

Image Fuente: NOAA

Introducción a las Observaciones de los Rayos y sus Aplicaciones

1^{ra} Parte: Antecedentes e Historia de las Mediciones de los Rayos

Amita Mehta (NASA & UMBC GESTAR II) y Steven Goodman (NASA)

26 de marzo de 2024



Acerca de ARSET*

- **ARSET ofrece capacitación accesible, relevante, sin costo sobre satélites, sensores, métodos y herramientas de teledetección.**
- Las capacitaciones incluyen una variedad de aplicaciones de datos de satélite y se personalizan para audiencias con diferentes niveles de experiencia.



AGRICULTURA



CLIMA Y RESILIENCIA



DESASTRES



CONSERVACIÓN ECOLÓGICA



SALUD Y CALIDAD DEL AIRE



RECURSOS HÍDRICOS

*Siglas de **A**pplyed **R**emote **S**ensing **T**raining Program
(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada en inglés)



EARTH SCIENCE
APPLIED SCIENCES



CAPACITY BUILDING



Acerca de las Capacitaciones de ARSET

- En línea o presenciales
- En vivo, dirigidas por instructores o autodirigidas por uno a su propio ritmo
- Sin ningún costo
- Opciones bilingües y multilingües
- Solo usan software y datos de fuente abierta
- Acomodan diferentes niveles de experiencia
- Visite la [página de ARSET](#) para aprender más.

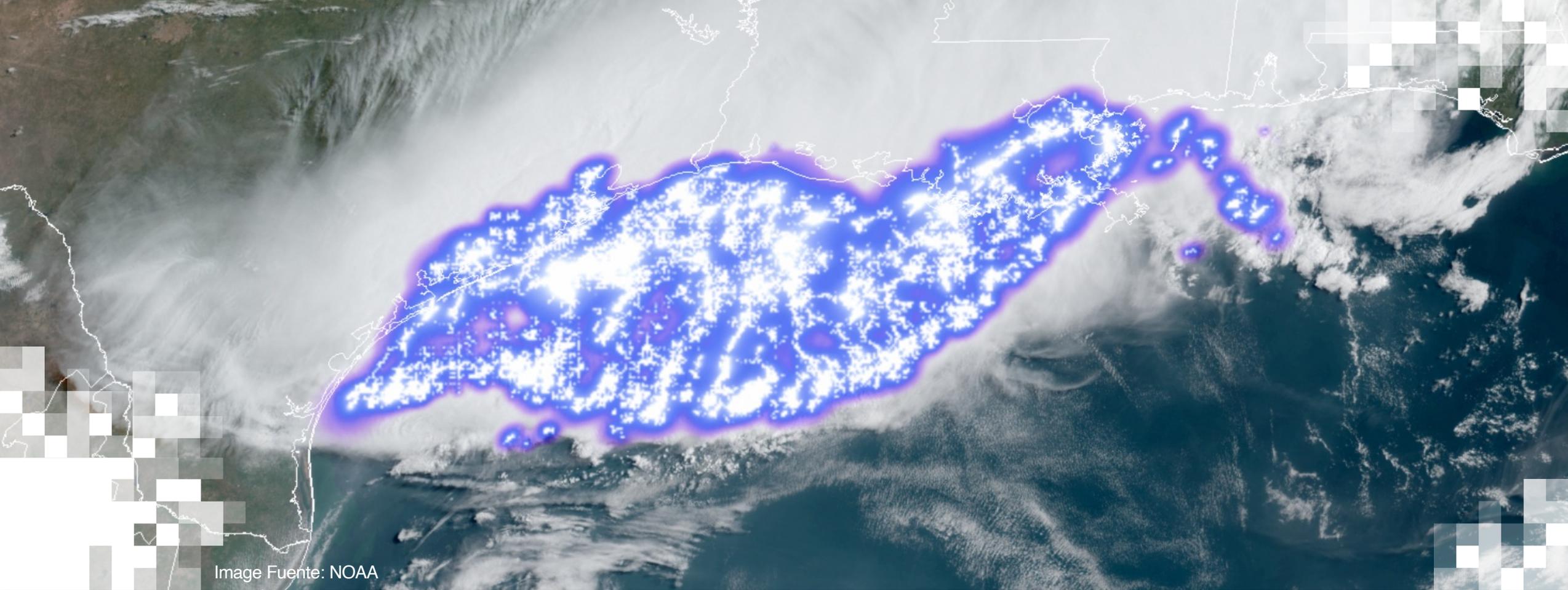


EARTH SCIENCE
APPLIED SCIENCES



CAPACITY BUILDING



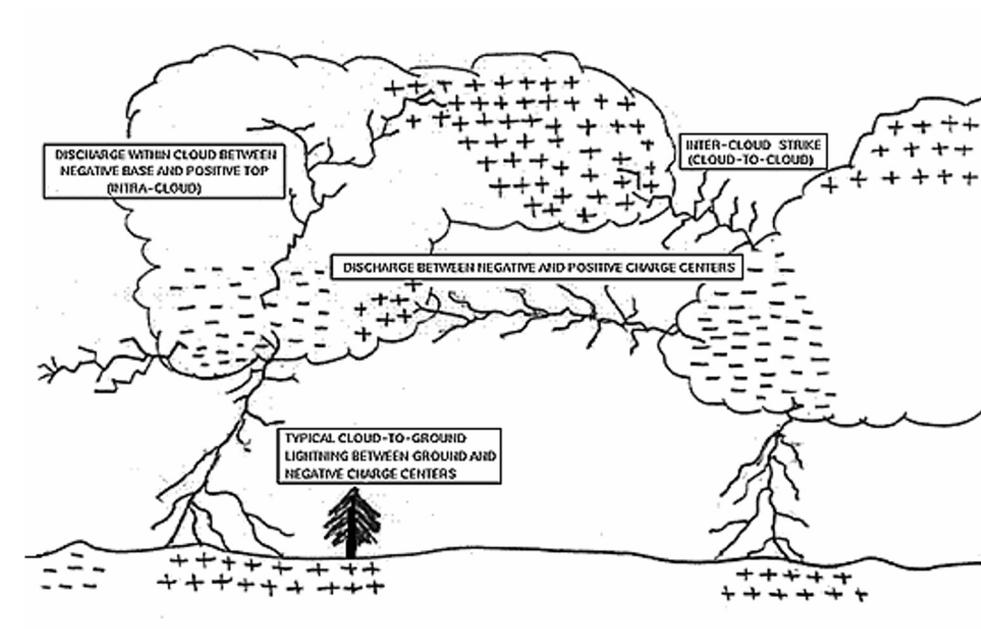


Introducción a las Observaciones de los Rayos y sus Aplicaciones

Antecedentes

¿Qué Son los Rayos?

- Descargas eléctricas de alta corriente entre las regiones cargadas positiva y negativamente de una tormenta eléctrica.
- Pueden ocurrir dentro de una nube, entre nubes y entre las nubes y el suelo.
- A medida que las partículas de hielo dentro de las nubes de las tormentas crecen, se chocan y se rompen, las partículas más pequeñas adquieren una carga positiva y las partículas más grandes adquieren una carga negativa.
- Estas partículas se separan bajo la influencia de la gravedad y las corrientes ascendentes dentro de la tormenta, creando potencial eléctrico dentro de las nubes y entre las nubes y el suelo.



[NASA-GHRC Lightning Primer](#)



¿Qué Son los Rayos?

- Los relámpagos dentro y entre las nubes son los más comunes.
- Los rayos de nube a tierra representan ~ 20% del total de los rayos.
- Los relámpagos calientan el aire a 30.000 °C (54.000 °F), cinco veces más caliente que la superficie del Sol. Hacen que el aire se caliente y se expanda explosivamente, produciendo ondas sonoras retumbantes: truenos.
- El sonido viaja a 330 m/seg, mientras que la luz viaja a 300.000 km/seg. Por lo tanto, el trueno tarda 5 segundos en recorrer una milla (1,6 km), mientras que un rayo recorre la misma distancia en 5 microsegundos!



Fuente: [NOAA](#)



Fuente: [GORDON GARRADD/SCIENCE PHOTO LIBRARY](#)



¿Por Qué Estudiar los Rayos?

- ¹Aproximadamente 24.000 muertes y diez veces más lesiones resultan en todo el mundo a causa de los rayos.
- ¹Más del 70% de los sobrevivientes de la caída de un rayo sufre impactos en la salud y discapacidades permanentes.
- Los rayos son responsables de haber causado muchos incendios forestales ([Incendios forestales causados por caídas de rayos](#)).
- Las caídas de rayos en las líneas eléctricas y los postes que las sostienen ocasionan apagones ([Causas comunes de apagones](#)).
- Los rayos generan un pulso electromagnético que crea una sobrecarga de energía de alto voltaje y [daña dispositivos electrónicos y aparatos eléctricos en el suelo](#).
- ²Se pronostica que en los EE. UU., es probable que el calentamiento del clima aumente los rayos. Por cada 1 grado C de calentamiento, los rayos aumentarán en aproximadamente un 12%.

¹[Jensen et al; 2023](#)

²[Romp et al; 2014](#)



Caída de un rayo en cámara lenta (Fuente: NOAA)



Objetivos para Esta Capacitación

Al final de esta capacitación, las/los participantes habrán desarrollado la capacidad para:

- Identificar las causas y patrones comunes de los rayos y su potencial para causar daños
- Identificar como las observaciones espaciales y terrestres de rayos se utilizan para monitorear la frecuencia e intensidad de los rayos
- Identificar recursos para acceder a productos de datos de rayos



Prerrequisitos

- [Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#)



Esquema de la Capacitación

1ª Parte

Antecedentes e Historia de las Mediciones de los Rayos

26 de marzo de 2024

2ª Parte

Resumen General de Productos Actuales de Datos de Rayos a base de Mediciones de Teledetección y a Nivel del Suelo

28 de marzo de 2024

3ª Parte

Resumen General de Geostationary Lightning Mapper (GLM), Acceso a Datos de Rayos y Aplicaciones

2 de abril de 2024

Tarea

Abre el 2 de abril – Fecha límite: 17 de abril– Publicado en la Página Web de la Capacitación

Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes asistan a todas las sesiones en vivo y completen la tarea asignada antes de la fecha estipulada.



Cómo Hacer Preguntas

- Por favor escriba sus preguntas en la casilla denominada “Questions” y las responderemos al final de este webinar.
- No dude en escribir sus preguntas mientras vayamos avanzando. Intentaremos responder todas las preguntas durante la sesión para preguntas y respuestas después del webinar.
- Las demás preguntas las responderemos en el documento de preguntas y respuestas, el cual será publicado en la página web de la capacitación aproximadamente una semana después de esta.



1^{ra} Parte – Formadores

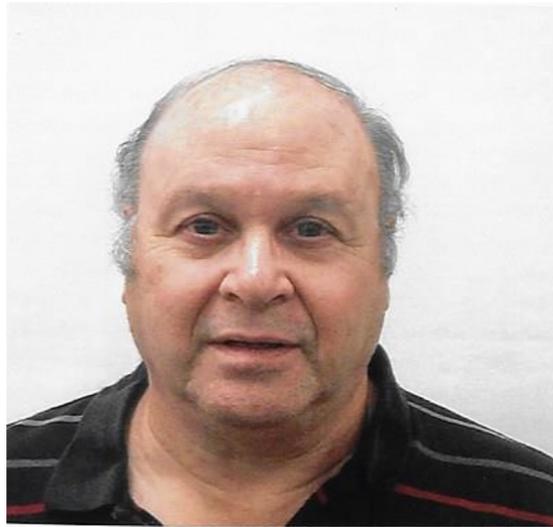
Amita Mehta

Instructora de ARSET
NASA-UMBC-GESTAR II



Steven Goodman

Instructor Invitado
Consejero Sénior, Programa,
GeoXO
Thunderbolt Global Analytics
NASA-GSFC



Christopher Schulz

Colaborador Invitado
Research AST, Estudios
Meteorológicos
NASA-MSFC



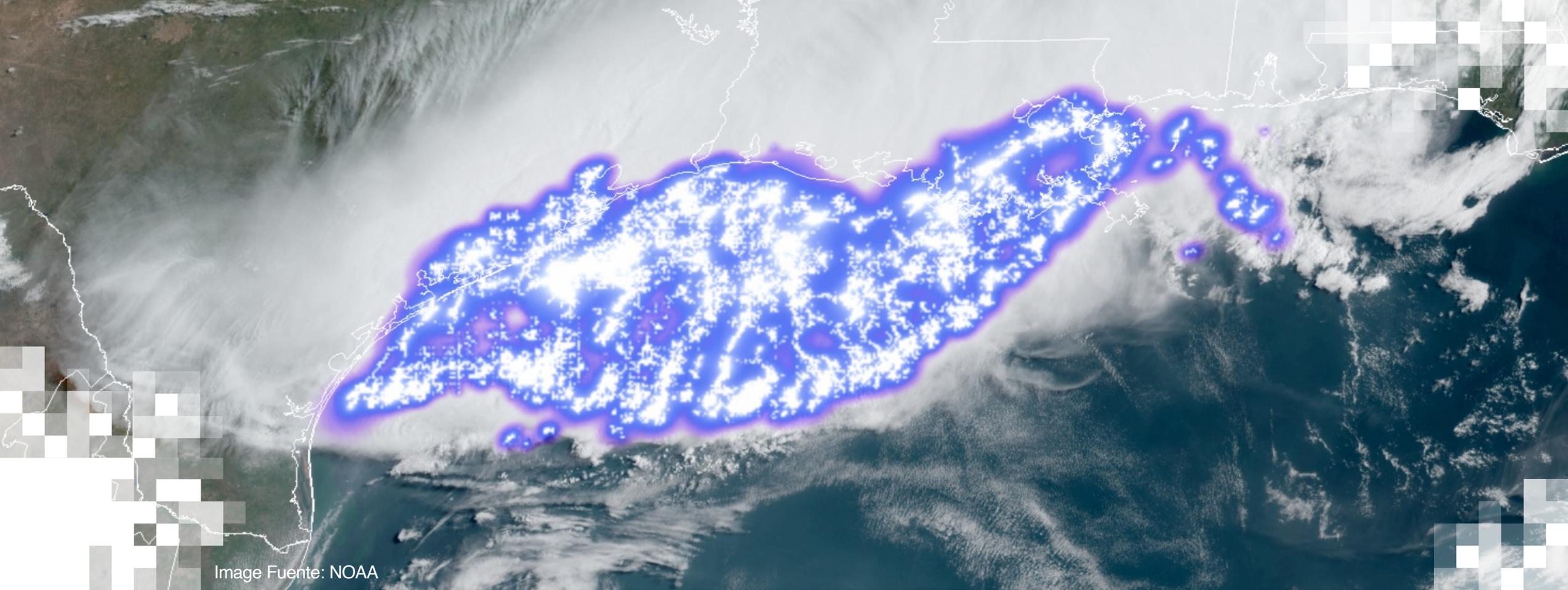


Image Fuente: NOAA

1^{ra} Parte

Historia de las Mediciones de los Rayos

Objetivos para la 1^{ra} Parte

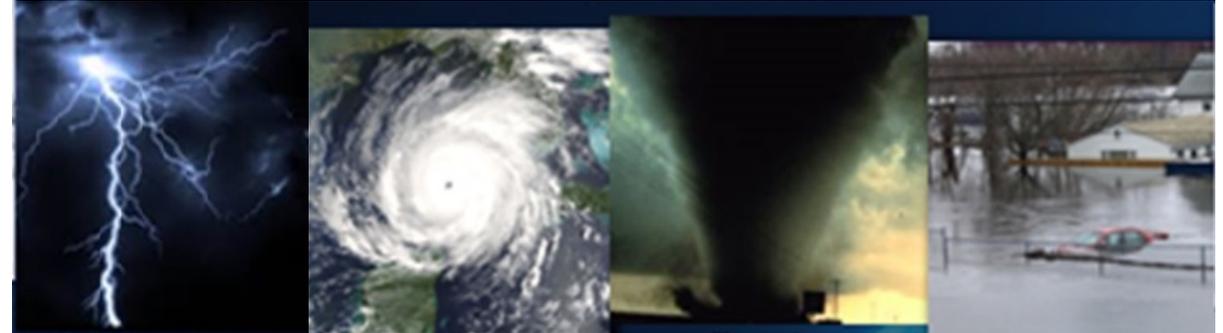
Al final de la 1^{ra} Parte, las/los participantes estarán familiarizados con:

