

7. Tormentas Eléctricas

a **dato** Las tormentas eléctricas o tronadas son causadas por las nubes con gran desarrollo vertical. Éstas son las cumulus y las cumulonimbus, pero son las cumulonimbus las que producen las tronadas o tormentas eléctricas. Cuando nos referimos al término tormentas eléctricas pensamos en truenos y rayos, pero también estos fenómenos traen consigo lluvia fuerte y vientos en ráfagas, y pueden formar granizo y tornados. Una o varias tronadas (o sea una sola nube o un conjunto de éstas) pueden causar un gran despliegue de rayos en el cielo.



Una tronada comienza a formarse cuando aire húmedo y caliente comienza a ascender desde la superficie hacia los niveles altos en la tropósfera. Lo que se necesita es que haya un calentamiento no uniforme en la superficie de la tierra o cualquier otro mecanismo de levantamiento rápido del aire. Durante el proceso de evaporación está envuelto el uso de la energía en forma de calor y esta energía se libera en el momento de la condensación, formándose entonces el calor latente de condensación. Este calor se almacena en la atmósfera creando inestabilidad pues se puede evaporar más moléculas de agua líquida, listas para ser condensadas nuevamente. Cuando asciende el aire húmedo y caliente por el calentamiento de la superficie, si el ambiente es inestable, entonces el ambiente es propicio para el desarrollo vertical de las nubes donde pueden alcanzar alturas de más de 7.5 km (25,000 pies). Hay dos tipos de tronadas: las de origen de masas de aire y las severas.

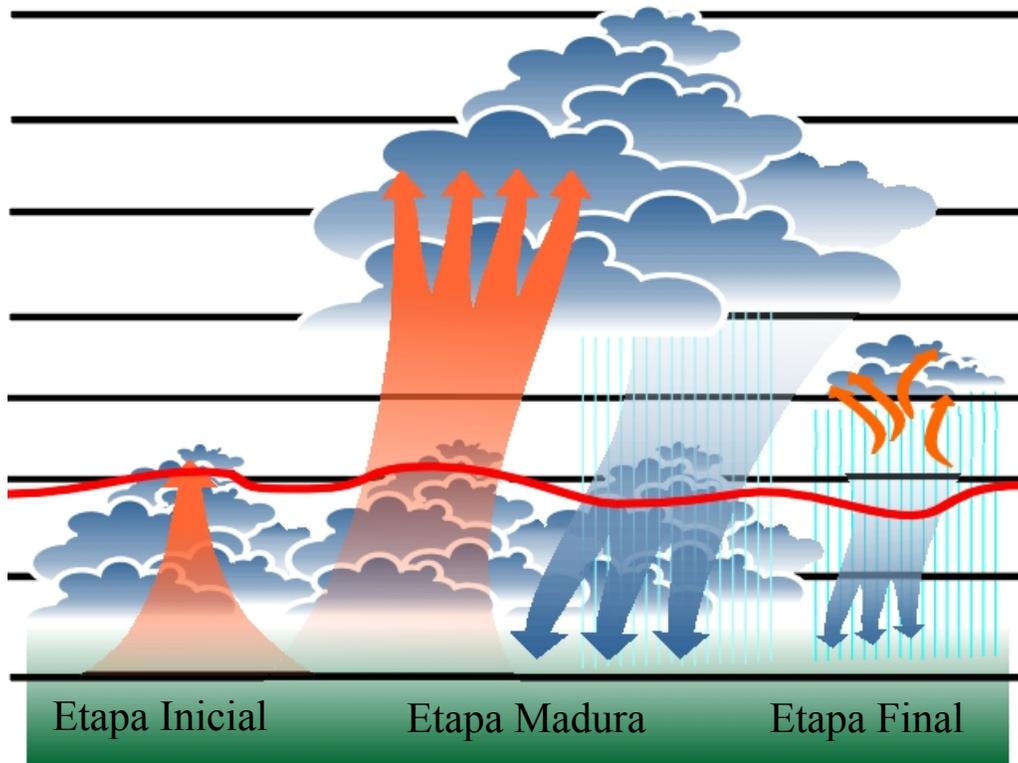
Tipos de Tronadas:

