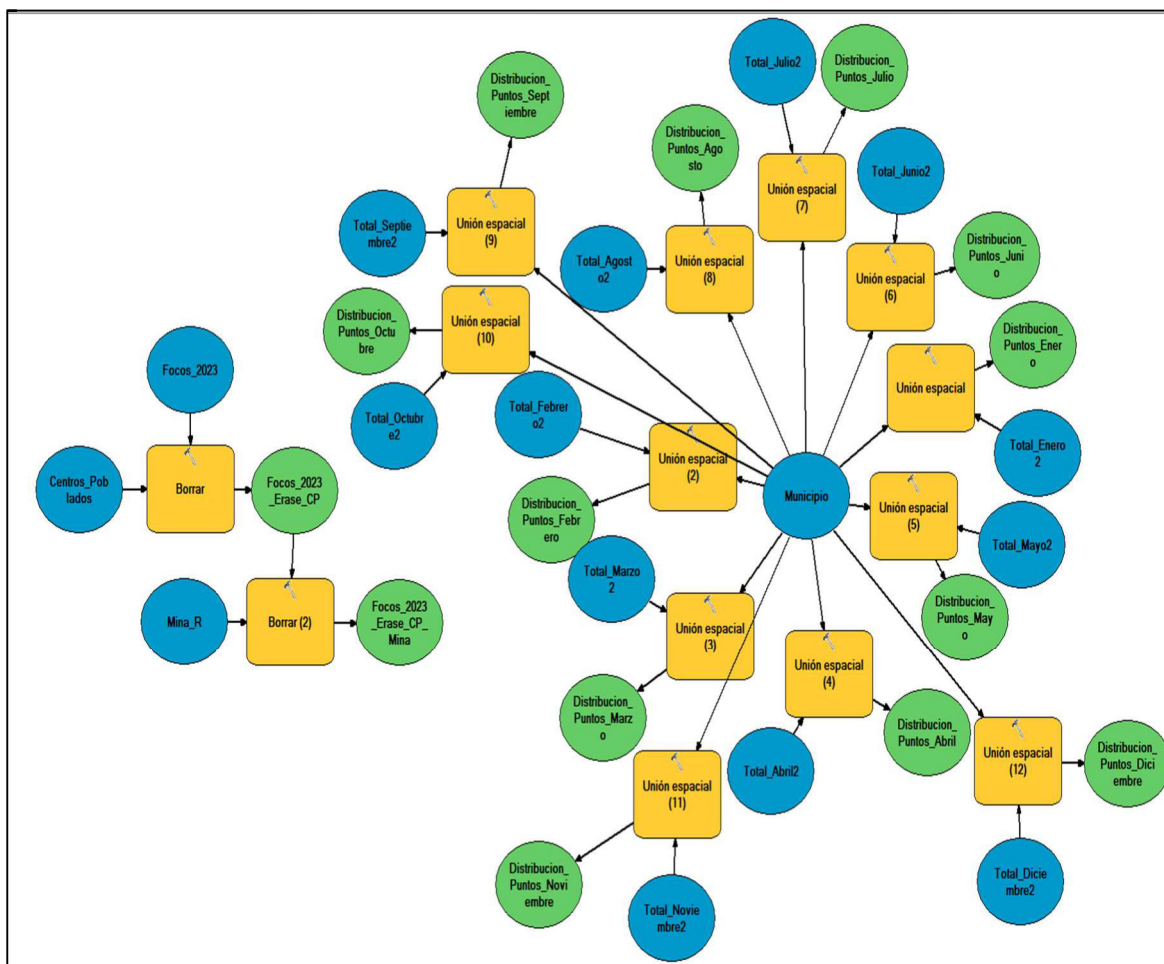


Figura 1. Proceso metodológico desarrollado en el software ArcGIS para la obtención de los focos de calor por departamento y municipio durante el año 2023.

Como producto de esta sistematización se determinaron y agruparon los focos de calor por división administrativa, ya sea por municipio, departamento, región y por temporalidad mes a mes, lo cual, permitió realizar un análisis y visualización geográfica de la información para evidenciar a escala nacional cuales municipios del territorio colombiano presentaron la mayor y/o menor cantidad de focos de calor durante el año 2023.

Eventos registrados de Incendios durante el 2023

Esta información se obtuvo a partir de los registros que se reportan por la Unidad nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD en su página web:



<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx>, contrastada con la información que reportan las autoridades ambientales sobre los incendios ocurridos en su jurisdicción al Sistema Nacional de Información Forestal – SNIF. Esta información se encuentra registrada a nivel municipal y departamental.

Análisis comparativo

Amenaza por Incendios

En cuando al comportamiento de los mapas de amenaza para Colombia en el año 2023, se evidencia que éstas se distribuyen en diferentes zonas siendo las áreas más vulnerables, aquellas localizadas en las regiones Caribe, Orinoquía y sur de la región Andina. Se destacan puntualmente los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Tolima, Huila, Norte de Santander, Antioquia, Santander, Cauca, Bolívar, Guajira, César, Magdalena, Córdoba, Valle del Cauca, Casanare y Meta con frecuencias que superan los 150 días de condición de amenaza al año, ya sea en categorías alta, moderada o baja, como se puede analizar en detalle en el mapa de frecuencias acumuladas de incendios de la cobertura vegetal (Figura 2).

