



INFORME

# ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES

2022

PROVINCIA DE CÓRDOBA



Incendios ocurridos en proximidades  
a la localidad de Salsacate.  
(Departamento: Pocho)

FEBRERO 2023

Mussi

# ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS 2022

## INCENDIOS OCURRIDOS EN SECTOR DE TRASLASIERRA

Ambul

15

Tasna

Panaholma

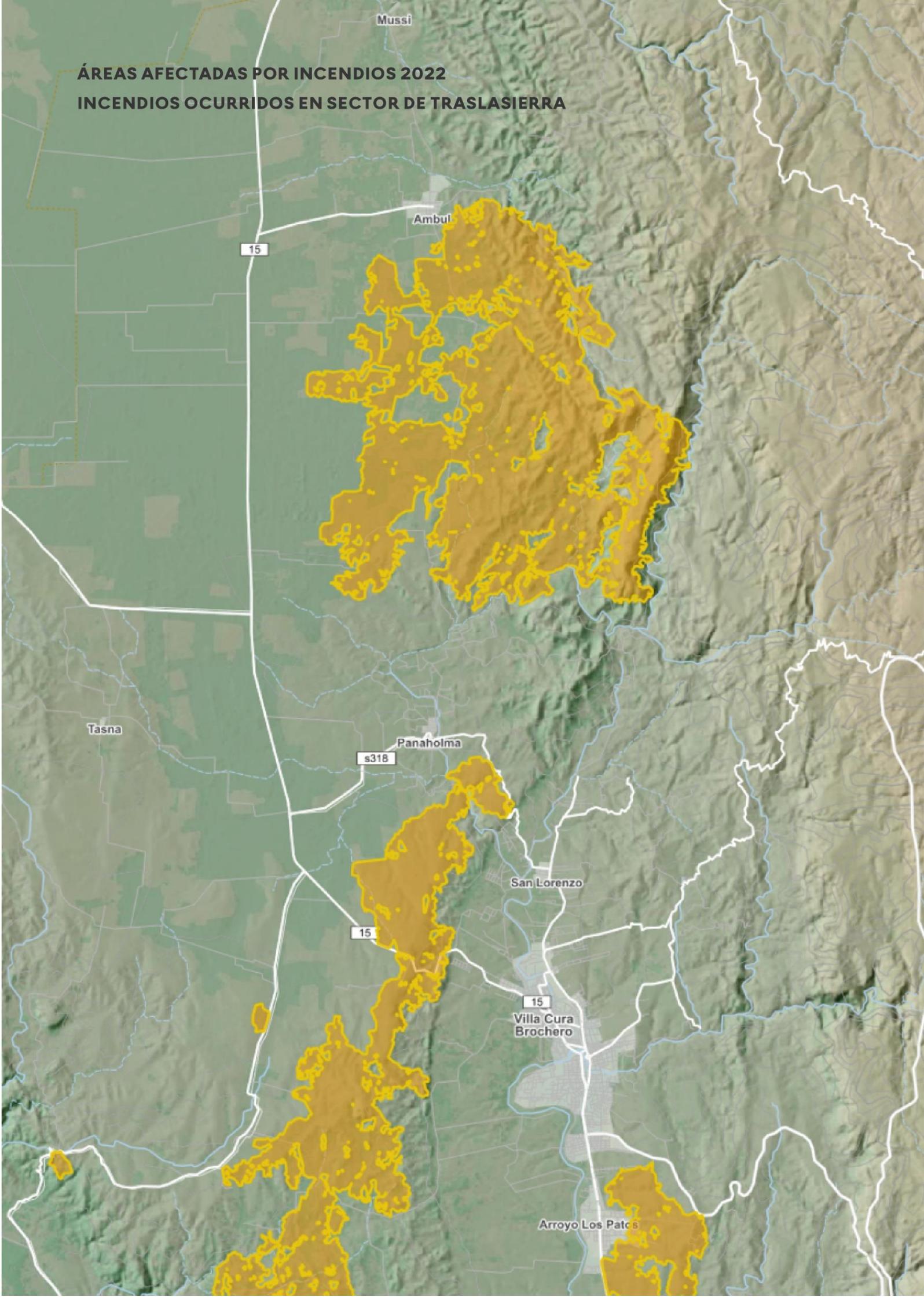
s318

San Lorenzo

15

15  
Villa Cura Brochero

Arroyo Los Patos





## Organismos desarrolladores

Secretaría de Gestión de Riesgo Climático, Catástrofes y Protección Civil (SGRCCyPC), Ministerio de Gobierno y Seguridad

Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR), Secretaría de Ingresos Públicos, Ministerio de Finanzas

### Equipo de Trabajo:

#### SGRCCyPC

Lic. Ariel Chaves (Director de Proyecto/Asesor Técnico)  
Est. Agrim. Facundo Mariño

#### ETAC

Geol. María del Mar Funes  
Prof. Constanza Villagra

#### Dirección Gestión Integral de Manejo del Fuego (GIMF)

Hermann Unterthurner (Director)

#### Dirección General de Protección Civil

Marcelo Zornada (Director General)

#### IDECOR

Geog. María Luz Fuentes  
Biól. Ezequiel Francisco Pozzi Tay  
Mg. Geog. Leonardo Sandon

#### Documentación

Mg. Biól. Daihana S. Argibay

#### Dirección y revisión

Crio. Gral. (R) Claudio Vignetta  
Agrim. Mario A. Piumetto

#### Licencia

ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES 2022 EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA.

Distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Libre para compartir, distribuir, copiar y adaptar.

Citar como: Áreas Afectadas por Incendios Forestales 2022, en la Provincia de Córdoba. Secretaría de Gestión de Riesgo Climático, Catástrofes y Protección Civil (SGRCCyPC) e Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR). Febrero 2023.





## CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	4
<b>1. ¿Dónde y cuándo ocurrieron los incendios en la Provincia de Córdoba en 2022?</b> .....	5
<b>2. Síntesis metodológica</b> .....	7
<b>3. Cartografía de áreas afectadas por incendios forestales 2022</b> .....	9
<b>4. Materiales y métodos</b> .....	10
4.1. Objetivo .....	10
4.2. Área de estudio.....	10
4.3. Sectorización (extensión espacial).....	12
4.4. Período de análisis (extensión temporal).....	12
4.5. Prueba piloto.....	13
4.6. Herramienta de procesamiento.....	13
4.7. Herramientas para el Mapeo de Áreas Quemadas (BAMT).....	14
4.8. Aplicación de BAMT en el área de estudio.....	15
4.9. Definición de las fechas de detección de incendio.....	16
<b>5. Descripción y análisis de los resultados obtenidos</b> .....	16
<b>6. Conclusiones</b> .....	33
<b>7. Bibliografía</b> .....	34





## Resumen

En este informe se presenta **la base de datos oficial de las áreas afectadas por incendios forestales durante 2022 en la provincia de Córdoba, Argentina.**

El eje principal del trabajo se basa en la generación de una cartografía oficial de áreas naturales y rurales afectadas por incendios, la cual sea de acceso público y contribuya al diseño de políticas públicas y planes de prevención.

La metodología implementada para la identificación de los incendios ocurridos combina el uso de sensores remotos, el procesamiento en la nube y el uso de algoritmos específicos para detección de incendios. Además, se cuenta con fuentes de datos oficiales de los organismos provinciales para la revisión y verificación de resultados.

A su vez, se exponen análisis completos de la distribución espacial y temporal de los incendios, como así también el tipo de vegetación afectada. Esta información es de extrema utilidad para la aplicación de políticas de remediación y asistencia a propietarios y productores afectados.

Este producto es un **hito clave de la Secretaría de Gestión de Riesgo Climático, Catástrofes y Protección Civil (SGRCCyPC)**, a través de la Dirección de Gestión Integral de Manejo de Fuego (GIMF) y la Dirección de Protección Civil, desarrollado con el apoyo de la Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR). El mismo representa, además, el fortalecimiento del trabajo conjunto iniciado en 2020 con el [Mapeo de Riesgo Local para Incendios Forestales](#), que a la fecha cuenta con información del corredor Sierras Chicas y en proceso de elaboración, Punilla y el noroeste provincial.

Durante **2022, en la provincia de Córdoba se incendiaron 81.544 hectáreas**, distribuidas en **442 eventos de fuego**. Los incendios de mayores dimensiones oscilaron entre casi 4.000 y más de 7.000 ha, con incendios intermedios entre 100 y 2.700 ha. La mayoría de los incendios tuvieron una superficie menor a las 100 ha.

El período con mayor ocurrencia de incendios fue entre los meses de junio y diciembre, siendo **septiembre el mes con mayor cantidad de incendios registrados**. Cabe destacar que en el mes de febrero no se detectó la ocurrencia de ningún fuego.

En las primeras secciones de este informe (Cap. 1, 2 y 3), es posible encontrar, de forma resumida, la información más relevante proveniente de los análisis realizados (Cap. 1), como así también, una aproximación sintética de la metodología utilizada (Cap. 2). Luego, una descripción histórica de los incendios en la Provincia, donde se destaca la necesidad de realizar este tipo de cartografía (Cap. 3).

Las dos secciones más importantes refieren a una descripción minuciosa de la metodología (Cap. 4), la cual tiene el propósito de ser lo suficientemente detallada para poder ser replicada, y los resultados (Cap.5), en donde se realiza un análisis exhaustivo del producto obtenido desde diferentes perspectivas.





# 1. ¿Dónde y cuándo ocurrieron los incendios en la Provincia de Córdoba en 2022?

La Provincia de Córdoba presenta un paisaje heterogéneo, con grandes extensiones de tierras productivas, de uso agrícola y ganadero, y un vasto ámbito serrano donde la actividad turística y el uso residencial toman cada vez mayor relevancia.

En este sentido, en la mayor parte de las investigaciones realizadas en la provincia, se estudia el régimen de incendios de las zonas serranas donde aún prevalecen coberturas de vegetación nativa. Más allá de este enfoque en las investigaciones mencionadas, es posible registrar incendios en casi todo el territorio provincial, a excepción de áreas no vegetadas, como lagos, embalses, la laguna Mar de Ansenúza y las salinas.

Debido a esto, existe la zonificación del riesgo de incendio forestal<sup>1</sup>, donde las **zonas 1 a 3 conforman la región de mayor amenaza de incendios forestales y de interfase, siendo la zona 4 la que menor riesgo representa.**

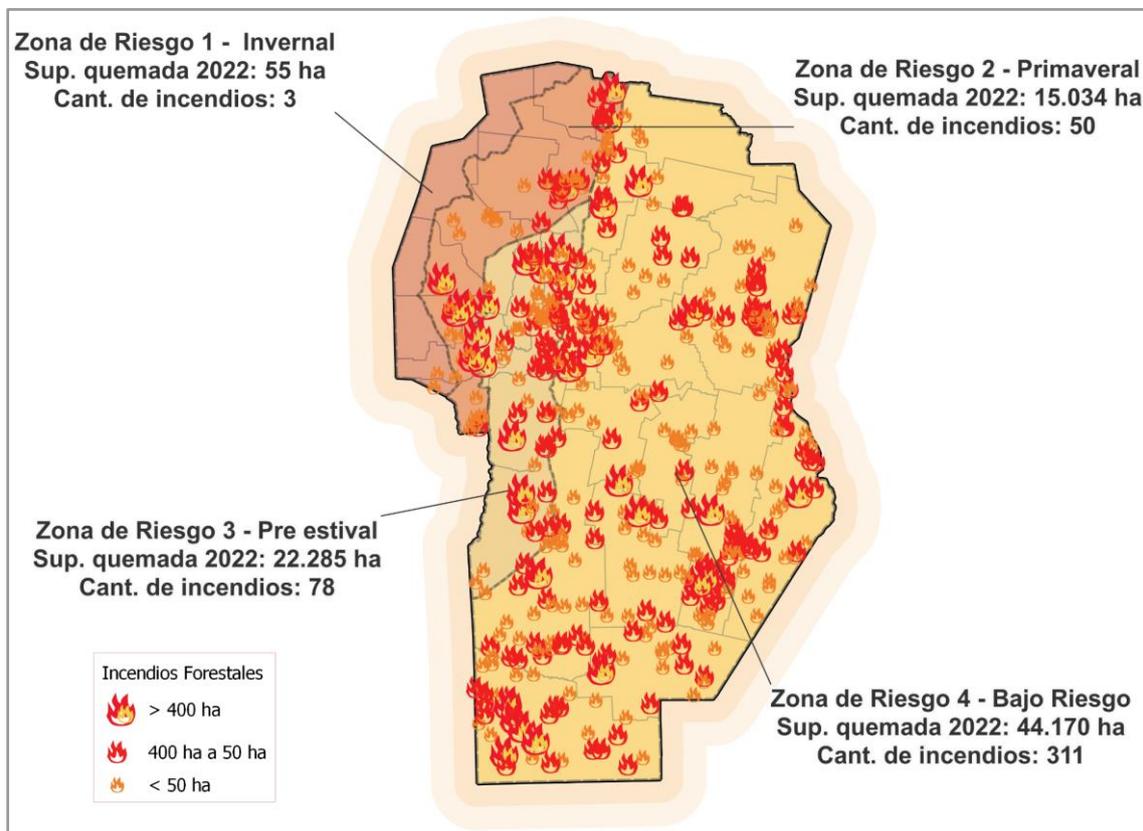


Figura 1: Superficie afectada por incendios forestales y cantidad de eventos en función a las Zonas de Riesgo de Incendios Forestales.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

<sup>1</sup> Zonificación de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 8.751 para el manejo de fuego en áreas rurales y forestales. Disponible en IDECOR en [Mapa Cuarteles de Bomberos Voluntarios](#).





Dentro de las áreas vegetadas, **los cultivos agrícolas fueron los de mayor superficie afectada, representando aproximadamente el 46% del total (37.227 ha)** de las áreas quemadas. El segundo tipo de cobertura más afectada fueron los **matorrales o arbustales con el 26% (21.310 ha)**, que se caracterizan por tener gran acumulación de combustibles, lo que promueve incendios de grandes extensiones. En tercer lugar, las **pasturas representaron el 11% (9.327 ha)** de la superficie que se incendió en este período. Tanto los cultivos como las pasturas, presentan coberturas modificadas para uso agrícola-ganadero.

En general, las pasturas, los pastizales y los matorrales o arbustales, son los tipos de vegetación que suelen quemarse con mayor frecuencia, debido a la capacidad de rebrotar de las especies leñosas (árboles y arbustos) y a la habilidad de colonización de las especies herbáceas (pastos y hierbas) posfuego.

