

Artículo de investigación

Análisis de la dinámica espacial de los incendios forestales y urbanos en la República del Paraguay en el año 2022, mediante plataforma de geomática basada en la nube.

Camila Ferreira Gill^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción.

* E-mail: camilaferreira@fiuna.edu.py

Recibido: 31/10/2023; Aceptado: 30/11/2023; Publicado: 28/12/2023

Resumen

Paraguay, en el corazón de América del Sur, enfrenta desafíos significativos relacionados con incendios, con impactos devastadores en los ecosistemas, la salud humana y la economía. Esta investigación aborda el uso de Google Earth Engine, una plataforma geoespacial en la nube, para analizar y comprender la problemática de los incendios en Paraguay, tanto forestal como urbano. La plataforma ofrece herramientas poderosas para procesar y analizar grandes volúmenes de datos. La metodología empleada permite analizar la dinámica espacial de los incendios a través de la base de datos FIRMS y los factores naturales y antrópicos que contribuyen a su severidad. Los resultados proporcionan una comprensión integral de los incendios, destacando áreas críticas con un alto riesgo. Este proyecto tiene como objetivo proporcionar información valiosa para la prevención y gestión de incendios, así como sentar las bases para futuras investigaciones y acciones destinadas a proteger los recursos naturales y mejorar la resiliencia de la comunidad. Además, este trabajo subraya las capacidades de Google Earth Engine y su potencial para replicar estudios similares en otros países de América del Sur, lo que destaca su relevancia en la investigación y gestión de incendios forestales y urbanos en la región.

Palabras clave: Google Earth Engine, FIRMS, Incendios Forestales, Incendios Urbanos.

Analysis of the spatial dynamics of forest and urban fires in the Republic of Paraguay in the year 2022, using a cloud-based geomatics platform.

Abstract

Paraguay, located in the heart of South America, confronts significant challenges related to wildfires, with devastating impacts on ecosystems, human health, and the economy. This research utilizes Google Earth Engine, a cloud-based geospatial platform, to analyze both forest and urban fires in Paraguay. The platform provides robust tools for processing extensive datasets. Our methodology scrutinizes the spatial dynamics of fires using the FIRMS database, examining both climatic and anthropogenic factors contributing to their severity. Findings yield a comprehensive understanding of fires, highlighting critical areas with elevated risk. The study's objective is to provide valuable insights for fire prevention and management, establishing foundations for future research and actions to safeguard natural resources and enhance community resilience. Furthermore, we emphasize Google Earth Engine's capabilities and its potential to replicate similar studies in other South American countries, underscoring its relevance in fire research and management in the region.

Keywords: Google Earth Engine, FIRMS, wildfire, urban fire.

1. Introducción

A lo largo de su historia, Paraguay ha experimentado una creciente preocupación por los incendios. En el año 2022, un total de 9,081, 588.3 hectáreas de su territorio se vieron afectadas debido a incendios forestales y urbanos (FIRMS), lo que equivale a un aproximado de 20% del área total del país. Estos incendios han tenido un impacto devastador en los ecosistemas, la salud humana y la economía. Han provocado la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de vidas humanas. No es un problema exclusivo de Paraguay, ya que países vecinos como Argentina y Brasil también se han visto afectados por incendios devastadores en los últimos tiempos. Comprender y abordar esta problemática es fundamental para toda la región, para proteger nuestros bosques, nuestra biodiversidad y nuestra comunidad. En ese contexto, esta investigación tiene como objetivo analizar y comprender la problemática de los incendios en Paraguay, con un enfoque en su ocurrencia en el año 2022.

En esta investigación, se abordan factores esenciales que influyen en la ocurrencia de incendios, entre ellos, el clima (temperatura, humedad, viento y lluvia), las actividades económicas y las leyes relacionadas con el fuego. Estos factores se consideran cruciales para un análisis integral de los incendios, ya que se entrelazan en un complejo sistema de interacciones que afecta a la frecuencia y severidad de los incendios forestales y urbanos.

Para llevar a cabo este estudio, se hace uso de la herramienta Google Earth Engine, una plataforma geoespacial en la nube. Esta plataforma ofrece acceso a imágenes satelitales de alta resolución y una variedad de herramientas y bases de datos para procesar y analizar grandes volúmenes de datos geoespaciales de manera eficiente. En particular, se utiliza la base de datos FIRMS, que rastrea los focos de calor en todo el mundo, proporcionando una visión en tiempo real de la actividad de incendios.

Los objetivos principales de esta investigación son identificar los factores y causas que influyen en la ocurrencia de incendios y estudiar los patrones espaciales y temporales de los mismos. Además, se busca proporcionar información valiosa para la prevención y gestión de incendios, sentando las bases para futuras investigaciones y acciones destinadas a proteger los recursos naturales y mejorar la resiliencia de la comunidad. En última instancia, este trabajo no solo tiene relevancia para Paraguay, sino que también subraya las capacidades de Google Earth Engine y su potencial para replicar estudios similares en otros países de América del Sur. La importancia de este esfuerzo radica en su capacidad para avanzar en la comprensión y gestión de incendios forestales y urbanos, contribuyendo a la conservación de ecosistemas y la protección de comunidades.