- Impactos meteorológicos: beneficios sociales de la observación de los rayos
- Primicias de las observaciones de los rayos
- Observación de relámpagos desde el espacio
- Rayos - Variabilidad y cambio climático



Impactos Meteorológicos en la Sociedad: Beneficios de los Rayos para la Sociedad

- Mayor concientización y más confianza para los pronosticadores y sobre la situación pública, lo que da como resultado advertencias de tormentas severas más precisas (mejor tiempo de anticipación, reducción de falsas alarmas) para salvar vidas y propiedades.
- Diagnóstico de la estructura y evolución de las tormentas convectivas
- Peligros meteorológicos convectivos para la aviación y la navegación
- Ignición de incendios forestales
- Cambio en la intensidad de ciclones tropicales
- Cambios decenales de clima extremo: tormentas eléctricas/intensidad y distribución de relámpagos
- Baja latencia de datos



Rayos

Huracanes

Tornados

Inundaciones



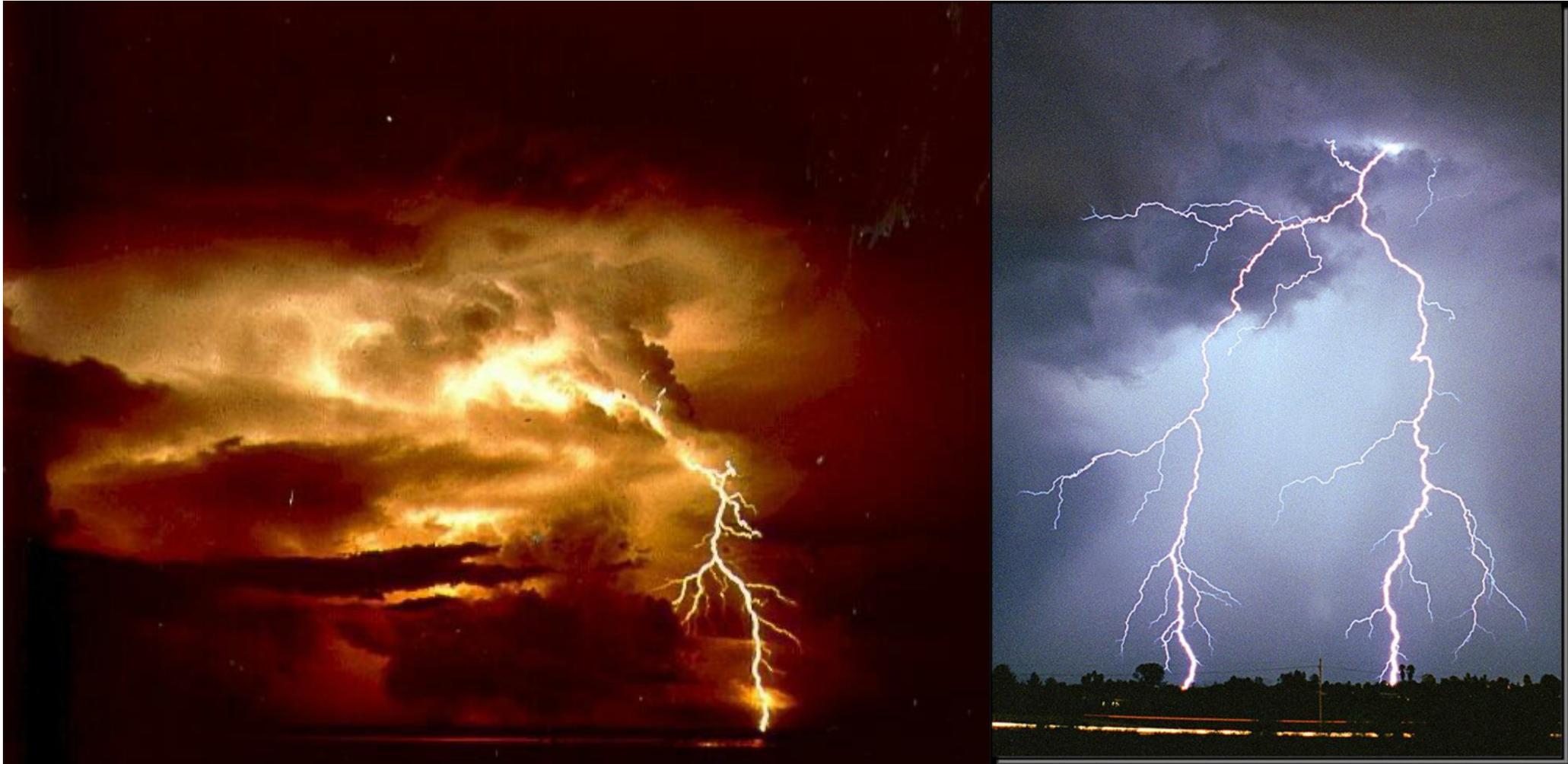
Incendios Forestales

Ceniza Volcánica

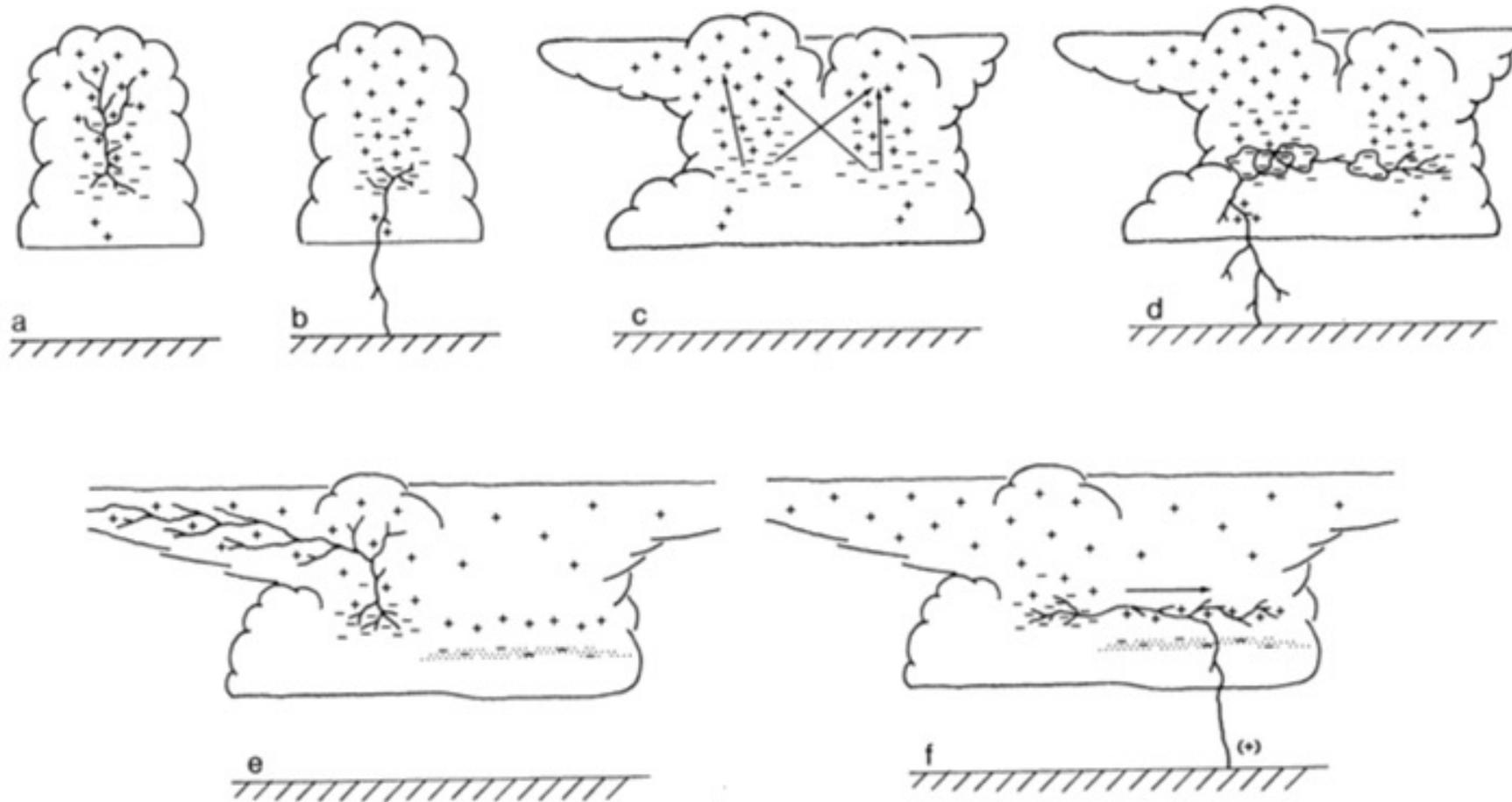
Tormentas de Nieve



Rayos Intra-Nube y Nube-Tierra (Llamamos “rayos” a esta totalidad.)



Iniciación de los Rayos

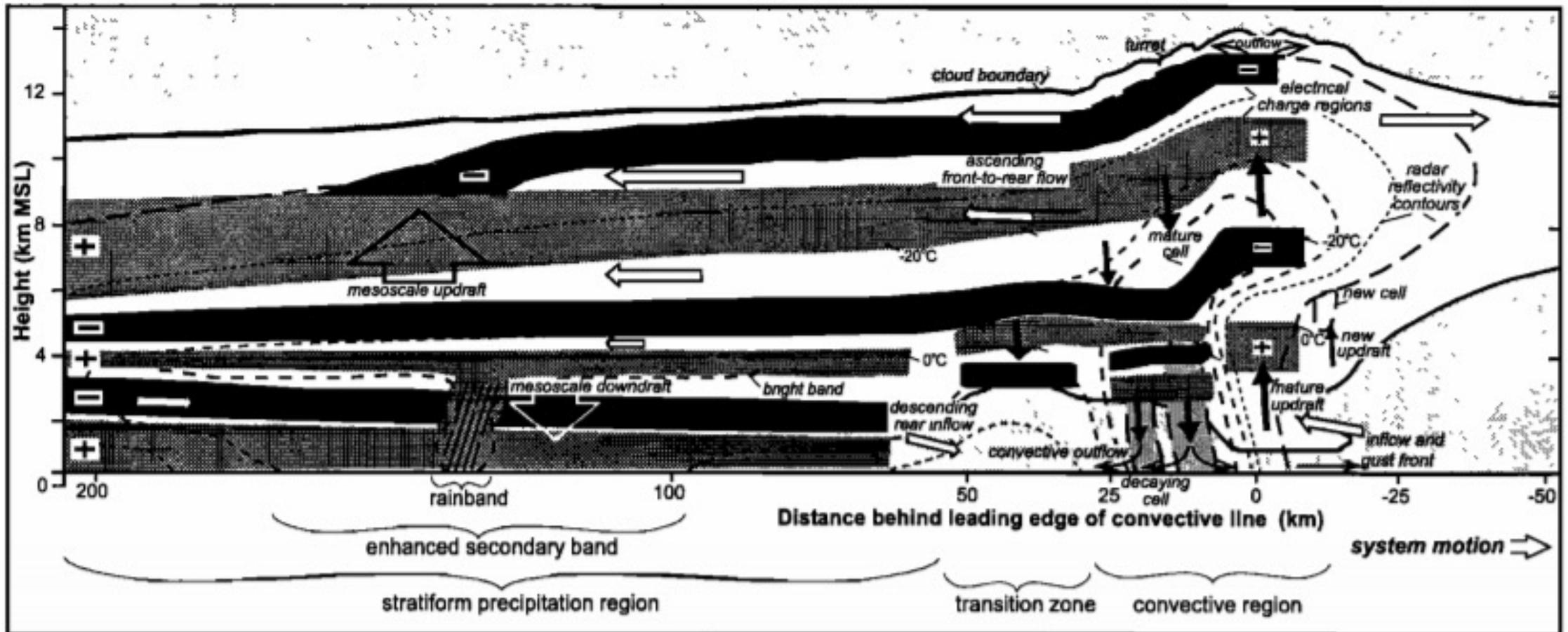


De Krehbiel, P., 1986: "The Electrical Structure of Thunderstorms," *The Earth's Electrical Environment*, National Academy Press, 90-113.



Estructura Eléctrica MCS: De la Línea Convectiva Inicial al Posterior Estratiforme

- Modelo conceptual de la estructura de carga en sistemas convectivos de mesoescala. Las regiones de carga positiva tienen sombreado claro y las regiones de carga negativa tienen sombreado oscuro.



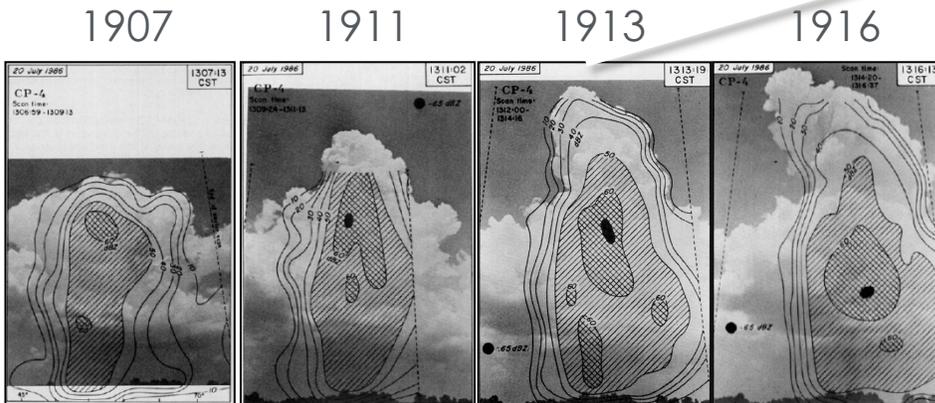
Stolzenburg, M., W. D. Rust, B. F. Smull, and T. C. Marshall (1998), Electrical structure in thunderstorm convective regions: 1. Mesoscale convective systems, *J. Geophys. Res.*, 103(D12), 14059–14078, doi: [10.1029/97JD03546](https://doi.org/10.1029/97JD03546)



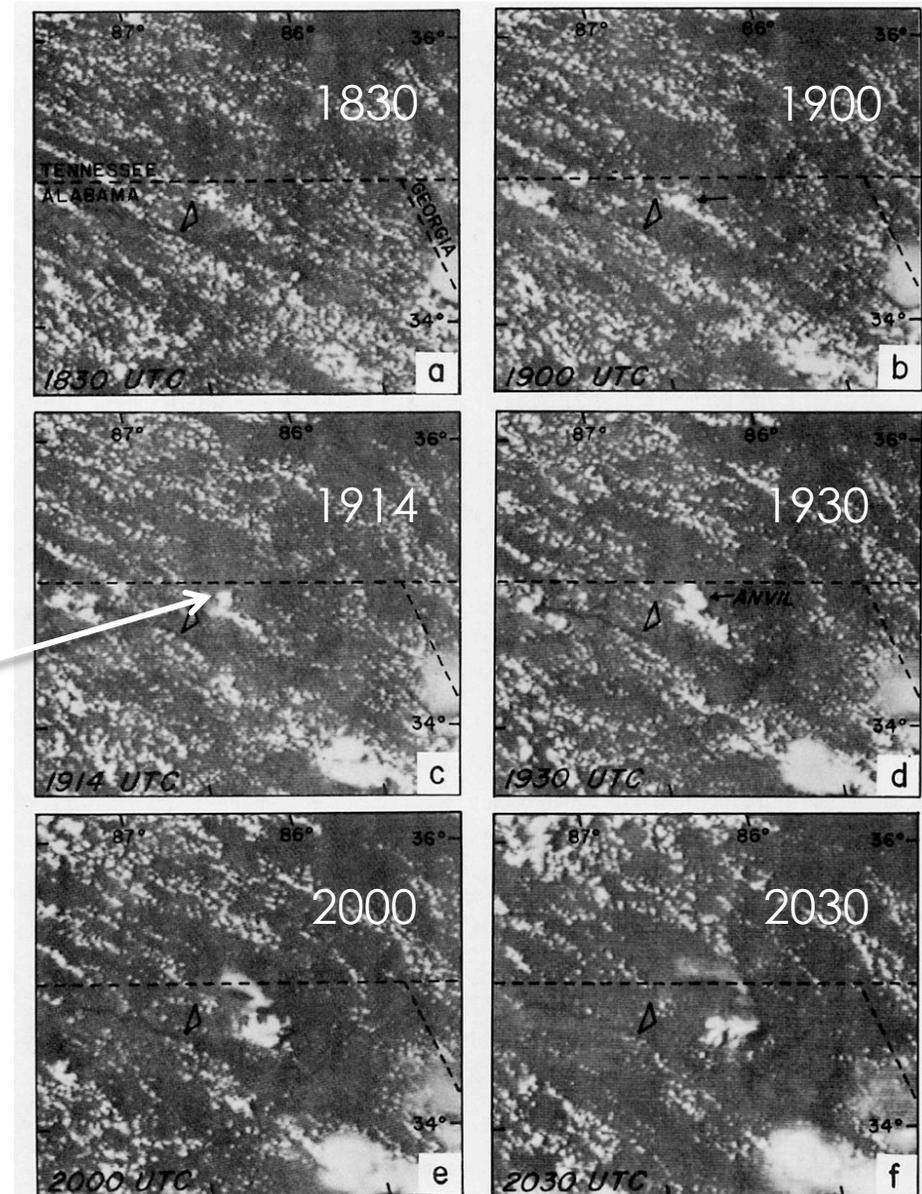
El tiempo de Vida de una Tormenta Eléctrica de Masa de Aire es de una Hora o Menos.