Cabe destacar que las **coberturas boscosas (5.357 ha) y de pastizales nativos (4.422 ha) representan conjuntamente alrededor del 12%** de las áreas incendiadas durante el año 2022. A esto se agregan más de 200 hectáreas de coberturas de leñosas que se habían incendiado en 2020, lo que sugiere un intervalo de retorno relativamente breve para los incendios en estos tipos de cobertura. Sin embargo, la zona serrana, donde aún se preserva la mayor proporción de vegetación nativa, fue en general la más afectada por los incendios, ya que se combina la quema de pastizales nativos y los grandes incendios ocurridos en Sierras Chicas, cubriendo bosques y matorrales.

La mayor cantidad de incendios forestales y rurales **sucedieron durante la época de sequía**, entre los meses de abril a octubre. Aunque también se registró un gran número de incendios en las épocas lluviosas, entre noviembre y diciembre. Cabe destacar que el año 2022 fue atravesado por el fenómeno de La Niña (Oscilación del Sur), que tiene como efectos la disminución de las precipitaciones, un aumento en las irregularidades de las temperaturas y consecuentemente alteraciones en los niveles de humedad, en la región donde se encuentra Córdoba.

A excepción de algunos casos, la mayoría de los incendios ocurridos en la primera mitad del año quemaron tierras destinadas a uso agrícola (cultivos extensivos y pasturas implantadas en mayor proporción). En septiembre se dio la mayor cantidad de incendios y superficie quemada, con 122 eventos y casi 40.000 hectáreas alcanzadas. Estas cantidades superan ampliamente a los demás meses de la época seca (abril, mayo, junio, julio, agosto y octubre). Por su parte, octubre presentó 65 incendios con más de 13.000 ha quemadas y noviembre, 35 incendios, con una extensión de casi 15.000 ha. Únicamente, en el mes de febrero no se registraron incendios y en marzo se registraron sólo 4, que abarcaron 153 ha.

**El mayor incendio registrado tuvo una extensión de más de 7.000 hectáreas, ocurrido en noviembre en la zona de Ambul**, Departamento San Alberto. Este evento alcanzó zonas de matorrales y arbustales, además de porciones menores de bosques y pasturas. Otros eventos de gran importancia debido a su extensión ocurrieron entre los meses septiembre y octubre; fueron cuatro incendios de entre 4.000 y 6.000





hectáreas. Nuevamente, estos eventos de grandes dimensiones quemaron matorrales, arbustales y pasturas, además de cultivos, específicamente pasturas implantadas y cultivos extensivos.

## 2. Síntesis metodológica

Se trabajó con la plataforma **Google Engine (GEE)**<sup>2</sup> empleando el algoritmo ***Burned Area Mapping Tools (BAMT)***<sup>3</sup>, el cual permite ejecutar una **clasificación supervisada** para la discriminación de áreas quemadas y no quemadas (Figura 2).

Desde la plataforma, se contó con acceso libre a **imágenes satelitales de Sentinel 2** (2A y 2B flota de satélites que orbitan con un desfase de 180°), de buena resolución espacial (de 10 o 20 m/píxel) y temporal (con una revisita cada 10 días por satélite o cada 5 en conjunto). Se usó la totalidad de imágenes disponibles para el año 2022, a las que se les aplicó una máscara de nubes. Una de las ventajas de utilizar esta herramienta es que se generan compuestos multitemporales para completar la información que eventualmente se pierde debido a la presencia de nubes.

Una vez generados los compuestos, se marcaron muestras de áreas identificadas visualmente como quemadas y no quemadas. A partir de estas muestras, por medio del algoritmo de clasificación, se generó un **archivo de probabilidades de píxeles quemados y no quemados (1 al 100%)**. El umbral utilizado para este producto fue de 50% de probabilidad de estar quemados, a excepción de eventos particulares para los cuales se utilizó un umbral del 80%.

Una vez identificados todos los píxeles quemados, se realizó la **vectorización de los polígonos (áreas quemadas) y se le adjudicó la fecha probable de ocurrencia**. Las fechas asignadas provienen de tres fuentes diferentes, consideradas en el siguiente orden de importancia: registro de incendios provisto por la SGRCCyPC (información sistematizada del Plan Provincial de Manejo de Fuego<sup>4</sup>, en adelante PPMF), productos satelitales de focos de calor<sup>5</sup> y la fecha de detección de la imagen satélite.

Finalmente, se aplicaron procesos para el cálculo de las áreas afectadas de cada incendio (en ha), a los cuales se asignaron atributos referidos a su localización. Para completar los resultados obtenidos, los datos generados se complementaron con información proveniente de diversas fuentes, entre ellas se destaca el mapa de [Cobertura y Uso del Suelo 2020-2021](#) y del [Modelo Digital de Elevaciones](#). Fueron considerados también datos sobre la distribución de los departamentos provinciales y localidades ([Mapa Base Córdoba](#)), [Cuencas y Unidades de Gestión Hídrica](#), [Áreas Naturales Protegidas y Regiones Naturales](#), [Mapa de Riesgo Local para Incendios Forestales](#), entre otros datos espaciales publicados en la IDE provincial.

---

<sup>2</sup> Plataforma gratuita de uso académico, educativo y gubernamental para el análisis científico y la visualización de imágenes satelitales y datos geoespaciales.

<sup>3</sup> Conjunto de herramientas para el mapeo de áreas quemadas desarrolladas por Ekhi Roteta y Aitor Bastarrika de la Universidad del País Vasco.

<sup>4</sup> PPMF: Dependiente del Ministerio de Gobierno y Seguridad (ex Ministerio de Seguridad).

<sup>5</sup> FIRMS: Producto generado a partir de información de fuegos activos proveniente de sensores MODIS.



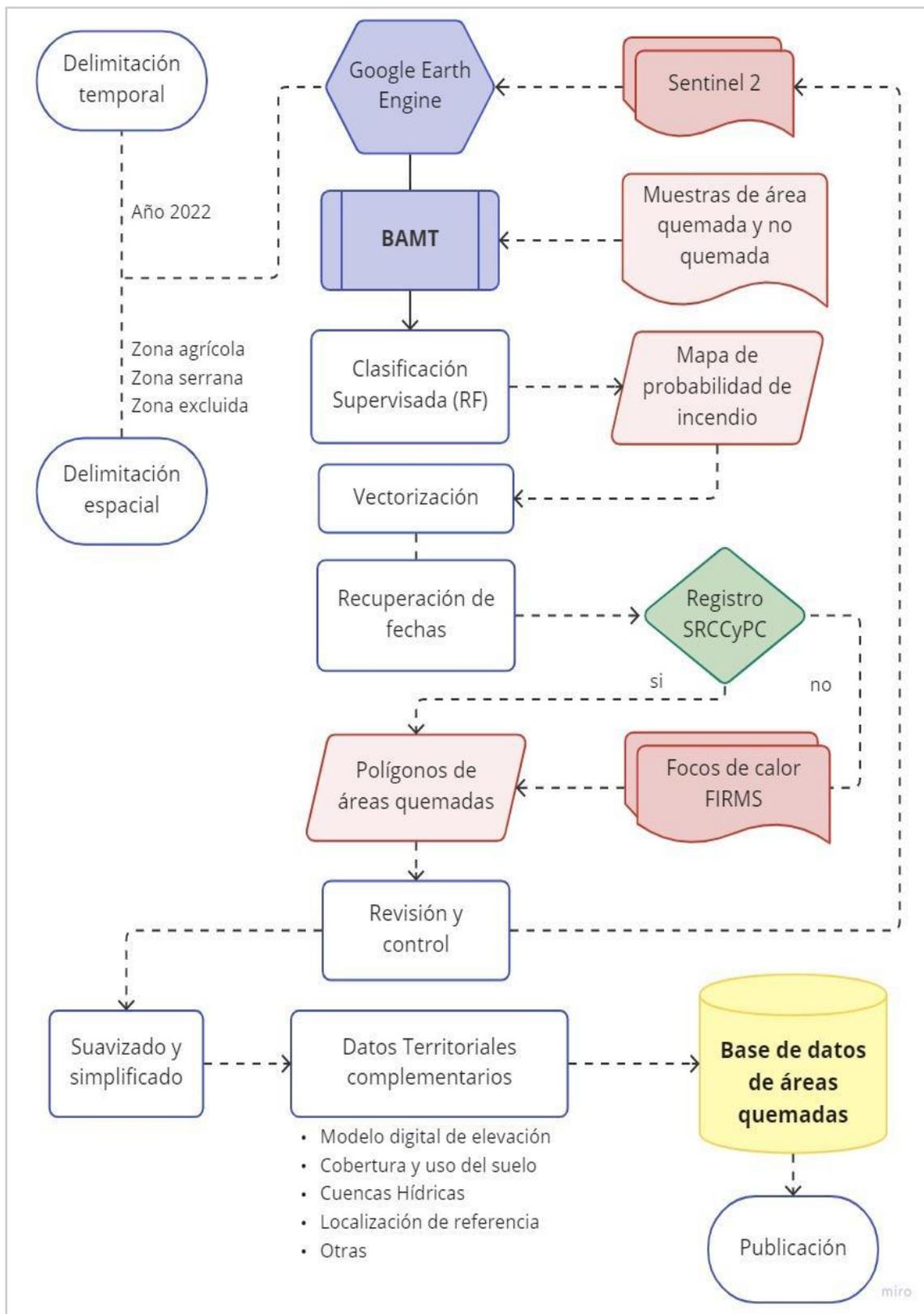


Figura 2: Proceso de trabajo para la detección de áreas afectadas por incendios forestales, Provincia de Córdoba, año 2022.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



### 3. Cartografía de áreas afectadas por incendios forestales 2022

El incremento en la frecuencia e intensidad de los incendios forestales y rurales pone en evidencia la necesidad de contar con una base de datos cartográfica de las áreas afectadas por incendios forestales. El registro espacial y temporal de los incendios, su extensión, duración, severidad, entre otros componentes del régimen de fuego, es esencial. Los datos generados constituyen una fuente de gran relevancia para uso académico y de investigaciones. Contribuyen también como soporte para diversas políticas públicas y para la difusión y conocimiento de la sociedad en general de las dimensiones de los eventos de fuego, cada vez más frecuentes.

Es esencial contar con una fuente de datos oficial, continua para todo el territorio, homogénea en sus aspectos técnicos y abierta. Actualmente existen distintas formas de acceder a información referida a incendios, aunque generalmente disponible para algunos sectores particulares y/o ciertos períodos de tiempo. En el mismo sentido, diversos organismos nacionales y provinciales trabajan en la generación de una cartografía de áreas afectadas por incendios de la provincia. Asimismo, esta información se encuentra de manera dispersa y disponible en mapas o imágenes particulares de cada incendio. Por otro lado, se adoptan diferentes técnicas y formas de publicación que dificultan la obtención de datos estandarizados y comparables.

A nivel nacional, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) colabora con organismos estatales por medio del programa de Consultoría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias (CAEARTE) para brindar información requerida sobre eventos particulares de incendios, que obtienen por medio de técnicas de teledetección.

A nivel provincial, el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) regional Córdoba hace lo propio con técnicas de clasificación supervisada, reportando informes técnicos en el marco de las emergencias agropecuarias. Del mismo modo, la Secretaría de Ambiente de la Provincia de Córdoba utiliza una herramienta similar a la que se utiliza en este trabajo (*Burned Area Mapping Software - BAMS*), para la delimitación de áreas quemadas, aunque para uso propio e interno del organismo.

Desde hace varios años, la Provincia de Córdoba ha adoptado como política de Estado fortalecer las medidas de prevención de incendios rurales y forestales. En este orden, la Secretaría de Gestión de Riesgo Climático, Catástrofes y Protección Civil (SGRCCyPC), y a su cargo la Dirección General de Protección Civil y la Dirección de Gestión Integral de Manejo del Fuego (GIMF), dependientes del Ministerio de Gobierno y Seguridad, coordinan acciones para prevenir, combatir y/o neutralizar los efectos de aquellas actividades que conllevan riesgo de incendios.

La misión del PPMF es prevenir y luchar contra los incendios en áreas rurales, forestales y urbanas de la provincia, extinguirlos en forma rápida, coordinada, eficaz y segura, y mitigar su impacto ambiental y social.

En los últimos años, el trabajo conjunto entre la SGRCCyPC e IDECOR, dio como resultado la elaboración de mapas de riesgo de incendio para las regiones de la





provincia más propensas a incendios. Gracias a un trabajo conjunto entre distintos organismos de gobierno y municipios, se desarrolló y publicó el [Mapa de Riesgo Local para Incendios Forestales de Sierras Chicas](#) (última actualización marzo de 2022), el que es parte de un plan de trabajo que busca completar todas las regiones pertinentes de la provincia.

Este trabajo se ajusta a la legislación provincial sobre el manejo del fuego (Ley Provincial N° 8751) donde una de las atribuciones, entre otras actividades relacionadas, es la elaboración de mapas de zonificación de riesgo de incendios.

En continuidad con este vínculo institucional y en función de lo establecido en la misma ley: *“Desarrollar un programa de investigación y experimentación en prevención, lucha y consecuencias de incendios”*, **la SGRCCyPC, con apoyo de IDECOR, inició el proyecto cartografía oficial, anual, de áreas afectadas por incendios forestales a nivel provincial.** En ese marco, se establecieron diálogos con instituciones e investigadores especializados en la temática del Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich (CONAE - UNC) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la Regional Córdoba.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Objetivo

Generar una cartografía oficial anual de áreas naturales y rurales afectadas por incendios en la provincia de Córdoba para el año 2022 (y así, en adelante), la cual sea de acceso público y contribuya al diseño de políticas públicas y planes de prevención.



### 4.2. Área de estudio

La Provincia de Córdoba está compuesta por tres Provincias Fitogeográficas: Chaco, Espinal y Pampa (Figura 3.a. Oyarzábal et al., 2018). Por su parte, el Chaco abarcado por la provincia se divide en Chaco Serrano, Chaco Seco y Chaco Árido. Además, hay regiones no vegetadas como son las Salinas Grandes, cuerpos de agua y extensiones de coberturas rocosas, principalmente en la zona serrana. Más allá de encontrarse dentro de estas clasificaciones, en las tierras bajas, gran parte de la Pampa, el Espinal y el Chaco Seco no presentan su vegetación original. La vegetación de estas regiones fue reemplazada por tierras de uso agropecuario. Es importante destacar los tipos de vegetación que presenta la provincia, ya que ésta representa el material combustible a ser quemado durante los incendios (materia orgánica vegetal que alimenta la combustión).