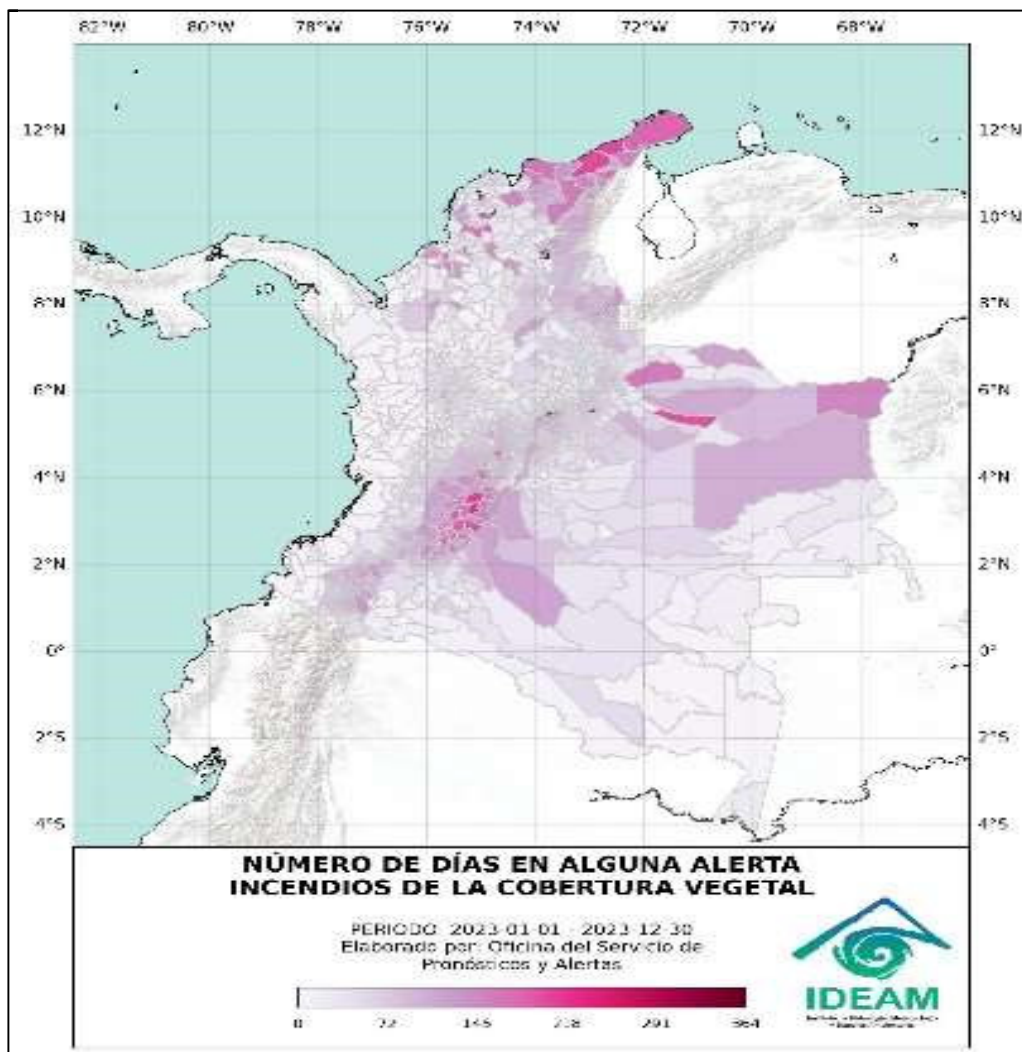


Figura 2. Consolidado Amenazas por mes durante el año 2023. Fuente: (Oficina de Pronóstico y Alertas OSPA)

Alertas por municipios

Las gráficas proporcionadas (Figura 3a y 3b) presentan las alertas por probabilidad de condiciones para la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en Colombia, emitidas por el IDEAM para el año 2023 durante el primer y segundo semestre; donde el eje vertical izquierdo proporciona el porcentaje de municipios en alerta y en el eje vertical derecho el número absoluto de municipios en alerta, con niveles de alerta que varían entre alto (rojo), moderado (naranja) y bajo (amarillo).

De acuerdo con esta información, para el primer semestre se evidencia que, en particular en enero, hay un aumento gradual en las alertas que alcanzan un pico a mediados de febrero, con más del 60% de los municipios en alerta, en marzo se ve una disminución significativa en las alertas. En abril y mayo, se observa un aumento moderado en las alertas, aunque no alcanzan los niveles de enero y febrero. En junio, hay nuevamente un incremento notable en el nivel de alertas, visualizando una dinámica similar a los niveles de enero presentados en el mismo año.

Por su parte, en el segundo semestre se presentaron en el mes de julio alertas bajas, con menos del 10% de los municipios en alerta, no obstante, en agosto ya se evidencia un incremento en las alertas, alcanzando picos similares a los observados en enero y febrero. En contraste con lo anterior, en el mes de septiembre ya se empieza a evidenciar una disminución moderada en las alertas, percibiéndose en el mes de octubre los niveles más bajos de alerta, y en el mes de noviembre, empieza a consolidarse un aumento gradual en las alertas, con el mayor pico en el mes de diciembre, superando inclusive los niveles de febrero y agosto, con más del 60% de los municipios en alerta.

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que durante el año 2023 los meses con mayor amenaza de incendios de cobertura vegetal son febrero, agosto y diciembre. En el segundo semestre, los picos más altos de alertas se observan en agosto y diciembre.

Es de mencionar que la proporción y número de municipios en alerta muestran fluctuaciones significativas a lo largo del año, reflejando la variabilidad en las condiciones climáticas y ambientales que afectan la probabilidad de incendios.