2. Metodología.

2.1. Revisión de Literatura.

Para entender adecuadamente esta problemática, es crucial definir algunos conceptos clave. Un incendio, según la ley N° 6818 de manejo integral del fuego paraguaya, se refiere a un fuego incontrolado, que puede ser provocado por causas humanas o fenómenos naturales. Según lo estipulado por el Instituto Forestal Nacional de la República del Paraguay, cuando hablamos de un "foco de calor", nos referimos a anomalías de altas temperaturas en la superficie terrestre, detectadas por sensores satelitales. Los "focos activos" representan zonas donde se acumulan al menos 3 focos de calor a una distancia máxima de 3 km. Estas definiciones proporcionan el contexto necesario para comprender el alcance y la gravedad de los incendios analizados a través de las imágenes satelitales.

2.2. Área de estudio.

Paraguay es un país ubicado en el corazón de América del Sur. Limita al norte con Bolivia y Brasil, al sur y al este con Argentina, y al norte y noroeste con Bolivia. Se encuentra en la región conocida como el Cono Sur. Tiene una superficie total de aproximadamente 406,752 kilómetros cuadrados, lo que lo convierte en uno de los países más pequeños de América del Sur.

El país se caracteriza por su ubicación en el centro de la cuenca del río Paraguay, que cruza el país de norte a sur, y divide el país en dos regiones principales: la Región Oriental y la Región Occidental. La ubicación de Paraguay en la cuenca del río Paraguay y su conexión con los países vecinos lo convierten en un importante punto geográfico en la región.

2.3. Factores Climáticos y Antrópicos.

La dinámica de los incendios forestales y urbanos se ve significativamente influenciada por diversos factores, entre los que destacan las condiciones climáticas y las actividades económicas. Los aspectos climáticos, como la precipitación, la temperatura, la humedad y el viento, juegan un papel central en la propagación y severidad de los incendios, al afectar la humedad del suelo y la inflamabilidad de la vegetación. Por otro lado, las actividades económicas, especialmente la agricultura y la expansión de la infraestructura, pueden aumentar el riesgo de incendios. La quema de tierras para la preparación de cultivos, la deforestación, el uso de agroquímicos y la urbanización en áreas cercanas a bosques son factores que contribuyen al problema. Comprender cómo estos elementos se entrelazan y su impacto es crucial para desarrollar estrategias efectivas de prevención y gestión de incendios.

En Paraguay, un país con diversidad de climas, se observa una marcada distinción entre la Región Oriental, situada al este del río Paraguay, y la Región Occidental, conocida como el Chaco Paraguayo. La Región Oriental experimenta condiciones climáticas más húmedas, con temperaturas promedio de 22 °C a 28 °C, y una temporada seca de abril a septiembre. La precipitación anual varía de 1,000 a 1,500 mm. En contraste, el Chaco Paraguayo es notablemente más árido, con temperaturas extremas que pueden superar los 45 °C en verano y descender por debajo de 0 °C en invierno. La estación seca se extiende y la precipitación anual se reduce a 500-800 mm. Fenómenos meteorológicos como El Niño y La Niña pueden influir en estos patrones climáticos.

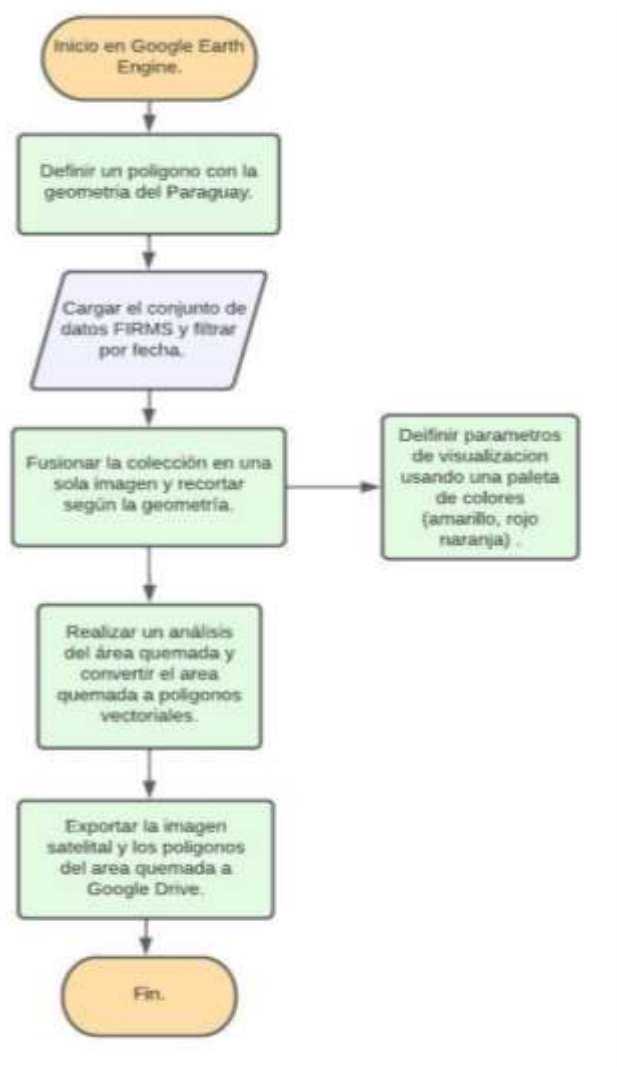
Este contexto climático desempeña un papel crucial en la dinámica de los incendios, impactando la humedad del suelo, la vegetación, la inflamabilidad y la propagación del fuego. La falta de precipitación y temperaturas elevadas durante sequías prolongadas hacen que la vegetación sea altamente inflamable. El viento, otro factor crítico, transporta chispas y brasas, acelerando la expansión del fuego y afectando su dirección y velocidad.