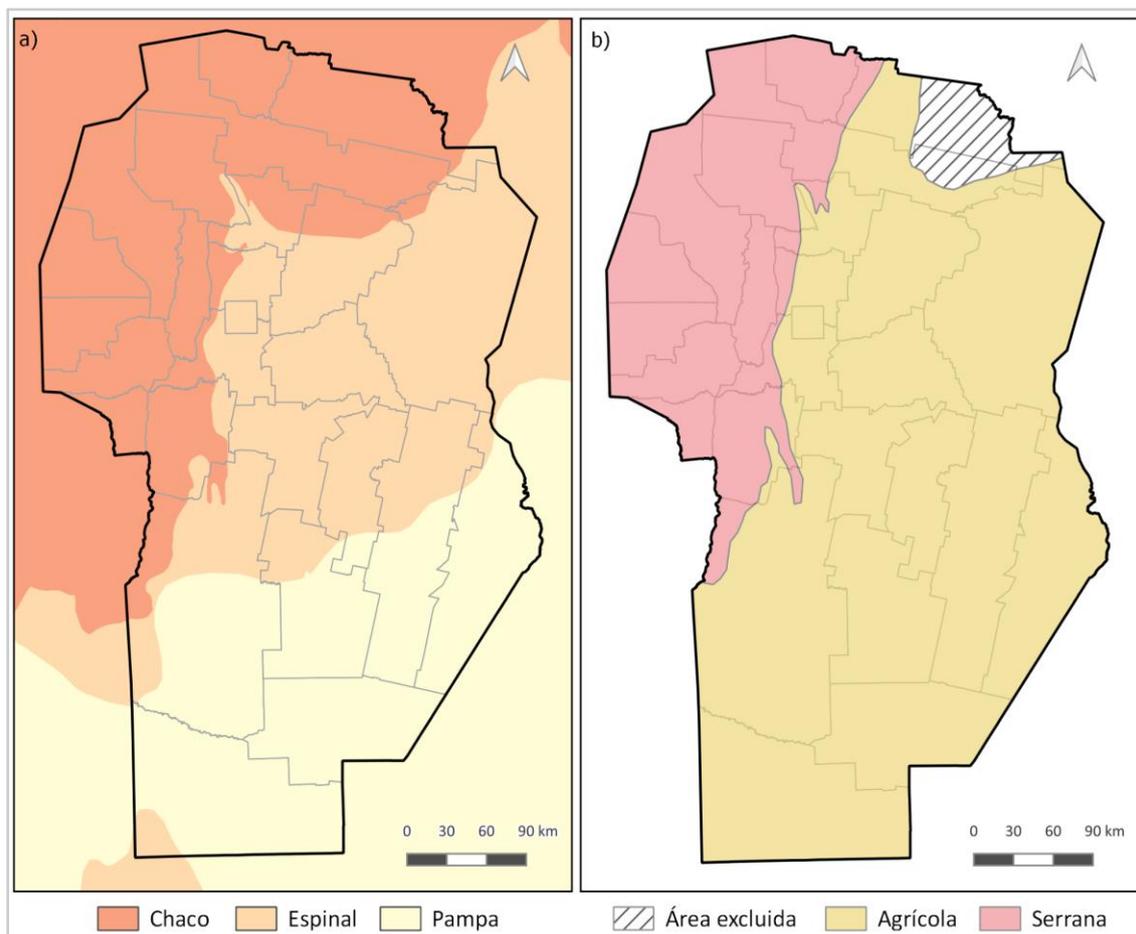


Figura 3: Delimitaciones de la provincia de Córdoba en a) el contexto de provincias fitogeográficas, b) Sectorización del área de estudio

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

Las condiciones climáticas de la provincia son diversas debido a su gran extensión latitudinal y a las distintas características topográficas. La temperatura media anual ronda los 18°C, con una máxima promedio de 30 °C y una mínima promedio de 10 °C. Las precipitaciones son estacionales de verano, con unos 800 mm anuales. En resumen, el clima en general es templado moderado con las cuatro estaciones bien definidas (SMN, 2023).

Los incendios se registran en la estación seca, que va desde comienzos del invierno hasta fines de la primavera (Kopta et al., 2004). Este periodo se caracteriza por la presencia abundante de material vegetal, fruto de la temporada de crecimiento estival, el cual se seca por la falta de agua y la presencia de heladas, que matan a las plantas herbáceas. Sin embargo, frente a condiciones climáticas extremas, como la sequía ocasionada por “La Niña” (Oscilación del Sur - ENOS) en el año 2022 (SMN, 2022), es posible que ocurran incendios en los meses de la estación lluviosa. A las condiciones de falta de humedad y de disponibilidad de combustible seco, se le adicionan los frecuentes vientos de agosto y septiembre, que agravan los incendios porque renuevan el aporte de oxígeno y facilitan su dispersión (Kopta et al., 2004).

A pesar de existir incendios de origen natural, provocados por rayos, sobre todo en pastizales, como los de altura en Pampa de Achala (Jaacks, 2014), según información



del Gobierno de la Provincia de Córdoba<sup>6</sup>, se estima que el 99% de los incendios son producidos por intervenciones humanas, por lo cual se realiza un abordaje integral de la prevención y combate de los incendios forestales, centrado en tres ejes: la prevención, la profesionalización permanente de los técnicos y bomberos, y la utilización de tecnología de última generación.

### 4.3. Sectorización (extensión espacial)

El área de estudio abarca casi la totalidad del territorio provincial, que cuenta con 165.321 km<sup>2</sup> y una importante heterogeneidad de ambientes. Teniendo en cuenta esto, y que la metodología se basa en variaciones temporales del comportamiento espectral de la cubierta vegetal, se subdividió la provincia en tres sectores homogéneos (Figura 3.b). De este modo se logra mejorar la robustez de los resultados y reducir el número de falsos positivos.

En primer lugar, **se descartó una pequeña porción al nordeste de la provincia, perteneciente a los bañados del Río Dulce al norte de la laguna Mar de Ansenúza.** Una de las causas de exclusión de este sector para este estudio se debe a que el mismo presenta una baja densidad poblacional (vulnerabilidad) y escasas obras de infraestructura. Allí la actividad económica preponderante es la ganadería bovina extensiva, para la cual se aplican prácticas de manejo de pasturas naturales por medio de la quema. Estas prácticas se realizan para favorecer el rebrote de la vegetación, para la limpieza de potreros o también para la quema de desechos luego de una tala y roza de las tierras, lo cual explicaría las elevadas cantidades de incendios rurales y las extensas superficies afectadas.

**El resto de la provincia se dividió en dos sectores: zona serrana y zona agrícola,** que coinciden con la caracterización de zona de alto riesgo de incendios y zona de bajo riesgo de incendios, respectivamente. La zona serrana está definida por el borde geográfico de las sierras, que coincide con los límites de los departamentos Cruz del Eje, Minas, Pocho, San Alberto, San Javier, Punilla, Ischilín, Calamuchita y Sobremonte, y por la zona oeste de los departamentos Río Cuarto, Santa María, Colón, Tulumba y Totoral. La zona agrícola está definida por los departamentos Río Seco, Río Primero, San Justo, Capital, Río Segundo, Tercero Arriba, General San Martín, Unión, Juárez Celman, Presidente Roque Sáenz Peña, General Roca, zona este de Río Cuarto, Santa María, Colón, Tulumba, Totoral y una pequeña porción del departamento Calamuchita.



### 4.4. Período de análisis (extensión temporal)

Para la detección de incendios en el área de estudio se realizó una división temporal del **año 2022 en dos semestres.** El primer semestre se extiende del primero de enero al 30 de junio y el segundo, del primero de julio al 31 de diciembre de 2022.

---

<sup>6</sup> Información sobre Prevención de Incendios. Página oficial del Gobierno de Córdoba. Consultada en enero 2023.





Esta subdivisión es útil para agilizar el proceso computacional del algoritmo. A su vez, el primer semestre coincide con un período de mayor humedad, coincidente con la finalización de la época lluviosa que propicia la acumulación de combustible. En contraposición, el segundo semestre representa el período más seco, donde el combustible acumulado disminuye su porcentaje de humedad (seca) predisponiendo para la combustión.

#### 4.5. Prueba piloto

El proceso metodológico comenzó con la selección de un área piloto para la puesta a punto de la técnica utilizada. La misma consistió en el análisis de dos incendios particulares, uno ocurrido en las localidades de Huerta Grande y La Falda entre el 7 y 12 de septiembre de 2022, y el otro en las localidades de La Cumbre y Cuchi Corral, entre el 3 y 10 de octubre de 2022 (fechas indicadas por la SGRCCyPC).

La elección de estos eventos se debió a la presencia de distintas coberturas y usos de suelo (sierras, urbanizaciones, pastizales, cuerpos de agua, etc) y a la magnitud de los incendios desarrollados. Fue importante también considerar la disponibilidad de imágenes satelitales libres de nubes y humo para la detección de la superficie afectada. Además de contar con el registro preciso de la fecha de ocurrencia por parte de la SGRCCyPC.

Por medio de la aplicación de la metodología propuesta, se calculó que el área afectada por incendios fue de 5.229 ha y 1.342 ha para cada evento. Estos datos de superficie se obtuvieron a partir de un procesamiento cartográfico que incluye el suavizado y simplificado de la geometría vectorial.

Para validar estos resultados, se comparó con la superficie registrada por la SGRCCyPC, 5.230 ha y 1.300 ha, que corresponde a una variación menor al 0,1% para el incendio de Huerta Grande y La Falda, y del 3% para el incendio de La Cumbre y Cuchi Corral. Además fueron corroborados con información desarrollada por la CONAE, la cual informó superficies de 4.800 ha y 1.300 ha, lo que representa comparativamente entre ambas fuentes de datos una variación del 9% y 3 %, respectivamente.

La prueba piloto permitió comprobar que, tanto la metodología utilizada mediante las herramientas que en apartados siguientes se describen (4.6, 4.7 y 4.8), y los resultados obtenidos se aproximan favorablemente a los registros obtenidos por los métodos convencionales. La comparación de resultados habilitó la aplicación de esta técnica para toda el área de estudio durante el período completo del año 2022.

#### 4.6. Herramienta de procesamiento

Los trabajos se ejecutaron en **Google Earth Engine**, una plataforma de acceso libre para la visualización de imágenes satelitales y datos geoespaciales, y la realización de análisis científicos (Gorelick, et al., 2017). Es una herramienta con una amplia oferta de bases de datos provenientes de distintos sensores (MODIS, Landsat,





Sentinel, etc.), datos climáticos, topográficos, entre otros, y brinda la posibilidad de aplicación de distintas funciones de clasificación, generación de algoritmos específicos, etc.

Una de sus ventajas principales es la **capacidad de procesamiento de grandes cantidades de datos en la nube, lo que permite agilizar costos y tiempos**. Otra de las ventajas que presenta, es la capacidad de compartir, publicar y reproducir códigos/algoritmos diseñados por especialistas con objetivos particulares. En los últimos años, grupos que trabajan en distintas líneas de investigación adaptaron sus códigos para poder ser ejecutados en GEE, creando nuevas herramientas.

#### 4.7. Herramientas para el Mapeo de Áreas Quemadas (BAMT)

La cartografía de detalle de áreas quemadas ha sido, desde hace tiempo, un objetivo deseado por grupos de académicos y gobiernos, debido a los aportes en investigación y manejo que estos resultados brindan. En la actualidad, una de las metodologías más avanzadas consiste en un algoritmo (BAMT) de dos fases, aplicado a imágenes satelitales para el mapeo semi-automático de áreas quemadas, el cual es empleado por diversas instituciones y organizaciones ligadas a la temática, tanto gubernamentales, científicas como así también académicas.

*Burned Area Mapping Tools* (BAMT en adelante; Roteta et al., 2019, 2021, 2022) es un conjunto de herramientas desarrolladas por Ekhi Roteta y Aitor Bastarrika de la Universidad de País Vasco, basadas en el algoritmo original *Burned Area Mapping Software* (BAMS) que utilizaba imágenes Landsat (Bastarrika et al., 2014). La última actualización del código brinda robustez, ya que incorpora el uso de series temporales de imágenes Sentinel dando mayor resolución espacial y temporal.

La primera herramienta de [BAMT](#) consiste en una serie de pasos para cartografiar las áreas incendiadas. Debe establecerse una escala espacial (región de estudio) y temporal (período de estudio) para limitar los resultados. Se aplica un algoritmo de dos fases, primero identificando muestras de áreas quemadas (donde se observan píxeles con una señal de quemado muy fuerte) y muestras de áreas no quemadas. Éstas muestras actuarán como datos de entrenamiento (característicos de la clase que se quiere identificar) que luego se extenderán abarcando las áreas quemadas (y no quemadas, respectivamente) alrededor (Bastarrika et al., 2011).

Este procedimiento se da por medio de una clasificación supervisada, basada en el algoritmo Random Forest<sup>7</sup>, usando varias bandas e índices espectrales de la imagen con fecha posterior al fuego y de una imagen de diferencia multitemporal. El clasificador devuelve una nueva imagen donde los valores de los píxeles varían entre 0 y 100. Estos valores representan porcentajes de probabilidad de quemado (0% no quemado, 100% quemado).

---

<sup>7</sup> RF: técnica de aprendizaje automático (machine learning) supervisado, basado en árboles de decisión. Clasificador que utiliza 100 árboles de decisión y nodos con un mínimo de 10 hojas.





Posteriormente, con la aplicación de las siguientes herramientas del conjunto BAMT, es posible exportar un archivo vectorial que contiene los polígonos de las áreas quemadas donde se incluye un atributo indicando la fecha de detección de la misma. Es importante aclarar que durante la prueba piloto se decidió la utilización del resultado del clasificador (la imagen de probabilidades) ya que permitió una mejor manipulación y procesamiento de la información.

#### 4.8. Aplicación de BAMT en el área de estudio

Se utilizaron imágenes provenientes del sensor MSI de los **satélites Sentinel 2A y 2B**, ya que ofrecen una buena **resolución temporal (con una revisita cada 10 días por satélite o cada 5 en conjunto)** y también buena **resolución espacial (10 o 20m/px)**, mejorando la resolución espacio/temporal de Landsat (8 a 16 días y 30m/px).

Las bandas utilizadas para correr el algoritmo fueron: 'Blue', 'Green', 'Red', 'NIR', 'SWIR1', 'SWIR2', además de los índices 'NDVI' (diferencia normalizada de 'Red' y 'NIR', Rouse et al, 1974), 'NBR' (diferencia normalizada de 'SWIR2' y 'NIR', Key y Benson, 1999) y 'NBR2' (diferencia normalizada de 'SWIR2' y 'SWIR1', García y Caselles, 1991).

En primera instancia, se trabajó teniendo en cuenta la segmentación temporal previamente establecida en semestres. Asimismo, dadas las particularidades de algunos eventos específicos referidos por la SRCCyPC, fue necesario redefinir los cortes temporales a períodos más breves (mensuales y hasta semanales), a modo de facilitar la detección de los incendios ocurridos y mejorar la interpretación de los resultados.