- Tormenta de Masa de Aire Pequeña
 - Microrráfaga “Monrovia” en Huntsville, Alabama EE.UU., 20 de julio de 1986
 - Tormenta en masa de aire pulsante, 65 dBZ máx. Z
 - Granizo el tamaño de guisantes, flujo de descarga de 40 kt
 - 110 rayos totales, 6 impactos Nube-Tierra

Las temperaturas de la parte superior de las nubes continúan enfriándose después de alcanzar la etapa madura a medida que el yunque del cirro llena campo visual del captador de imágenes

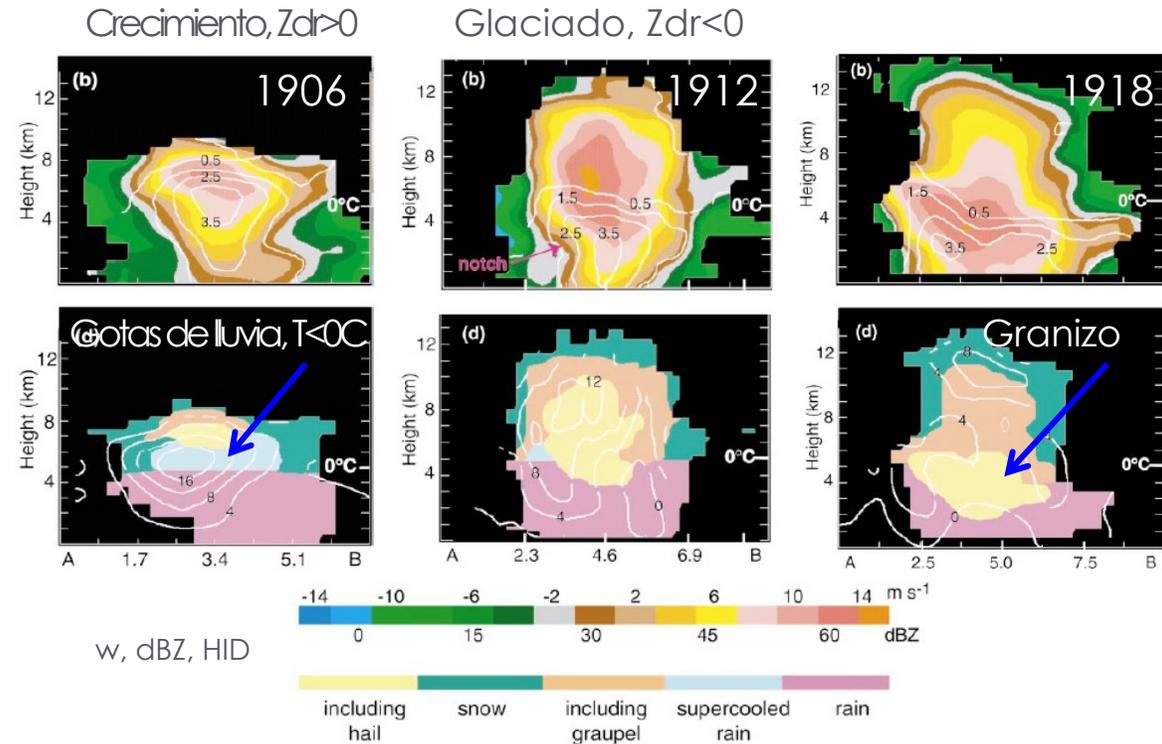


De Wakimoto y Bringi, 1988; Fotos, K. Knupp
NASA ARSET – Introduction to Lightning Observations and Applications



Conexión de los Rayos con el Tiraje Hacia Arriba, Crecimiento y Decaimiento de las tormentas

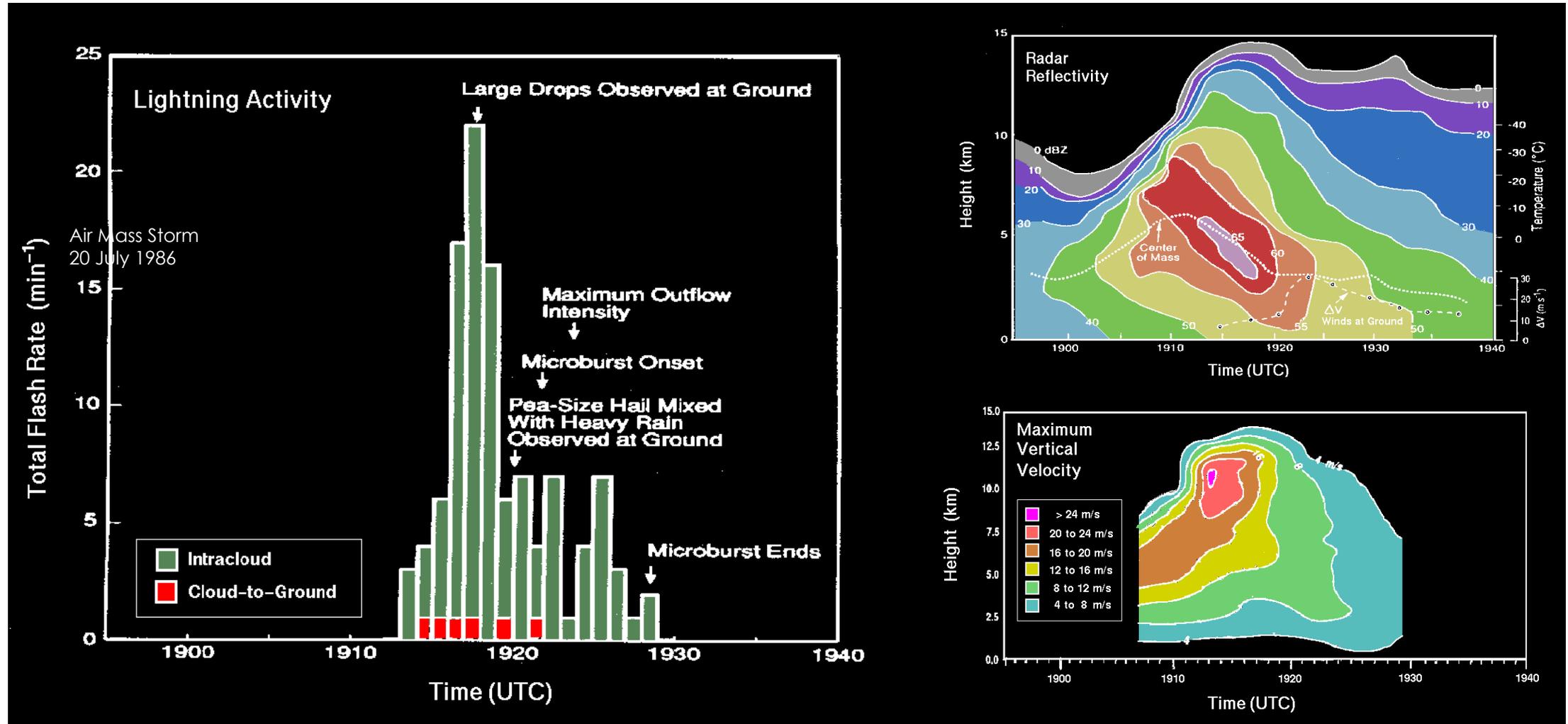
- Rayos Total** – Responde a la velocidad y concentración del tiraje hacia arriba, la fase, el tipo de hidrometeoros (la colección de tipos de partículas de precipitación en la nube: gotas de agua, cristales de hielo, gránulos de graupel, granizo, nieve), el flujo integrado de partículas
- Radar WX Dual-Pol** – Responde a la concentración, magnitud, fase y tipo de hidrometeoros – integrado sobre volúmenes menores



Adapted from Goodman et al, GRL, 1988; Wakimoto and Bringi, MWR, 1988; Kingsmill and Wakimoto, MWR, 1991; Zeng et al., 2001; Gatlin and Goodman, JTECH, 2010



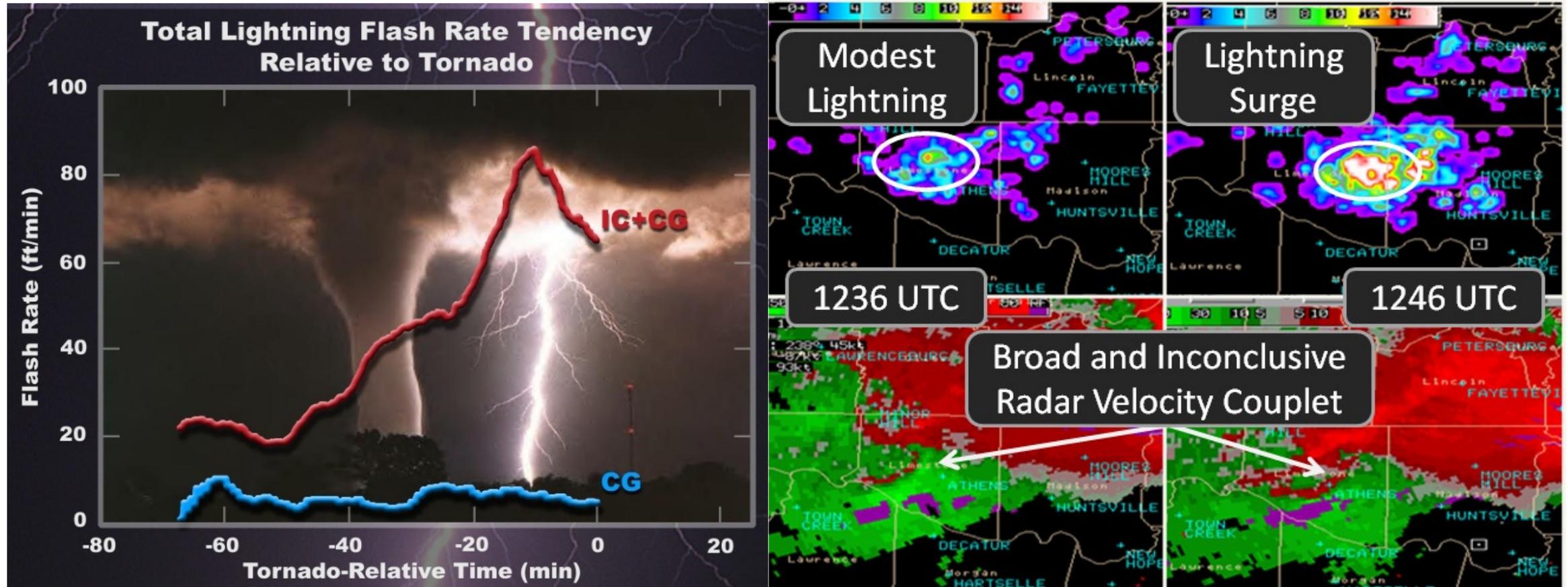
Ciclo de Vida de una Tormenta Eléctrica



Adaptado de Goodman et al, GRL, 1988; Wakimoto y Bringi, MWR, 1988; Kingsmill y Wakimoto, MWR, 1991, Zeng et al., 2001, Gatlin y Goodman, JTECH, 2010



Las Tendencias de los Rayos “Saltantes” Ilustran la Intensificación de una Tormenta

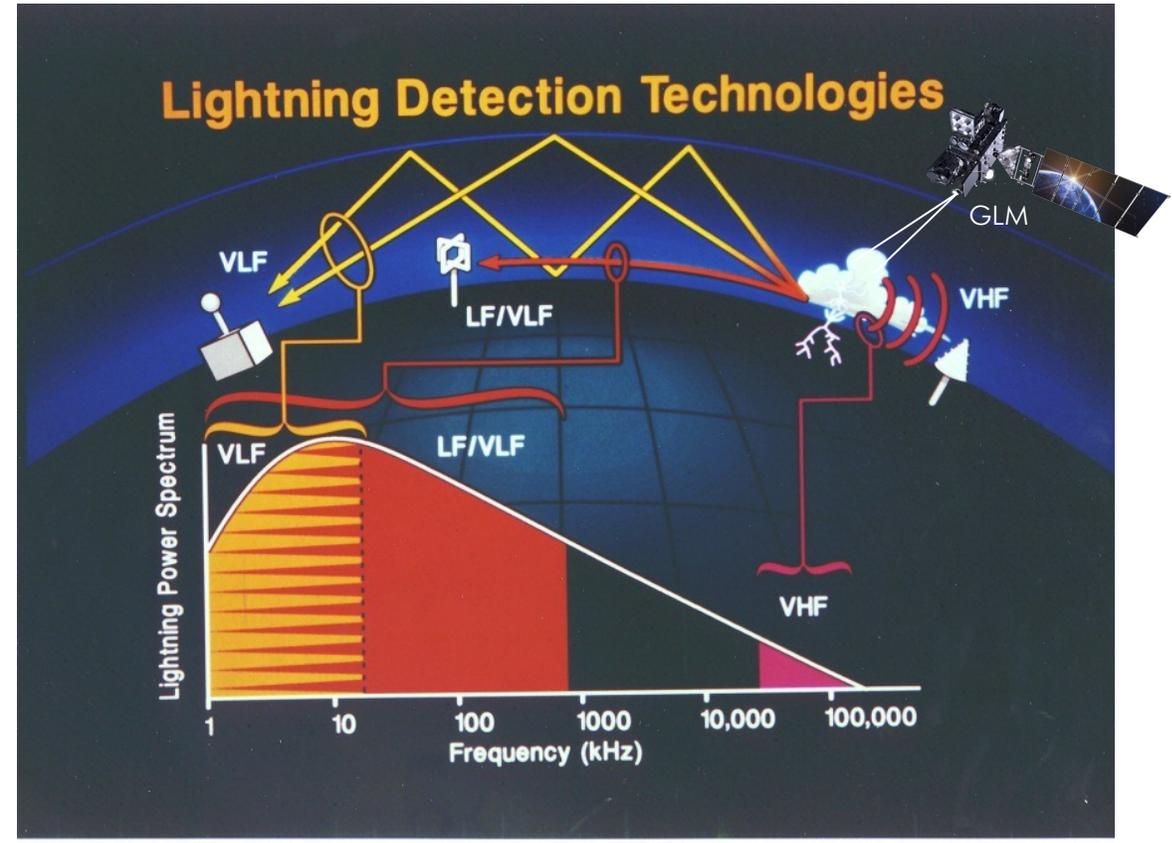


El promedio nacional para el tiempo de anticipación de advertencia de tornado es de 14 minutos