Paraguay ostenta una economía diversificada, destacando la agricultura, la industria y el comercio como pilares. La producción de cultivos como soja, maíz, trigo, caña de azúcar y algodón es esencial. La industria abarca alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, metalurgia, energía y construcción. El comercio aprovecha la ubicación estratégica del país en el centro de América del Sur, fomentando intercambios comerciales, especialmente en productos agrícolas y manufacturados. Estas actividades económicas influyen en los incendios de diversas maneras. La quema de tierras para preparar cultivos, la expansión agrícola y la ganadería intensiva contribuyen al riesgo de incendios. La deforestación debida a estas actividades reduce la humedad del suelo, incrementa la inflamabilidad y facilita la propagación del fuego. Prácticas agrícolas inadecuadas, como el uso excesivo de agroquímicos y la mala gestión de residuos, también aumentan el riesgo. La urbanización y la infraestructura en áreas boscosas introducen fuentes de ignición adicionales, como cables eléctricos defectuosos y actividades humanas negligentes.

En conjunto, estos factores climáticos y económicos inciden significativamente en los incendios de Paraguay, requiriendo una comprensión profunda y un análisis detallado para desarrollar estrategias efectivas de prevención y control de incendios en la región.

2.4. Procesamiento de datos en Google Earth Engine.

Figura 1. Flujoograma de trabajo.



Para llevar a cabo el análisis multitemporal, hemos aprovechado la versátil plataforma en la nube, Google Earth Engine. Esta herramienta fusiona una extensa base de datos con poderosas funcionalidades de procesamiento y análisis geoespacial en un entorno de programación basado en JavaScript. Con un alcance global, Google Earth Engine nos permite realizar tareas avanzadas como clasificación de imágenes, cálculo de índices espectrales, seguimiento de cambios temporales y modelado de procesos ambientales.

La infraestructura de Google Earth Engine permite procesar enormes volúmenes de datos con eficiencia y proporcionar resultados rápidos y escalables. Esta capacidad es especialmente valiosa para nuestra investigación, que analiza la extensa área territorial de un país. La fuente utilizada es el Sistema de Información de Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS), una fuente confiable y actualizada para la monitorización de incendios. Este sistema rastrea las ubicaciones de incendios activos casi en tiempo real utilizando el producto de Anomalías de Fuego y Térmicas MODIS MOD 14/MYD 14 estándar. Los datos resultantes se rasterizan, lo que asegura su representación precisa y coherente en forma de píxeles de 1 km en nuestro producto final.

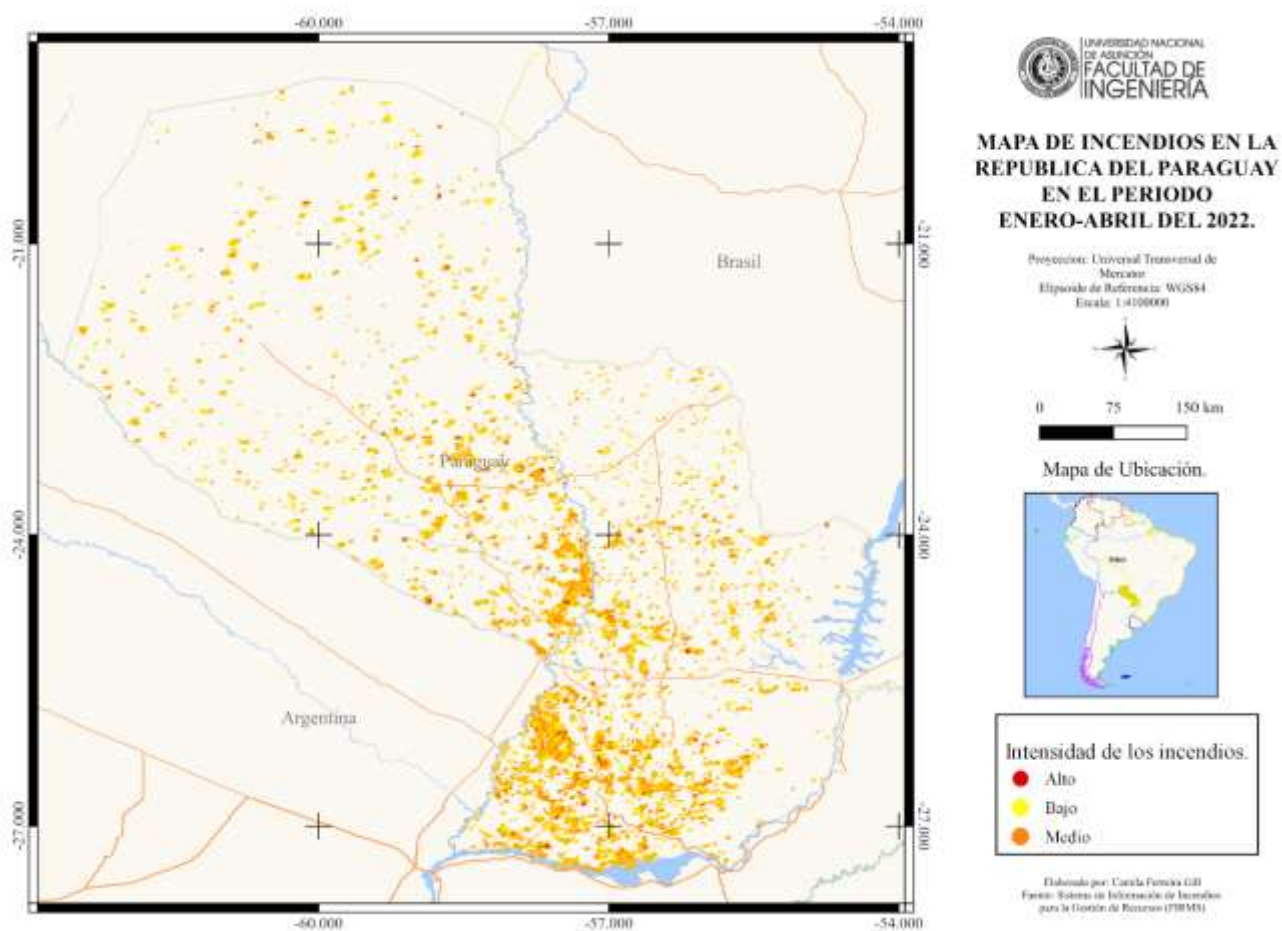
Fuente: Elaboración Propia.