(a) Masa de Aire

Las tronadas típicas que se forman en las tardes de verano especialmente en el oeste-interior y el área de Puerto Rico se conocen como tronadas de masa de aire. Son tronadas que surgen por condiciones inestables en las masas amplias de aire que prevalecen sobre una región. En Puerto Rico, éstas ocurren debido a que la masa de aire marítimo y caliente del Océano Atlántico y Mar

Caribe se ve forzado a chocar con las montañas de la Cordillera Central y por lo tanto las parcelas de aire ascienden. Al ascender, el aire húmedo se enfría, y forma la nube, que en un ambiente inestable, crece rápidamente (a veces, en media hora, ¡la nube ha crecido 20,000 pies!) hasta llegar a convertirse en una tronada.

-Etapas de Formación de las Tronadas Tipo Masa de Aire

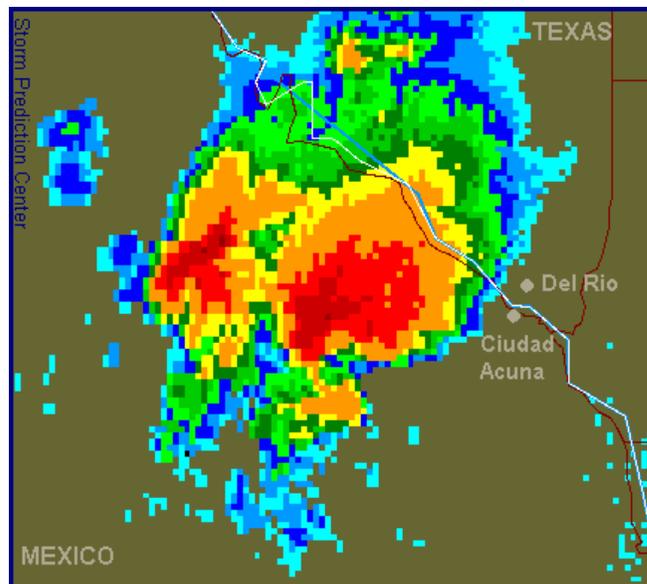


(I) La primera etapa de estas tronadas se conoce como el desarrollo inicial; donde el aire húmedo asciende, y se condensa formando nubes sencillas cumulus. Una vez formada la nube, la condensación del vapor de agua a estado líquido o en partículas de hielo, libera grandes cantidades de calor latente. Este calor mantiene el aire en la nube con alta temperatura ayudando a que la nube siga creciendo en un ambiente inestable. En cuestión de varios minutos, la nube cumulus muestra desarrollo vertical. Durante esta etapa no se forma lluvia debido a que el aire en ascenso mantiene suspendidas las gotas de agua y cristales de hielo dentro de ésta.

(II) La segunda etapa de las tronadas es la etapa madura. A medida que la nube sigue creciendo **eventualmente** y alcanzará **el nivel de la atmósfera donde la temperatura esté en** el punto de congelación (0°C ó 32°F), las gotas de agua de la nube se hacen más grandes y pesadas. Pero cuando el aire no puede sostenerlas, es que entonces comienza a llover (o si son copos de nieve, cae nieve). Mientras ocurre este fenómeno, el aire seco alrededor de la nube hace que algunas gotas de nubes formadas se evaporen, enfriando el aire alrededor y dentro de la nube, haciéndolo más pesado provocando que descienda con la lluvia. El aire en ascenso y descenso dentro de la nube forma lo que se conoce como una celda, dando inicio a la formación de una

tronada madura. En esta etapa, la tronada es más intensa. El tope de la nube puede haber alcanzado la tropopausa, y comienza a formarse la “yunque” que distingue a las nubes cumulonimbus. La nube ahora puede extenderse hasta 12 km (50,000 pies) de altura y con su base extenderse decenas de km. El aire en ascenso y descenso es más fuerte en el medio de la nube causando turbulencia, y pueden producirse rayos y truenos.