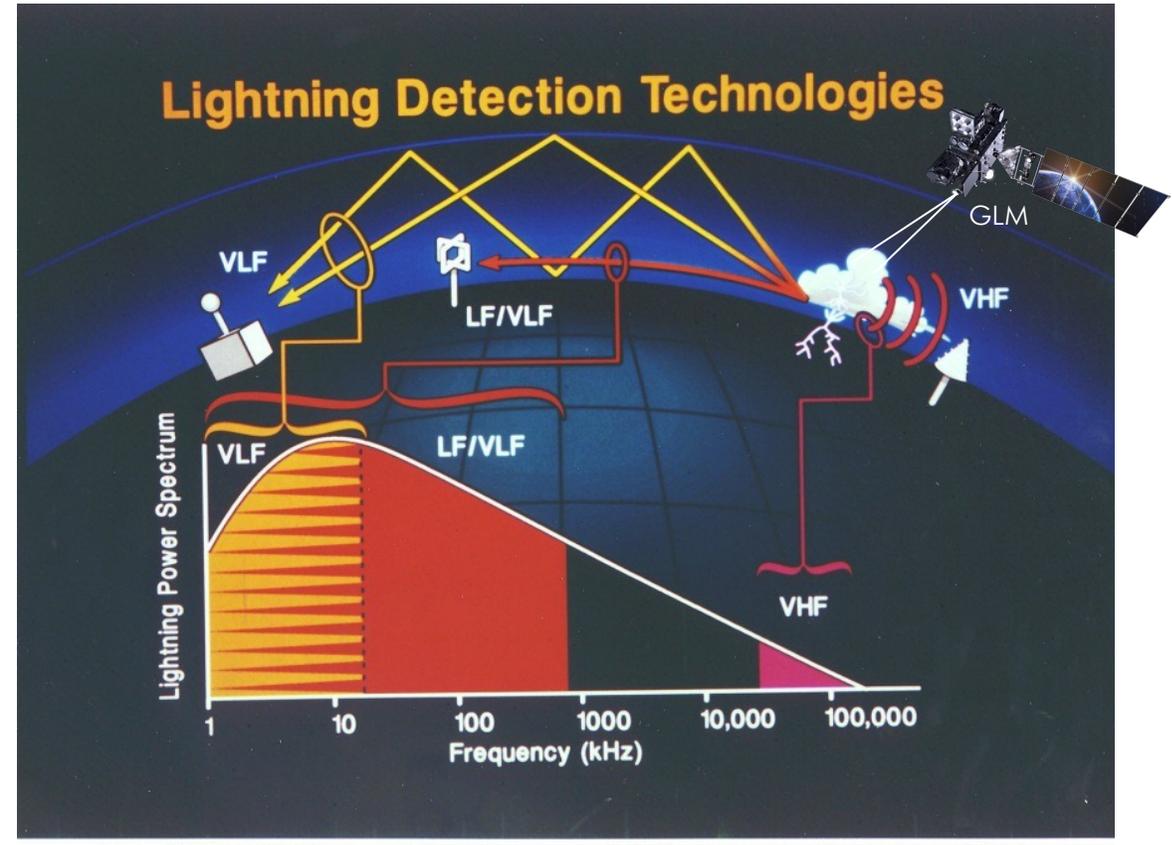
Sistemas de Detección de Rayos – Detección y Mapeo

- Información disponible como insumo para los modelos de predicción meteorológica y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones:
 - Trueno escuchado por un observador humano
 - Redes locales de molinos de campo eléctrico
 - Cámaras de video digitales de alta velocidad, cámaras para todo el cielo
 - Mapeo de rayos VHF de corto alcance en la nube (60-180 MHz)
 - Mapeo nacional de rayos nube-tierra (LF, 500 kHz)
 - Redes internacionales de esféricas de largo alcance (VLF, 10 kHz)
 - Suborbital: Aviones, globos, vehículos aéreos no tripulados (eléctricos, magnéticos, ópticos)
 - Generadores ópticos de rayos en órbita alrededor de la Tierra (GEO, LEO)



Sistemas de Detección de Rayos: Métricas Clave de Rendimiento

- **Métricas Clave de Rendimiento:**
 - Eficiencia de detección
 - Precisión de la ubicación
 - Tipo de flash
 - Estabilidad
 - Consistencia



Video Digital de Alta Velocidad – Refusilo a 7500 Cuadros por Segundo



Observaciones de los Rayos Desde el Espacio – Historia Temprana

Satellite Spacecraft	Launch date	Sensor	Altitude (km)	Period	Lightning power sensitivity (watts)	Footprint
Optical						
OSO 2,5	1965,1969	Photometers	600	Moonless night	$\sim 10^8$	
VELA V	1970	Photodiodes	1.1×10^5	Day-night	$10^{11}-10^{13}$	Very wide field of view
DMSP	1970	Scanning radiometer	830	Local midnight	Sensitive	100 km
DMSP-SSL	1974	12 Photodiodes	830	Local midnight	10^8-10^{10}	700 km
DMSP-PBE 2,3	1977	2.5 mm photodiode	830	Dawn/dusk	$4 \times 10^9-10^{13}$	1360 km
S81-1 (SEEP)	1982	Particle spectrometer	230	Night	10 R	100 km
		Airglow photometers (391.4, 390.8, 630.3 nm)				
Space shuttle-NOSL	1981-1983	Photocell plus film	150	Shuttle flights STS-2, 4, 6	NA	Variable
Space shuttle-MLE	1988	Payload bay video cameras	150	STS-26, 30, 32, 34	NA	Variable
GPS-NDS	1983	Photodiodes	2×10^4	Continuous	$2 \times 10^8-2 \times 10^{13}$	Wide field of view
RF						
ARIEL-3	1967	HF radio receivers 5, 10, 15 Mhz	600	Day/night	RF	'Iris' effect
RAE-1	1968	HF radio receivers 0.2-9.18 MHz	5850			Ionosphere structure dependence
ISS-b	1978	HF radio receivers 2.5, 5, 10, 25 MHz	1100			Several hundreds of kilometers
EOS/TRMM Lightning imaging sensor	1997	CCD Array	Low earth orbit	Continuous coverage within field of view	10^8-10^{11}	450 km x 450 km field of view with 3.5 km pixel resolution
Goes-Next Lightning mapper sensor (Proposed)	Late 1990's	CCD Array	Geostationary	Continuous coverage	10^8-10^{11}	10 km

Goodman y Christian, 1993



Primeras Observaciones

- El hecho de que los relámpagos se podían ver desde las grandes altitudes fue notado en forma anecdótica por los primeros pilotos de U-2, y las observaciones más enfocadas fueron reportadas por el Apolo y los primeros vuelos del transbordador espacial. Se utilizaron sistemas de cámaras simples para registrar lo que veían.



U-2 (NASA 709) volando sobre el Puente Golden Gate Bridge, San Francisco, California EE.UU., 1988



Los Astronautas Observan Relámpagos Desde el Espacio desde la Década de los 60.

Lightning Storms from Uganda to Zanzibar Island

Videos produced by the Crew Earth Observations group at
NASA Johnson Space Center

For replication and crediting information, please see our guidelines
on our main video page.



Matriz de Trazabilidad de la Ciencia de los Rayos

Science Objectives						Measurement Requirement	Instrument Requirement							Mission Requirement				
Validation	GWEC / Diagnostic	GWEC / Prognostic	Nat Haz / Severe WX	Nat Haz / Lig Hazard	Nat Haz / Ops+Planning		Optical (vs RF) detection	Narrowband filter	CCD Imager	Low radiance threshold	Lens parameters	Acceptable data rate	Dual-lens solution	Detect lig faster than storm evolution	Geostationary Deployment	Continuous Transmission	Near Real-Time Product Gen	Baseline Mission
	*	*	*		*	Total (IC+CG) Lightning Rate				*	*			*			*	
*	*	*	*		*	Uniform Detection Efficiency (Spatial)	*		*		*		*					
	*	*	*	*	*	Stationary Detection Efficiency (Temporal)	*	*		*								
		*	*	*	*	Continuous Observation	*					*		*	*	*	*	*
		*	*	*	*	Rapid-Update Sampling			*			*		*		*	*	
	*	*			*	Large-Area Coverage	*		*		*	*	*		*			
*	*	*	*	*	*	Storm-Scale Resolution	*		*		*	*	*					
*	*	*	*	*	*	High Localization Accuracy	*		*		*							
	*		*	*	*	High SNR / Low FAR		*		*	*	*						
*			*	*		Colocation of FOV w/ Surface Obs							*					
	*	*	*	*		Continuous Obs, Many Convective Regimes			*		*		*		*			*
			*			Continuous Obs, Many Severe Storms			*				*	*	*	*		*
		*			*	Continuous Obs, Offshore Regions	*		*		*		*		*			*

Table L-3: Science Traceability Matrix



Detección de Rayos con GLM* – Cómo Funciona

- **Relámpagos desde el espacio:**
 - El relámpago aparece como un charco de luz en la parte superior de la nube mientras la descarga ilumina la nube como una lámpara.
- **Desafío diurno:**
 - Durante el día, la luz del sol reflejada desde la parte superior de las nubes “abruma” totalmente y enmascara la señal del rayo. La detección de rayos diurnos impulsó el diseño.



*Siglas de “Geostationary Lightning Mapper”-
Mapeador de Rayos Geoestacionario, en inglés



Detección de Rayos con GLM – Cómo Funciona

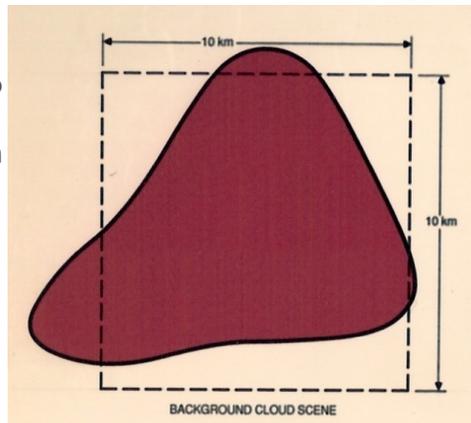
- **La Solución:**

- Hay que aplicar técnicas especiales para extraer la señal débil y transitoria del rayo brillante del ruido de fondo brillante.

Espacial

Muestreo óptimo de escena de rayos en relación con la escena de fondo.

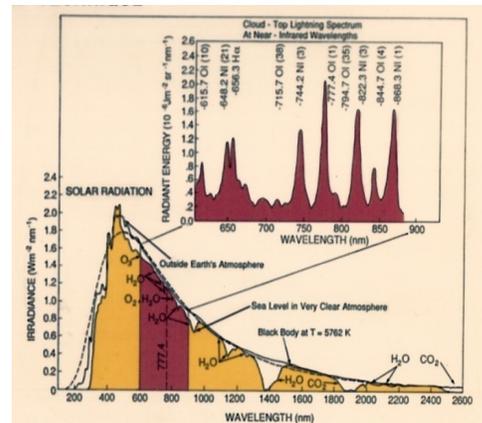
Campo visual de píxeles 4-10 km.



Espectral

Muestreo óptimo de señal de rayos en relación con la escena de fondo.

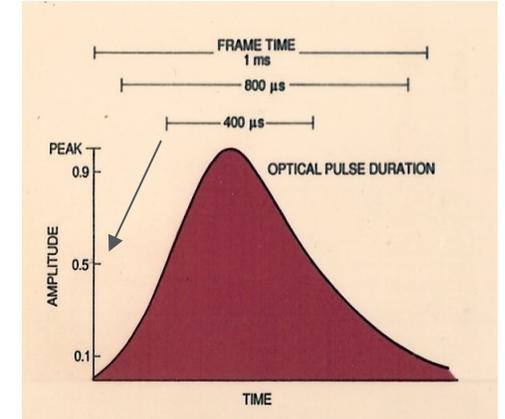
LIS usa un filtro de 1 nm a 777.4 nm.



Temporal

Muestreo óptimo del pulso de rayo en relación con la señal de fondo.

LIS/GLM usa marcos de 2 ms.



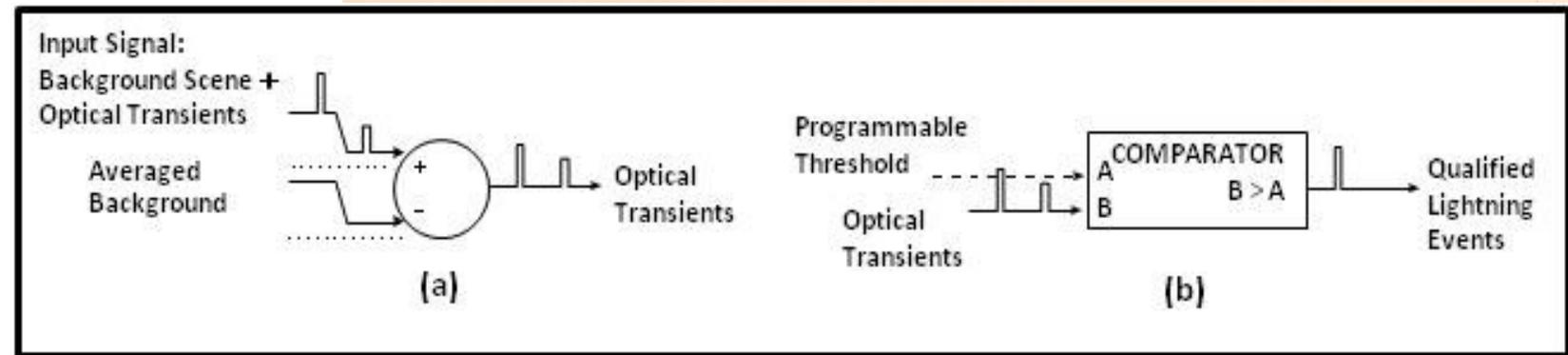
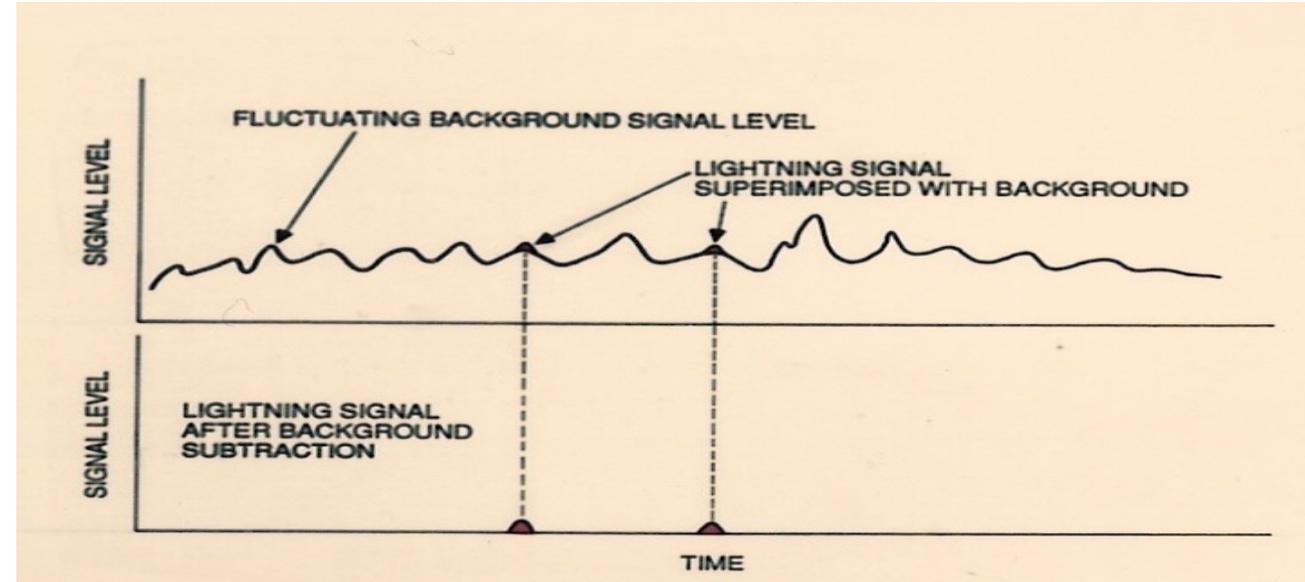
Detección de Rayos GLM – Cómo Funciona

- Incluso con filtros espaciales, espectrales y temporales, la señal de fondo puede superar la señal del rayo por un factor de 100 a 1 en el plano focal.
- El primer paso es una **sustracción del fondo cuadro a cuadro** para producir una señal de solo rayo.
- El filtrado da como resultado una reducción de 10^5 en los requisitos de velocidad de datos, al tiempo que mantiene una alta eficiencia de detección de rayos.

Sustracción del Fondo

La sustracción de niveles de señales de fondo óptima a cada píxel.

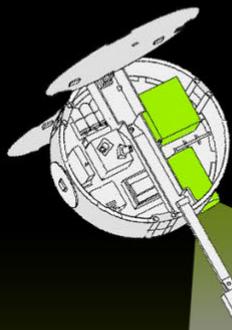
Se seleccionan eventos transitorios para procesamiento.