Para cumplir los objetivos específicos trazados, se utilizó la plataforma geomática software Arcgis 10.3 académico. Para la cuantificación del área incendiada por departamento, se hizo uso del programa Arcgis 10.3 académico, en el cual realizamos un cálculo de geometría de cada polígono que representaba un incendio, luego exportamos esos datos como tabla para analizarlos en Google Sheets y con los datos que quedaron si hizo la realización de mapas temáticos, por cuatrimestre, en comparación a áreas de cultivo, a áreas protegidas y núcleos urbanos.

3. Resultados

3.1. Primer cuatrimestre del año 2022.

Figura 2. Mapa de Incendios en la República del Paraguay en periodo enero-abril del 2022.



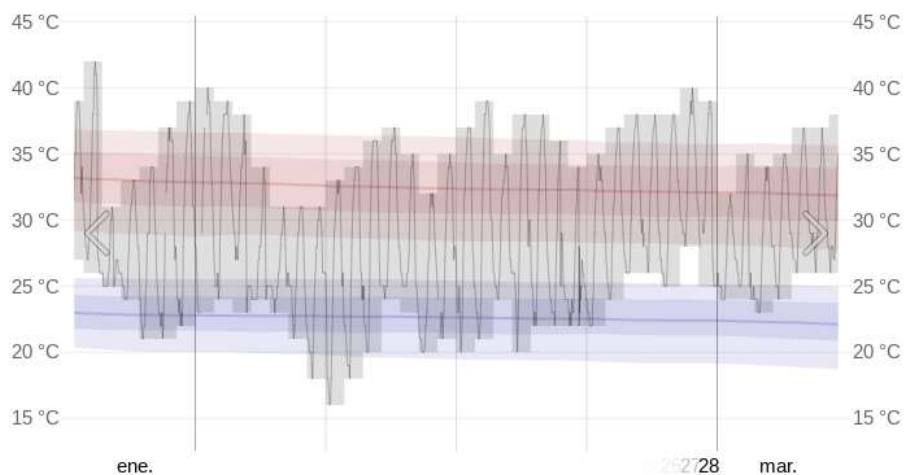
Fuente: Elaboración Propia, con base en Sistema de Información de Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS).

Tabla 1. Distribución de áreas incendiadas por departamento en el primer cuatrimestre del 2022.

Departamentos afectados	Incendios Registrados por Departamento	Área total afectada por incendios (km2)	Porcentaje del departamento afectado
Alto Paraguay	373	4522,51	5,75 %
Alto Paraná	78	746,80	5,25 %
Amambay	109	986,96	7,87 %
Asunción	3	3,49	2,73 %
Boquerón	394	5016,56	5,66 %
Caaguazú	195	2329,62	18,06 %
Caazapá	313	3864,13	40,48 %
Canindeyú	157	1723,06	11,46 %
Central	76	1253,68	51,998 %
Concepción	113	1036,60	5,595 %
Cordillera	162	1718,21	35,89 %
Guairá	67	507,86	13,13 %
Itapúa	299	3749,86	23,64 %
Misiones	364	4795,66	58,81 %
Ñeembucú	425	7209,29	61,79 %
Paraguarí	324	4877,55	56,74 %
Presidente Hayes	947	15783,15	21,43 %
San Pedro	276	3659,75	17,56 %

Fuente: Elaboración propia, con base en Sistema de Información de Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS).

Los datos de incendios por departamento y la información sobre el área afectada proporcionan una visión detallada de la situación de los incendios en dicho periodo determinado.

Figura 3. Datos históricos de temperatura en febrero de 2022 en Asunción.

