

Una década de GeoRayos Web y App: evolucionando la protección contra rayos en Argentina

M Gabriela Nicora^{1,2,3,4}, Daiana Baissac^{1,2}, Constanza Villagrán Asiares^{1,2,3}, M Florencia Barle^{1,2,3}, Yasmin Velázquez^{1,2}, Lucía Pini^{1,2,3}, Lucas Bali^{5,6}, Raúl D'Elia¹

Resumen Se ha demostrado que cambiar comportamientos y corregir conceptos erróneos, en este caso, sobre la protección contra rayos, requiere continuidad en el tiempo y trabajo interdisciplinario. El Proyecto GeoRayos (www.georayos.citedef.gob.ar) nació hace más de 10 años con el objetivo de proporcionar una herramienta tanto en la parte operativa de las alertas meteorológicas, como en la protección de las personas. En este contexto, presentamos la evolución de GeoRayos desde sus inicios, destacando la importancia que implicó la sinergia entre diferentes instituciones para alcanzar nuestros objetivos. Al día de hoy, contamos con una plataforma renovada que cuenta con una estructura diferenciada para el público en general y para los tomadores de decisiones, que agrega información sobre protección contra rayos y redes sociales afines a este tema. De esta manera, GeoRayos es utilizado actualmente por tomadores de decisiones de diversas instituciones como Defensa Civil, Servicio Nacional de Manejo del Fuego y Parques Nacionales, así como por meteorólogos del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, entre otros.

Palabras clave GeoRayos, protección, rayos, tomadores de decisión.

INTRODUCCIÓN

Si bien la definición exacta de rayos y relámpagos se ve modificada debido a la evolución continua de la tecnología utilizada para su detección, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se puede definir como: “una manifestación luminosa que acompaña a una descarga eléctrica repentina que se produce desde o dentro de una nube o, con menos frecuencia, desde estructuras elevadas en el suelo o desde montañas” (WMO, 2024). Para este trabajo utilizaremos la palabra “rayo” para expresar esta manifestación. Sin embargo, los rayos significan más que eso, si consideramos que un promedio de 26 personas pierden la vida cada año por acción de un rayo en Estados Unidos y alrededor de 50 muertes ocurren en Argentina (Nicora et al., 2013; Curran et al., 2000).

Desde 2013, el Instituto de Investigación Científica y Técnica para la Defensa (CITEDEF) realiza un análisis de la actividad eléctrica atmosférica en Argentina para estimar la tasa anual de muertes por rayos y detectar las regiones más vulnerables (Nicora et al., 2013). Durante enero del 2014 sucedió una tragedia en la ciudad balnearia de Villa Gesell, Buenos Aires, por la caída de un rayo durante una tormenta que dejó lamentablemente un saldo de 4 muertos y 22 heridos. Este evento marcó un antes y un después en Argentina, evidenciando la necesidad de concientizar a la población sobre este fenómeno y la manera de actuar cuando se llevan a cabo.

En este contexto y con el sudeste de Sudamérica identificado como una de las regiones del mundo con sistemas convectivos más intensos, surgió GeoRayos como un proyecto interinstitucional e interdisciplinario para el estudio y detección en tiempo real de rayos, el procesamiento de información y la creación de una herramienta para prever eventos meteorológicos severos (Nicora et al., 2015), como tormentas eléctricas a gran escala, lluvias intensas, caída de granizo o tornados (Nicora & Ávila,

¹Centro de Investigaciones en Láseres y sus Aplicaciones, Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégico para la Defensa, CONICET, Villa Martelli, Argentina. Email: gabriela@blueplanet.com.ar

²CNRS – IRD – CONICET – UBA, Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI), Buenos Aires, Argentina.

³Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

⁴Departamento en Láseres y Aplicaciones, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, Villa Martelli, Argentina.

⁵COE Data, Analytics & IA, YPF SA.

⁶Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.

2024).

GeoRayos se presenta como una aplicación web y móvil con la meta que todos puedan contar con la información de las descargas eléctricas en tiempo real, cumpliendo además con la importante tarea de reducir los mitos existentes sobre las tormentas eléctricas mediante la difusión del conocimiento (Cooper & Holle, 2019).