OTD y LIS

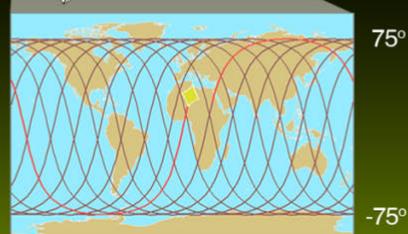
Optical Transient Detector (OTD)

MicroLab-1



LAUNCH
April 1995

DATA
May 1995 - April 2000



ORBIT
70° inclin., 735 km (detects to ~75°)

FIELD OF VIEW
1300 x 1300 km

DIURNAL CYCLE
sampled in 55 days

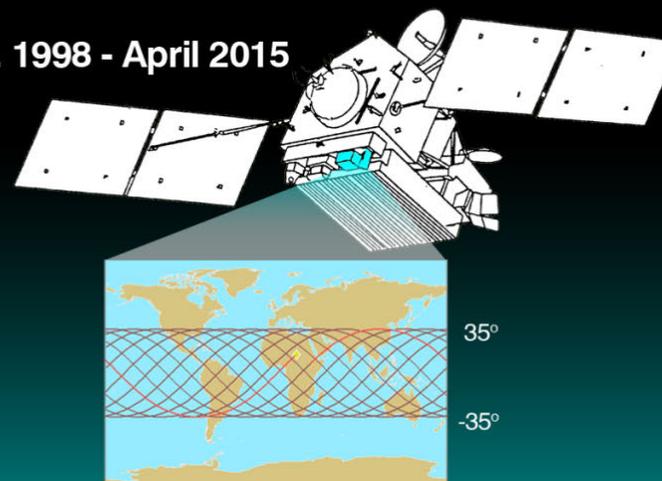
Lightning Imaging Sensor (LIS)

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

LAUNCH
November 1997

DATA
Jan. 1998 - April 2015

OPERATIONAL FOR
17 YEARS!



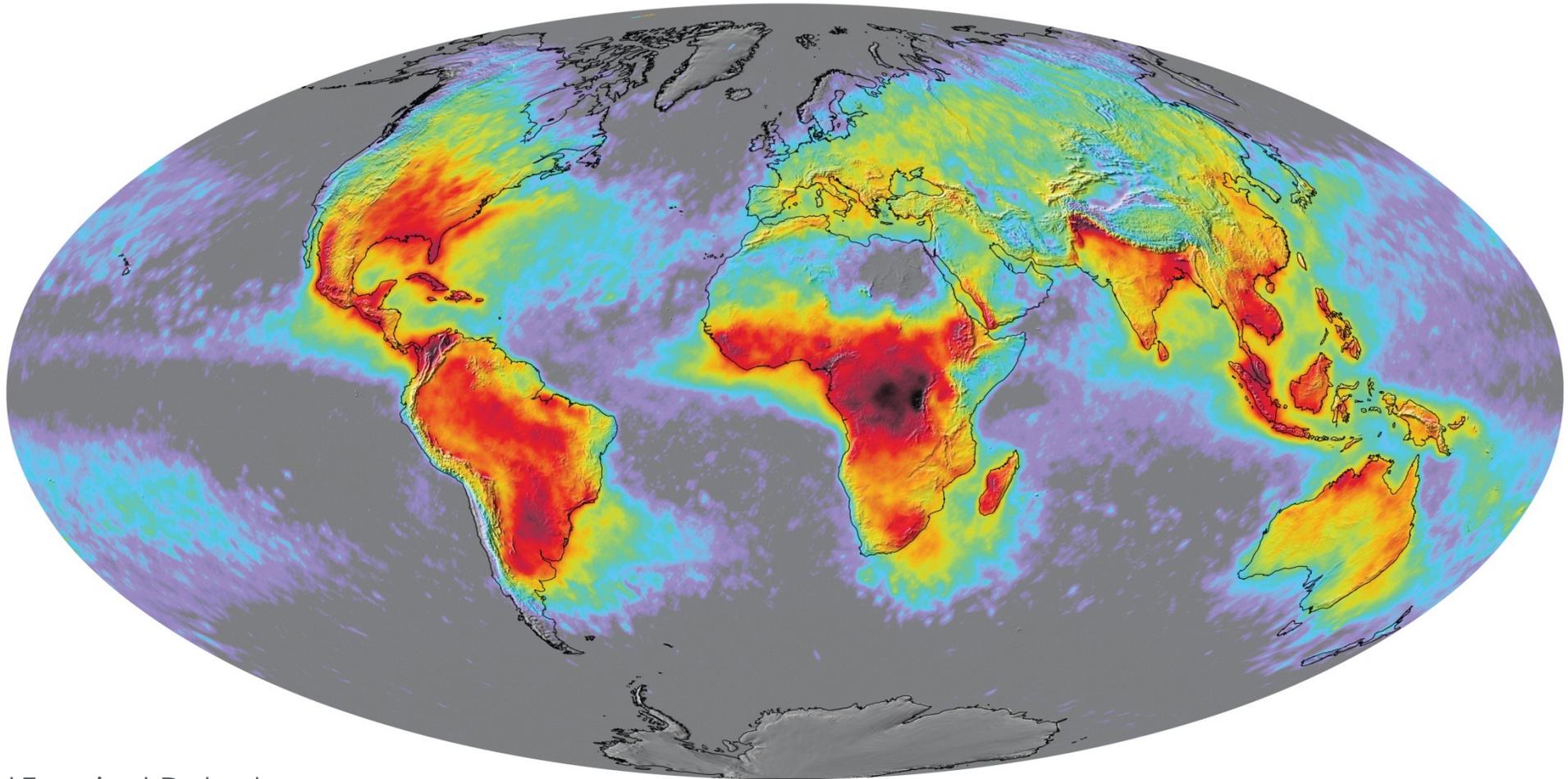
ORBIT
**35° inclin., 350 km (boosted to 400 km in 2001)
(detects to ~38°)**

FIELD OF VIEW
600 x 600 km

DIURNAL CYCLE
sampled in 49 days



Distribución de Rayos a Nivel Mundial: Primeros Resultados



OTD – Optical Transient Detector
LIS – Lightning Imaging Sensor

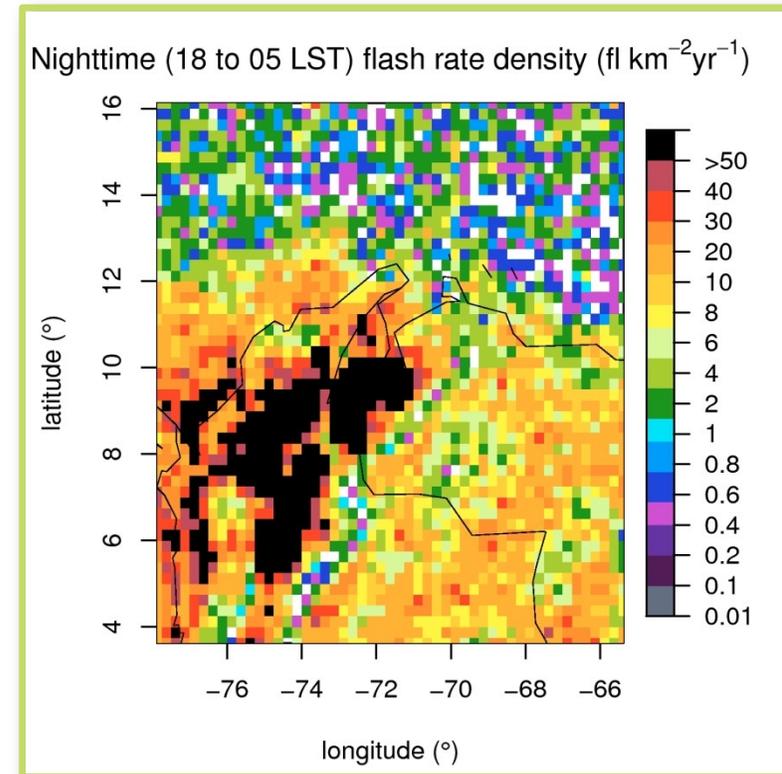
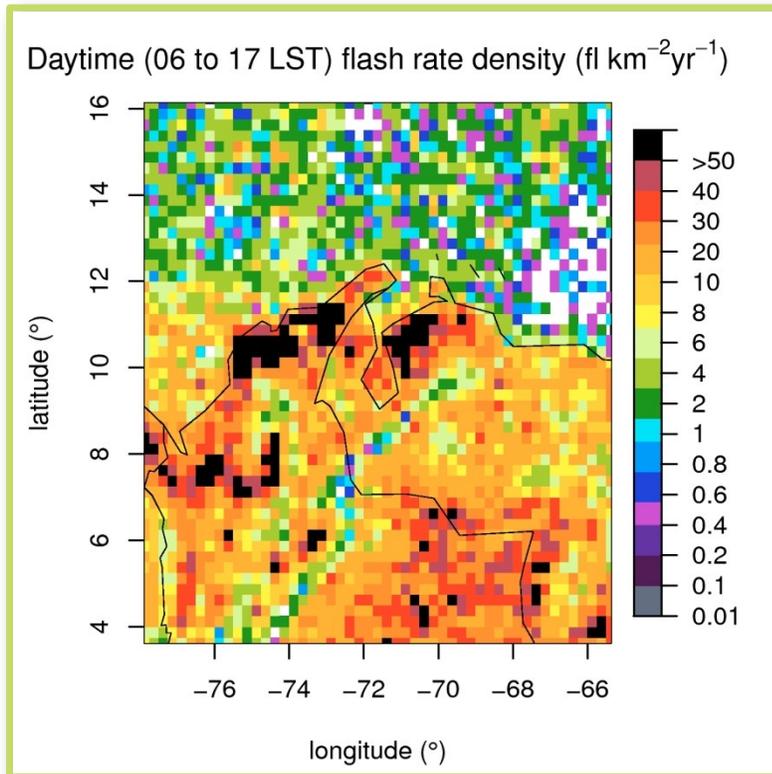


Goodman et al., 2007. Glimpses of a Changing Planet, M. King, ed., Cambridge University Press



Lago de Maracaibo, Venezuela

- Tiene la mayor frecuencia de rayos en toda la Tierra

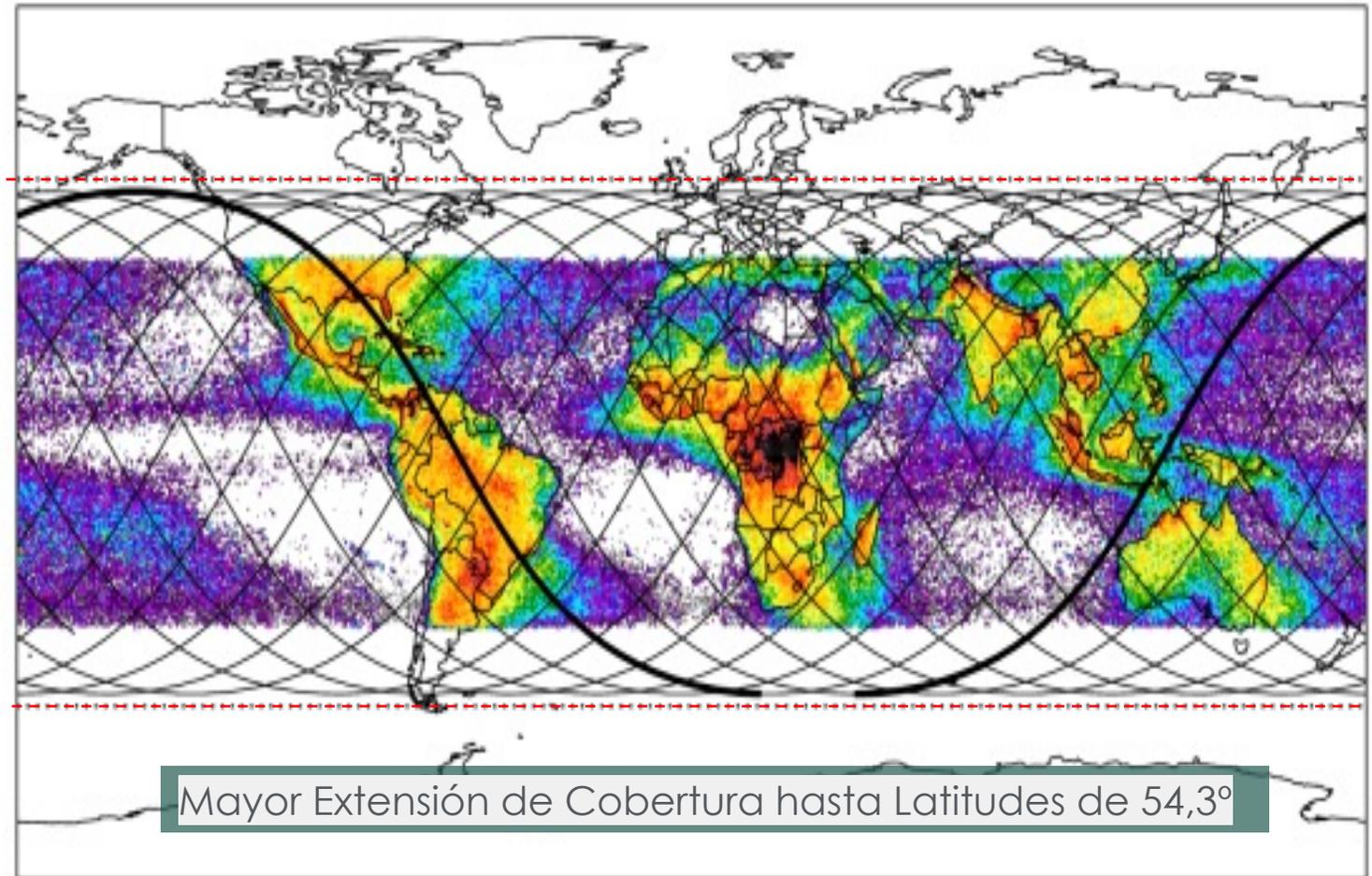


Rayos totales observados de día (izq.) y noche (der.) por el NASA TRMM Lightning Imaging Sensor



LIS en la Estación Espacial Internacional (ISS) – Mayor Cobertura

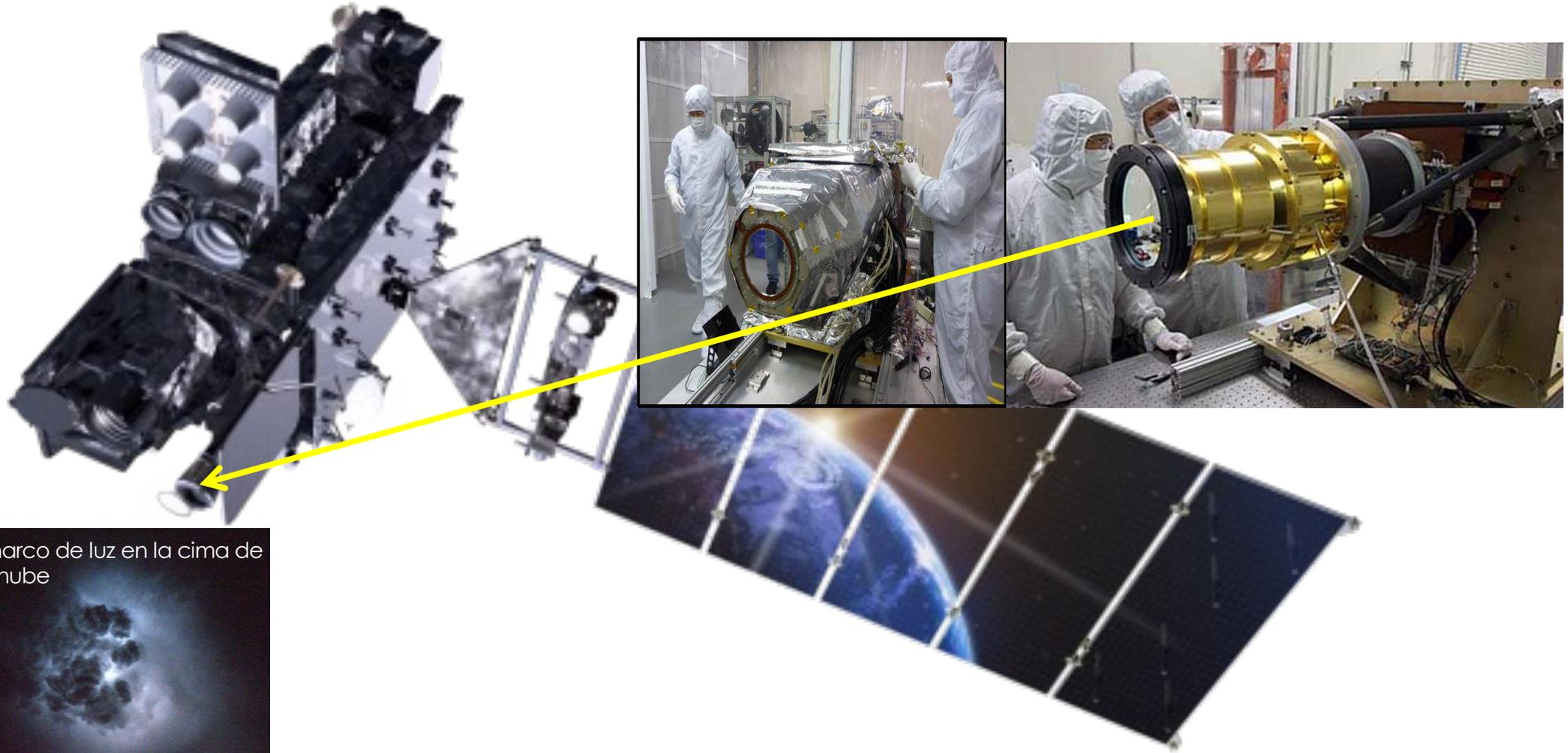
- Febrero de 2017 – noviembre de 2023
- Cobertura Global (%) de todos los rayos para LIS/ISS (entre las líneas rojas discontinuas) = 81% (98%)
- Cobertura Global de LIS/TRMM (datos presentados arriba) = 62% (90%)



Lightning Flash Rate (FL yr⁻¹ km⁻²)



El Mapeador GOES Geostationary Lightning Mapper (GLM)



El Instrumento GLM

- GLM es un detector infrarrojo cercano de mirada fija que mapa rayos dentro de las nubes y de nubes a tierra de manera continua con una resolución espacial casi uniforme.