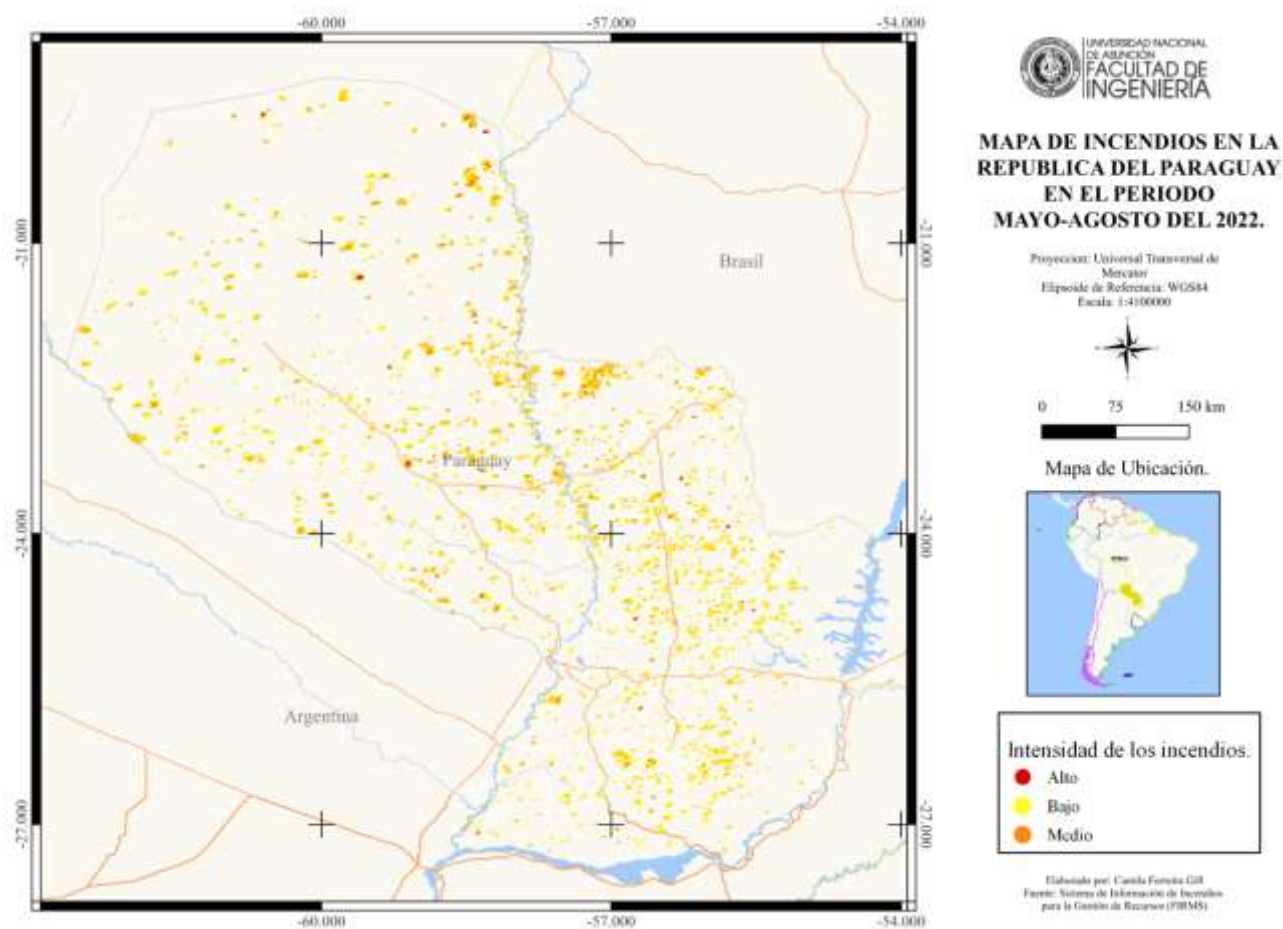
Fuente: Weather Spark.

Como podemos apreciar en la tabla 1, un área equivalente a 63784,74 km² fue el área afectada por incendios a lo largo de todo el territorio. El departamento más afectado fue Ñeembucú, seguido por Misiones y Central. Durante la temporada de verano, se observa un incremento significativo en la probabilidad y la propagación de los incendios. En este cuatrimestre se registraron elevadas temperaturas, de un promedio de aproximadamente 26 a 27 grados centígrados, dichas características y bajos niveles de humedad relativa contribuyen a crear un entorno propicio para la aparición y la rápida expansión de los incendios.

Añadido a esto, se registró en este periodo una gran quema de pastizales en humedales como método de presión y quemas mayoritariamente intencionales, acentuados por la gran sequía, lo cual trajo como consecuencia incendios que en su mayoría acaban superando la capacidad de contención de las fuerzas de bomberos, y las características climáticas resultan en un nivel de propagación muy avanzado.

3.2. Segundo cuatrimestre del año 2022.

Figura 4. Mapa de Incendios en la República del Paraguay en periodo mayo-agosto del 2022.

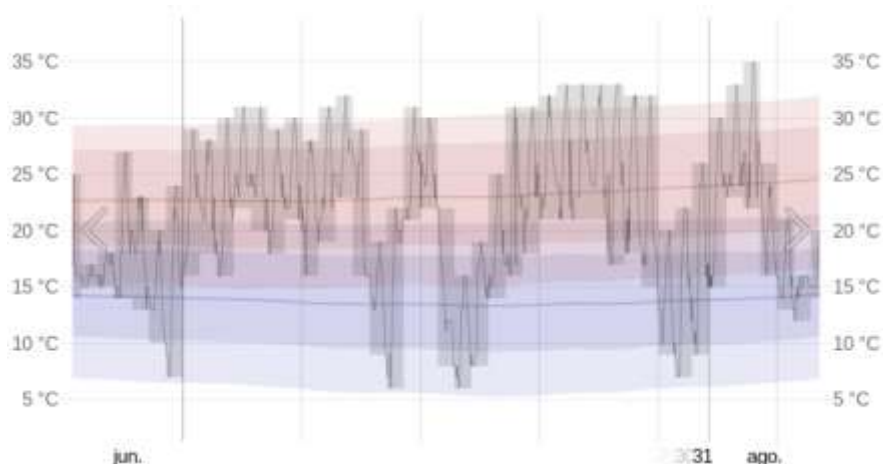


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Distribución de áreas incendiadas por departamento en el segundo cuatrimestre del 2022.