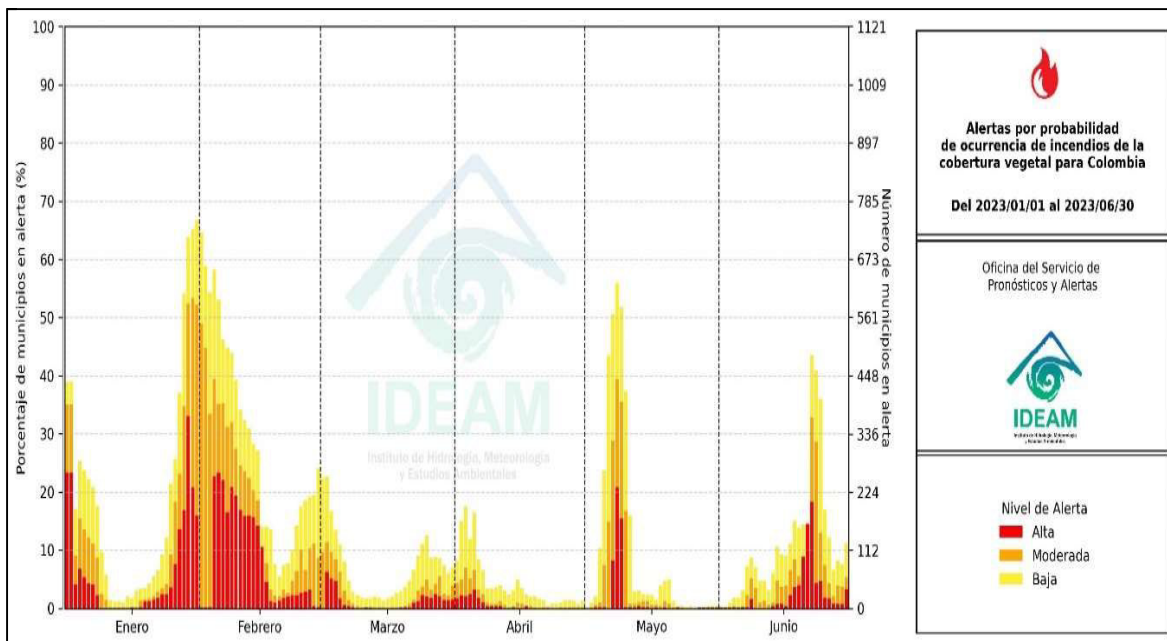


Figura 3a. Comportamiento primer semestre 2023 del nivel de alertas por incendios de la cobertura vegetal emitidos por municipio.

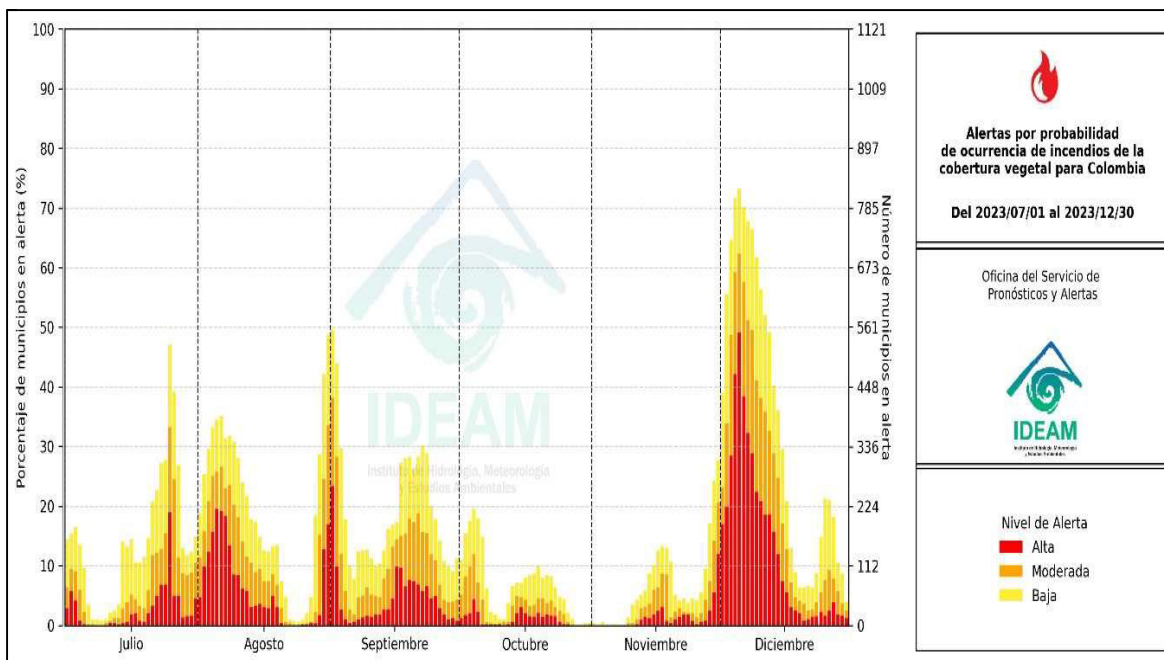


Figura 3b. Comportamiento segundo semestre 2023 del nivel de alertas por incendios de la cobertura vegetal emitidos por municipio.

Focos de calor

Durante el periodo comprendido desde enero a diciembre del 2023 se presentó un acumulado total de focos de calor de 98.300, donde la mayor cantidad de focos se presentó en la región Orinoquía con un 43,7%, seguido de la región caribe con un 27,6% de focos de calor (Figura 4). En contraste, la región con menor cantidad de focos fue la región Pacífica con 2,5% del total acumulado a nivel nacional.

En línea con lo anterior, los departamentos que registraron la mayor cantidad de focos de calor durante el año fueron los siguientes (Tabla 1).



Departamento	Total	Total %
Vichada	19.440	19,8%
Meta	14.336	14,6%
Cesar	6.746	6,9%
Bolívar	6.409	6,5%
Casanare	5.766	5,9%
Magdalena	5.232	5,3%
Antioquia	4.872	5,0%
Guaviare	4.031	4,1%
La Guajira	3.917	4,0%
Caquetá	3.586	3,6%

Tabla 1. Departamentos con mayor cantidad de focos de calor durante el año 2023

Estas cifras representan el 75,6% del total de puntos de calor registrados a nivel nacional.