Fuente: Lockheed Martin

GLM Unidad de Electrónicos y del Sensor



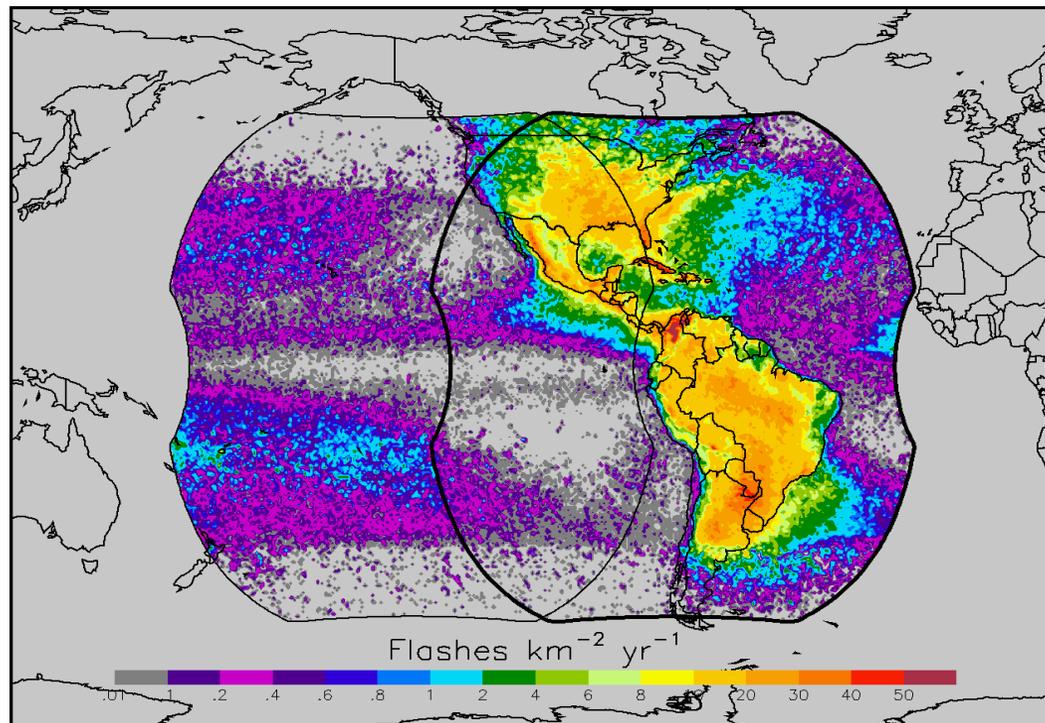
Fuente: Lockheed Martin

ABI y GLM Instalados en GOES-R



Campo Visual de GLM – GOES E, W

- Campo visual combinado del Geostationary Lightning Mapper (GLM) desde el Este (delineado grueso a 75W y Oeste (delineado delgado centrado en las posiciones de 137W). Las estadísticas de los rayos se derivan de las mediciones del LIS (enero de 1998-diciembre de 2010) y del Detector Óptico de Transitorios (OTD) (mayo de 1995-marzo de 2000) (Cecil et al., Atmos. Res., 2012).



Atmospheric Research 125-126 (2013) 34–40



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Atmospheric Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/atmos



The GOES-R Geostationary Lightning Mapper (GLM) 

Steven J. Goodman ^{a,*}, Richard J. Blakeslee ^b, William J. Koshak ^b, Douglas Mach ^c, Jeffrey Bailey ^c, Dennis Buechler ^c, Larry Carey ^c, Chris Schultz ^c, Monte Bateman ^d, Eugene McCaul Jr. ^d, Geoffrey Stano ^e

^a National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA/NESDIS/GFSC), Greenbelt, MD, USA
^b NASA George C. Marshall Space Flight Center/NSSTC, Huntsville, AL, USA
^c The University of Alabama in Huntsville, Huntsville, AL, USA
^d University Space Research Association, Huntsville, AL, USA
^e ENSO, Inc., Huntsville, AL, USA

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 25 August 2012
 Received in revised form 3 January 2013
 Accepted 22 January 2013
 Available online 4 February 2013

Keywords:
 Lightning
 Thunderstorms
 Satellite meteorology
 Nowcasting

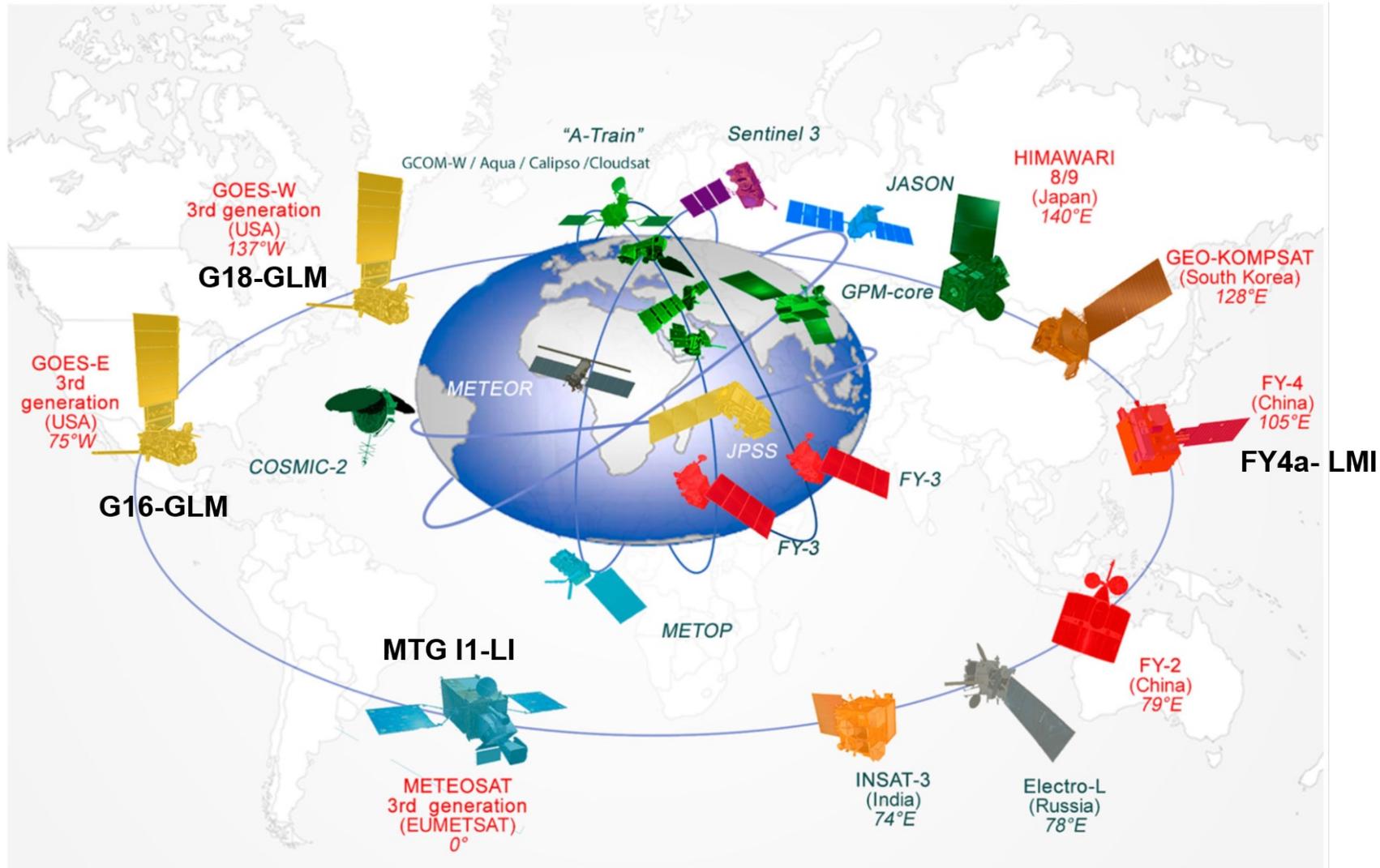
ABSTRACT

The Geostationary Operational Environmental Satellite R-series (GOES-R) is the next block of four satellites to follow the existing GOES constellation currently operating over the Western Hemisphere. Advanced spacecraft and instrument technology will support expanded detection of environmental phenomena, resulting in more timely and accurate forecasts and warnings. Advancements over current GOES capabilities include a new capability for total lightning detection (cloud and cloud-to-ground flashes) from the Geostationary Lightning Mapper (GLM), and improved cloud and moisture imagery with the 16-channel Advanced Baseline Imager (ABI). The GLM will map total lightning activity continuously day and night with near-uniform storm-scale spatial resolution of 8 km with a product refresh rate of less than 20 s over the Americas and adjacent oceanic regions in the western hemisphere. This will aid in forecasting severe storms and tornado activity, and convective weather impacts on aviation safety and efficiency. In parallel with the instrument development, an Algorithm Working Group (AWG) Lightning Detection Science and Applications Team developed the Level 2 (stroke and flash) algorithms from the Level 1 lightning event (pixel level) data. Proxy data sets used to develop the GLM operational algorithms, as well as cal/val performance monitoring tools were derived from the NASA Lightning Imaging Sensor (LIS) and Optical Transient Detector (OTD) instruments in low Earth orbit, and from ground-based lightning networks and intensive prelaunch field campaigns. The GLM will produce the same or similar lightning flash attributes provided by the LIS and OTD, and thus extend their combined climatology over the western hemisphere in to the coming decades. Science and application development along with preoperational product demonstrations and evaluations at NWS forecast offices and NOAA testbeds will prepare the forecasters to use GLM as soon as possible after the planned launch and checkout of GOES-R in late 2015. New applications will use GLM alone, in combination with the ABI, or integrated (fused) with other available tools (weather radar and ground strike networks, nowcasting systems, mesoscale analysis, and numerical weather prediction models) in the hands of the forecaster responsible for issuing more timely and accurate forecasts and warnings.

Published by Elsevier B.V.

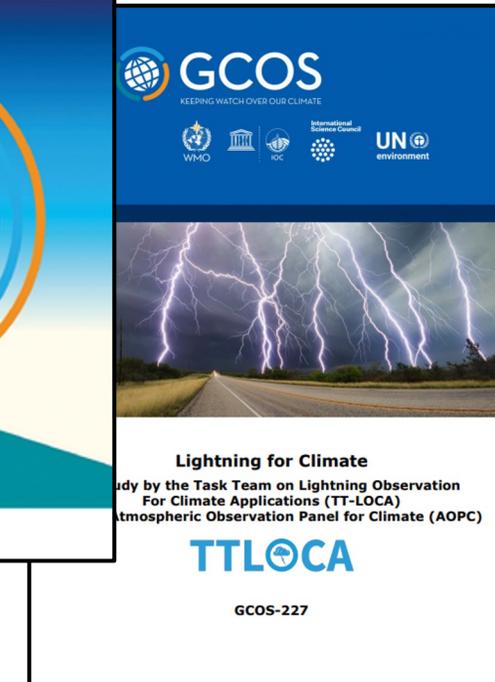
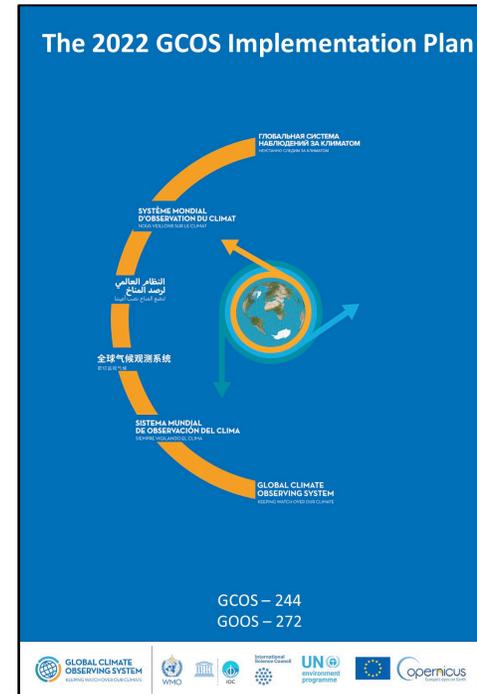


El Sistema de Satélites de Observación Global – Forjando el Geo-Ring



Propuesta para el Valor Climático de los Rayos

- ¿Por qué los rayos para el clima?
 - Una variable climática esencial (ECV, por sus siglas en inglés) es una variable física, química o biológica o un grupo de variables vinculadas que contribuye de manera crítica a la caracterización del clima de la Tierra.
 - Los conjuntos de datos de ECV proporcionan la evidencia empírica necesaria para comprender y predecir la evolución del clima, guiar las medidas de mitigación y adaptación, evaluar los riesgos, permitir la atribución de eventos climáticos a causas subyacentes y respaldar los servicios climáticos.
 - Deben apoyar el trabajo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