Sobre los mosaicos multitemporales, y mediante técnicas de fotointerpretación, se digitalizaron **polígonos de muestra** de áreas afectadas (50 ha en promedio) y áreas no afectadas por incendios (200 ha en promedio, que incluyeron varios tipos de coberturas) para la posterior **clasificación supervisada mediante el clasificador Random Forest**. Para la obtención del producto de áreas quemadas se tomó la decisión de trabajar con las **imágenes de probabilidades**, producto de la clasificación. Las mismas fueron exportadas para su procesamiento en el software QGIS (versión 3.22-Białowieża), donde se trabajó con un umbral de 50% (píxeles con valor > 50% fueron considerados como quemados). En situaciones particulares se trabajó con un umbral del 80%, como en el caso de la zona serrana durante el primer semestre del año.

Posteriormente, se procedió a la vectorización de los píxeles filtrados, obteniendo así una **primera base de datos de polígonos de área quemada**. La misma fue reprocesada para eliminar sitios detectados como incendios que en realidad no se corresponden con áreas quemadas y, a su vez, para agregar sitios quemados no detectados por el algoritmo. Esta revisión de errores se realizó por medio de fotointerpretación de los compuestos de imágenes (mosaicos multitemporales) y mediante el seguimiento del registro oficial de eventos de incendios de la SGRCCyPC. Otro proceso de revisión consistió en la corroboración de polígonos menores a 10 hectáreas, dado que la resolución espacial de las imágenes utilizadas podría ser una





limitante para su correcta identificación. Para estos casos, se adoptó el criterio de cartografiar aquellos incendios que contaban con registro oficial y/o información proveniente de focos de calor.

Finalmente se aplicaron técnicas cartográficas de simplificación, supresión de anillos sin datos menores a 0,25 ha (2.500 m<sup>2</sup>), y de suavizado, para disminuir el efecto pixelado del producto original, maximizando así la calidad cartográfica del producto.

#### 4.9. Definición de las fechas de detección de incendio

Los resultados obtenidos mediante BAMT pueden exportarse incluyendo la fecha de la imagen desde donde el área quemada fue detectada. Sin embargo, esta fecha no siempre coincide con la de la ocurrencia del incendio, ya que el satélite no tiene una frecuencia diaria y la respuesta espectral puede mantenerse por varios días.

Para atribuirle una fecha más certera a la ocurrencia verdadera del incendio forestal, la cual represente la fecha probable de inicio de cada uno, se consideraron otras dos fuentes de información.

Por un lado, **se combinaron los eventos de fuego identificados en la base de datos propia de la SGRCCyPC con los detectados por BAMT**, quedando como resultado el polígono de BAMT con la fecha de la SGRCCyPC. Por otro lado, a los incendios no identificados por la SGRCCyPC, se les asignó la **fecha detectada por focos de calor**, los que se corresponden con datos de incendios activos en tiempo casi real del producto denominado FIRMS (*Fire Information for Resource Management System*, a partir de imágenes de resolución moderada MODIS). La ventaja de estos datos es que, además de identificar la localización de los incendios, indica fecha y hora con alta resolución temporal.



En última instancia, la fecha indicada fue la de la primera imagen satelital en la que fue detectado el incendio, con una resolución de 5 días en casos de ausencia de cobertura de nubes.

### 5. Descripción y análisis de los resultados obtenidos

La base de datos de las áreas afectadas por incendios forestales durante 2022 en la provincia de Córdoba se encuentra disponible para su consulta y descarga en [MapasCordoba](#), el geoportal de la IDE provincial.

El producto se compone de un conjunto de polígonos que delimitan cada uno de los **442 incendios ocurridos durante 2022**, obtenidos a partir de la combinación de las técnicas BAMT y fuentes de datos oficiales de la SGRCCyPC. La **superficie total afectada por incendios forestales fue de 81.544 hectáreas**, lo que representan el 0,5% de la extensión total provincial (Figura 4).



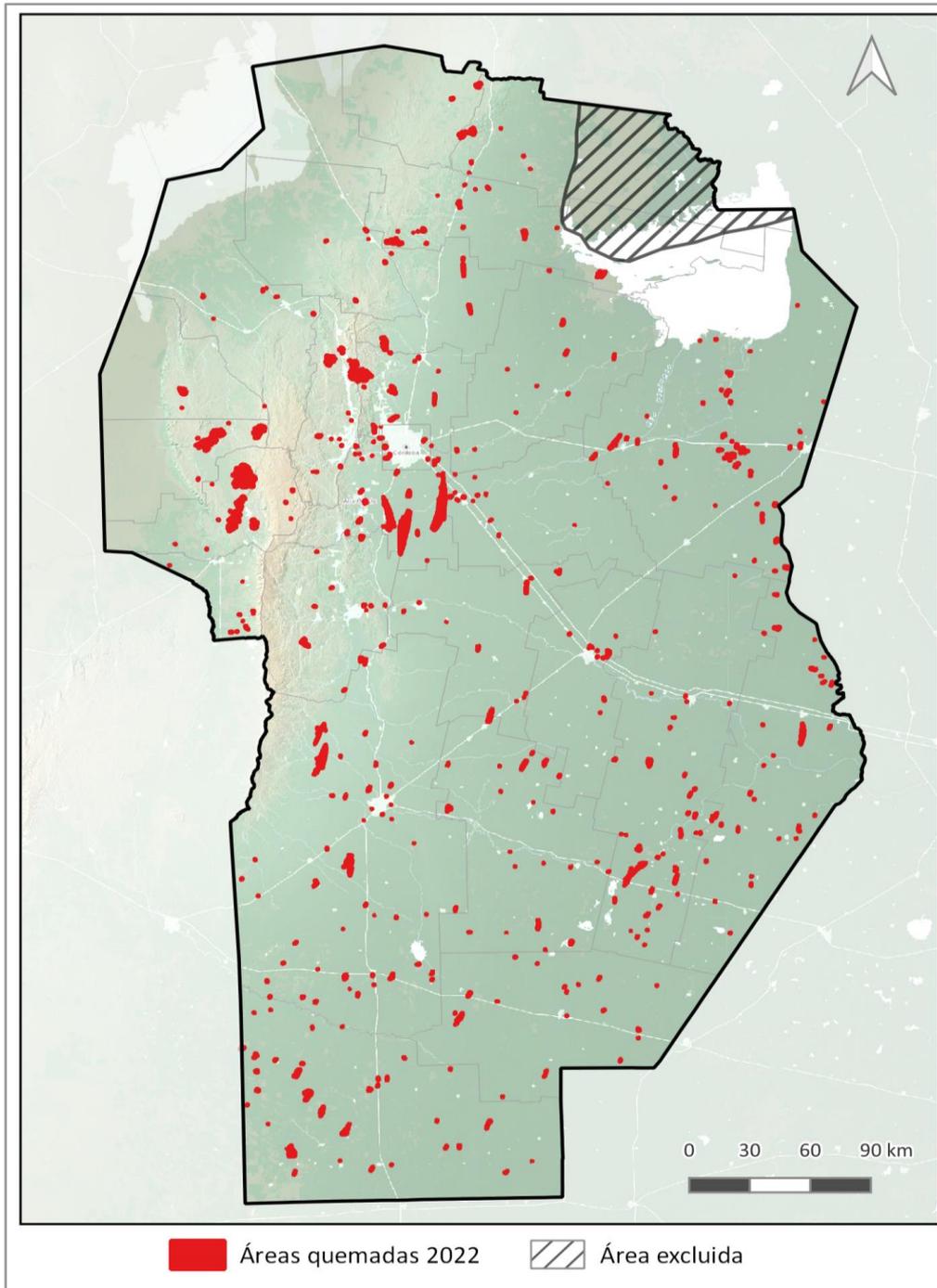


Figura 4: Áreas afectadas por incendios forestales en la provincia de Córdoba durante 2022.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

### *Ocurrencia de incendios por departamentos y distribución parcelaria*

La Tabla 1 incluye la desagregación de las áreas afectadas por incendios por departamento. El mayor afectado fue San Alberto, seguido de Santa María y Río Cuarto. Sin embargo, la cantidad de incendios -aunque de menores dimensiones- fue mayor en San Justo, seguido de Río Cuarto y Unión (Gráfico 1). Cabe destacar que el

incendio de mayores dimensiones estuvo ubicado en el departamento San Alberto, que abarcó una superficie de más de 7.000 hectáreas, ocurrido en el mes de noviembre en la zona de Ambul, colocando a este departamento en el primer lugar de los más quemados a pesar de haber registrado sólo 11 eventos de fuego.

Tabla 1: Distribución de la superficie afectada y número de incendios por departamento. Los incendios que abarcan dos o más departamentos fueron subdivididos a efectos de la presente estadística, por ello la cantidad de incendios total difiere levemente de la real.

Departamento	Superficie afectada (ha)	Cantidad de incendios
Calamuchita	1.044	13
Capital	477	6
Colón	4.893	19
Cruz del Eje	128	8
General Roca	5.522	34
Gral. San Martín	653	12
Ischilín	247	5
Juárez Celman	2.063	22
Marcos Juárez	2.390	29
Minas	761	3
Pocho	5.629	7
Pte. Roque Sáenz Peña	1.362	18
Punilla	3.665	19
Río Cuarto	7.329	52
Río Primero	659	10
Río Seco	1.278	9
Río Segundo	4.468	14
San Alberto	12.198	11
San Javier	268	9
San Justo	4.622	55
Santa María	11.880	21
Sobremonte	343	3
Tercero Arriba	1.126	13
Totoral	1.875	5
Tulumba	2.500	18
Unión	4.164	40
<b>TOTAL</b>	<b>81.544</b>	<b>455</b>

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



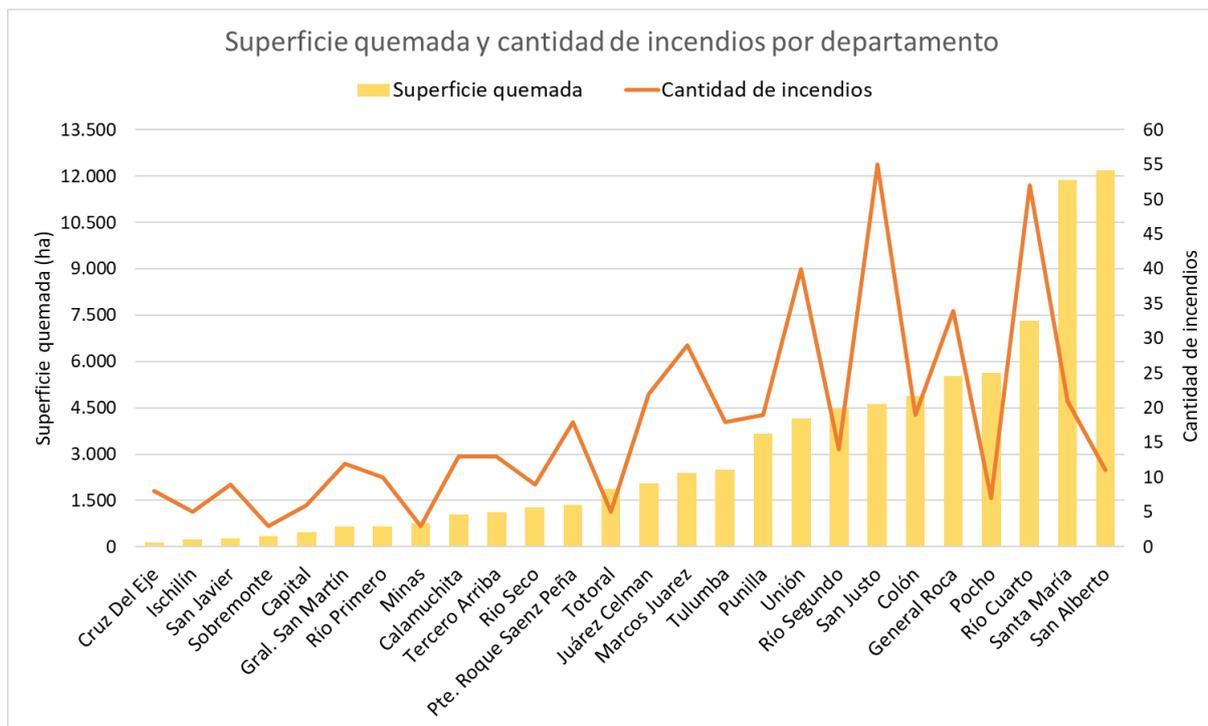


Gráfico 1: Distribución de la superficie y cantidad de incendios por departamento.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

En referencia a la **distribución parcelaria** de la provincia, se pudo establecer que los incendios ocurridos durante el 2022 **afectaron un total de 7.554 parcelas**, de las cuales **2.782 fueron parcelas de tipo rural (37%)**, mientras que **4.772 fueron de tipo urbana (63%)<sup>8</sup>**. La superficie mediana de las parcelas rurales afectadas fue de 46 ha. En cuanto a las parcelas urbanas, la mediana de superficie fue de 722 m<sup>2</sup>; cabe aclarar que la cantidad de parcelas de este tipo alcanza un elevado número debido a la presencia de loteos sin materializar, que se ubican principalmente en la zona serrana, en los que, pese al fraccionamiento registrado de la tierra, no se evidencia desarrollo urbano o viviendas habitadas que sufran riesgo de incendio.

De la cantidad total de parcelas quemadas, entre urbanas y rurales, 4.693 parcelas se vieron afectadas entre un 70% a 100% de su superficie, mientras que 468 parcelas se quemaron entre un 50% a 70% y el resto, un área quemada inferior al 50% de su superficie.

### **Incendios ocurridos conforme la Zonificación del Riesgo de Incendios Forestales**

Conforme establece la Ley 8.751 de Manejo del Fuego (Figura 5), en Córdoba se identifican cuatro Zonas de Riesgo de Incendios Forestales. La clasificación se basa en las características meteorológicas de las estaciones del año, fundamentadas en la

<sup>8</sup> Criterio según tipo de valuación parcelaria, a partir de la base catastral provista por la Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba. Disponible en IDECOR, mapa [Catastro Online](#), consulta segunda quincena de febrero de 2023.



variación de las condiciones climáticas, la identificación de la carga combustible y otras variables e indicadores que influyen de manera directa en la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal.

Las zonas 1 a 3 conforman la región de mayor amenaza de incendios forestales y de interfase, sumando casi 5.000.000 de hectáreas (30% de la provincia) (Figura 6). Dentro del sector se han establecido 5 bases operativas del ETAC y se identifican 57 cuarteles de Bomberos Voluntarios. En la zona 1 (invernal) ocurrieron sólo 3 incendios, que abarcaron 55 hectáreas en total. Entre la zona 2 (primaveral) y la zona 3 (pre-estival) hubo 128 incendios, que cubrieron alrededor de 15.000 y 22.000 hectáreas, respectivamente. La zona 4 (bajo riesgo) es la que mayor superficie abarca en la provincia, con coberturas de pasturas y de uso agrícola, y fue también la que mayor proporción de área quemada presentó, con 311 incendios y 44.000 hectáreas.