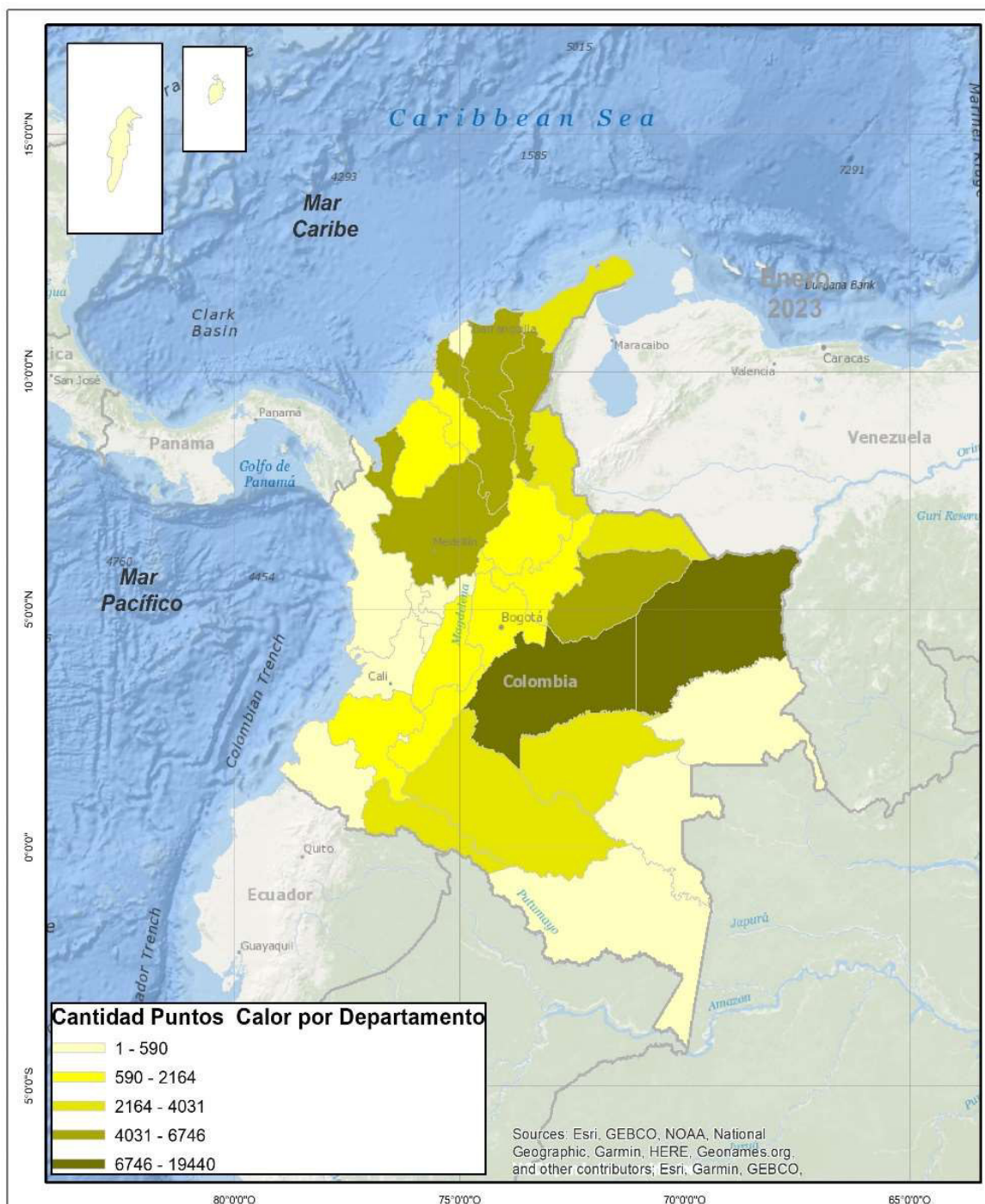




Figura 4. Mapa Descriptivo de la cantidad de focos de calor por departamento

En cuanto a los municipios con focos de calor durante el año 2023, se presentan en el mapa (Figura 5) y en la (Tabla 2) se listan los 10 municipios con mayor número de registros de puntos de calor.

Departamento	Total	Total %
Cumaribo	10.520	11%
Puerto Gaitán	7.378	8%
La Primavera	5.052	5%
Mapiripán	3.360	3%
Puerto Carreño	2.662	3%
Paz De Ariporo	2.266	2%
Cravo Norte	1.664	2%
San Vicente Del Cag	1.553	2%
Valledupar	1.365	1%
Puerto Guzmán	1.303	1%

Tabla 2. Municipios con mayor cantidad de focos de calor durante el año 2023

Es importante destacar que estos 10 municipios concentran el 38% de los focos de calor reportados durante esta temporalidad.

