

ASÍ QUE, USTED
CREE QUE SABE
RELÁMPAGOS



¡UNA RECOLECCIÓN DE HECHOS **ELECTRIFICANTES!**

PUBLICADO POR

Ronald L. Holle

Consultor, Vaisala, Inc.
Tucson, Arizona

Daile Zhang

Candidato a PhD, Depto. de Hidrología y Ciencias Atmosféricas
University of Arizona, Tucson, Arizona, USA

Para mayor información visite vaisala.com/lightning

© Vaisala 2017

En su capacidad de consultor meteorológico e instructor del curso de ciencias generales, respectivamente, durante muchos años, los autores han recopilado una serie de preguntas referentes a relámpagos, que frecuentemente son hechas por clientes, estudiantes y amigos. Este folleto contesta esas preguntas y provee conocimientos adicionales para ayudar a los lectores a comprender la física básica y la seguridad relativa a los relámpagos, al igual que la detección de los mismos.

Los autores desean agradecer a las siguientes personas (en orden alfabético) por la revisión de este folleto: Hsin-I Chang, Brittany Ciancarelli, Mary Ann Cooper, John Jensenius, Jessica Mackaro, James Moker, Melanie Scott, y Sarah Warren.

Capítulo I – Generalidades de los Relámpagos ... 5

- ▶ Fenómeno 6
- ▶ Física..... 21
- ▶ Distribución 26

Capítulo II – Seguridad de los Relámpagos ... 34

- ▶ Seres humanos 35
- ▶ Propiedades 44

Capítulo III – Detección de Relámpagos 48

Capítulo IV – Temas Especiales de Relámpagos ... 52

- ▶ Ciencia 53
- ▶ Activadores 56
- ▶ Fotografía 58

**Capítulo
UNO**

Fenómeno



Física



Distribución



¿Qué es un relámpago?



El relámpago es un fenómeno atmosférico eléctrico común. La Sociedad Meteorológica Americana define el relámpago como “la serie de procesos eléctricos que continuamente tienen lugar cuando la carga es transferida a lo largo de los canales de descarga entre los centros de carga eléctrica de signo opuesto.”

CONSEJO DE ORTOGRAFÍA:



Lectura adicional: Lang, T.J. et al., 2017: WMO world record lightning extremes: Longest reported flash distance and longest reported flash duration. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98, 1153-1168.

2 tipos de destellos

¿Cuáles son las diferencias entre pulso, segmento y destello?

Un **pulso** (o un **pulso de nube**) es una descarga de relámpago que conecta regiones con polaridad opuesta (+/-) dentro de una nube o entre múltiples nubes.

Un **segmento** (o un **segmento de nube a tierra**) es una descarga de relámpago que conecta una región de carga en una nube con la tierra.

Un destello de relámpago está constituido por uno o más **pulsos** de nubes y segmentos de nube a tierra, que típicamente ocurren dentro de 1 segundo.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1986: *All about lightning*. Dover Press, 167 pp.

Un destello que solo está constituido por pulsos de nube se denomina **destello de nube**.

Un destello que tiene al menos un segmento de nube a tierra, se denomina **destello de nube a tierra**, que es más peligroso para las vidas y las propiedades.



¿Viajan los relámpagos hacia arriba o hacia abajo?



Típicamente, un destello de nube a tierra comienza con un canal hacia abajo, pero normalmente no es visible debido a su muy corta duración. Cuando se acerca a la tierra, induce un canal hacia arriba desde la tierra. Este canal hacia arriba se conecta al primer canal hacia abajo y forma un canal brillante (como normalmente lo vemos), que viaja de nuevo hacia arriba a la nube por el mismo camino.

En contraste, un destello de nube que está constituido solo por pulsos de nube, viaja básicamente de manera horizontal.

Lectura adicional: Rakov, V.A., 2016: *Fundamentals of lightning*. Cambridge University Press, 257 pp.



¿Qué es la polaridad del relámpago?



El relámpago puede estar cargado tanto positiva como negativamente. En una tormenta típica, hay muchos más destellos de nube a tierra que destellos positivos. Sin embargo, en las Grandes Llanuras de los EE.UU., se han encontrado tormentas eléctricas anormales con relativamente mayor cantidad de impactos positivos.

Lectura adicional: Rakov, V.A., 2016: *Fundamentals of lightning*. Cambridge University Press, 257 pp.

¿Qué es el relámpago?



Crédito fuente: Ambiente y Cambio de Clima, Canadá

Lectura adicional: Uman, M.A., 1984: *Lightning*. Dover Press, 298 pp.

DATO CLAVE

El calor del relámpago hace que el aire alrededor del mismo se expanda rápidamente. Esta expansión repentina del aire causa una onda de choque que nosotros oímos como trueno.

¿CIERTO O FALSO?



“El relámpago y el trueno ocurren simultáneamente.”

¿Por qué vemos primero el relámpago?

La velocidad de la luz es mucho mayor que la del sonido, por ello, la luz llega antes que el sonido.

- ▶ **Velocidad de la luz:** 3 x 10⁸ metros por segundo (m/s) o 2 x 10⁵ millas por segundo (mi/s).
- ▶ **Velocidad del sonido:** 340 m/s o 0.21 mi/s.

¿Cómo puedo saber qué tan lejos estoy del relámpago?

Después de ver el relámpago, cuente el número de segundos hasta escuchar el trueno. Véase el ejemplo en la siguiente página.

Ejemplo

Si usted oye el trueno 5 segundos después de ver el relámpago, ¿qué tan lejos se encuentra del relámpago?

$$\begin{aligned} \text{Distancia} &= \text{Velocidad} \times \text{Duración} \\ &= 340 \text{ m/s} \times 5 \text{ seg}^* \quad \text{o} \quad 0.21 \text{ mi/s} \times 5 \text{ seg} \\ &= 1,700 \text{ metros} \quad \quad \quad = 1.05 \text{ millas} \end{aligned}$$

Usted se encuentra aproximadamente a 1.7 km o alrededor de 1 milla del relámpago.

*seg = segundo(s)

El sonido necesita
5 segundos
para viajar
1 milla.