Este artículo tiene como objetivo presentar GeoRayos, describir sus características y funcionalidades, así como mostrar los logros en estos 10 años de trabajo.

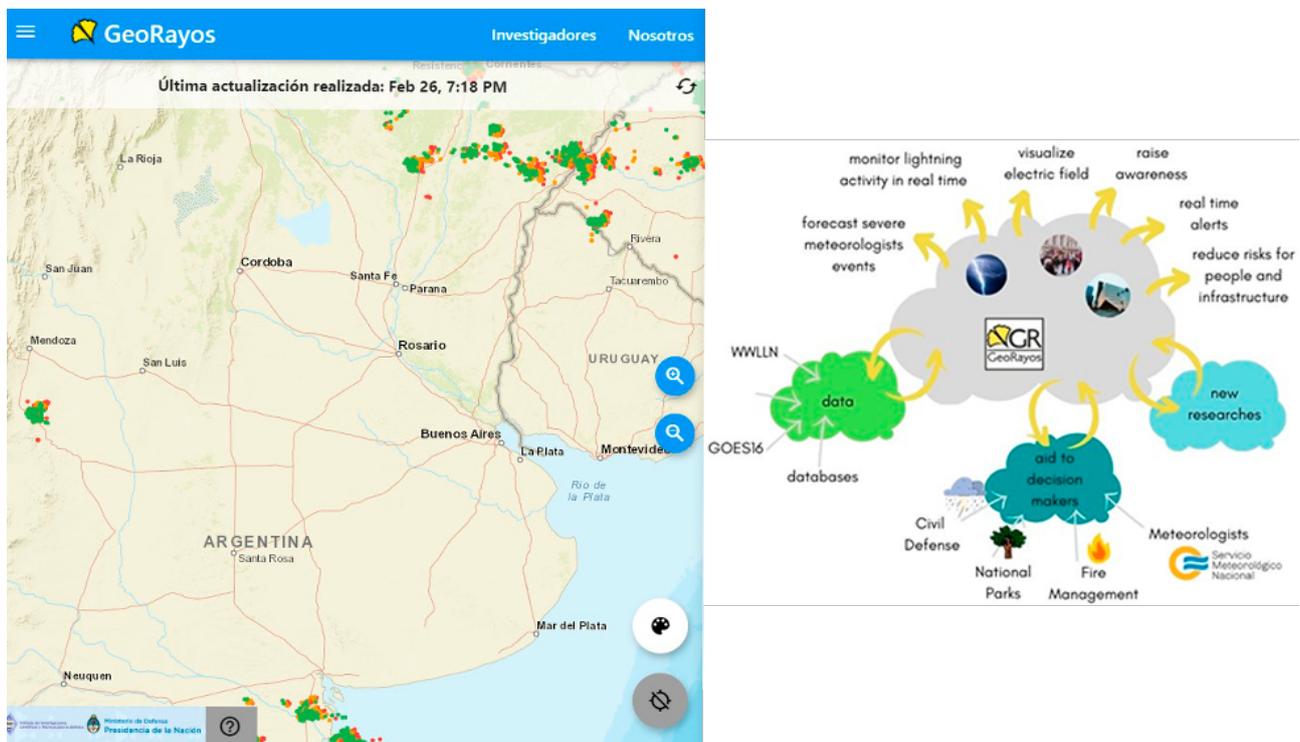


Figura 1. Captura de pantalla de la plataforma GeoRayos (izquierda). Diagrama de la arquitectura de GeoRayos (derecha). Extraída de Nicora et al. (2021).

HISTORIA DE GEORAYOS

Desde el lanzamiento de GeoRayos hace ya diez años, sus objetivos fueron cambiando y evolucionando. En un primer momento comenzó como una herramienta para pronosticadores, diseñada para detectar eventos severos por medio del mecanismo de clasterización de las descargas eléctricas y evaluando en cada uno de esos clusters la tasa de aumento de las mismas. En los casos en que la tasa aumentaba bruscamente se lo denominaba Lightning Jump (LJ; Schultz et al. (2011); Nicora et al. (2015)). Como su objetivo principal era poder realizar pronósticos a corto plazo (nowcasting) de eventos severos, es que se trabajó con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y se desarrolló el algoritmo GeoRayos (el mismo nombre que la Plataforma) para evaluar los LJ en la tasa de descargas (Bali et al., 2016).