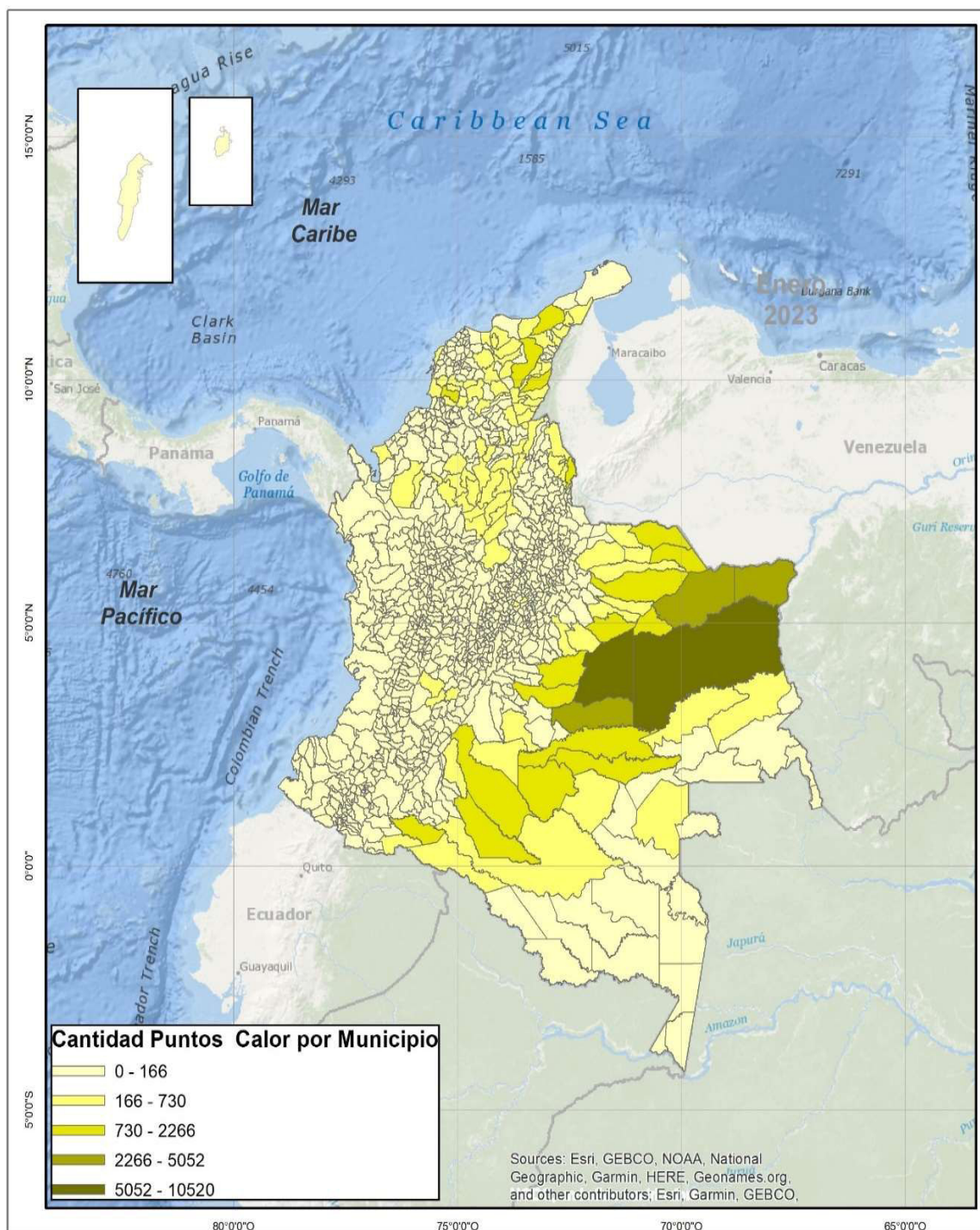




Figura 5. Mapa Descriptivo de la cantidad de focos de calor por municipio

Eventos registrados de Incendios durante el año 2023

En el registro de eventos presentados y atendidos a nivel nacional durante el año 2023, se reportaron un total de 3.078 eventos. Los departamentos con mayor cantidad de reportes se listan en la (Tabla 3).

Departamento	Total Eventos	Total %
HUILA	530	17,2%
CUNDINAMARCA	453	14,7%
SANTANDER	229	7,4%
TOLIMA	182	5,9%
NARIÑO	178	5,8%
CASANARE	160	5,2%
BOYACÁ	146	4,7%
ANTIOQUIA	141	4,6%
CÓRDOBA	140	4,5%
META	127	4,1%

Tabla 3. Departamentos con mayor cantidad de eventos registrados durante el año 2023

En conjunto, estos departamentos representan el 74,2% del total de eventos reportados durante el año 2023.

Análisis de resultados

En la siguiente gráfica (Figura 6) se muestra una comparación entre los focos de calor y el registro de eventos ocurridos durante el año 2023. Se observa cierta correspondencia en el comportamiento de focos de calor frente eventos en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Caldas, Casanare, Guainía, Guajira y Sucre. Esta similitud puede explicarse por diversas razones.

En los departamentos de Amazonas y Guainía, se registran pocos focos de calor posiblemente debido a los problemas en la detección satelital provocados por la alta nubosidad durante la mayor parte del año y en cuanto al bajo registro de los eventos puede ser por la dificultad de acceso y atención a incendios en estas regiones. En contraste, en departamentos como Antioquia, Caldas, Casanare, La Guajira y Sucre, las condiciones meteorológicas son más favorables para la detección satelital



durante la mayor parte del año y los incendios son atendidos y reportados de manera más efectiva, esto posiblemente se debe a mejores condiciones de infraestructura y gobernabilidad.

Por otra parte, se observa poca correspondencia en el comportamiento de los focos de calor y el número de eventos registrados en los departamentos de Arauca, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cesar, Cundinamarca, Guaviare, Huila, Meta, Nariño, Santander, Tolima y Vichada. Esta variabilidad podría atribuirse principalmente a dos factores: las condiciones de nubosidad que dificultan el registro de focos de calor por los sensores remotos, y la presencia o la capacidad de respuesta ante los eventos, que es más fácil en lugares accesibles, como Bolívar, Boyacá, Cundinamarca, Huila, Santander y Tolima. Por otro lado, en áreas donde los eventos son difíciles de acceder, los reportes pueden ser escasos, aunque los focos de calor sí se detectan mediante imágenes de satélites (V IIRS y MODIS).