¿CIERTO
○ FALSO?

FALSO

“Solo las tormentas eléctricas producen relámpagos.”

Los relámpagos también ocurren en erupciones volcánicas. Los relámpagos ocurren siempre que hay dos regiones de cargas opuestas entre ellas, bien sea una erupción volcánica o una tormenta eléctrica.



Crédito fuente: Sakurajima Volcano, Japan por Dr. Carrado Cimarelli, Ludwig-Maximilians-Universität

Lectura adicional: Behnke, S.A., and E.C. Bruning, 2015: Changes to the turbulent kinematics of a volcanic plume inferred from lightning data. Geophysical Research Letters, 42, 4232-4239.

¿Puede usted oír un relámpago a más de 10 millas de distancia?



Aunque el trueno puede oírse a distancias mayores de 10 millas, esta distancia generalmente es menor si hay ruido de tráfico, o si se encuentra usted en un edificio, o si usted está de espaldas a la cola de la tormenta.

¿Hay siempre un trueno cuando hay un relámpago?
SÍ. El relámpago siempre produce un trueno, lo oiga usted o no.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1986: All about lightning. Dover Press, 167 pp.



¿CIERTO
● FALSO?

“La composición del suelo puede influenciar dónde caigan los relámpagos.”

FALSO

Los relámpagos de nube a tierra se originan a muy grandes altitudes (típicamente por encima de los 5-7 km). El canal de relámpagos hacia abajo dentro de un destello de nube a tierra NO es influenciado por la composición del suelo.

Lectura adicional: Rakov, V.A., 2016: Fundamentals of lightning. Cambridge University Press, 257 pp.

¿Qué es un relámpago de calor?



Crédito fuente: © Ronald L. Holle

Lectura adicional: Uman, M.A., 1984: *Lightning*. Dover Press, 298 pp.

HECHO

El relámpago de calor es un relámpago ordinario - solo que está muy alejado.

¿CIERTO
○ FALSO?



“La temperatura del relámpago es mayor que la de la superficie del sol.”

La temperatura del relámpago es de aproximadamente 30.000 Kelvin (unos 53.500 °F). La temperatura de la superficie del sol es de unos 6.000 Kelvin (alrededor de 10.300 °F).

¿Por qué los relámpagos no activan las reacciones de fusión nuclear de helio-nitrógeno (tal como las dentro del sol)?

La temperatura del núcleo del sol es mucho mayor que la de su superficie. La fusión nuclear requiere más de decenas de millones de Kelvin, que solo se encuentran en el núcleo y no en la superficie solar. La temperatura del relámpago no es lo suficientemente elevada para activar esta fusión nuclear.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1984: *Lightning*. Dover Press, 298 pp.

Prueitt, M.L., 1963: The excitation temperature of lightning. Journal of Geophysical Research, 68(3): 803-811.

¿Existen tornados y huracanes de relámpagos?



Si. Hay relámpagos en los tornados.

Los tornados están formados por tormentas eléctricas que contienen relámpagos. Sin embargo, la frecuencia de su ocurrencia es muy variable.

Si. Hay relámpagos en los huracanes.

Es más probable que ocurra un relámpago en un huracán en las bandas de lluvia espirales externas, que en el ojo del huracán donde se localizan los vientos más fuertes y las lluvias más pesadas.

Lectura adicional: Zheng, D., and D.R. MacGorman, 2016: Characteristics of flash initiations in a supercell cluster with tornadoes. *Atmospheric Research*, 167, 249-264.

Stevenson, S.N., K.L. Corbosiero, and S.F. Abarca, 2016: Lightning in eastern North Pacific tropical cyclones: A comparison to the North Atlantic. *Monthly Weather Review*, 144, 225-239.



¿CIERTO
○ FALSO?



“Los relámpagos no benefician a la Tierra ni a la humanidad.”

Los relámpagos desempeñan un rol importante en:

- ▶ El ciclo del nitrógeno atmosférico al producir nutrientes de nitrato que ayudan a fertilizar la tierra.
- ▶ El Circuito Eléctrico Global que interactúa entre la Tierra, tormentas eléctricas y la atmósfera superior.
- ▶ Un posible mecanismo para el origen de la vida.

Los relámpagos también son visualmente atractivos.

Lectura adicional: Höller, H., U. Finke, H. Huntrieser, M. Hagen and C. Feigl, 1999: Lightning produced NO_x (LINOX) - Experimental design and case study results. *Journal of Geophysical Research*, 104, D11, 13911-13922.

Williams, E.R., 2009: The global electrical circuit: A review. *Atmospheric Research*, 91(2), 140-152.

¿Cuáles son los récords de duración y distancia para un destello de relámpago?



Normalmente un destello de relámpago dura menos de un segundo. Sin embargo, la duración más larga fue registrada en **7,7 segundos**.

Normalmente un destello de relámpago no viaja horizontalmente más de 20 millas (unos 30 km). Sin embargo, la distancia horizontal más larga fue registrada en **200 millas** (321 km).

Lectura adicional: Lang, T.J. et al., 2017: WMO world record lightning extremes: Longest reported flash distance and longest reported flash duration. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98, 1153-1168.



¿CIERTO
○ FALSO?

FALSO



“El relámpago titila debido a que su temperatura es muy elevada.”

La temperatura no tiene nada que ver con el titilado. El titilado es causado por múltiples impactos de nube a tierra con tiempo de intervalo menor a un segundo.



Crédito fuente: © Ronald L. Holle

¿Cuánta energía libera típicamente un destello de relámpago?



Es difícil estimar la energía liberada por el destello de un relámpago, pero típicamente su rango es de aproximadamente 10^9 a 10^{10} Joules. Un dicho común es que esta cantidad de energía equivale a la energía que gasta un bombillo normal en varios meses.