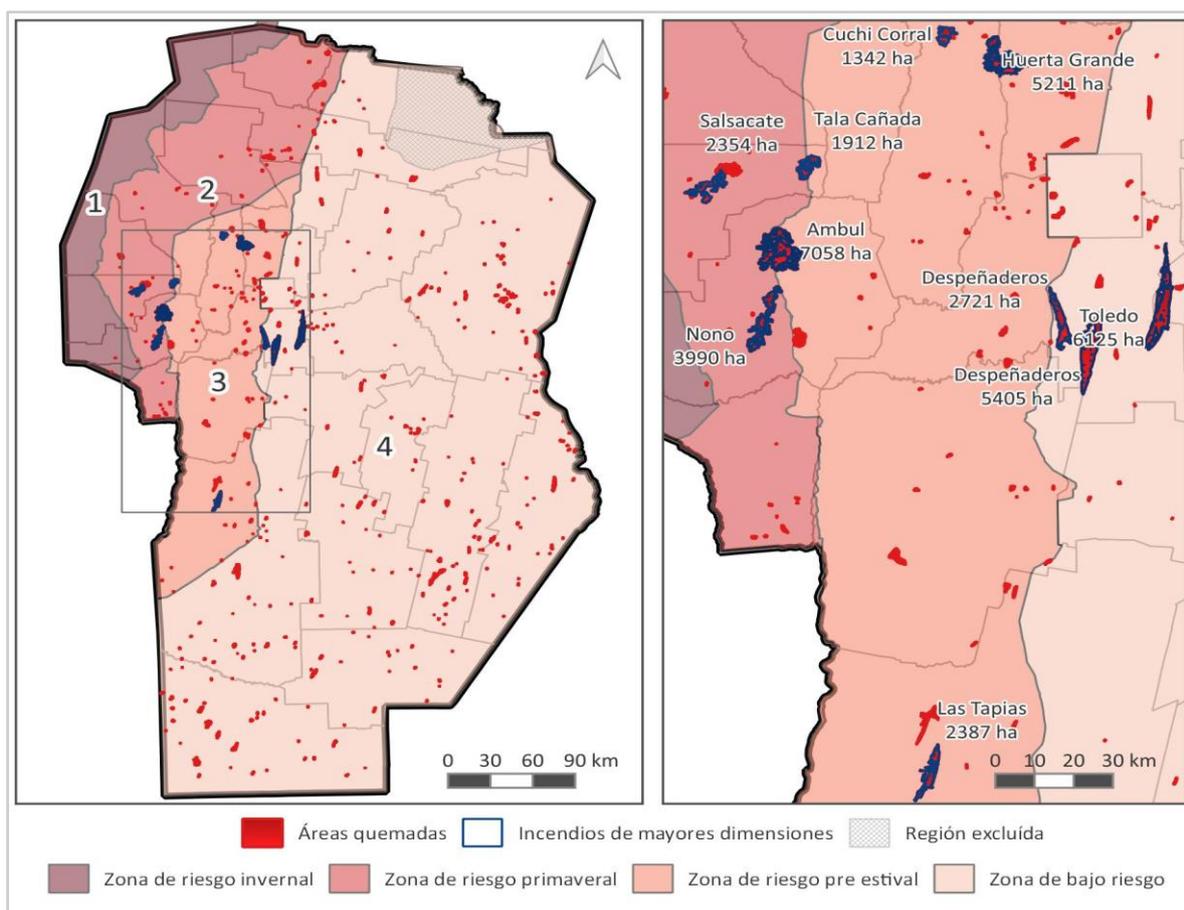


Figura 5: Distribución de las áreas quemadas en 2022 en función de las zonas de riesgo delimitadas para la Ley 8.751, de Manejo del Fuego en la Provincia de Córdoba.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

## Superficie quemada por cuencas hidrográficas y regiones fitogeográficas

Es importante considerar la importancia de analizar la ocurrencia de incendios forestales y su distribución según las cuencas hidrográficas de la provincia. Lloret y Zedler (2009) señalan que el ciclo hidrológico de una cuenca se puede ver afectado después de un evento de fuego debido a la pérdida de vegetación, disminución de la materia orgánica y los cambios en las propiedades del suelo, las que causan una disminución en las tasas de infiltración, disponibilidad de agua y aumento del escurrimiento.

En la Figura 6 se distingue la distribución de los incendios según la cuenca hídrica en la que ocurrieron. En la perteneciente a la laguna Mar de Ansenúza se quemaron más de 34.000 hectáreas, esto representa el 0,63% de la misma. Por su parte, tanto la cuenca de Salinas Grandes como la del Río Carcarañá tuvieron más de 20.000 hectáreas quemadas cada una, representando 0,83% y 0,31% del total respectivamente.

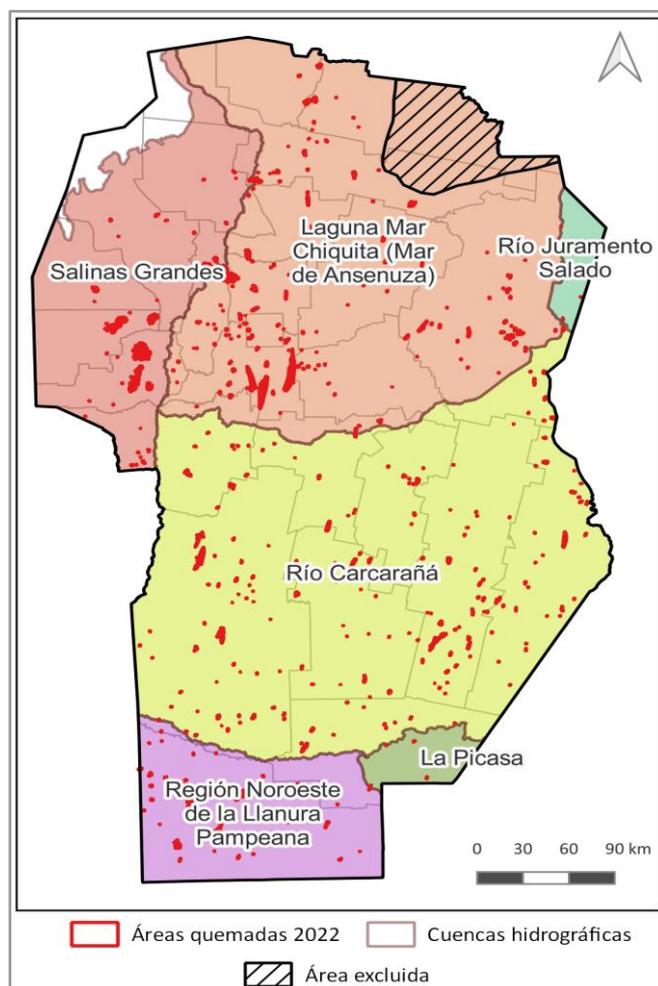


Figura 6: Distribución de los incendios de acuerdo a la cuenca hidrográfica donde ocurrieron.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

Según la clasificación fitogeográfica, la que más se quemó fue la Chaqueña, con 33.457 ha distribuidas en 111 incendios. Sin embargo, el Espinal y la Pampa tuvieron mayor cantidad de incendios, 173 y 158, respectivamente. Esto se debe a que en el Chaco se dio la mayoría de los incendios mayores a 1.000 ha. La región pampeana fue la que menor superficie quemada presentó, y entre ésta y el Espinal presentaron la mayoría de los incendios de entre 10 y 100 ha.

### *Distribución temporal de los incendios durante el año*

La mayor cantidad de incendios forestales y rurales sucedieron durante la época de sequía. Sin embargo, un gran número de incendios fue registrado en las épocas lluviosas. Cabe destacar que el año 2022 fue atravesado por el fenómeno de La Niña (Oscilación del Sur), el cual presenta características que provocan irregularidades en el comportamiento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones, afectando los niveles de humedad en la región donde se encuentra Córdoba.

La mayor cantidad de incendios y la mayor superficie quemada se dieron en el **mes de septiembre, con 122 eventos y casi 40.000 hectáreas alcanzadas** (Tabla 2). Estas cantidades superan ampliamente a los meses de agosto, octubre y noviembre, meses donde también se presentaron condiciones meteorológicas propensas a incendios. Octubre presentó 65 incendios con más de 13.000 hectáreas quemadas y noviembre, 35 incendios, con una extensión de casi 15.000 hectáreas. En el mes de febrero no se registraron incendios y en marzo, sólo se registraron 4 eventos, que se extendieron en 153 hectáreas (Gráfico 2).

Tabla 2: Distribución de la cantidad de incendios y área afectada por meses.

Mes	Cant. de incendios	Superficie afectada (ha)
Enero	11	1.068
Febrero	0	0
Marzo	4	153
Abril	19	849
Mayo	10	283
Junio	34	1.445
Julio	36	3.046
Agosto	78	5.397
Septiembre	122	39.816
Octubre	65	13.200
Noviembre	35	14.814
Diciembre	28	1.473
<b>TOTAL</b>	<b>442</b>	<b>81.544</b>

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



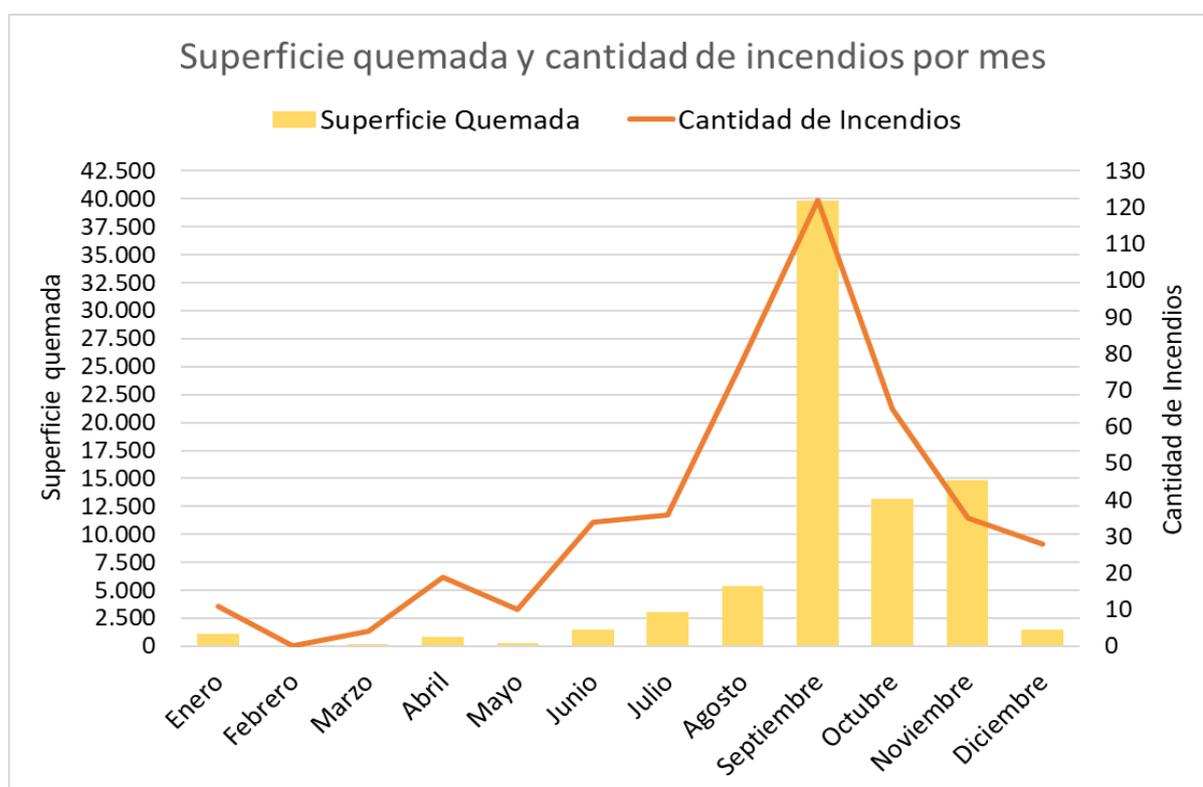


Gráfico 2: Distribución de la cantidad de incendios y superficie afectada, por meses del año.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

Casi el 93% de los incendios registrados cubren menos de 500 hectáreas. A su vez, hubo 29 incendios que superaron estas dimensiones, los cuales representan el 66% del área quemada durante todo el año (53.593 ha). De éstos, los diez más grandes (Figura 5, Tabla 3) se extendieron por más de 1.300 hectáreas, ocurridos entre los meses de agosto y noviembre. Estos meses son los que encabezan el ranking y los que presentaron las condiciones meteorológicas más propensas.

Los incendios más pequeños se distribuyen casi uniformemente a lo largo del año. Esto pudo deberse a actividades de control y combate durante las épocas más riesgosas, por uso controlado del fuego como herramienta de manejo, o por falta de disponibilidad de combustibles o condiciones ambientales desfavorables, lo que previno que los incendios se extiendan y alcancen mayores superficies.

### **Coberturas y usos de suelos afectados por incendios**

A excepción de algunos casos, la mayoría de los incendios ocurridos en la primera mitad del año quemaron tierras destinadas al uso agrícola. Según el mapa de [Cobertura y Uso del Suelo 2020-2021](#) de la provincia, los cultivos (incluye cultivos extensivos, cultivos irrigados y cultivos hortícolas) presentaron la mayor superficie incendiada (más de 37.200 ha), lo cual representa aproximadamente el 46% de todas las áreas quemadas. El segundo tipo de cobertura más afectada fueron los matorrales o arbustales (corresponde a especies leñosas menores a 5 metros de altura), alcanzando una superficie de 21.300 ha (26%), que se caracterizan por tener gran





acumulación de combustibles finos, que facilita incendios de grandes extensiones. En general, este es uno de los tipos de vegetación que suele quemarse con mayor frecuencia, debido a la capacidad de rebrotar de las especies leñosas (árboles y arbustos) y a la habilidad de colonización de las especies herbáceas (pastos y hierbas) posfuego.

En tercer lugar, las pasturas (representa pasturas implantadas para forraje y pasturas manejadas mediante ganadería), con 9.300 ha, representaron el 11% de la superficie que se incendió en el período. Tanto los cultivos como las pasturas, presentan coberturas modificadas para uso agrícola-ganadero.