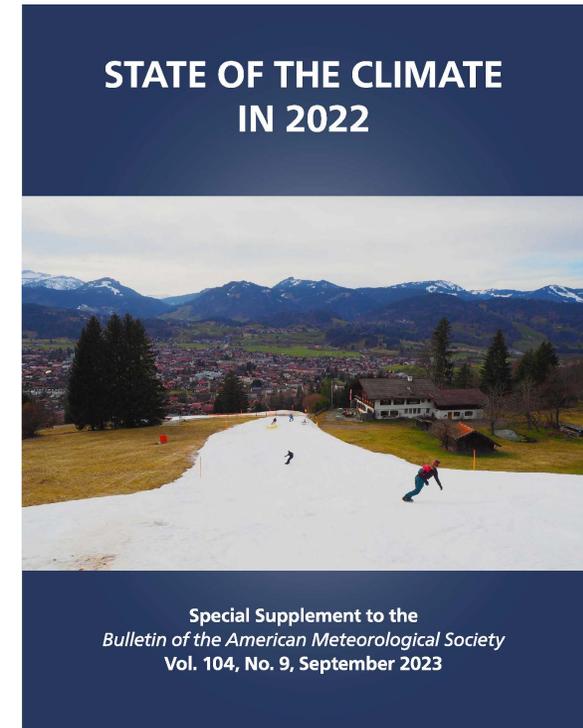
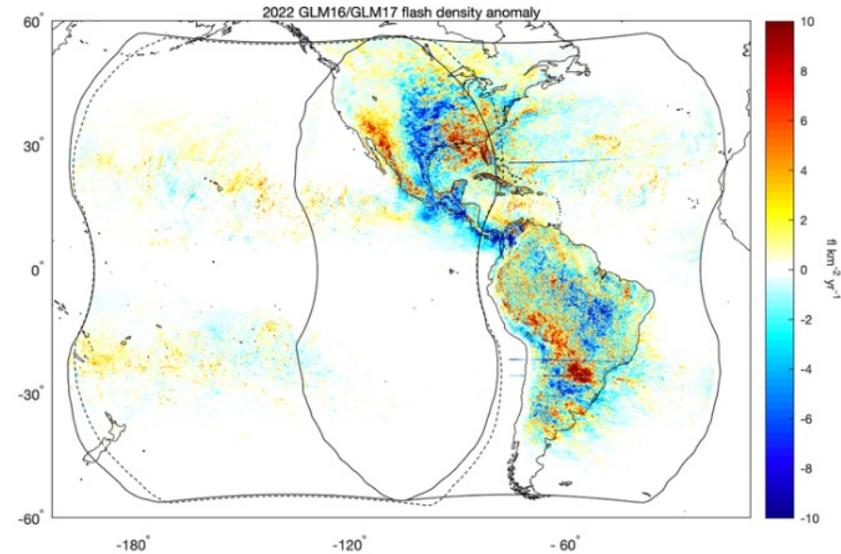
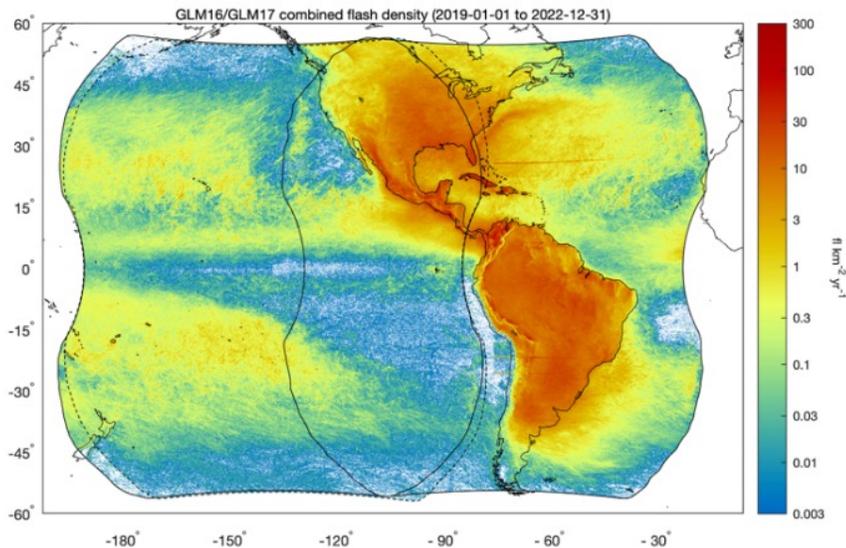


GCOS – Global Climate Observing System

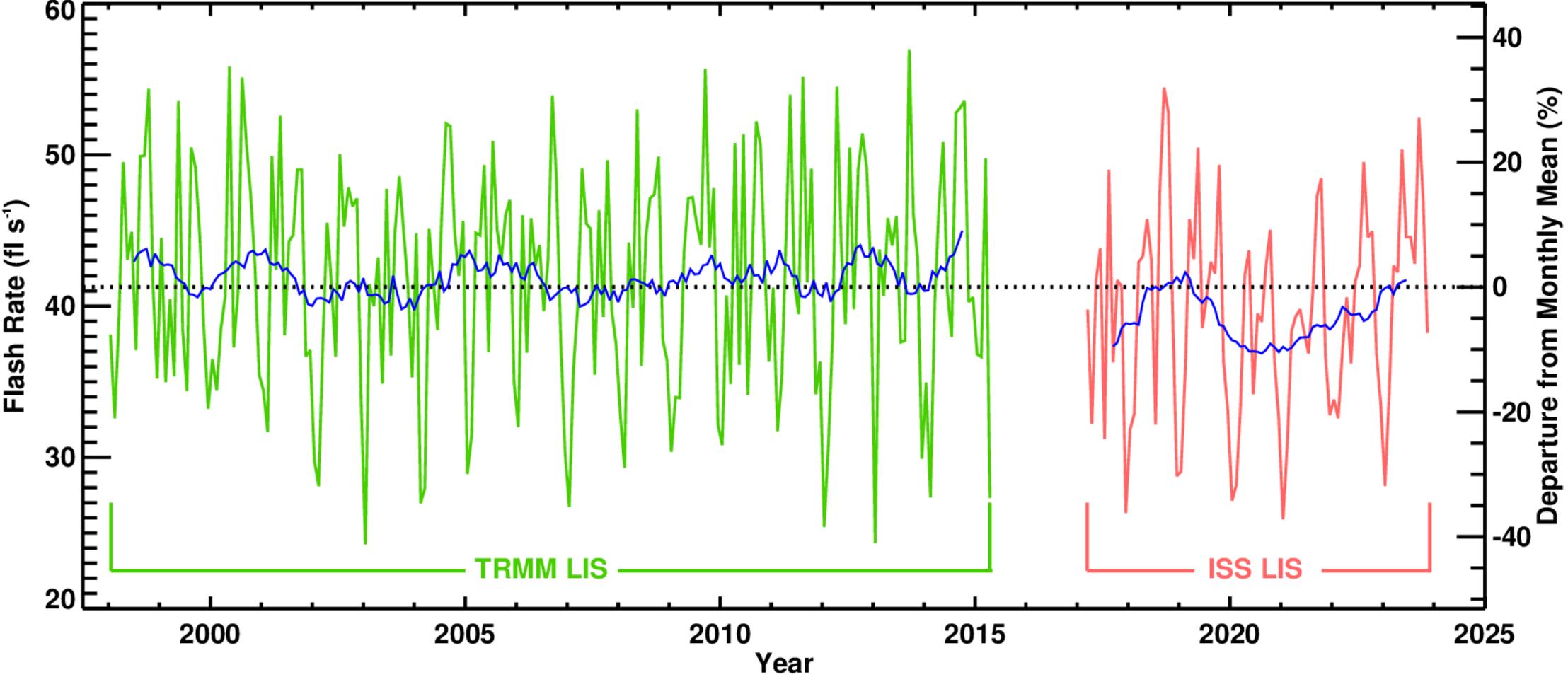


Los Rayos Son una de las Variables Climáticas Esenciales en el Sistema WMO Global Climate Observing System (GCOS)

- G16 y G17 combinados: densidad media combinada de destellos GLM (izquierda) y anomalía (derecha) para 2022 en relación con la media de 2019-2021.
- La Niña de 3 años de triple bajón finaliza en marzo de 2023
- COVID-19 con reducción de emisiones industriales



Monthly TRMM and ISS LIS Flash Rate

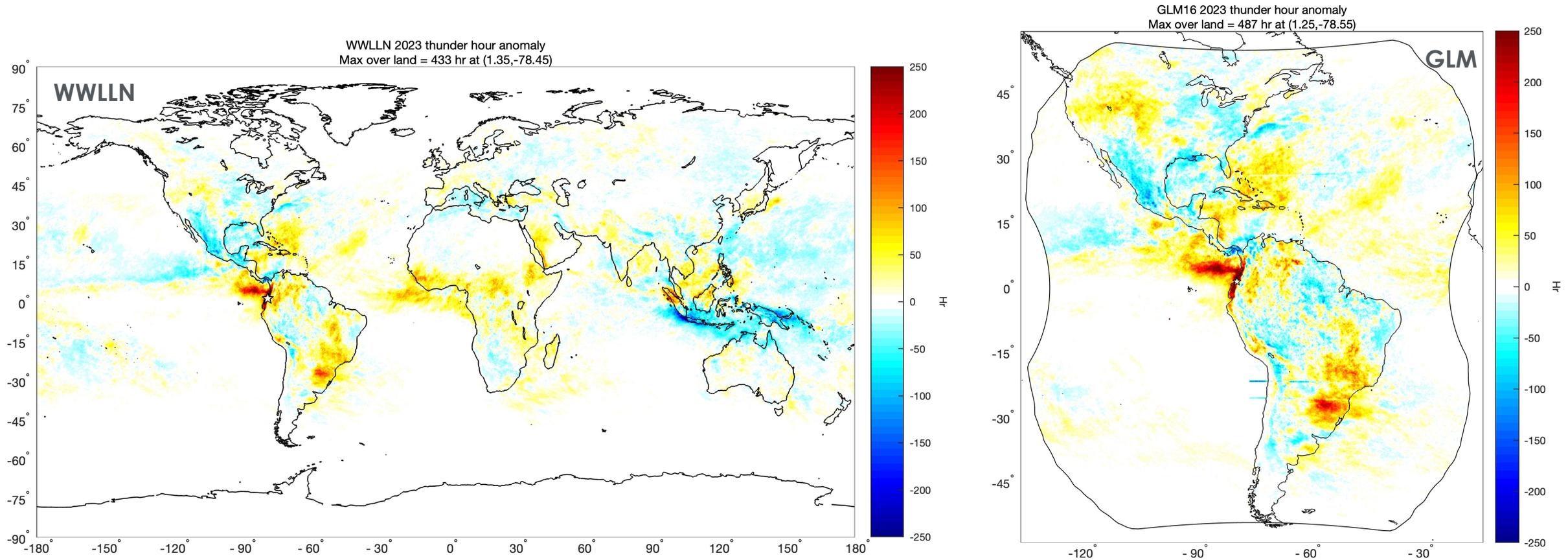


Hora Trueno

- La vida útil de una tormenta eléctrica ordinaria es de aprox. 1 h y un observador humano puede escuchar un trueno a hasta ~ 15 km de distancia.
- La definición correspondiente de una **hora trueno** es que al menos dos relámpagos se localizaron en una hora a <15 km de distancia de un lugar determinado.
- El mapeo de las horas trueno permite la caracterización de las frecuencias de tormentas eléctricas en todo el mundo que son indicativas de clima de alto impacto y peligro de rayos.



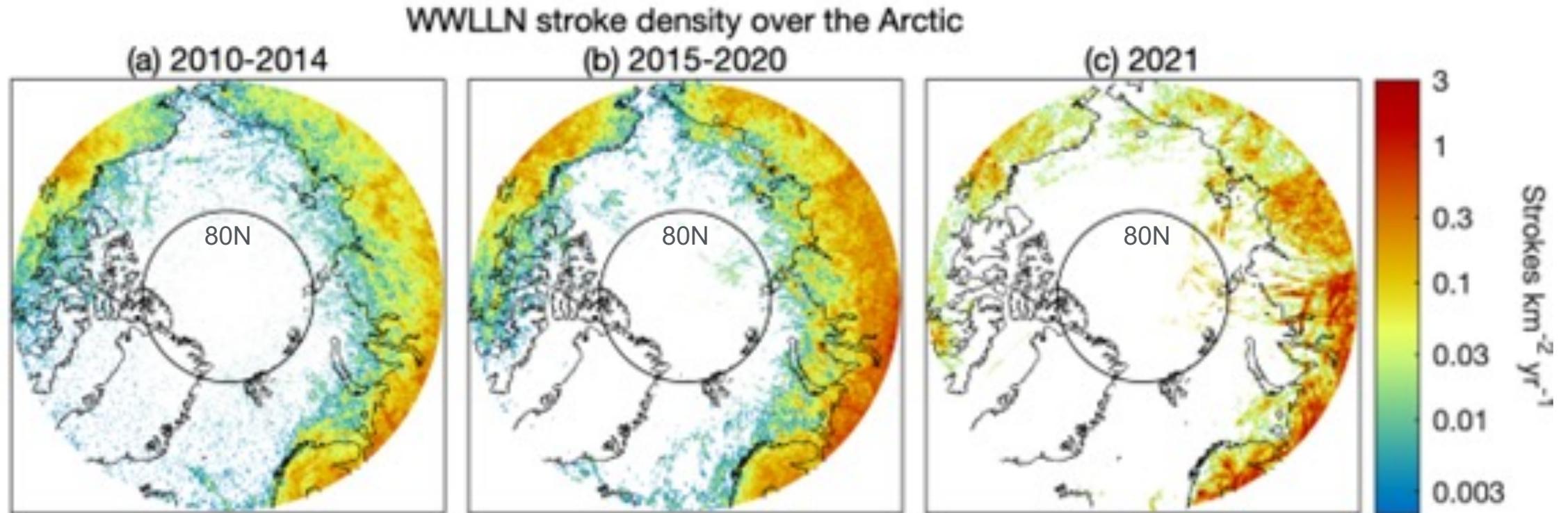
Anomalía de Horas Trueno de El Niño de 2023



Las anomalías de las horas-trueno en 2023 se calculan en comparación con el promedio de cinco años anteriores de horas trueno anuales (2018-2022). El mapa de anomalías de horas-trueno resultante para 2023 muestra una gran mejora sobre el Océano Pacífico Oriental y el Sureste de Brasil, atribuida al aumento de la temperatura marina superficial del Pacífico Oriental asociado con El Niño que comenzó en 2023.



Atribución: ¿Qué Tiene que Ver el Aumento de Rayos en Latitudes Altas con el Calentamiento del Ártico?

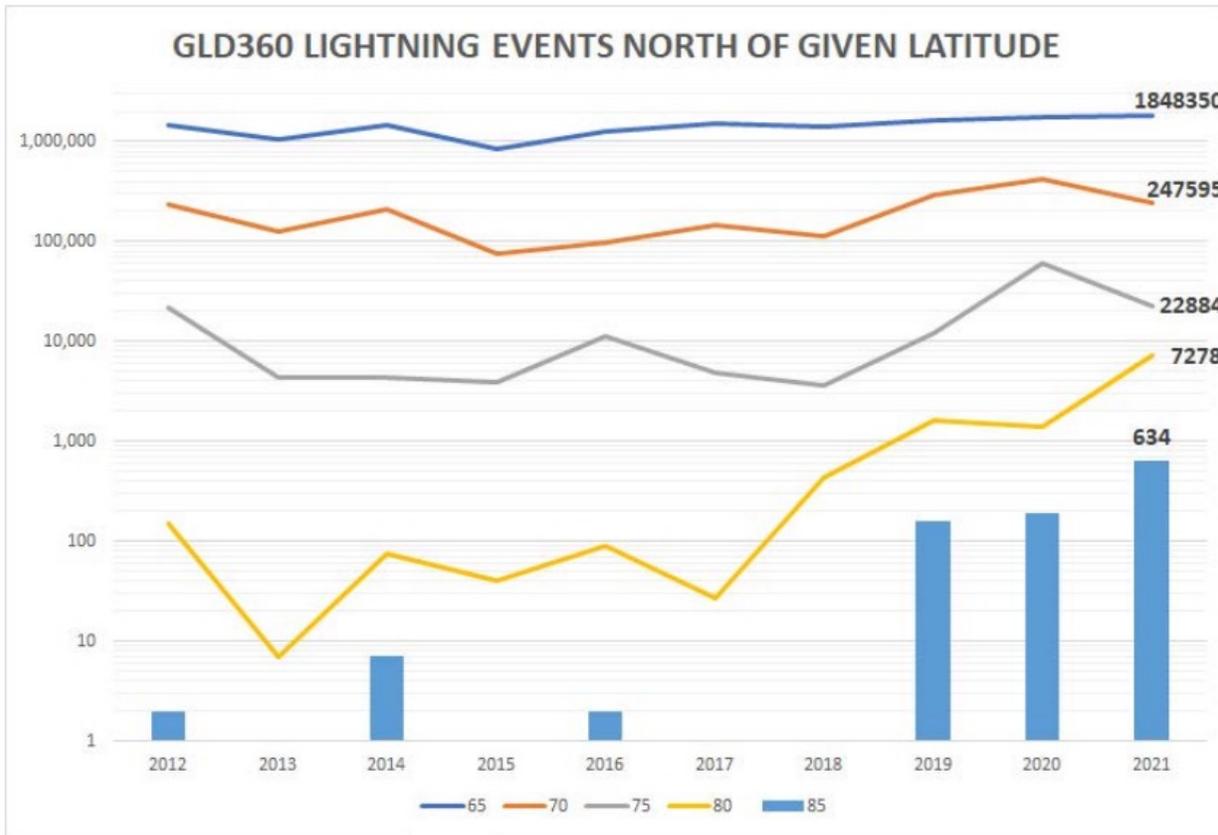


Densidades de rayos en el ártico registradas por la red World Wide Lightning Location Network (WWLLN) y promediadas para los años 2010-2014, 2015-2020 y 2021. Las densidades de refusilos de rayos aumentaron durante el periodo 2015-2020 comparado con 2010-2014. En 2021, Europa septentrional y gran parte de Rusia septentrional continuaron a experimentar mayores densidades generales de rayos. Rusia oriental y Norteamérica septentrional por lo general vieron menos rayos que durante el periodo anterior de 2015-2020.