Suponiendo que la energía de un destello de relámpago es de 10^9 Joules y un bombillo tiene una potencia de 100 vatios (Joules/seg), el tiempo de iluminación puede calcularse como:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo} &= \text{Energía}/\text{Potencia} = 10^9 \text{ Joules}/100 \text{ vatios} \\ &= 10^7 \text{ segundos} \\ &= \text{alrededor de 4 meses}\end{aligned}$$

Lectura adicional: Rakov, V.A., 2016: *Fundamentals of lightning*. Cambridge University Press, 257 pp.



¿CIERTO
○ FALSO?

“Un relámpago nunca cae dos veces en el mismo sitio.”



En terrenos abiertos y planos es poco probable que un relámpago caiga en el mismo sitio más de una vez durante un largo período de tiempo. No obstante, es más probable que características naturales y elementos hechos por el hombre (por ejemplo, árboles, edificios y torres) que sobresalen de la tierra, sean víctimas de relámpagos más de una vez.

El edificio, Empire State, es un objetivo frecuente de relámpagos y, por consiguiente, un sujeto favorito de estudios de los mismos.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1986: *All about lightning*. Dover Press, 167 pp.

¿Podemos recolectar y utilizar la energía de los relámpagos?



NO.

1. Debido a que la localización de un relámpago es impredecible (véase la p. 51), es prácticamente imposible saber dónde colocar un “contenedor.”
2. Mucha de la energía producida por un relámpago viene en forma de luz o sonido y no puede ser “cosechada” de manera práctica.
3. Ningún contenedor puede soportar una sobrecarga tan breve y ponderosa y luego almacenar su energía, sin que ésta se “pierda”.
4. Los relámpagos transfieren tanto cargas positivas como negativas. Aunque pudiéramos recolectar la energía, las cargas opuestas tenderían a neutralizar la una a la otra.
5. No hay manera de transportar la energía a la red de potencia o de convertirla en corriente alterna (AC) o en corriente directa (DC).



¿CIERTO
○ FALSO?

“Los relámpagos siempre caen en las estructuras más altas.”

FALSO

Los relámpagos tienden a caer en las estructuras más altas, pero en determinadas condiciones pueden caer en estructuras cercanas más bajas. La localización final del relámpago se determina en el instante en que el canal del relámpago está a unos 30-50 metros por encima del suelo o de un objeto. Si un edificio no se encuentra dentro de ese rango, el relámpago caerá en el edificio u objeto menos alto.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1986: All about lightning. Dover Press, 167 pp.

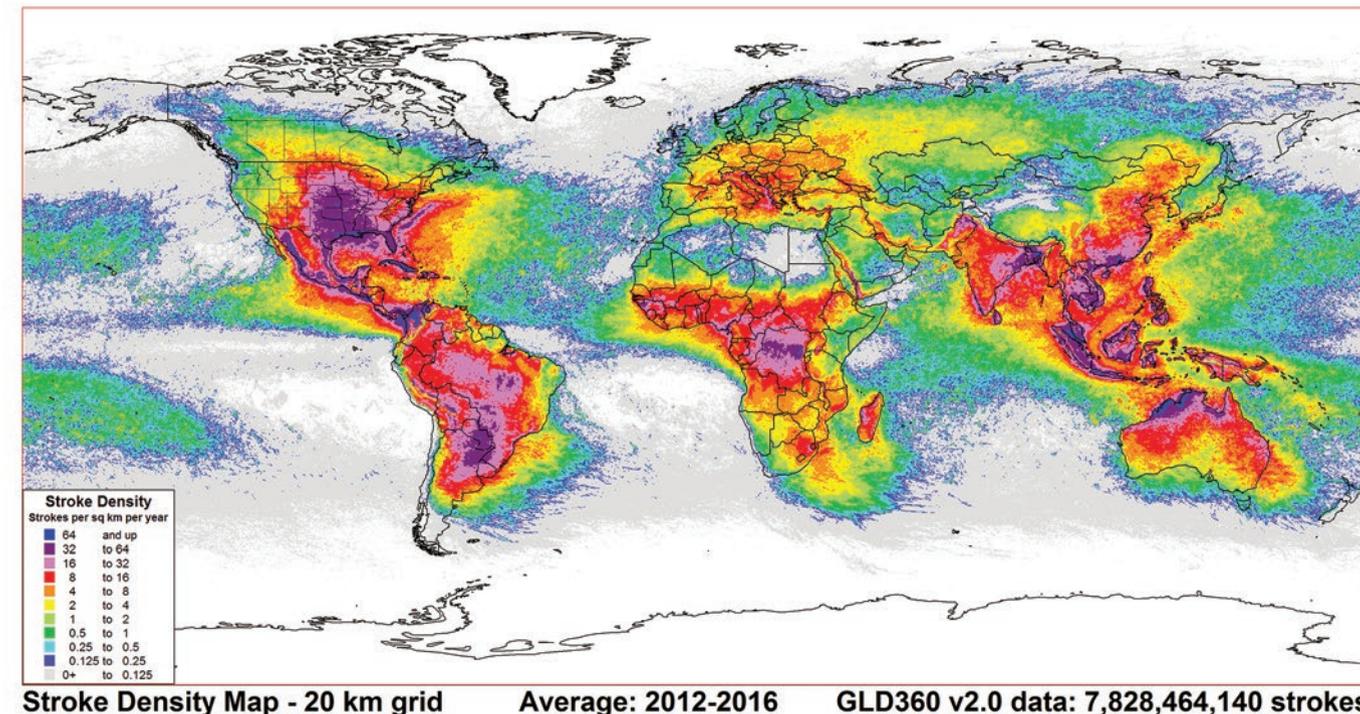
¿Con qué frecuencia ocurren los relámpagos alrededor del globo?

En la actualidad, la red Global Lightning Dataset GLD360 de Vaisala detecta alrededor de dos billones de ocurrencias de relámpagos cada año. Estos incluyen impactos de nube a tierra y pulsos entre nubes.