Departamentos afectados	Incendios Registrados por Departamento	Área total afectada por incendios (km2)	Porcentaje del departamento afectado
Alto Paraguay	408	5171,86	6,58 %
Alto Paraná	62	505,21	3,55 %
Amambay	117	1064,84	8,49 %
Asunción	1	2,07	1,62 %
Boquerón	447	4951,47	5,59 %
Caaguazú	178	1603,54	12,43 %
Caazapá	160	1737,21	18,20 %
Canindeyú	213	1583,61	10,53 %
Central	20	277,91	11,53 %
Concepción	252	2773,77	14,97 %
Cordillera	40	302,44	6,32 %
Guairá	25	235,56	6,09 %
Itapúa	81	847,16	5,34 %
Misiones	56	507,30	6,22 %
Ñeembucú	49	558,51	4,79 %
Paraguari	78	754,03	8,77 %
Presidente Hayes	604	6928,20	9,41 %
San Pedro	383	3638,39	17,46 %

Fuente: Elaboración propia, con base en Sistema de Información de Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS).

Figura 5. Datos históricos de temperatura en julio de 2022 en Asunción.

Fuente: Weather Spark.

Durante el segundo cuatrimestre del año 2022, de mayo a agosto, observamos una disminución significativa en los incendios en comparación con el primer cuatrimestre. Se puede observar una disminución en comparación al primer cuatrimestre de dicho año, con un total de 33443,08 km², un 52,4 % menos. Como se puede observar en la tabla 2, los departamentos más afectados, en el segundo cuatrimestre fueron Caazapá, San Pedro y Concepción.

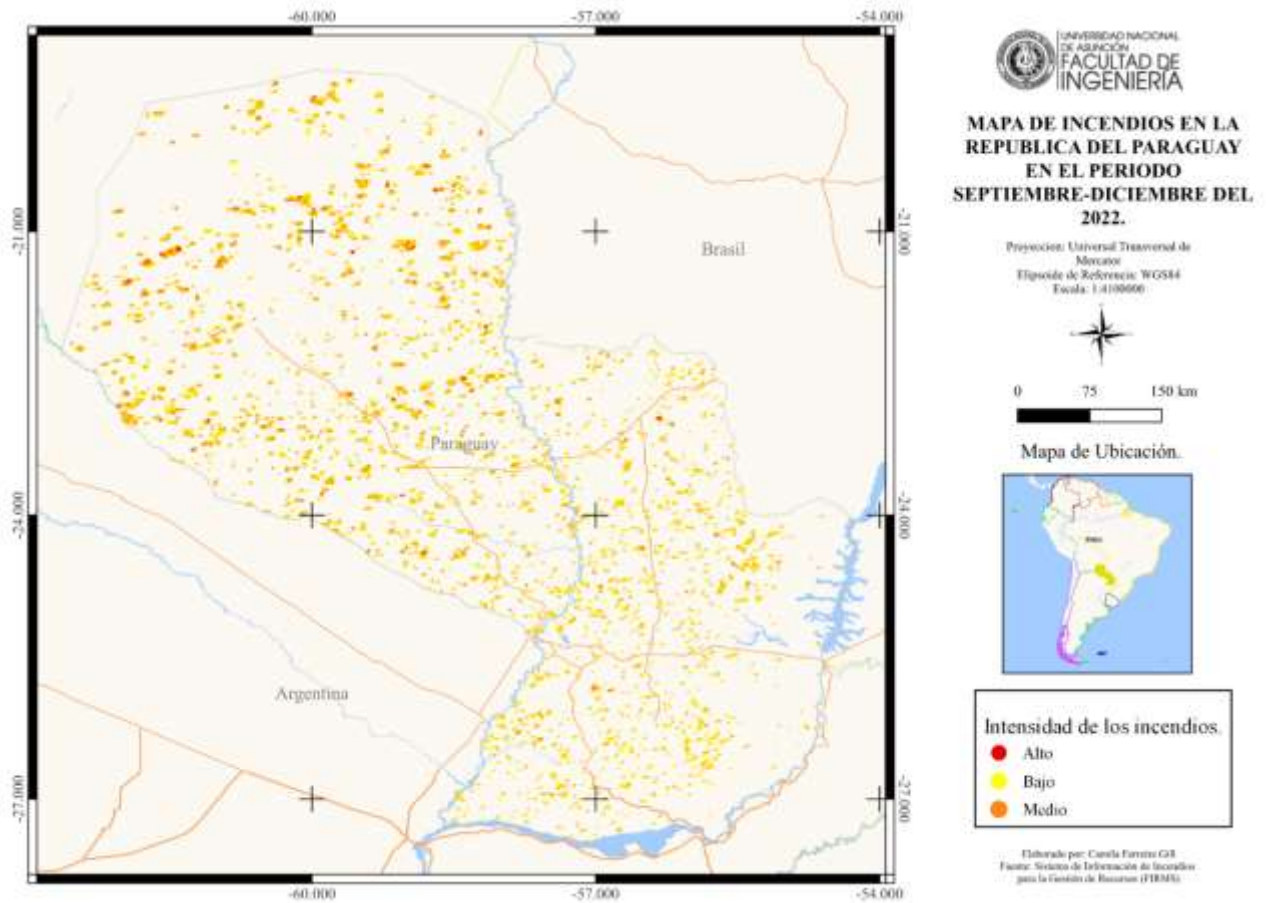
Esta reducción se atribuye en gran medida a una serie de factores climáticos clave. En esta temporada, las temperaturas promedio son generalmente más bajas, lo que conlleva una disminución de la evaporación de la humedad de los combustibles naturales, como la vegetación y la biomasa seca. Esto resulta en un ambiente menos inflamable, ya que la sequedad de estos combustibles es menor. La humedad relativa del aire también tiende a ser más alta durante el invierno debido a las precipitaciones y las condiciones atmosféricas más húmedas propias de esta estación. Esta humedad relativa más alta contribuye a la inhibición de la ignición y propagación del fuego, ya que la vegetación es menos propensa a incendiarse en condiciones más húmedas. Otro factor climático crítico es la disminución de la intensidad del viento durante el invierno en comparación con otras estaciones. Los vientos menos intensos reducen la capacidad de transporte de chispas y partículas encendidas a distancias significativas. La menor actividad del viento limita la propagación de los incendios y reduce su incidencia, lo que explica la disminución observada en comparación con el primer cuatrimestre.