Durante el año 2016, se firmó un convenio con la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) por lo cual la Plataforma GeoRayos, cambió su nombre a AeroRayos. En este nuevo contexto, la plataforma comenzó a ser operativa en el marco del monitoreo de la actividad eléctrica atmosférica en cercanía de los aeropuertos. El algoritmo consideraba para cada aeródromo dos niveles de indicación y aviso: un primer nivel (alerta) de proximidad de tormenta eléctrica (detección de rayos a una determinada distancia alejada del punto de interés); y un segundo nivel (alarma) de la llegada inminente de la tormenta al aeródromo (detección de rayos a una distancia más cercana al punto

de interés). Además de la visualización en el portal WEB, el aviso se realizaba mediante correo electrónico y una notificación de celular. La herramienta llevó un registro de los eventos y cantidad de descargas de rayos, que permitió análisis posteriores, con fines científicos u operativos (Nicora et al., 2017; Rivaben et al., 2024).

Finalmente, en el año 2020, gracias a un convenio con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Austral, se logró hacer una nueva arquitectura de formato, la cual se presenta en la siguiente sección. En esta actualización (ver Figura 1, derecha) se categorizan los usuarios, permitiendo diferenciarlos en un usuario general y otro investigador/tomadores de decisiones; este último grupo con acceso para trabajar con herramientas más específicas. Se podría decir que, con este cambio, el nuevo GeoRayos modificó su objetivo primario desde una aplicación de nowcasting a una aplicación con un propósito social y de investigación. La meta es que todos puedan tener (tanto en versión web como en App) la información de la detección de las descargas eléctricas en tiempo real. De esta manera, GeoRayos se posiciona como una herramienta que ayuda al público para protegerse contra tormentas severas al proporcionar datos en tiempo real (Nicora et al., 2021).

En el caso del perfil investigador, se puede realizar la solicitud de datos históricos y estudiar así la evolución de las tormentas. Varias instituciones, como Defensa Civil, Servicio Nacional de Manejo del Fuego y Parques Nacionales, identificaron la importancia de esta información para sus operaciones diarias. Mejorar la comprensión global de la actividad eléctrica atmosférica permite tomar decisiones climáticas informadas tanto para gobiernos como para individuos. GeoRayos facilita estudios meteorológicos y geofísicos al permitir que los investigadores accedan a visualizaciones de tormentas y rayos en marcos temporales específicos, fomentando la colaboración científica y el análisis (Falco et al., 2021).

GeoRayos respalda el monitoreo en tiempo real de las descargas eléctricas, para que su información ayude a instituciones como Defensa Civil y el Servicio Nacional de Manejo del Fuego a desplegar brigadas basadas en condiciones en tiempo real. Actualmente, GeoRayos se encuentra siendo utilizado por una amplia gama de instituciones tanto gubernamentales como privadas.

Arquitectura GeoRayos

El cuerpo ampliado de conocimientos sobre la climatología de los rayos a lo largo de Argentina nos permitió determinar la necesidad de una herramienta para prever condiciones meteorológicas severas en períodos cortos de tiempo. La aplicación GeoRayos consta de dos partes diferentes: una pública destinada al público en general, donde se pone énfasis en la protección; y una privada para uso de investigadores y tomadores de decisiones. El registro es muy simple y automático, fomentando su uso. Actualmente, CITEDEF obtiene información sobre detección de rayos de los siguientes servicios y bases de datos:

1. **World Wide Lightning Location Network (WWLLN):** Gestionado por la Universidad de Washington, es capaz de producir mapas regulares de la actividad de rayos sobre la Tierra con su red de sensores esféricos. Este es un sistema de detección en tierra que comenzó en 2003 con 11 sensores y actualmente consta de 70 sensores instalados en todos los continentes e islas. En Argentina, hay cuatro estaciones: una en Córdoba (FAMAF-UNC), dos en la Patagonia (Universidad de la Patagonia en Trelew y en el Observatorio de la Patagonia Austral en Río Gallegos), y la más reciente en la División LIDAR perteneciente a CITEDEF (Villa Martelli), cerca de la ciudad de Buenos Aires. Esta base de datos solo es visible para estudios científicos y no para el público en general.
2. **Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES):** Es el satélite meteorológico geostacionario operativo que proporciona una vista sobre las Américas. El Geostationary Lightning Mapper (GLM) de GOES-16 es el primer detector de rayos, operativo en órbita geoestacionaria. Los satélites GOES son operados por la NASA y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

(NOAA). El GLM comenzó a operar en marzo de 2017 y ofrece una cobertura espacial uniforme de aproximadamente 10 km, permitiendo la detección total de rayos casi en la totalidad del continente americano. Estos datos se presentan tanto en la página pública (público en general) como en la privada (investigadores) y son bajados del servidor público Amazon Web Service.

Ambas bases de datos son utilizadas por los investigadores para poder hacer estudios y evaluaciones de la AEA en el país.

Estadísticas de trabajo y usuarios

Desde 2013, GeoRayos (AeroRayos en los años 2016-2017) es una plataforma que se ha mantenido gracias a diferentes proyectos y convenios (por el Ministerio de Defensa a través de MINDEF PIDDEF 07/18: Plataforma de Información de Riesgo Medioambiental; y GeoRayos II, financiado por CITEDEF con el Proyecto GeoRayos II WEB y GINKGO 03 NAC 040/19). Toda esta información se encuentra disponible en: https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?id=54869&keywords=&datos_academicos=yes.

De los 196 usuarios registrados (al 22 de febrero de 2024) el 80 % corresponde a usuarios en general y un 20 % a los investigadores y administradores (Figura 2, izquierda). Lo que muestra cómo la herramienta es muy utilizada por las personas en general. Es importante señalar que, para ver la información de la página pública, no es necesario registrarse, por lo tanto, no sabemos a ciencia cierta el número real de usuarios que acceden a la misma.

Desde el punto de vista de las instituciones que utilizan la plataforma, contamos con el registro de más de 10 diferentes instituciones científicas, gubernamentales y otras que utilizan los datos para distintos fines (Figura 2, derecha). El uso principal es el de incendios producidos por rayos, y la protección civil. Además, se han utilizado los datos de GeoRayos para la confección de más de 5 informes y diferentes instituciones solicitan información diariamente por canales de comunicación como el e-mail.