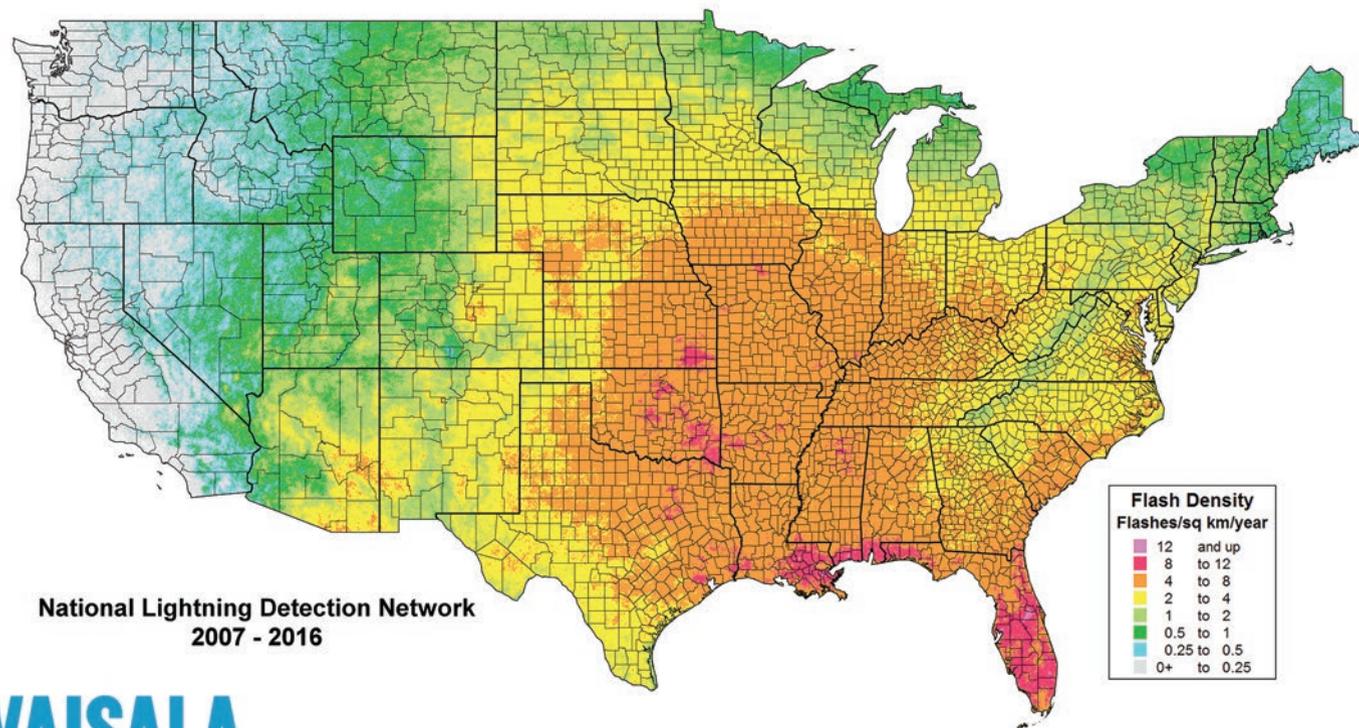
¿Hay algunos lugares que tienen más relámpagos que otros?

Sí. Los relámpagos no tienen una distribución igual alrededor del globo. Más relámpagos ocurren sobre tierra que sobre el océano. También ocurren con mayor frecuencia en los trópicos que en otras partes. Véase el mapa GLD360 de relámpagos, a la derecha.

Lectura adicional: Holle, R.L., 2016: A summary of recent national-scale lightning fatality studies. *Weather, Climate, and Society*, 8, 35-42.



¿Con qué frecuencia hay impactos de destellos de nube a tierra en los EE.UU.?



VAISALA

© Vaisala 2017. All rights reserved. For display purposes only - any other use is prohibited without prior written consent from Vaisala.

¿CIERTO
○ FALSO?

“Florida es la capital de los relámpagos en los Estados Unidos.”

Tres localidades en Florida tienen la más alta densidad de relámpagos en los EE.UU. — cerca de Tampa, West Palm Beach, y Daytona Beach.

¿Cuántos destellos de relámpagos ocurren en los Estados Unidos cada año?

Cada año, la red Nacional de Detección de Relámpagos de Vaisala detecta un promedio de 20 millones de destellos de nube a tierra en más de 48 estados contiguos. Véase el mapa a la izquierda. Además, hay de 3-4 veces más destellos entre nubes que destellos de nube a tierra.

Lectura adicional: Holle, R.L., K.L. Cummins, and W.A. Brooks, 2016: Seasonal, monthly, and weekly distributions of NLDN and GLD360 cloud-to-ground lightning. *Monthly Weather Review*, 144, 2855-2870.

Medici, G., K.L. Cummins, D.J. Cecil, W.J. Koshak, and S.D. Rudlosky, 2017: The intra-cloud lightning fraction in the contiguous United States. *Monthly Weather Review*, 145, 4481-4499.

CIERTO

¿Con qué frecuencia cae un relámpago en tierra?



Créditos fuente: © Ronald L. Holle

Lectura adicional: RMedici, G., K.L. Cummins, D.J. Cecil, W.J. Koshak, and S.D. Rudlosky, 2017: The intra-cloud lightning fraction in the contiguous United States. *Monthly Weather Review*, 145, 4481-4499.

DATO CLAVE

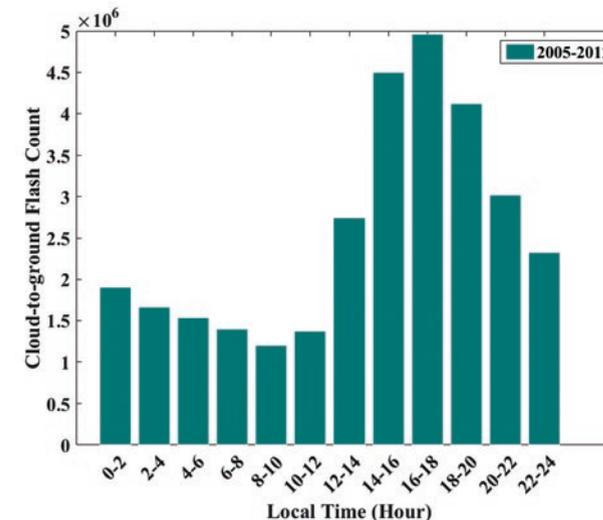
En promedio, alrededor de **1/3** de los relámpagos llegan a la tierra y el otro **2/3** permanece en las nubes. Sin embargo, el índice real entre cada tormenta eléctrica puede variar.