Además de los factores climáticos, se deben tener en cuenta factores económicos y antropogénicos. Durante esta temporada, se observa una reducción en las prácticas agrícolas intensivas, particularmente en lo que respecta a la quema de tierras utilizada para la preparación de cultivos. Las condiciones climáticas menos favorables, caracterizadas por temperaturas más bajas y humedad relativa más alta, disuaden a los agricultores de recurrir a la quema como método de limpieza de terrenos y preparación de suelos. Este factor es fundamental, ya que la quema agrícola puede actuar como un importante catalizador de incendios incontrolados. Este tipo de actividades son claves a la hora de realizar este tipo de análisis, teniendo en cuenta que forman parte de pilares de nuestra economía. Las actividades económicas, como la agricultura y la ganadería, tienden a ser menos intensivas durante la temporada de invierno, lo que resulta en una disminución de la presión sobre los bosques y la vegetación circundante. La expansión de la agricultura y la deforestación están intrínsecamente relacionadas con un mayor riesgo de incendios forestales, ya que estas actividades

tienden a eliminar la cubierta forestal, aumentar la inflamabilidad y facilitar la propagación del fuego. Sin embargo, durante el segundo cuatrimestre, existe una menor actividad en estas áreas, lo que se traduce en una reducción significativa del riesgo de incendios forestales.

3.2. Tercer cuatrimestre del año 2022.

Figura 6. Mapa de Incendios en la República del Paraguay en periodo septiembre-diciembre del 2022.



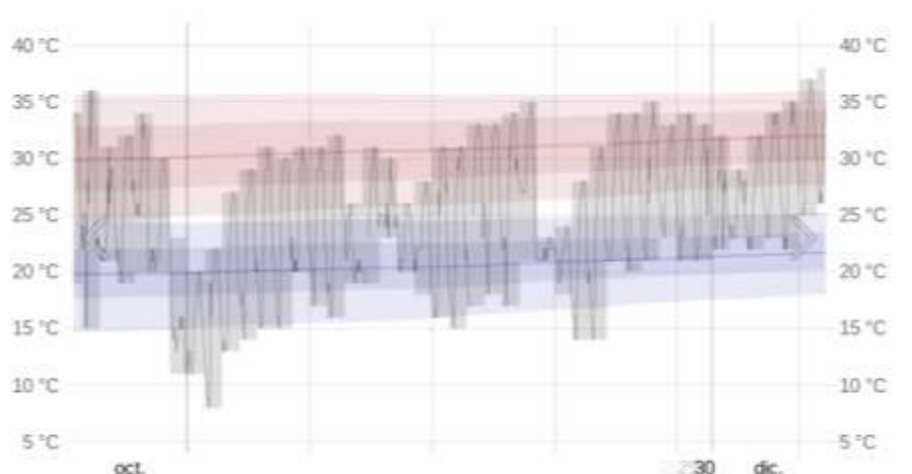
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Distribución de áreas incendiadas por departamento en el tercer cuatrimestre del 2022.

Departamentos afectados	Incendios Registrados por Departamento	Área total afectada por incendios (km ²)	Porcentaje del departamento afectado
Alto Paraguay	704	9346,75	11,89 %
Alto Paraná	35	313,92	2,21 %
Amambay	137	1089,57	8,69 %
Asunción	2	4,14	3,23 %
Boquerón	846	10882,74	12,28 %
Caaguazú	158	1473,39	11,42 %
Caazapá	132	1311,27	13,74 %
Canindeyú	192	1615,45	10,75 %
Central	33	297,99	12,36 %
Concepción	185	1666,23	8,99 %
Cordillera	70	663,39	13,86 %
Guairá	34	300,56	7,77 %
Itapúa	96	863,82	5,45 %
Misiones	70	892,78	10,95 %
Ñeembucú	130	1432,21	12,27 %
Paraguari	84	919,50	10,70 %
Presidente Hayes	954	10713,18	14,54 %
San Pedro	319	3028,58	14,53 %

Fuente: Elaboración propia, con base en Sistema de Información de Incendios para la Gestión de Recursos (FIRMS).

Durante el tercer cuatrimestre del año 2022, se registró un total de 46,815.47 km² de área incendiada en todo el territorio de Paraguay. Los departamentos más afectados en este periodo, que abarca desde septiembre hasta diciembre, fueron presidente Hayes, San Pedro y Caazapá. Estos datos indican un incremento notable en la frecuencia y extensión de los incendios en comparación con el segundo cuatrimestre. Se registró el regreso del calor estival a Paraguay, un período en el que las temperaturas aumentan y las condiciones climáticas presentan desafíos significativos. A medida que avanzaba el año, se observó un incremento en la frecuencia y extensión de los incendios, aunque este aumento fue notablemente menor en comparación con el primer cuatrimestre, cuando se registró un pico alarmante de incendios.