Cabe destacar que la cobertura de monte (refiere a especies arbóreas mayores a 5 metros) registraron una superficie quemada de 5.300 ha, representado el 7% de la superficie total incendiada, mientras que los pastizales (incluye especies herbáceas, gramíneas y leñosas bajas) registraron una superficie afectada aproximada de 4.400 ha, lo que representa alrededor del 5% de las áreas incendiadas durante 2022 (Gráf.3).

En menor proporción se agregan, 95 ha de borde urbano y 53 ha de plantaciones forestales (forestaciones implantadas con fines maderables). Además, más de 200 ha de bosques que se habían incendiado entre 2020 y 2021, lo que sugiere un intervalo de retorno relativamente breve para los incendios en estos tipos de cobertura.

Sin embargo, la zona serrana, que es donde se presenta la mayor cantidad de vegetación nativa, fue en general la más afectada por los incendios, ya que se combina la quema de pastizales y los grandes incendios ocurridos en Sierras Chicas, cubriendo bosques y matorrales.

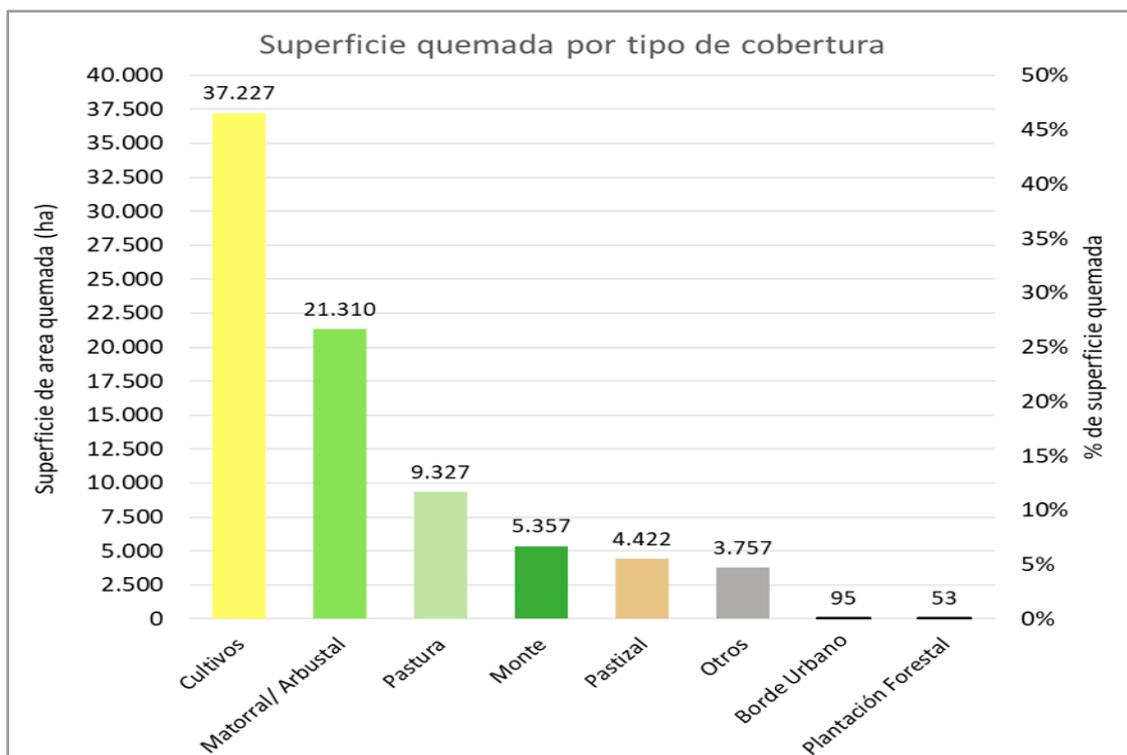


Gráfico 3: Principales coberturas afectadas por incendios durante 2022.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



## Relación entre el relieve y la ocurrencia de los incendios

Analizados los resultados con respecto al relieve provincial, se identifica una relación entre el tamaño de los incendios y la altitud del terreno. A su vez, esta relación va de la mano con los diferentes tipos de vegetación, que pueden encontrarse a lo largo del gradiente altitudinal de la provincia. Se puede reconocer que las fajas de mayor elevación presentaron el menor número de eventos 20%, pero a su vez fueron los de mayor tamaño indicando un porcentaje superior de área quemada 43% (Gráf. 4 y 5).

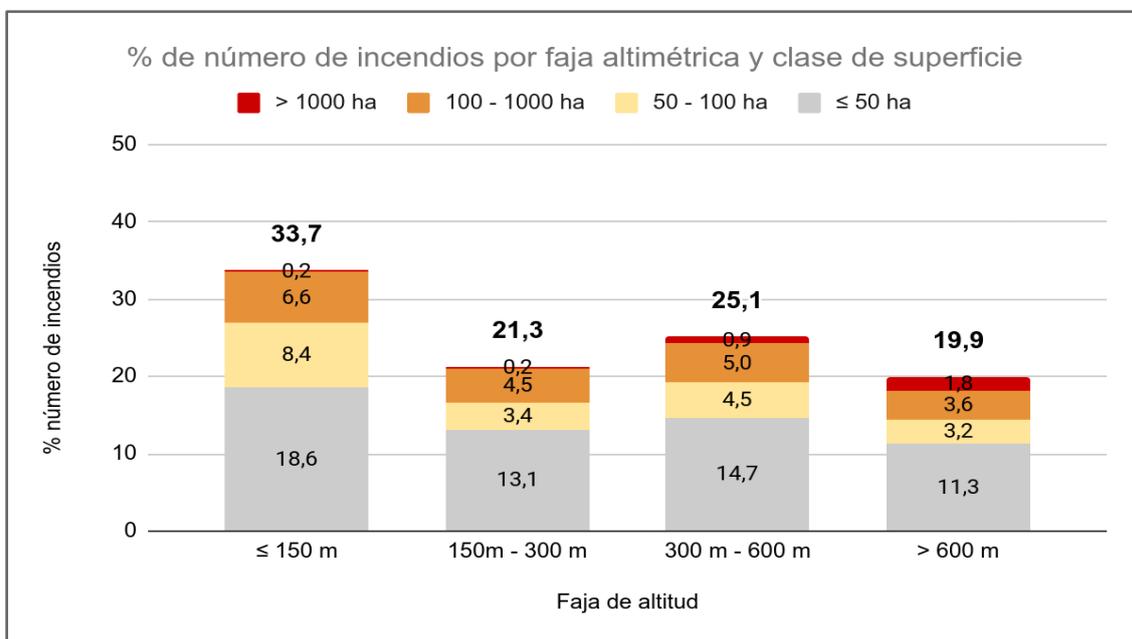


Gráfico 4: Distribución de la cantidad de incendios por faja altimétrica.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

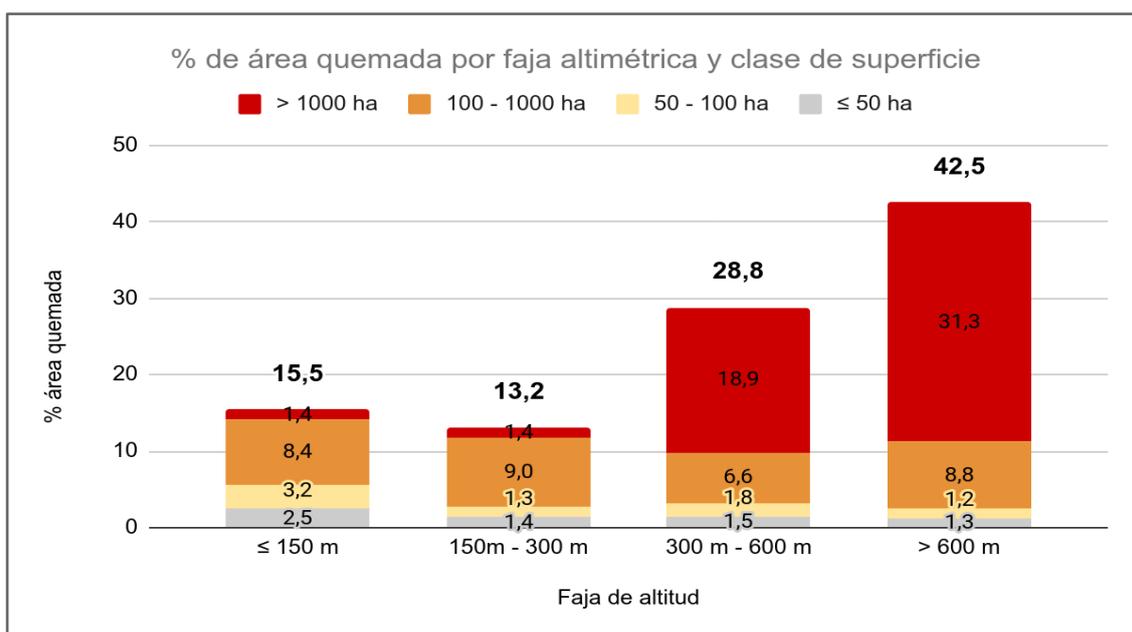


Gráfico 5: Distribución de superficie quemada por faja altimétrica.

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023





Los incendios de grandes extensiones ocurrieron mayormente en las superficies más elevadas, al contrario de los incendios de entre las 10 ha y 1.000 ha, que ocurrieron en todos los estratos altitudinales en proporciones similares. Es destacable que en la llanura (menos de 150 msnm), coincidente en su mayoría con la región de uso agrícola, se dio la mayor cantidad de fuegos. En esta franja altitudinal también se encuentran los bosques del Chaco Árido de la región del valle de Traslasierra, donde casi no se registraron incendios.

### *Incendios registrados en áreas protegidas y reservas naturales*

Otra dimensión territorial importante de ser analizada es la referida a áreas protegidas y reservas naturales. Estos espacios no están exentos de ser alcanzados por el fuego, por incendios que se inician dentro de las mismas o en su entorno. En total, se quemaron aproximadamente 8.000 hectáreas en reservas de distinta categoría nacionales o provinciales<sup>9</sup> y municipales<sup>10</sup>.

En el entorno de la Reserva Hídrica Natural Salsipuedes hubo dos incendios de 13 y 503 ha, y dentro de sus límites se quemaron 363 ha, lo que equivale al 5% de su cobertura. Más de la mitad de estos incendios afectaron bosques y matorrales. Por su parte, dentro y en los límites de la Reserva Natural de la Defensa La Calera hubo cinco incendios, de los cuales 266 hectáreas de pasturas y matorrales se vieron afectados dentro de la misma (equivalente al 2% de la superficie de la reserva), además de zonas ya incendiadas durante los años previos. Esta es una de las reservas nacionales que presenta incendios frecuentemente.

También hubo incendios en las Reservas Hídrica y Recreativa Natural Saldán Inchín, Hídrica y Recreativa Natural Villa Allende, Reserva Natural de la Defensa Ascochinga y Reserva Hídrica y Recreativa Natural Bamba. En total, considerando estas seis reservas, se quemaron 801 hectáreas, el 11% de la superficie cubierta por todas.



Con respecto a las reservas provinciales, hubo casi 10.000 hectáreas incendiadas, si se consideran los Corredores Biogeográficos, Reservas Hídricas, Recreativas, Forestales y de Usos Múltiples.

En particular, en el Parque Nacional Quebrada del Condorito se registraron tres incendios de 74, 47 y 13 hectáreas. Los dos primeros, de mayores dimensiones, fueron registrados por la SGRCCyPC, no así el más pequeño. En todos los casos, se vieron afectados pastizales. Estos incendios fueron los únicos ubicados por encima de los 2.000 msnm. Ocurrieron entre los meses de septiembre y octubre, bajo condiciones extremas de sequía.

---

<sup>9</sup> Disponible en IDECOR en [Áreas Naturales Protegidas y Regiones Naturales](#).

<sup>10</sup> Límites de reservas municipales tomado del estudio de Schneider, C. (2020).



## Importancia de la disponibilidad de mapas de riesgo local ante incendios forestales

Los resultados también fueron analizados en relación a la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de incendios del [Mapa de Riesgo Local ante Incendios Forestales](#) de la SGRCCyPC e IDECOR (IDECOR, 2022), disponible para el Corredor Sierras Chicas (Figura 7). De ello, resulta interesante destacar que las áreas quemadas en 2022 coinciden con sectores de alta amenaza y se identifican próximas a las zonas indicadas como de riesgo de incendio alto y medio. De igual manera, se visualizan también áreas quemadas no coincidentes con áreas de riesgo, ya que ocurrieron en regiones donde no se presentan elementos expuestos (población y/o infraestructura) que definan algún grado de vulnerabilidad en el sector.

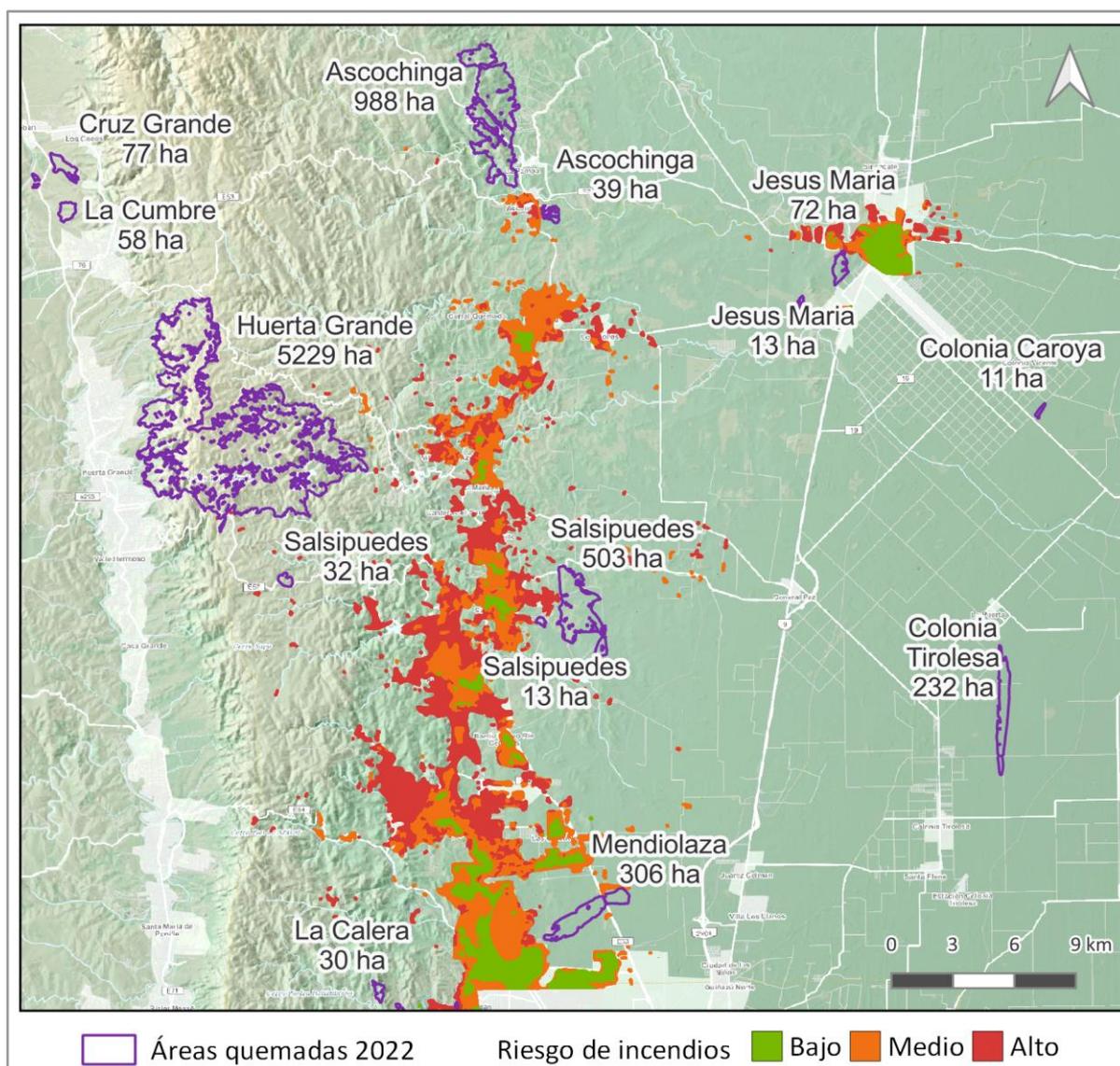


Figura 7: Distribución de incendios ocurridos en el entorno del corredor Sierras Chicas en función del [Mapa de Riesgo Local para Incendios Forestales](#) (actualización 2022)

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

Este cruce de informaciones destaca la importancia de tener una zonificación actualizada de mapas de riesgo ante incendios, ya que en el mismo se indican las áreas de especial protección, donde el personal de prevención y combate debe priorizar su defensa frente a la amenaza inminente de incendios forestales que pongan en riesgo una población.