¿CIERTO O FALSO?

CIERTO

“Los relámpagos son más frecuentes por las tardes.”

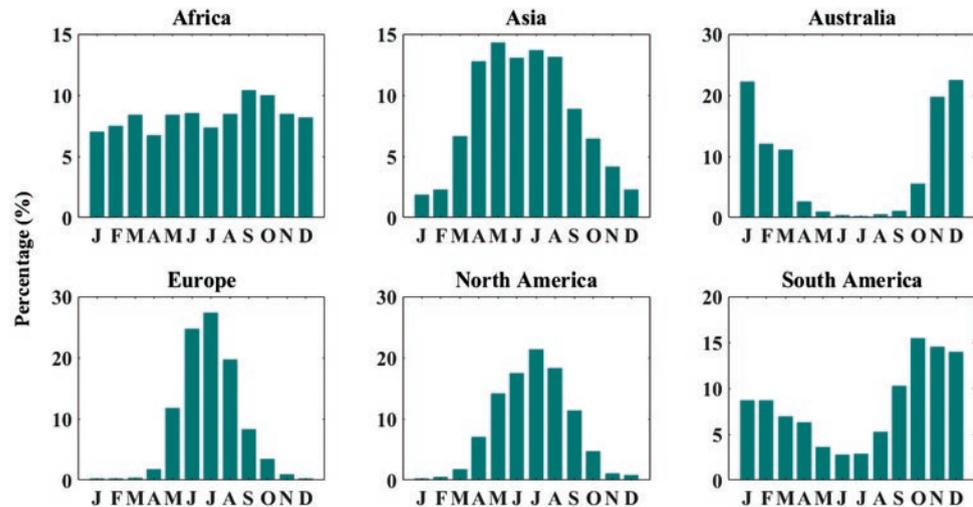
Alrededor de 2/3 de todos los relámpagos ocurren sobre tierra, entre el mediodía y el final de la tarde, entre las 16-18 hora local.



Lectura adicional: Holle, R.L., 2014: Diurnal variations of NLDN-reported cloud-to-ground lightning in the United States. *Monthly Weather Review*, 142, 1037-1052.

¿Es normal la distribución por temporadas de los diversos relámpagos en el mundo?

DATO CLAVE



Lectura adicional: Holle, R., R. Said, and M. Scott, 2017: Lightning variations: A large data set comprising five years of lightning detection data is helping to draw global comparisons. *Meteorological Technology International*, September, 139-140.

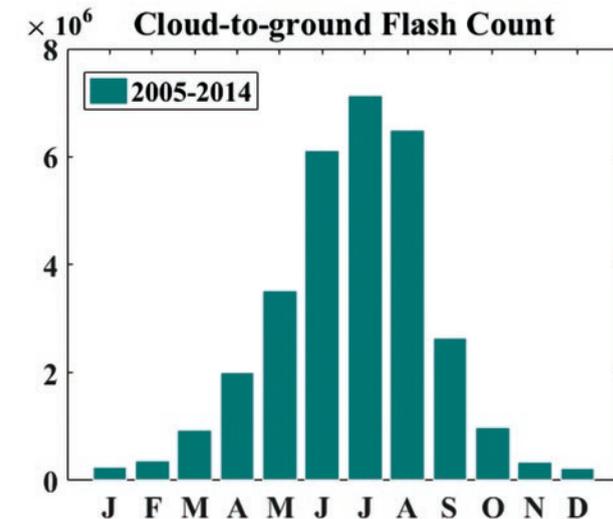
¡Sí.
Véase las variaciones estacionales en los diferentes continentes.

¿CIERTO
○ FALSO?

“En los EE.UU. los relámpagos son más comunes en otoño.”

CIERTO

En los EE.UU., alrededor de las 2/3 partes de los relámpagos sobre tierra ocurren durante los meses otoñales.



Lectura adicional: Holle, R.L., K.L. Cummins, and W.A. Brooks, 2016: Seasonal, monthly, and weekly distributions of NLDN and GLD360 cloud-to-ground lightning. *Monthly Weather Review*, 144, 2855-2870.



Capítulo **DOS**

Seres
humanos



Propiedades



¿CIERTO
○ FALSO?

CIERTO*

“Cuando oiga un trueno, vaya
bajo techo.”

En los Estados Unidos y en la mayoría de los países desarrollados, las edificaciones están bien construidas y casi siempre son accesibles. La gente está segura en estas edificaciones, por lo tanto, estar bajo techo es una buena recomendación.

****No obstante, en algunos países en vías de desarrollo o regiones, las edificaciones están mal construidas, como por ejemplo con techos de bahareque y paredes de barro. Por lo tanto, no son seguras y resguardarse bajo techo podría no ser muy seguro. safe, and therefore, going indoors may not be safe.***

Lectura adicional: www.lightningsafety.noaa.gov; www.ACLENet.org

Roeder, W.P., R.L. Holle, M.A. Cooper, and S. Hodanish, 2011: *Communicating lightning safety effectively. Preprints, 5th Conference on the Meteorological Applications of Lightning Data, January 23-27, Seattle, Washington, American Meteorological Society, 18 pp.*

¿Es seguro el uso de teléfonos móviles durante una tormenta eléctrica?



Sí. Solo use un teléfono móvil en un vehículo o edificación segura. Es seguro su uso mientras se encuentre dentro del vehículo o edificación. Sin embargo, no es seguro usar un teléfono móvil en exteriores durante una tormenta eléctrica, y esto únicamente se debe al hecho de encontrarse en exteriores. La falta de seguridad no tiene nada que ver con el teléfono propiamente dicho, ya que los celulares NO atraen relámpagos.

En general, siempre es peligroso encontrarse en exteriores durante tormentas eléctricas! Mucho cuidado, también puede ser peligroso el uso de teléfonos con cordón!