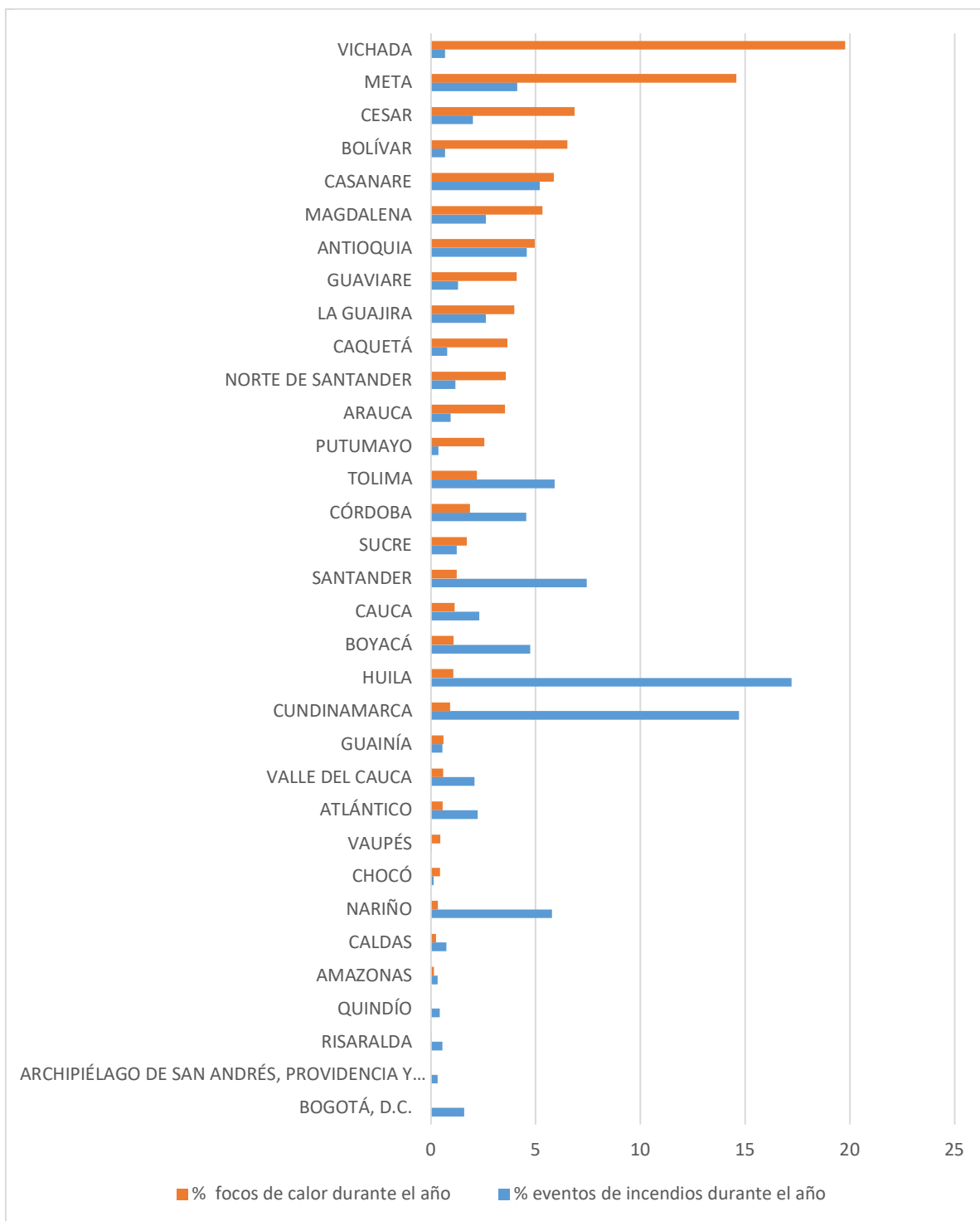


Figura 6. Focos de calor y Eventos registrados por incendios por departamento durante el año 2023

Al revisar el comparativo del comportamiento de los focos de calor, desglosado por semestre de manera general (Figura 7), se observa que, en el primer semestre, el mes de febrero es el de mayor representatividad. En febrero, se registró el 57% del total de eventos reportados y el 36% del total de focos de calor detectados en dicho semestre. En contraste, los meses con menor porcentaje de ocurrencia de eventos y de focos de calor fueron abril, con solo un 2% de los eventos y un 8% de los focos de calor; mayo, con un 3% de los eventos y un 4% de los focos de calor; y junio, con un 5% de los eventos y un 3% de los focos de calor.

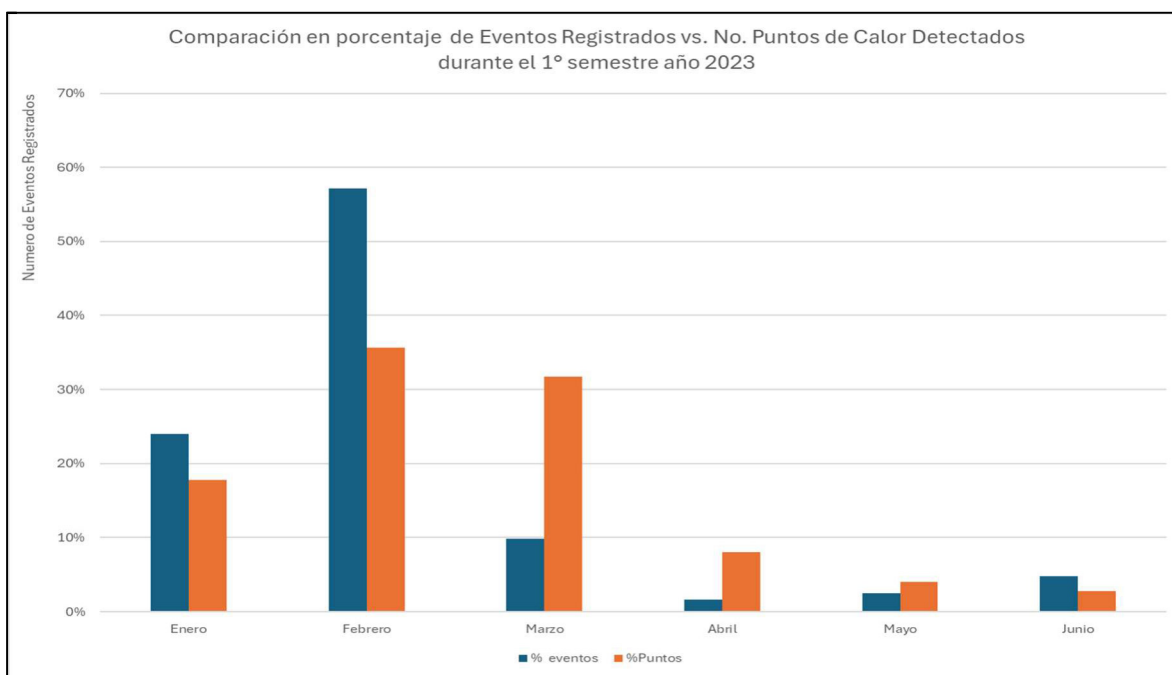


Figura 7. Focos de calor y Eventos registrados por incendios durante el primer semestre del año 2023

En comparación con los resultados del primer semestre, para el segundo semestre de 2023 se observa un comportamiento más dinámico tanto en la cantidad de eventos registrados como en la detección de focos de calor (Figura 8). Se destacan los siguientes meses: agosto, con un 34% de ocurrencia de eventos y un 21% de registro de focos de calor; y septiembre, con un 34% de reportes

de eventos y un 20% de detección de focos de calor. Aunque diciembre muestra un menor porcentaje de ocurrencia de eventos (5%), presenta un 19% del total de focos de calor reportados durante el semestre.