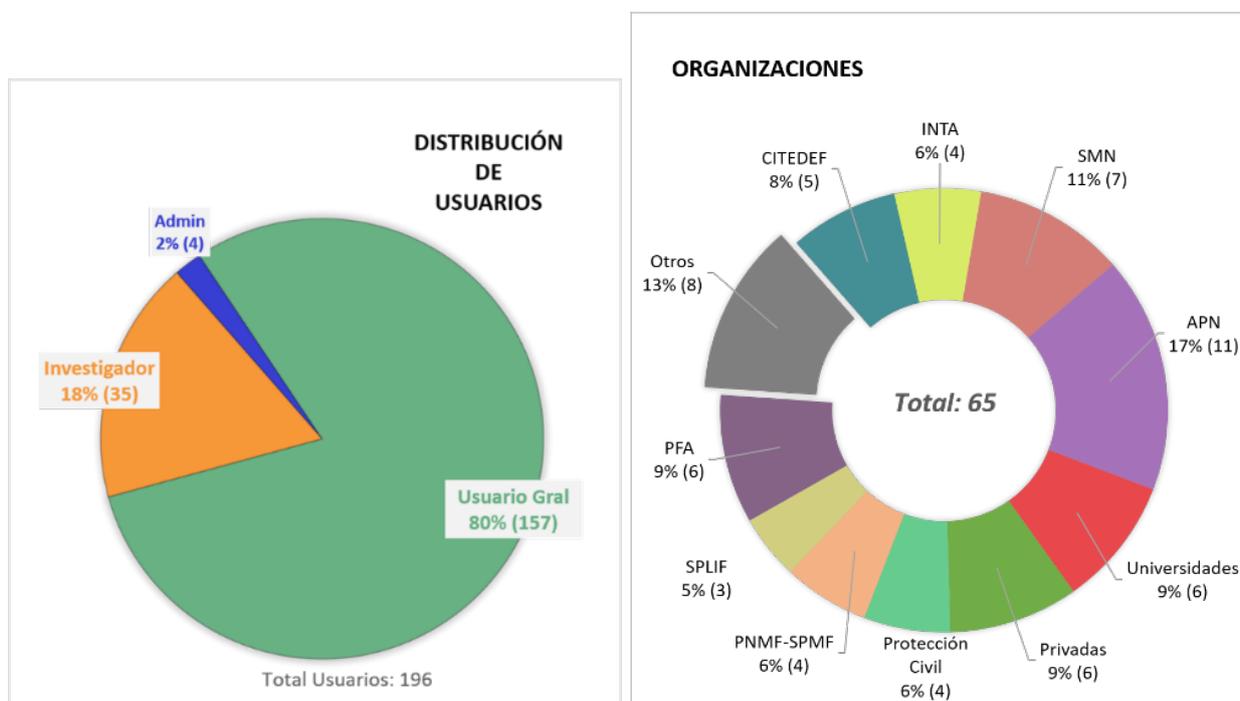


Figura 2. Estadística de usuarios (izquierda) e instituciones (derecha) de GeoRayos al 22 de febrero del 2024.

CONCLUSIONES

Luego de diez años de trabajo, la plataforma fue cambiando de objetivos y de interfaces, pero siempre mantuvo como meta principal el presentar a toda la comunidad la Actividad Eléctrica Atmosférica en Argentina.

GeoRayos comenzó como un proyecto que permitió el desarrollo de una herramienta de pronóstico basada en la observación de rayos, con el fin de anticipar la ocurrencia de condiciones meteorológicas severas. Hoy la plataforma, diferencia los tipos de usuarios permitiendo diferentes enfoques según sea necesario. El usuario general, tiene acceso a la plataforma pública creada con un objetivo social para protección y monitoreo de tormentas. Por otro lado, el usuario investigador tiene acceso a la plataforma privada que le permite manipular los datos de manera de hacer estudios de base de diferentes eventos meteorológicas, así como el estudio estadístico de la AEA en diferentes lugares del país. Ambas plataformas cuentan con la visualización de las descargas en tiempo real.

Para países como Argentina, que no cuentan con una red nacional de rayos o información de radar que cubra todo el país, tener una base de datos de una red global como la WWLLN, así como datos de tiempo real de un satélite geoestacionario, hace de GeoRayos una herramienta poderosa. Esto permite a practicantes, investigadores, meteorólogos, geofísicos y otros, a utilizar una base de datos llena de información que abarca toda la región, y que puede utilizarse tanto en seguridad y defensa, así como para construir sistemas de alerta temprana y pronósticos de condiciones meteorológicas severas.

De manera similar, es esencial seguir actuando y desarrollando herramientas con tecnologías actuales que se conviertan en ventanas de oportunidad para promover el conocimiento y la conciencia sobre los impactos de los rayos en las personas (Jensenius & Franklin, 2014; Zimmermann et al., 2002). Un ejemplo exitoso de esta idea corresponde a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), que con su campaña a nivel nacional para llamar la atención sobre los peligros asociados con los rayos, ha logrado reducir el número de muertes y lesiones por rayos en los Estados Unidos (Jensenius & Franklin, 2014).

Como trabajo futuro, se espera continuar con el esfuerzo de concientización del público en general, así como ayudar a los tomadores de decisiones con datos precisos y en tiempo real y generar alertas que ayuden a prevenir fatalidades en Argentina.