Lectura adicional: Cooper, M.A., 2008: *Is it dangerous to use a cell phone in a thunderstorm? Lightning fact and fiction. Bottom Line Personal, 29, June 1, 13-14.*



¿CIERTO
○ FALSO?



“Una persona puede sobrevivir el ser impactada por un relámpago.”

Por lo general, un relámpago es de muy breve duración (normalmente menos de 1/5 de segundo) y la mayor parte de la energía tiende a viajar sobre el cuerpo y no a través de este. Por esta razón, algunas personas lo sobreviven. No obstante, en ocasiones causa lesiones severas (básicamente neurológicas) que pueden ser devastadoras e incluso mortales o tener efectos debilitantes.

Lectura adicional: www.lightning-strike.org

Cherington, M., J. Walker, J. Boyson, R. Glancy, H. Hedegaard, and S. Clark, 1999: *Closing the gap on the actual numbers of lightning casualties and deaths. Preprints, 11th Conference on Applied Climatology, Dallas, TX, American Meteorological Society, 379-380.*

¿Pueden los neumáticos de goma salvarlo de un impacto directo a su automóvil?



NO. Lo que proporciona la protección es la porción metálica externa de un automóvil y no las ruedas de goma.

Cuando un relámpago impacta a un carro, la corriente viaja a través del exterior metálico del automóvil y luego a tierra a través de los ejes y las ruedas. Por lo tanto, una persona dentro de un automóvil estará protegida de la corriente del relámpago.

Lectura adicional: Holle, R.L., 2008: Lightning-caused deaths and injuries in the vicinity of vehicles. Preprints, 3rd Conference on Meteorological Applications of Lightning Data, January 20-24, New Orleans, Louisiana, American Meteorological Society, 10 pp.

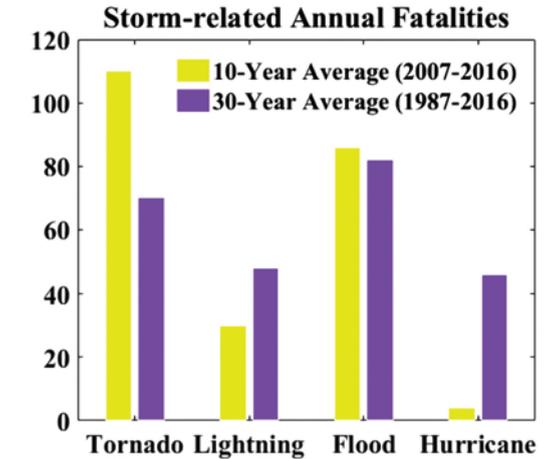


¿CIERTO
○ FALSO?

FALSO

“Los relámpagos son el peligro de tormenta más mortal en los EE.UU.”

Tanto los tornados como las inundaciones fueron la causa de muerte de más personas que los relámpagos en los últimos 30 años en los EE.UU. La tasa de mortalidad en los EE.UU., en los últimos 10 años, debido a los relámpagos, es de unas 30 personas por año.



Lectura adicional: Lopez, R.D., and R.L. Holle, 1998: Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century. *Journal of Climate*, 11, 2070-2077.

Roeder, W.P., 2012: Lightning has fallen to third leading source of U.S. storm deaths. Preprints, National Weather Association Annual Meeting, Madison, Wisconsin, 9 pp.

¿Son las tiendas de campaña y los pequeños albergues seguros durante una tormenta eléctrica?



NO. Las tiendas de campaña no tienen un marco metálico exterior lo suficientemente fuerte para llevar el relámpago a tierra para proteger a la persona que se encuentra adentro. Durante una tormenta eléctrica, usted debería abandonar la tienda de campaña y buscar la seguridad en un automóvil o edificación.

Los pequeños albergues, tales como refugios del sol, cabañas de playa, paradas de autobús, albergues agrícolas y pequeñas tiendas de carretera, son inseguros. En raras oportunidades se construyen con protección contra relámpagos.

Lectura adicional: Holle, R.L., 2010: Lightning-caused casualties in and near dwellings and other buildings. Preprints, International Lightning Meteorology Conference, Vaisala, April 21-22, Orlando, Florida, 19 pp.



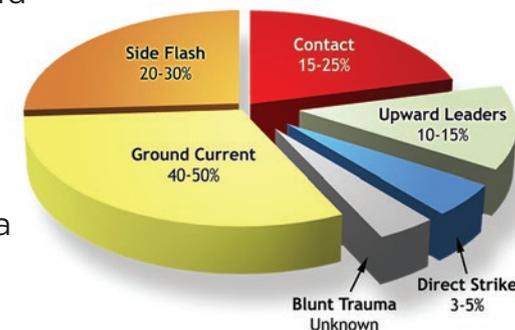
¿CIERTO ○ FALSO?

FALSO



“Un impacto directo es la única manera en que una persona pueda ser lesionada por un relámpago.”

La mayoría de los consejos con respecto a seguridad en cuanto a los relámpagos, tan solo se enfocan en el impacto directo. Sin embargo, tal como se muestra en este diagrama, el impacto directo es la manera menos común de morir o de ser lesionados por un relámpago. Al contrario, la corriente de tierra que causa tensión escalonada, probablemente sea la causa de las muertes y lesiones.



Créditos fuente: Environment and Climate Change Canada (ECCC)

Lectura adicional: Cooper, M.A. and R.L. Holle, 2010: Mechanisms of lightning injury should affect lightning safety messages. Preprints, International Lightning Meteorology Conference, Vaisala, April 21-22, Orlando, Florida, 5 pp.

¿Es seguro buscar refugio debajo de un árbol durante una tormenta eléctrica?



NO. Alrededor del 10% de todas las fatalidades y lesiones por relámpagos están relacionadas con árboles. Cuando un árbol es impactado por un relámpago, un destello lateral puede “saltar” horizontalmente desde el tronco del árbol a una persona cerca del mismo. Adicionalmente, la corriente del relámpago fluirá hacia afuera del tronco a través de la tierra a las personas o animales cerca del mismo. Además, piezas de corteza y de las ramas pueden explotar horizontalmente.