### *Alcance de los eventos de mayores dimensiones*

El mencionado incendio de Ambul (Figura 8, Tabla 3), el mayor registrado durante 2022, alcanzó 7.058 ha, extendiéndose por dos subcuencas hidrológicas, la del Río de los Sauces (4.026 ha) y la del Río Pichanas (3.032 ha). El mismo inició el día 25 de noviembre y, según los registros de la SGRCCyPC, tuvo una duración de seis días. Gracias a la metodología utilizada se logró identificar una extensión del incendio con mayor certeza, estimándose 1.308 ha por encima de lo informado preliminarmente por el personal de combate contra incendios y reportado a SGRCCyPC. El incendio se desarrolló entre los 997 y 1.655 msnm, con una pendiente media de 16%. La mitad del área quemada, más de 3.800 ha, está cubierta de matorrales y arbustales, seguida de bosques y pasturas en proporciones similares.

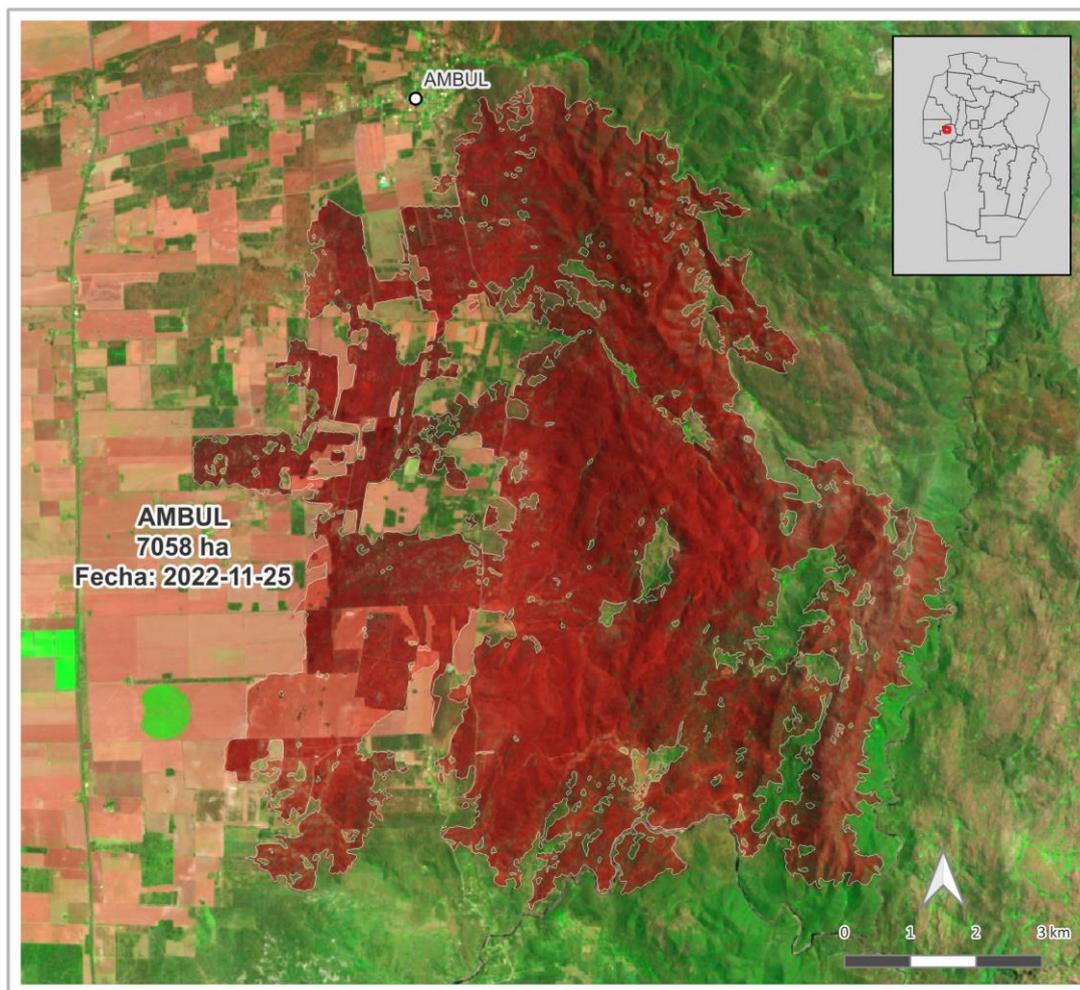


Figura 8: Imagen de falsa composición color, utilizando bandas 'SWIR2', 'NIR' y 'Red' del sensor Sentinel 2 en fecha posterior al incendio (Fecha: 3/12/2022).

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023





El segundo incendio a nivel de dimensión (tamaño), ocurrió en el departamento Río Segundo. Este incendio se inició el 7 de septiembre, extendiéndose por dos días desde la localidad de Toledo, en dirección hacia el sur por aproximadamente 30 km (Figura 9.a, Tabla 3). El mismo abarcó una superficie 6.125 ha distribuidas entre las subcuencas del Río Segundo y del Río Primero.

En tercer lugar, en cuanto a dimensiones, se identifica el incendio iniciado el 8 de octubre, donde se quemaron 5.405 ha de cultivos en la región de Despeñaderos (Dpto. Santa María), entre Monte Ralo y Río Segundo (Figura 9.b, Tabla 3). Este incendio, que duró dos días, también quemó 65 ha de matorrales y arbustales.

Asimismo, el mismo día del 7 de septiembre se registró otro incendio próximo a la localidad de Despeñaderos (en dirección al norte) donde se quemaron 2.721 ha, en mayor proporción de cultivos extensivos anuales, durante 3 días (Figura 9.c, Tabla 3).

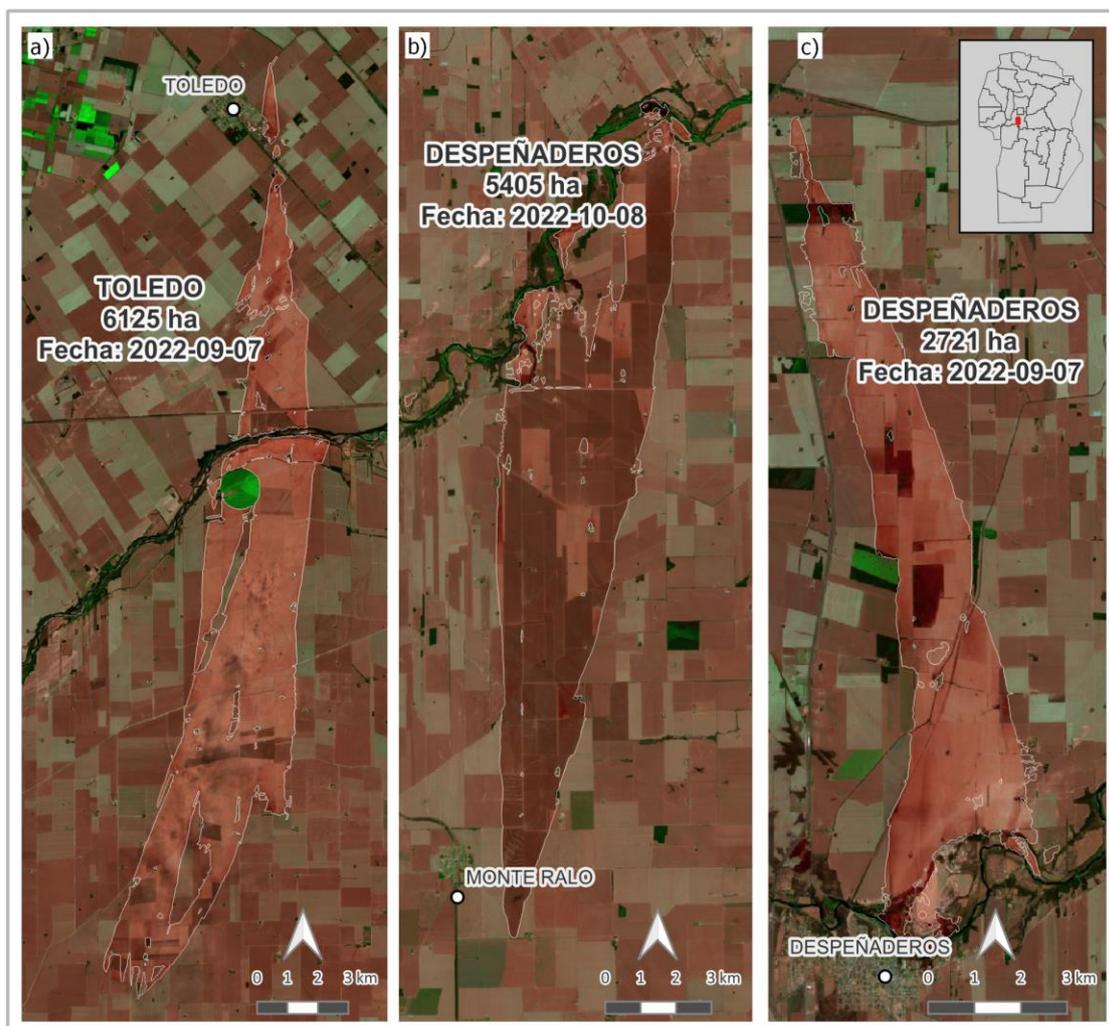


Figura 9: Imágenes de falsa composición color, utilizando bandas 'SWIR2', 'NIR' y 'RED' del sensor Sentinel 2 en fechas posteriores a los incendios a) 11/09/2022 b) 16/10/2022 c) 11/09/2022

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



En la región turística del Valle de Punilla (entre los departamentos Punilla y Colón) ocurrió el cuarto incendio en orden de tamaño, que comenzó en el basural de Huerta Grande (Figura 10, Tabla 3). El mismo inició el día 7 de septiembre y permaneció activo hasta la noche del 12 de ese mismo mes, cubriendo, en similares proporciones, parte de las subcuencas Río Carnero-Salsipuedes y Río Primero, y totalizando 5.229 ha. Las principales coberturas afectadas fueron matorrales y arbustales (43%) y pastizales naturales (26%). El rango de altura del evento se ubicó entre los 960 y 1640 msnm, con 28% de pendiente media.

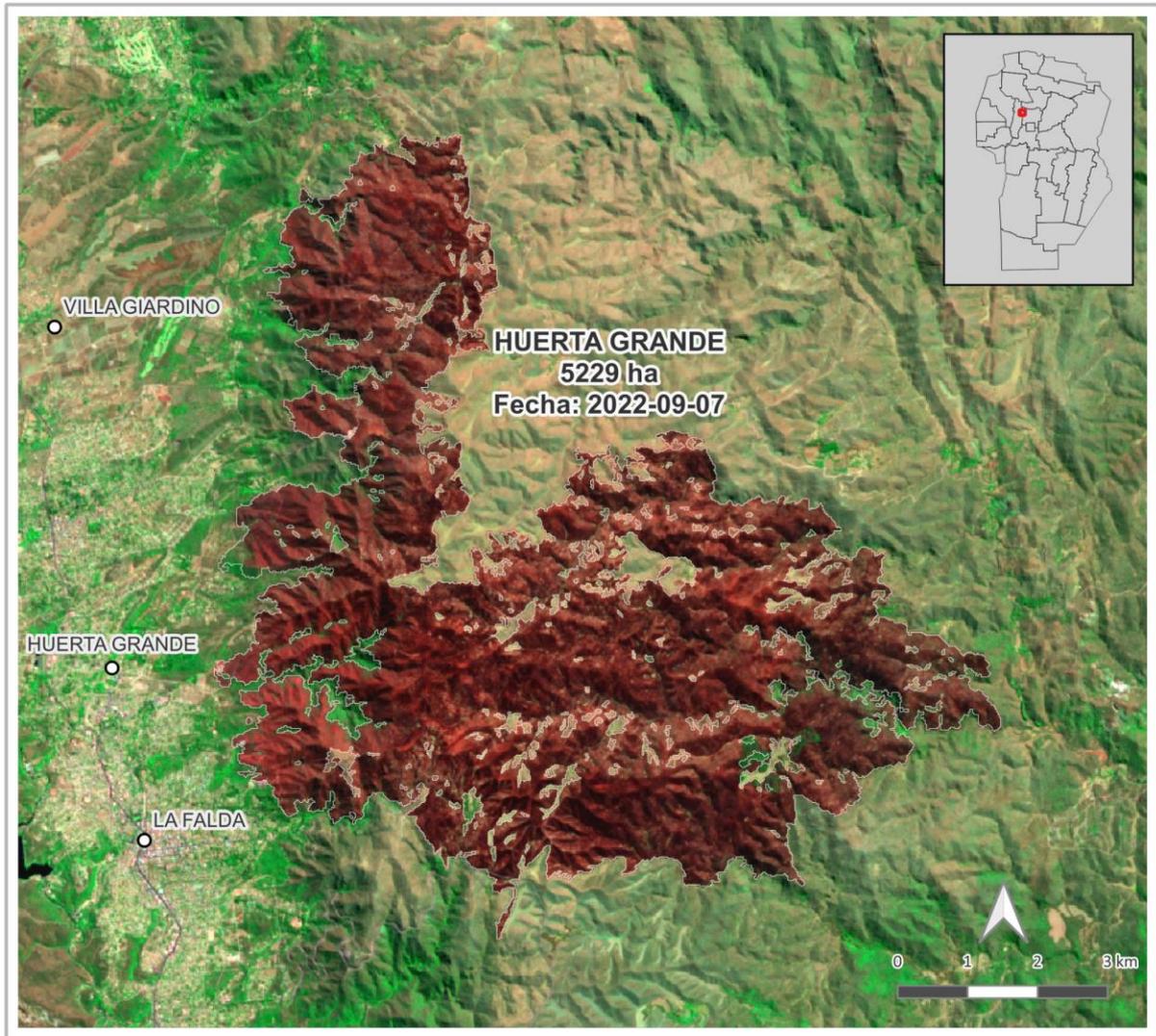


Figura 10: Imagen de falsa composición color, utilizando bandas 'SWIR2', 'NIR' y 'Red' del sensor Sentinel 2 en fecha posterior al incendio (Fecha: 14/09/2022)

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

El mayor incendio ocurrido en el Valle turístico de Traslasierra, cercano a las ciudades de Nono y Mina Clavero (departamento San Alberto) cubrió 3.990 ha, inició el 15 de septiembre y permaneció activo hasta el 21 de ese mes (Figura 11, Tabla 3). Ubicado

entre las subcuencas de Pocho y Río de los Sauces, abarcó 83% de matorrales y arbustales, entre los 873 y 1133 msnm.