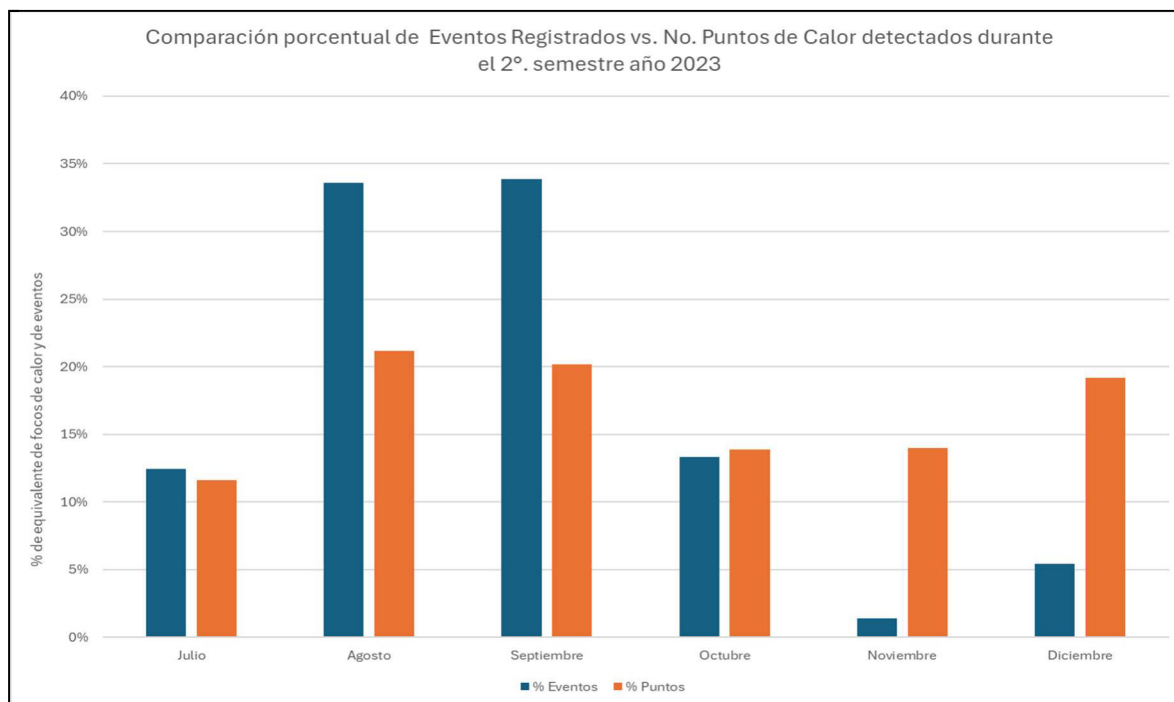


Figura 8. Focos de calor y Eventos registrados por incendios durante el segundo semestre del año 2023

Al relacionar los datos obtenidos de los registros de eventos con las amenazas asociadas a las condiciones, los resultados muestran una coincidencia significativa en los registros de eventos para la región andina. Sin embargo, esta coincidencia es menor en los departamentos de las regiones Orinoquía y Caribe, con la excepción del departamento del Meta, que reporta una gran cantidad de eventos a lo largo del año 2023.

De otra parte, para la dinámica de los focos de calor y las condiciones de amenaza presentadas en el mismo año, se puede inferir una coherencia entre los reportes de los focos de calor y la amenaza de incendios. Se observa que la mayor evidencia de focos de calor se encuentra en los departamentos de la región Caribe y Orinoquía.

Cabe destacar que, al analizar estos resultados por semestre, se evidencia una clara coincidencia en cuanto al nivel de alertas. En particular, para el primer semestre, como se mencionó anteriormente,



el mes de mayor frecuencia de alertas fue febrero. Esto concuerda con el comportamiento observado en el primer semestre en cuanto al número de eventos y focos de calor, siendo también febrero el mes con la mayor cantidad de incendios registrados y focos de calor detectados.

En cuanto a el comportamiento de los datos para el segundo semestre de 2023, se muestra una relación directa en los focos de calor, registros de eventos y alertas por condiciones meteorológicas en agosto. Sin embargo, se observó una disminución en septiembre, y en diciembre se presentó una discrepancia: el aumento significativo en las alertas por condiciones de incendios no coincidió con los datos de eventos registrados. A pesar de esto, se mantuvo una coincidencia con los focos de calor detectados en diciembre, los cuales mostraron un comportamiento similar al de enero y febrero de 2023, tal como se afirmó en el análisis previo de alertas por condiciones.

Bajo este panorama, se detecta una dinámica similar en los resultados del comportamiento de las amenazas y alertas registradas durante el año 2023 por la Oficina de Pronósticos y Alertas (OSPA) del IDEAM, y los registros de eventos relacionados con incendios y focos de calor emitidos en el mismo año. Los meses con mayor similitud en los datos fueron febrero y agosto. En contraste, los resultados obtenidos al comparar el número de alertas y amenazas de la OSPA con el comportamiento de los eventos registrados por incendios y focos de calor no coincidieron en el mes de diciembre.

De manera similar, los datos recopilados de las tres fuentes mostraron un comportamiento coherente, con bajas amenazas y registros tanto en los focos de calor como en la cantidad de eventos durante el año. Los meses con menor actividad, en términos de número de amenazas y alertas por condiciones, así como en la cantidad de eventos y focos de calor, fueron abril, mayo y junio en el primer semestre, y octubre y noviembre en el segundo semestre.

En el año 2023, se observa una situación anómala en la dinámica de los focos de calor, las alertas de amenaza y los eventos registrados durante noviembre y diciembre. Se destaca un aumento en los focos de calor y las amenazas, junto con una disminución en el número de eventos reportados en estos meses. Esta situación podría deberse a que el incremento de focos de calor y alertas se concentra en la región de la Orinoquía. Además, la baja disponibilidad de recursos humanos, problemas de orden público y dificultades de acceso a las zonas afectadas han limitado la capacidad de los funcionarios responsables de registrar esta información en las áreas de emergencia.