Lectura adicional: Holle, R.L., 2012: Lightning-caused deaths and injuries in the vicinity of trees. Preprints, International Conference on Lightning Protection, September 2-7, Vienna, Austria, 8 pp.



¿CIERTO
○ FALSO?

FALSO



“Los zapatos con suela de goma pueden salvarlo de un relámpago.”

Es imposible que una capa fina de goma en el fondo de sus zapatos lo salve del poder del impacto directo de un relámpago.

Sin embargo, si usted está lo suficientemente alejado del lugar del impacto del relámpago, entonces puede estar seguro, ya que el voltaje disminuye con la distancia. Por lo tanto, es la distancia la que lo salvará del impacto del relámpago, y no los zapatos con suela de goma.

Lectura adicional: Roeder, W.P., R.L. Holle, M.A. Cooper, and S. Hodanish, 2011: Communicating lightning safety effectively. Preprints, 5th Conference on the Meteorological Applications of Lightning Data, January 23-27, Seattle, Washington, American Meteorological Society, 18 pp.

¿Cómo funcionan los pararrayos?

DATO CLAVE

Los pararrayos no impiden que el relámpago impacte a un edificio, pero proveen un camino seguro para que la corriente llegue a tierra. Son tres los componentes de la protección provista por los pararrayos:

1. Una barra que se extiende por encima del techo (terminal aéreo)
2. Un cable grueso desde la barra a tierra (conductor descendente)
3. Una barra pesada clavada en tierra (terminal de tierra)

Cuando un relámpago impacta al pararrayos de un edificio, la corriente viaja a través del cable a tierra, sin entrar en el edificio. Los sistemas de protección deben ser instalados por un técnico apropiadamente capacitado.

Lectura adicional: Uman, M.A., 2008: The art and science of lightning protection. Cambridge University Press, 240 pp.

Los pararrayos son muy comunes en instalaciones sensibles, tales como hospitales y empresas de servicios públicos.



¿Cómo funcionan los protectores contra picos de voltaje?

Muy a menudo, la corriente del rayo penetra la casa a través de las instalaciones eléctricas después de impactar a un poste eléctrico. Los protectores contra picos de voltaje están diseñados para proteger sus dispositivos electrónicos de daño o destrucción desviando el exceso de corriente.

Lectura adicional: Uman, M.A., 2008: The art and science of lightning protection. Cambridge University Press, 240 pp.



¿En un avión, están los pasajeros seguros si hay impactos de relámpagos?



Sí. Los pasajeros dentro de aviones comerciales están seguros de impactos de relámpagos. El relámpago, en lugar de ir hacia adentro del avión, viaja alrededor del metal conductor exterior y se disipa en el aire. También hay pararrayos especiales para los tanques de combustible y los dispositivos electrónicos.

No obstante, los aviones deben ser inspeccionados antes y después del vuelo para descartar sospechas de daños por impactos de relámpagos.

Lectura adicional: Mulvey, G.J., J.F. Miller, and J.P. Moriarty, 2017: Atmospheric electrical phenomena: A pilot's view. *Weatherwise*, 70, 32-39



¿CIERTO
○ FALSO?



“Los relámpagos son una causa importante de incendios forestales en los EE.UU.”

Debido a la muy elevada temperatura de los relámpagos de nube a tierra, pueden incendiarse los árboles y otros materiales orgánicos. En el occidente de los EE.UU., alrededor de la mitad de los incendios son iniciados por relámpagos, mayoritariamente en el verano cuando es frecuente el “relámpago seco”. El término “relámpago seco” se refiere a un fenómeno cuando la lluvia de una tormenta eléctrica se evapora antes de llegar a tierra y, por consiguiente, el fuego no puede ser extinguido.

Lectura adicional: www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_stats_lightng.html www.ec.gc.ca/foudre-lightning/default.asp?lang=En&n=48337EAE-1



Capítulo **TRES**

¿CIERTO
○ FALSO?

“Podemos detectar dónde
impactó un relámpago.”

CIERTO



El relámpago emite señales electromagnéticas únicas en un rango amplio de frecuencias (alrededor de 1 Hz a 3×10^9 Hz). Cuando dos o más sensores de relámpagos basados en tierra detectan una señal de relámpago, los datos son enviados a un procesador central, donde se procesan los tiempos de ocurrencia de relámpagos junto con los ángulos correspondientes entre los relámpagos. Luego se determina la localización del relámpago por computación estadística y geométrica.

Lectura adicional: Cummins, K.L., and M.J. Murphy, 2009: An overview of lightning locating systems: History, techniques, and data uses, with an in-depth look at the U.S. NLDN. *IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility*, 51, 499-518.

Nag, A., M.J. Murphy, W. Schulz, and K.L. Cummins, 2015: Lightning locating systems: Insights on characteristics and validation techniques. *Earth and Space Science*, 2.

¿Pueden los satélites detectar relámpagos desde el espacio?



SI. A partir del 2017, tres instrumentos de los EE.UU., basados en satélites, han sido usados y siguen usándose para observaciones de relámpagos. Estos observan relámpagos desde por encima de las tormentas eléctricas, en contraste con las redes de detección basadas en tierra. Para mejorar la exactitud de la detección, usan señales electromagnéticas de rango muy estrecho en la banda cercana al infrarrojo.

Lectura adicional: Goodman, S.J., R.J. Blakeslee, W.J. Koshak et al., 2013: The GOES-R Geostationary Lightning Mapper (GLM). *Atmospheric Research*, 125:34-49.

Mach, D.M., H.J. Christian, R.J. Blakeslee et al., 2007: Performance assessment of the Optical Transient Detector and Lightning Imaging Sensor. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 112, D09210.



¿CIERTO
○ FALSO?

“Podemos pronosticar con exactitud dónde impactarán los relámpagos.”

FALSO

No existe un método aceptado para pronosticar con exactitud dónde impactarán los relámpagos, aunque la localización de la tormenta eléctrica y su movimiento pueden seguirse por radar u otros instrumentos, con un periodo de barrido de 10 a 30 minutos. En la actualidad, es imposible determinar con antelación la localización precisa de cada relámpago.