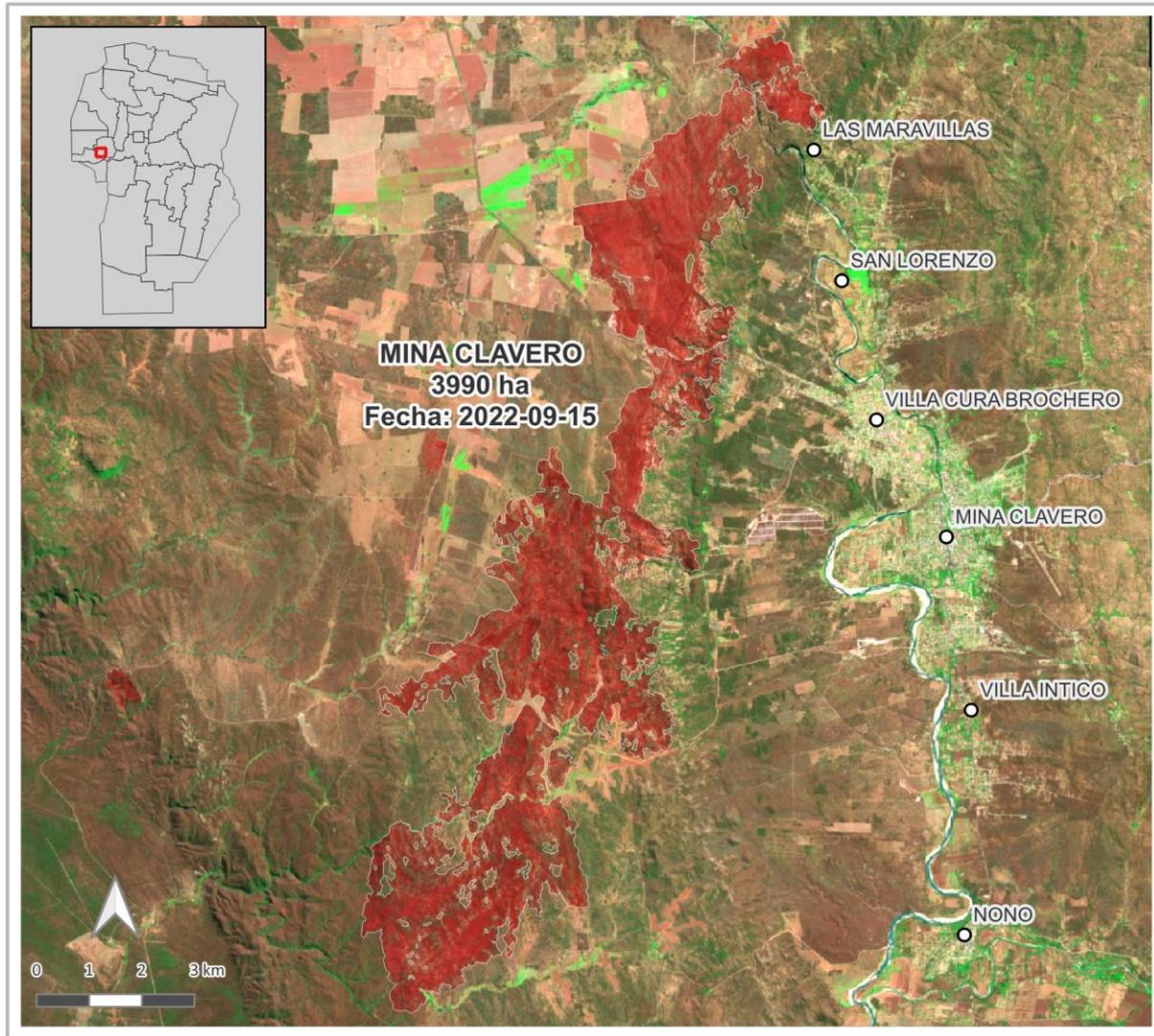


Figura 11: Imagen de falsa composición colorida utilizando bandas 'SWIR2', 'NIR' y 'Red' del sensor Sentinel 2 en fechas posteriores al incendio (Fecha: 04/10/2022)

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023



Tabla 3: Los 10 incendios de mayores dimensiones durante 2022

Departamento	Localidad próxima	Fecha	Sup. (ha)	Alt. mediana (m)	Principal cobertura afectada
San Alberto	Ambul	25/11/2022	7.058	1.145	Matorral / Arbustal
Río Segundo	Toledo	7/9/2022	6.125	367	Cultivo extensivo anual
Santa María	Despeñaderos	8/10/2022	5.405	436	Cultivo extensivo anual
Colón	Huerta Grande	7/9/2022	5.229	1.343	Matorral / Arbustal
San Alberto	Mina Clavero	15/9/2022	3.990	1.014	Matorral / Arbustal
Santa María	Despeñaderos	7/9/2022	2.721	470	Cultivo extensivo anual
Río Cuarto	Alpa Corral	15/9/2022	2.387	654	Cultivo extensivo anual
Pocho	Salsacate	25/11/2022	2.354	1.053	Pastura natural manejada
Pocho	Tala Cañada	16/11/2022	1.912	1.273	Matorral / Arbustal
Punilla	Cuchi Corral	3/10/2022	1.342	1.133	Matorral / Arbustal

Fuente: SGRCCyPC e IDECOR, 2023

### *Disponibilidad de los datos*

La base de datos con el total de incendios detectados se encuentra en el geoportal de la IDE Provincial [MapasCordoba](#). Además de la visualización en el mapa online, también es posible acceder a los mismos vía geoservicios OGC (formatos WFS y WMS), desde software SIG de escritorio u otra aplicación de tipo geográfica, o bien, descargarse en diversos formatos.

El acceso a estos recursos permite observar cada uno de los incendios ocurridos, con la siguiente información particular: extensión en hectáreas, fecha de detección, localidad próxima, sitio de referencia (si lo hubiere) departamento, zona de riesgo de incendio forestal y cuenca hidrográfica donde se localizó el evento. Además, en el siguiente link se puede acceder al listado de [Incendios Forestales ocurridos en la Provincia de Córdoba 2022](#) con información resumida de cada incendio ocurrido.

Usando como fuente de información el [Mapa de Cobertura y Uso del Suelo 2020-2021 de IDECOR](#), se indica también, la dimensión en hectáreas y el porcentaje de las principales tres coberturas afectadas. Así mismo, a partir del [Modelo Digital de Elevaciones](#), también disponible en MapasCordoba (cuyas fuentes son variadas, destacando el MDE-Ar del Instituto Geográfico Nacional), dentro de cada polígono se incluyen los datos de altitud, orientación y pendiente (media, mediana, máxima y mínima).





## 6. Conclusiones

La base de datos de áreas quemadas 2022 es el resultado de un **nuevo programa de la Secretaría de Gestión de Riesgo Climático, Catástrofes y Protección Civil**, desarrollado con el apoyo de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba. Esta base de datos representa el **primer producto completo a nivel provincial, de carácter oficial, homogéneo en su realización técnica y de libre acceso, respecto de áreas quemadas en la provincia de Córdoba**. A partir del mismo se espera que puedan realizarse múltiples estudios, desde abordajes y enfoques diversos, que propicien y faciliten a los gestores del territorio herramientas eficientes para la toma de decisiones, encaminadas tanto a la prevención como a la extinción de los incendios forestales. A su vez, representa una herramienta de valiosa utilidad para el diseño y aplicación de políticas de remediación y asistencia para propietarios y productores afectados.

La utilización de la herramienta BAMT resultó muy conveniente para cartografiar áreas quemadas en la provincia de Córdoba; ello, sin perjuicio de resaltar que su utilización requiere ciertas capacidades técnicas y esfuerzo de post proceso. Por otra parte, si bien el algoritmo incluye una metodología de validación, la misma se basa en el uso de píxeles de alta probabilidad de haber sido incendiados, como datos de entrada para la validación, ante la escasez de información de campo en grandes áreas de estudio. En el caso de este trabajo, las tareas de revisión y control con el registro de incendios de la SGRCCyPC permitió evaluar de manera cualitativa la capacidad de predicción del algoritmo. La disponibilidad de servicios de imágenes de alta resolución (Google Satélite, Maxar, etc.) en las áreas afectadas por los incendios y en dichas fechas, permitiría efectuar una validación más rigurosa de los resultados obtenidos, ajustando si fuera necesario la metodología propuesta.

El presente informe incluye además, diversos análisis con otros datos territoriales disponibles en [MapasCordoba](#), el geoportal IDE de la Provincia, lo que permite advertir el potencial alcance de esta nueva base de datos y la importancia de contar con datos abiertos.

Se pudo observar que los incendios ocurren a lo largo de todo el año, que se queman casi todos los tipos de coberturas presentes en la provincia y que las dimensiones que abarcan son muy variadas. Como era de esperar, los mayores incendios se dieron en la época seca. Asimismo, dada la carencia de cartografía abierta de ocurrencia de incendios en años previos, no fue posible contrastar si los eventos de 2022, fueron de mayores o menores dimensiones y/o cantidades con respecto a otros años, como así tampoco analizar en forma temporal, la distribución de los mismos.

Este nuevo programa impulsado por la SGRCCyPC prevé, **a partir de 2023, la elaboración de esta cartografía en forma mensual**, en simultáneo a la ocurrencia de los incendios. Esto facilitará el cruce de información con los registros de campo de la SGRCCyPC, aportando precisiones a las fechas de ocurrencia, localización y extensión, entre otras variables posibles de incorporar gracias a la metodología aplicada.





## 7. Bibliografía

Bastarrika, A., Alvarado, M., Artano, K., Martínez, M. P., Mesanza, A., Torre, L., Ramo, R. & Chuvieco, E. (2014). BAMS: A tool for supervised burned area mapping using Landsat data. *Remote Sensing*, 6(12), 12360-12380.

Bastarrika, A., Chuvieco, E., & Martín, M. P. (2011). Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors. *Remote sensing of Environment*, 115(4), 1003-1012.

García, M. L., & Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data. *Geocarto International*, 6(1), 31-37.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.

Jaacks, G. (2014). Quemadas prescritas de primavera 2013 en el Parque Nacional Quebrada del Condorito. Informe técnico de la Administración de Parques Nacionales. Programa Conserv. Manejo Recur. Nat. PN Quebrada Condorito. 60.

Key, C. H., & Benson, N. C. (1999). The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM radiometric measure of burn severity. United States Geological Survey, Northern Rocky Mountain Science Center: Bozeman, MT, USA.

Kopta, F., Colombati, M. & Pérez, F.J. (2004). Jornadas de prevención de incendios de montes y pastizales desde las escuelas primarias. Agencia Córdoba Ambiente. Córdoba, Argentina. 40 págs.

IDECOR 2022. Mapas de Riesgo Local para Incendios Forestales Corredor Sierras Chicas y Jesús María 2022. Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR). <https://www.idecor.gob.ar/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Riesgo-marzo2022.pdf>. Consulta enero 2023.

Ley Provincial N° 8751/1999. Normas y procedimientos para el Manejo del fuego. Córdoba, Argentina. <https://www.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2013/05/Ley-8751.pdf>. Consulta enero 2023.

Lloret, F., & Zedler, P. H. (2009). The effect of forest fire on vegetation. *Fire effects on soils and restoration strategies*, 257-295.

Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo, H. M., Aragón, R., Campanello, P. I., Prado, D., Oesterheld, M., & León, R. J. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28(1), 040-063.

Roteta, E., Bastarrika, A., Padilla, M., Storm, T., & Chuvieco, E. J. R. S. O. 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, 1-17.





Roteta, E., Bastarrika, A., Franquesa, M., & Chuvieco, E. (2021). Landsat and Sentinel-2 Based Burned Area Mapping Tools in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(4), 816.

Roteta, E., Bastarrika, A. (2022). Area Mapping Tools in Google Earth Engine User Guide Version 1.7. *Universidad del País Vasco* 13(4), 816.

Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation (No. E75-10354).

Schneider, C. (2020). Situación de las Áreas Protegidas de la Provincia de Córdoba. Asociación para la Conservación y el Estudio de la Naturaleza (ACEN). *Áreas Protegidas de la Provincia de Córdoba*: 2. 57 Pp.

Servicio Meteorológico Nacional (2023). Clima de Argentina: estadísticas de largo plazo. Consulta enero 2023: <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>

Servicio Meteorológico Nacional (2022). El fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) - Diciembre 2022. Consulta enero 2023: <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/2264>





Ministerio de  
**FINANZAS**

Ministerio de  
**GOBIERNO  
Y SEGURIDAD**



**CÓRDOBA**  
*entre todos*

 [mapascordoba.gob.ar](http://mapascordoba.gob.ar)

 [idecor.gob.ar](http://idecor.gob.ar)

 [idecor@cba.gov.ar](mailto:idecor@cba.gov.ar)