Figura 7. Datos históricos de temperatura en noviembre de 2022 en Asunción.

Fuente: Weather Spark.

Este menor aumento se debió, en parte, a la implementación de restricciones basadas en la información proporcionada por un boletín de perspectiva climatológica emitido por la dirección de meteorología e hidrología de Paraguay. Según el boletín, existía una alta probabilidad de que las condiciones de "La Niña" persistieran hasta el primer trimestre de 2023. Esta previsión indicaba temperaturas más elevadas de lo habitual y lluvias acumuladas por debajo de lo normal en la mayor parte del país, lo que implicaba un aumento de la sequía. En respuesta a esta información, se estableció una restricción que prohibía el uso del fuego como práctica alternativa en áreas forestales, agrícolas y urbanas con el objetivo de mitigar el riesgo de incendios forestales. Estas restricciones tuvieron efectos positivos notables en la disminución de la incidencia de incendios en este cuatrimestre.

Además, el Instituto Forestal Nacional (Infona) suspendió la autorización de permisos de quema en todo el país hasta el 31 de diciembre de 2022 debido a las condiciones climáticas adversas y la ocurrencia de incendios forestales. La resolución fue posible tras su confirmación como autoridad encargada de aplicar la Ley 6.818/21 «De Manejo Integral del Fuego» con la reciente reglamentación aprobada por el Ejecutivo (Decreto N° 7.775/22), y se basó en las previsiones climáticas que no eran propicias para el uso del fuego en ninguna de sus formas. Considerando esto, las condiciones no eran adecuadas para autorizar solicitudes de permisos de quema en todo el territorio nacional.

Las restricciones basadas en la información climatológica y la suspensión de permisos de quema implementadas por el Infona desempeñaron un papel crucial en la reducción de los incendios durante este periodo. Estas medidas se tomaron como parte de los esfuerzos para prevenir incendios en un entorno climático adverso y contribuyeron a mitigar los riesgos asociados con la temporada de sequía y altas temperaturas.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de este estudio reflejan una clara variabilidad en la incidencia de incendios a lo largo del año 2022 en Paraguay. En el primer cuatrimestre, se observó un aumento significativo en la frecuencia y extensión de los incendios forestales, seguido de una disminución en el segundo cuatrimestre debido a condiciones climáticas menos propicias para la ignición. Finalmente, el tercer

cuatrimestre presencié un incremento moderado en los incendios, mitigado por restricciones implementadas y condiciones climatológicas desafiantes.

El rol del Estado en la gestión de incendios se vuelve evidente en la eficacia de las restricciones implementadas durante el tercer cuatrimestre. La prohibición del uso del fuego en áreas propensas a incendios forestales, en conjunto con una regulación precisa, marcó la diferencia. La institución responsable, el Instituto Forestal Nacional (Infona), desempeñó un papel fundamental al monitorear condiciones climáticas adversas y al aplicar decisiones fundamentadas.

Esta investigación sienta las bases para futuros estudios y análisis en profundidad sobre la gestión de incendios. La versatilidad y el alcance de herramientas como Google Earth Engine y su amplia base de datos, como FIRMS permiten un monitoreo continuo y ha demostrado ser esencial para comprender y gestionar estos eventos. Permite la detección de patrones, el monitoreo de cambios en tiempo real y la formulación de políticas basadas en evidencia. La tecnología juega un papel crucial en la prevención y mitigación de incendios, y su aplicación en la toma de decisiones es fundamental, así como la interpolación con áreas boscosas, áreas de cultivo y zonas urbanas. La capacidad de realizar este tipo de seguimiento presenta un vasto campo de oportunidades para mejorar la comprensión de estos fenómenos. Además, los resultados y metodologías desarrollados en esta investigación tienen el potencial de ser aplicados en otros países de la región con desafíos similares en la gestión de incendios, lo que abre la puerta a una colaboración regional en la búsqueda de soluciones efectivas y estrategias de conservación de recursos naturales. La tecnología y el análisis basado en datos se revelan como aliados cruciales en la protección de los ecosistemas y la reducción del impacto de los incendios en la región sudamericana y más allá.

Referencias bibliográficas

NASA's Fire Information for Resource Management System (FIRMS). (2022). FIRMS Database. <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>

Instituto Nacional de Estadística. (2011). Censo Económico Nacional. <https://www.ine.gov.py/microdatos/cartografia-digital-2012.php>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Incendios Forestales y Manejo Forestal Sostenible en Paraguay. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i6139s/I6139S.pdf>

Google LLC. (2023). Google Earth Engine: Plataforma de análisis geoespacial basada en la nube. <https://earthengine.google.com/>

Instituto Paraguayo de Comunicación y Tecnología. (11 de septiembre de 2022). Infona suspende autorización de permisos de quema por condiciones de sequía en todo el país. <https://www.ip.gov.py/ip/infona-suspende-autorizacion-de-permisos-de-quema-por-condiciones-de-sequia-en-todo-el-pais/#:~:text=Asunci%C3%B3n%2C%20Agencia%20IP,ante%20ocurrencia%20de%20incendios%20forestales.>

Weatherspark. (2023). Datos climatológicos de 2022. Recuperado de <https://weatherspark.com/>

Dirección de Hidrología y Meteorología. (2023). <https://www.meteorologia.gov.py/>

Global Forest Watch. (2023). www.globalforestwatch.org/



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.