Agradecimientos Esta investigación fue apoyada por el Ministerio de Defensa a través de MINDEF PIDDEF 07/18: Plataforma de Información de Riesgo Medioambiental; y GeoRayos II y CITEDEF con el Proyecto GeoRayos II WEB y GINKGO 03 NAC 040/19, también con el proyecto de extensión con FCAG. Además, deseamos agradecer a la Red Mundial de Ubicación de Rayos (<http://wwlln.net>), una colaboración entre más de 60 universidades e instituciones, por proporcionar los datos de ubicación de rayos utilizados en este documento. Y finalmente, agradecemos a las personas dedicadas en NOAA, NOAA, Asociación de Investigación Espacial de Universidades (USRA), la Universidad de Alabama en Huntsville, Lockheed Martin, y Harris Corporation, y a los miembros del equipo científico de GLM.

REFERENCIAS

- Bali, J. L. et al.** (2016). GeoRayos: una plataforma para la confección de pronósticos a corto plazo de eventos meteorológicos severos. *X Simposio de Informática en el Estado (SIE 2016) - JAIIO 45*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58310>. Accedido: 25 de enero de 2024
- Cooper, M. A. & Holle, R. L.** (2019). *Reducing Lightning Injuries Worldwide*. Natural Hazards. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77563-0>
- Curran, E. B., Holle, R. L., & López, R. E.** (2000). Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to

1994. *J. Clim.*, 13(19), 3448–3464. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<3448:LCADIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<3448:LCADIT>2.0.CO;2)

Falco, M., Nicora, M. G., Baissac, D., Barle, M. F., Salaberri, M., & Robiolo, G. (2021). GeoRayos: a web and mobile app to increase awareness on lightning strikes. *XLVII Latin American Computing Conference (CLEI)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/CLEI53233.2021.9640001>

Jensenius, J. S. & Franklin, D. B. (2014). *NOAA's efforts to reduce lightning fatalities through public education and awareness*. Unpublished.

Nicora, M. G., Baissac, D., Falco, M., Barle, M. F., Delia, R., & Villagran, C. (2021). GeoRayos Web and App: Lightning protection in Argentina to increase awareness. *35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA)*, 01–06. <https://doi.org/10.1109/ICLPandSIPDA54065.2021.9627417>

Nicora, M. G. et al. (2015). GeoRayos: a new application for severe weather warning. *International Symposium on Lightning Protection (XIII SIPDA)*, 165–168. <https://doi.org/10.1109/SIPDA.2015.7339300>

Nicora, M. G. et al. (2017). AeroRayos: first tool for risk assessment by electric activity at airports in Argentina. *International Symposium on Lightning Protection (XIV SIPDA)*, 141–144. <https://doi.org/10.1109/SIPDA.2017.8116914>

Nicora, M. G., Quel, E. J., Bürgesser, R. E., & Ávila, E. E. (2013). Electric atmospheric activity in Argentina: a study for estimating the annual death rate by lightning. *International Symposium on Lightning Protection (XII SIPDA)*, 340–344. <https://doi.org/10.1109/SIPDA.2013.6729213>

Nicora, M. G. & Ávila, E. E. (2024). *GeoRayos Project: Lightning warning in Argentina*. Unpublished.

Rivaben et al. (2024). *Análisis del sistema AeroRayos para la situación del 9 de julio de 2017*. http://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/20.500.12160/728/1/Nota_Tecnica_SMN_2018-48.pdf. Accedido: 30 de enero de 2024

Schultz, C. J., Petersen, W. A., & Carey, L. D. (2011). Lightning and severe weather: A comparison between total and cloud-to-ground lightning trends. *Weather Forecast.*, 26(5), 744–755. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-10-05026.1>

WMO (2024). *Relámpago - Atlas internacional de nubes*. <https://cloudatlas.wmo.int/lightning.html>. Accedido: 22 de febrero de 2024.

Zimmermann, C., Cooper, M. A., & Holle, R. L. (2002). Lightning safety guidelines. *Ann. Emerg. Med.*, 39(6), 660–A1. <https://doi.org/10.1067/mem.2002.124439>