BAMS Special Issue on Climate, 2022

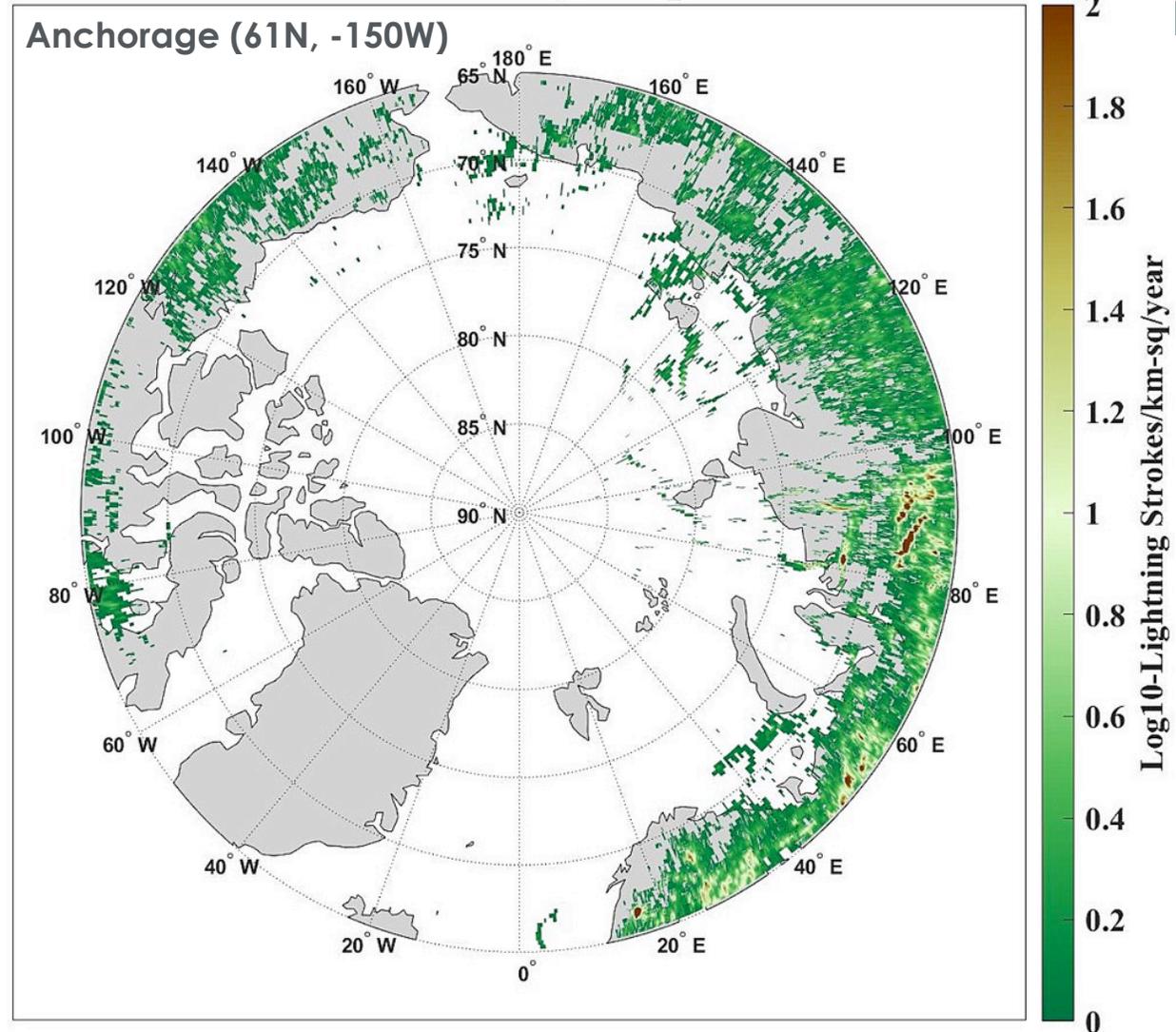


Rayos en las Latitudes Altas



Courtesy Vaisala, Inc.

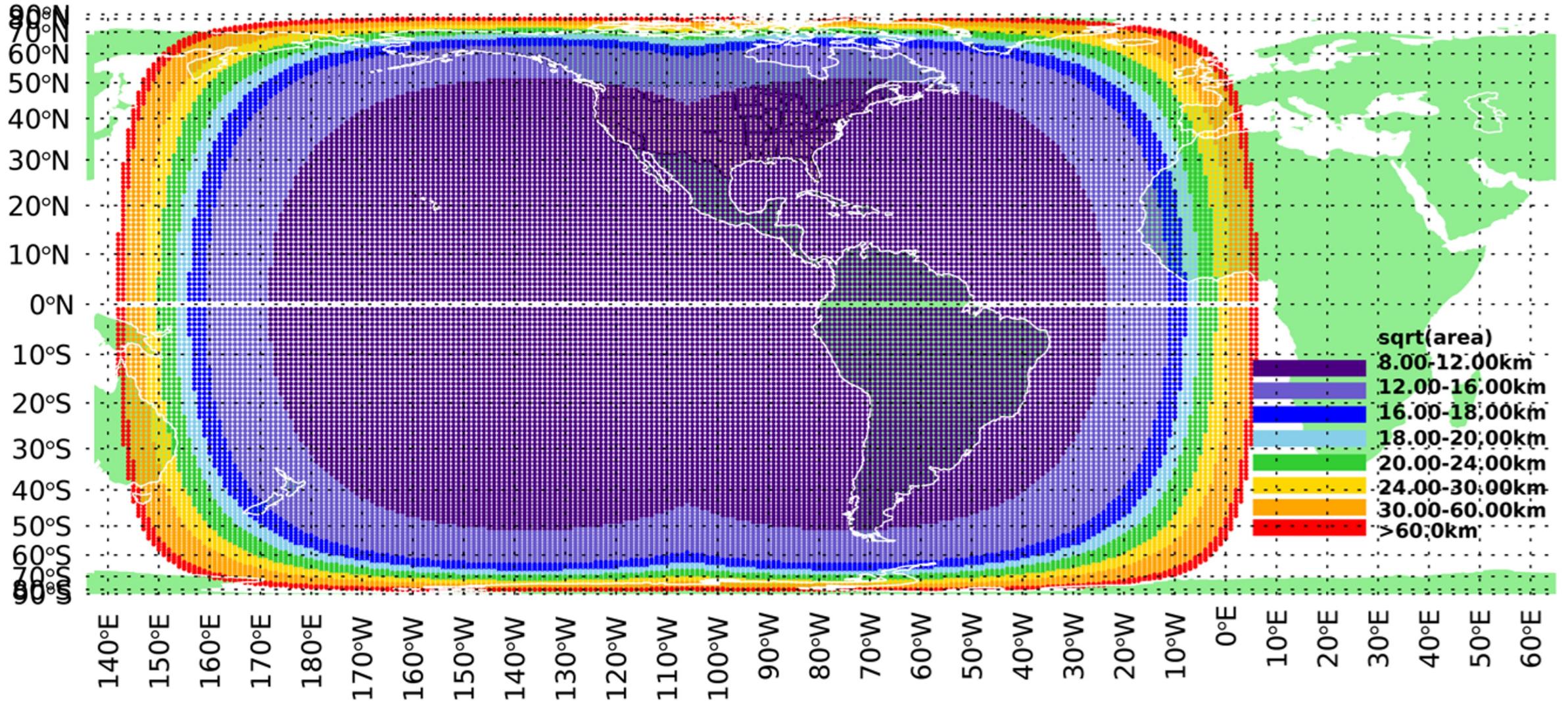
WWLLN Stroke Density Map for JJA 2021



Distribución espacial de densidad de rayos (retusilos/ km²/año) en los meses de junio, julio y agosto (JJA) de 2021 y por encima de los 65°N (Saha et al., Atmos. Res., 2023).



75W, 137W Coverage



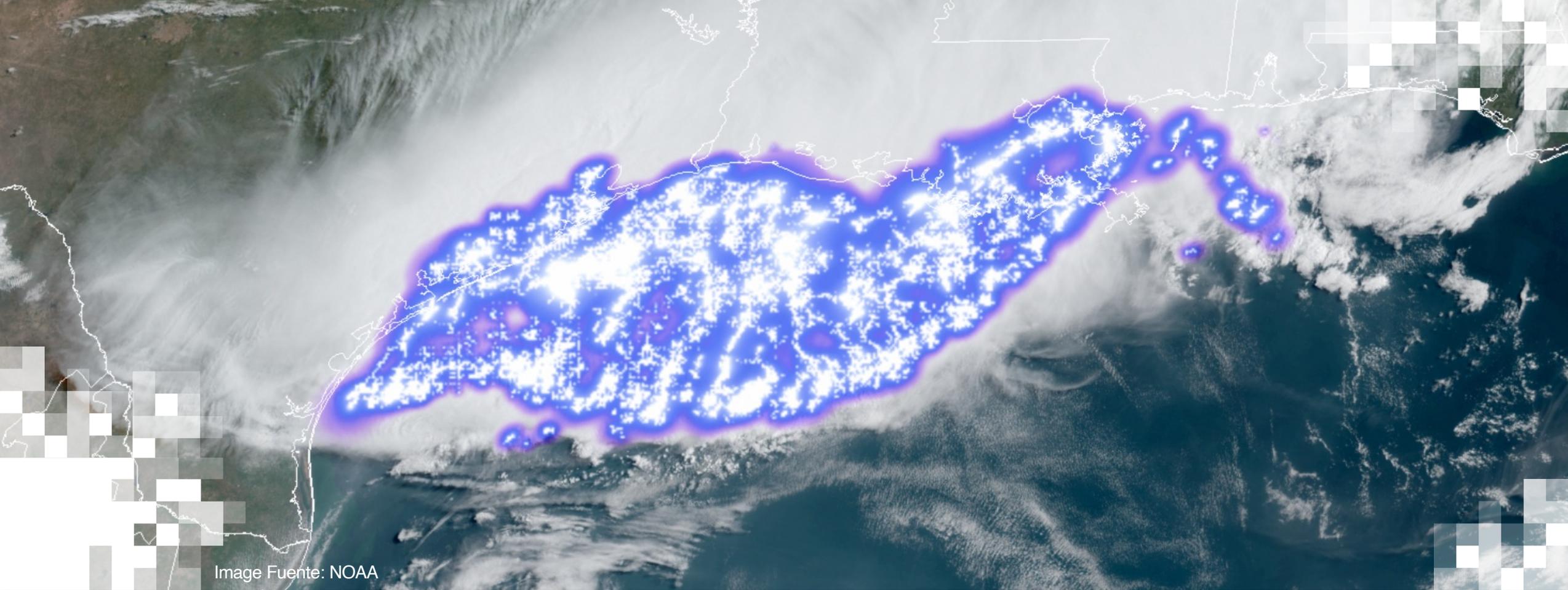


Image Fuente: NOAA

1^{ra} Parte Resumen

Resumen

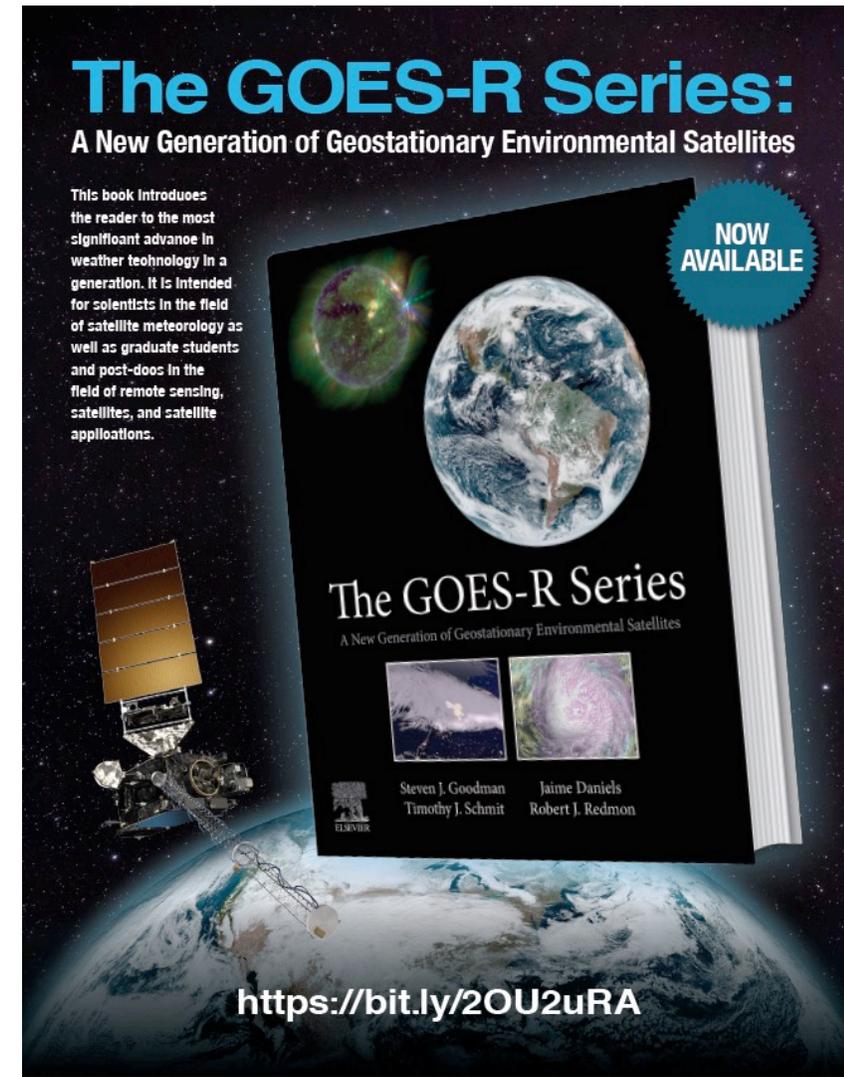
- Los rayos son un peligro natural global de gran importancia.
- LMX es un avance evolutivo con respecto a GLM.
- ¿Cómo se puede asociar un ECV de rayos con otras variables, como las nubes, la precipitación, la composición, los NO_x , las observaciones de la superficie (por ejemplo, la temperatura, los informes de clima severo), el ENOS, el MJO y la humedad de los niveles superiores?
- Sensibilización sobre la seguridad frente a los rayos: colaboración con la OMS y el Programa de Reducción del Riesgo de Desastres (Peligros Naturales) de la OMM



Recursos

Páginas Web:

- <https://www.goes-r.gov/>
- <https://rammb-slider.cira.colostate.edu/>
- <https://satelliteliaisonblog.com/>
- <http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/goesdata.html>
- <https://lightning.umd.edu/glm/>
- <https://ghrc.nsstc.nasa.gov/lightning/>
- <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/satellite-data/goes-r-series-satellites>



Tarea y Certificados

- **Tarea:**

- Habrá una tarea asignada
- Abre el 19 de marzo de 2024
- Acceso desde la [página web de la capacitación](#)
- Debe enviar sus respuestas vía Formularios de Google
- **Fecha límite: 17 de abril de 2024**

- **Certificado de Finalización de Curso:**

- Asista a las tres sesiones en vivo (la asistencia se registra automáticamente)
- Complete la tarea dentro del plazo estipulado
- Recibirá un certificado por correo electrónico aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso.



Datos de Contacto

Trainers:

- Steven Goodman
 - steven.goodman@nasa.gov
- Amita Mehta
 - Amita.v.mehta@nasa.gov

- [Página web de ARSET](#)
- ¡Síguenos en X (antiguamente Twitter)!
 - [@NASAARSET](#)
- [ARSET YouTube](#)

Visite nuestros Programas Hermanos:

 [DEVELOP](#)

 [SERVIR](#)





¡Gracias!