Capítulo CUATRO

Ciencias



Activadores



Fotografía



¿Qué son fulguritas?

Fulguritas son un material vidrioso producido naturalmente que se forman cuando la luz impacta la arena, suelo u otros sedimentos que se derriten. Generalmente son elongadas y vacías, y pueden comprarse en tiendas de minerales.



Crédito fuente: © Ronald L. Holle

Lectura adicional: Wright, F.W.Jr., 2010: Florida's fantastic fulgurite find. *Weatherwise*, 51, 27-31

¿Qué es un relámpago pelota?



Ha habido reportes de todo el mundo de un fenómeno eléctrico que aparece en forma de pelota y solo dura unos cuantos segundos. Este relámpago pelota típicamente ocurre dentro de espacios cerrados. Hasta la fecha no hay hipótesis de común acuerdo de cómo se forman estos relámpagos pelota.

Lectura adicional: Uman, M.A., 1986: *All about lightning*. Dover Press, 167 pp.



¿CIERTO
○ FALSO?

FALSO



“Todos los relámpagos ocurren en la troposfera”

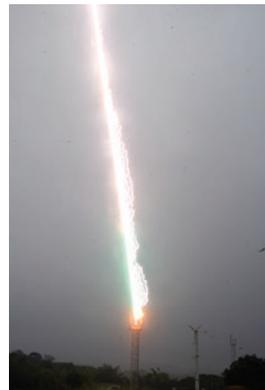
Aunque los relámpagos que normalmente vemos durante las tormentas eléctricas ocurren en su totalidad en la troposfera, una tormenta de mayor tamaño puede producir fenómenos eléctricos que se disparan hacia arriba, por encima de la troposfera hacia la estratosfera, e incluso a la mesosfera e ionosfera. Estos fenómenos se llaman “sprites” y “jets”.

Lectura adicional: Lyons, W., 2017: *Photographing weather in the dark*. *Weatherwise*, 70:4, 20-27, <http://dx.doi.org/10.1080>

¿Puede activarse artificialmente un relámpago desde el suelo?



SI. Se han usado pequeños cohetes para activar relámpagos en varias localidades del mundo. Estos destellos activados se usan para estudios de la física de los relámpagos y para probar el desempeño de las redes de detección de relámpagos y materiales, tales como las líneas eléctricas.



Crédito fuente: State Key Laboratory on Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences. Provided by Dong Zheng

Lectura adicional: Rakov, V.A., 2016: *Fundamentals of Lightning*. Cambridge University Press, 257 pp.

Yijun, Z, W.Lu, and S. Chen, 2016: A review of advances in lightning observations during the past decade in Guangdong. *Journal of Meteorological Research*, 30(5), 800-819.



¿CIERTO
○ FALSO?

CIERTO

“Los objetos altos pueden iniciar relámpagos.”

Los objetos altos como las antenas de televisión, turbinas de viento y edificios altos pueden iniciar relámpagos, aunque esto sucede infrecuentemente. Estos eventos son fácilmente identificados en fotos por sus canales hacia arriba.



Crédito Fuente: Sao Paulo, Brazil. Provided by Dr. Marcelo Saba, National Institute for Space Research, Brazil

Lectura adicional: Saba, M.M.F., A.R. Paiva, C. Schuman et al. 2017: Lightning attachment process to common buildings. *Geophysical Research Letters*, 44, doi:10.1002/2017/GLO72796.

¿Cómo puede fotografiarse un relámpago?



Una manera de hacerlo es mediante una exposición prolongada que incluirá varios canales de relámpago en una sola foto. Otra manera es tomando un video y sacando las imágenes del relámpago. Finalmente, puede lograrse apuntando la cámara hacia la tormenta eléctrica y tomando fotos de manera continua, pero debe tener presente que habrá un gran número de imágenes sin relámpagos.

Crédito fuente: A long exposure (several minutes) photo of lightning in Tucson, AZ. © Ralph H. Wetmore II.

Lectura adicional: Wetmore, R.A., 2010: *Thirty years of lightning photography in southern Arizona*. ISBN10:0982566212, 112 pp.



¿CIERTO
○ FALSO?

“Los relámpagos tienen varios colores.”



CIERTO

Todos los canales de relámpagos comienzan como un blanco brillante. Dependiendo del tipo de partículas en el aire entre la cámara y el canal de relámpago, estos pueden aparecer como azul, púrpura, rojos o amarillos cuando la luz llega a la cámara.

Lectura adicional: Salanave, L.E., 1980: *Lightning and its spectrum: An atlas of photographs*, University of Arizona Press, 136 pp.

¿Por qué es Arizona del sur uno de los mejores lugares para tomar fotos de relámpagos?



Aunque la parte sureña de Arizona no es la capital de los relámpagos, es la capital de la fotografía de relámpagos en los EE.UU. Las tormentas eléctricas se forman durante la estación del monzón (de julio a comienzos de septiembre), y las bases de las nubes se encuentran altas (típicamente a 3.000 metros, o 10.000 pies). Por lo tanto, los canales de relámpagos pueden verse desde muy lejos. Además, la parte sureña de Arizona está adornada con cactus, rodeada por montañas y tiene puestas del sol muy coloridas (Véase las fotografías en las siguientes 2 páginas).

Lectura adicional: Wetmore, R.A., 2010: *Thirty years of lightning photography in southern Arizona*. ISBN10:0982566212, 112 pp.





© Ralph H. Wetmore II

- ▶ **U.S. National Weather Service Lightning Safety**
lightningsafety.noaa.gov

- ▶ **Vaisala Inc.**
vaisala.com/lightning

- ▶ **Department of Hydrology & Atmospheric Sciences, University of Arizona**
has.arizona.edu



¿Sabía Usted?

- Aunque usted no lo oiga, el trueno siempre es producido por un relámpago.
- El destello de relámpago más largo ha sido medido como de 200 millas (321 kilómetros) de longitud.
- La temperatura del relámpago es más caliente que la superficie del sol.
- Los volcanes pueden producir relámpagos.

VAISALA