En conclusión, la discrepancia observada entre el aumento de focos de calor y alertas, y la disminución de eventos reportados, refleja una serie de desafíos en la gestión y monitoreo de emergencias, subrayando la necesidad de mejorar la disponibilidad de recursos y la logística para una adecuada cobertura en áreas críticas.



Los incendios suelen ocurrir en temporadas cuando las condiciones de humedad y temperatura favorecen la deshidratación de la vegetación, es decir, cuando la vegetación tiene bajo contenido de agua. La baja humedad y las altas temperaturas crean condiciones secas, haciendo que la vegetación se vuelva altamente inflamable. Es por esto que entre más dure una época seca, habrá mas posibilidad de ocurrencia de incendios y, por ende, entre mayor es la intensidad de la sequía, habrá una mayor posibilidad de propagación del fuego.

Así mismo, las condiciones meteorológicas de clima cálido y seco incrementan la capacidad de inflamabilidad en la vegetación, consecuentemente, se hace el ambiente propicio para el inicio del incendio con la ignición y propagación a través de la vegetación. Esta relación entre humedad, temperatura y la inflamabilidad de la vegetación es crucial para comprender y prever la ocurrencia de incendios.

Conclusiones

En Colombia, durante el año 2023 y de acuerdo a los resultados de amenazas registradas en el transcurso de este tiempo, las regiones que resultaron más susceptibles a la ocurrencia de incendios fueron la región Caribe, Orinoquía y el sur de la región Andina. En cuanto a las alertas por incendios, estas fluctuaron significativamente a lo largo del año, mostrando picos de alta amenaza hacia los meses de febrero, agosto y diciembre.

Así mismo, los niveles de alerta por incendios, evidenciaron una variación constante, lo cual está relacionado con las condiciones climáticas y ambientales, lo cual refleja cambios en las condiciones meteorológicas a lo largo del año.

Por otro lado, se registraron un total de 98.300 focos de calor. Las regiones que evidenciaron mayor incidencia de puntos de calor fue la región Orinoquía con el 43,7% del total de focos de calor, seguida por la región Caribe con el 27,6%. Así mismo, los departamentos con mayor registro de incendios pertenecen en su mayoría a estas dos regiones, representando el 75,6% del total nacional de focos de calor.

Durante el año 2023, el 74,2% de los eventos reportados por ocurrencia de incendios a nivel nacional se concentraron en los departamentos de Huila, Cundinamarca, Santander, Tolima, Nariño, Casanare, Boyacá, Antioquia, Córdoba y Meta.

Comparando el comportamiento de focos de calor y los eventos reportados para el año 2023, refleja ciertas similitudes para los departamentos de Amazonas, Antioquia, Caldas, Casanare, Guainía, Guajira y Sucre. Lo anterior puede explicarse por factores de naturaleza antropogénica como las capacidades operativas y de respuesta local, dificultad de acceso y por condiciones meteorológicas adversas que pueden incidir en la detección y el reporte de incendios.



No obstante, se observa gran variabilidad de los resultados de los eventos reportados con respecto al comportamiento de los focos de calor en departamentos como Arauca, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cesar, Cundinamarca, Guaviare, Huila, Meta, Nariño, Santander, Tolima y Vichada. Lo anterior puede ser atribuido a las condiciones nubosas que pueden interferir en el registro satelital y a la capacidad variable de respuesta ante incendios en ciertas zonas del territorio colombiano donde la accesibilidad y los recursos disponibles en cada región son escasos.

El análisis de los resultados por semestre, demuestra que, para el primer semestre, específicamente en el mes de febrero se presentó la mayor cantidad de eventos y focos de calor. Para el segundo semestre se recalca agosto y septiembre con una alta incidencia de eventos y focos de calor y en el mes de diciembre se evidenció una discrepancia entre alertas y eventos reportados.

Existe una coincidencia entre los resultados obtenidos de los focos de calor y las alertas en la región andina, mientras que en las regiones Orinoquía y Caribe, salvo el Meta, la relación es menor.

La diferencia entre el incremento de focos de calor y alertas frente a la disminución de eventos reportados subraya la necesidad de mejorar la logística y la disponibilidad de recursos para una cobertura más adecuada en áreas críticas de difícil acceso. Lo anterior también significa nuevos desafíos en la gestión y monitoreo de emergencias, particularmente en la región de Orinoquía, donde la disponibilidad de recursos y el acceso a zonas afectadas son limitados.

El estudio de la relación entre la humedad, temperatura y la inflamabilidad de la vegetación es crucial para la ocurrencia de incendios. Así mismo, las condiciones secas y cálidas favorecen la deshidratación de la vegetación, aumentando su inflamabilidad y, por ende, la probabilidad de incendios. Esta relación destaca la importancia de entender y prever las condiciones meteorológicas para gestionar de manera efectiva los riesgos de incendios.

6. Referencias bibliográficas

Barbosa-H, A & Moreno-A, L., 2017. Incendios Forestales, una de las causas de degradación de los bosques del país (principales cifras para el periodo 2002- 2016). En: IDEAM, INVEMAR, IIAP e IAVH 2016, 2017. Informe del Estado del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2016. Bogotá, D.C., 2017.

Pausas, J., 2024. Incendios Forestales , Una introducción a la ecología del fuego. Los Libros De La Catarata. 124.

Perea-Ardila, M., Leal-Villamil, J., Alvarado, S., 2024. Análisis de focos de calor para el departamento del Tolima (Colombia). Una aproximación empleando MODIS. Revista preprints latarxiv, 1-25. DOI: 10.62059/LatArXiv.preprints.131.



Torinjano -J, D., Osorio-M, A., Marulanda-T, A., 2023. Comparativo de incendios forestales en Colombia a través de instrumentos de teledetección: caso de estudio en la región de la Orinoquía. En: Comisión Nacional Asesora para la Investigación en gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD) (2023), Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia. Contribuciones locales, regionales y nacionales. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Colombia. pp. 120-139.