El radar meteorológico ilustra en sus imágenes la localización de las tormentas eléctricas. Aunque el radar tiene la capacidad de mostrar las regiones de nubosidad, el radar lo que muestra es la cobertura de la lluvia y la intensidad de la misma. La lluvia en el trópico es fragmentada pues la naturaleza de las nubes cumulus tropicales son dispersas y no tiene gran cobertura (1 km o menos en diámetro). Cuando la intensidad de la lluvia es fuerte y la extensión de la lluvia dentro de la nube es alta [cerca de (7.5 km) 25,000 pies o más], es considerado como una tronada.



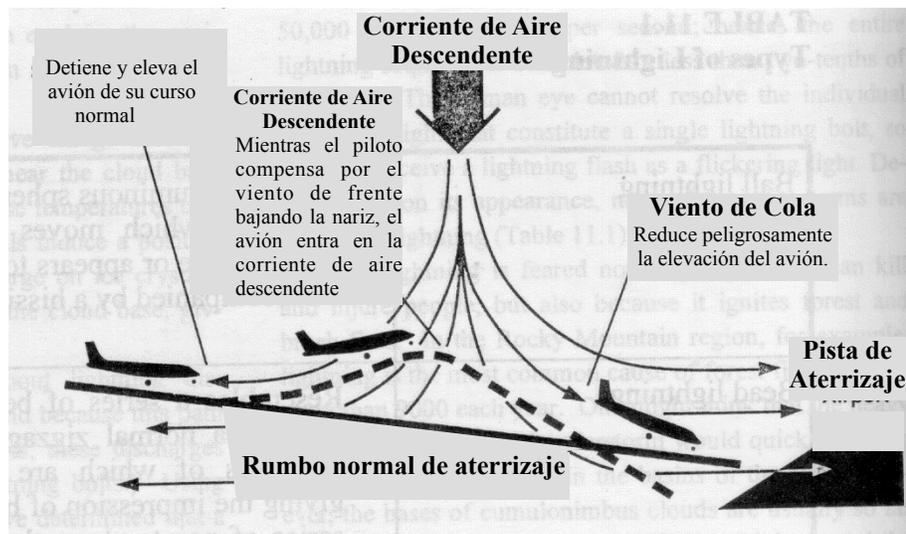
(III) La tercera etapa ocurre cuando la tronada comienza a disiparse. Generalmente, luego de haber pasado alrededor de media hora a 1 hora, la tronada se comienza a disipar. Esto ocurre cuando el aire en descenso disminuye y la fuente de aire caliente y húmedo se agota. La nube no forma más gotas de agua, por lo que se disipa y muere.

(b) Tronadas Severas

Otro tipo de tronadas son las tronadas severas. Estas son capaces de producir granizos de gran tamaño, vientos en ráfagas de más de (81 km/h) 50 mph, inundaciones repentinas y tornados. Al igual que las tronadas de masa de aire se forman en la medida que aire húmedo asciende, también pueden formarse en áreas donde el desarrollo vertical es más fuerte (como por ejemplo, en los frentes de frío, donde el aire frío sube violentamente sobre la masa de aire caliente). Los vientos en ascenso pueden ser tan fuertes, que el tope de la nube puede alcanzar hasta la estratósfera [más de 18 km (60,000 pies) de la superficie]. Estos vientos fuertes mantienen el

granizo más tiempo suspendido en la nube lo que ayuda a que crezca en tamaño considerable. Las corrientes de viento en descenso son tan fuertes que pueden bajar en forma vertical (como si tiraran un chorro violento de agua desde arriba), y a éste fenómeno se le conoce como corriente explosiva de vientos en descenso (o en inglés “downburst”).

Seguro que muchas veces has sentido un poco de frío justo antes de que comience a llover. Dentro de las tormentas eléctricas hay corrientes de aire en ascenso y descenso en su etapa madura, y el aire que desciende de la parte alta de la nube viene con temperaturas bajas, y de ahí el frío que sentimos **previo a la lluvia**. Pero, en ocasiones los vientos descienden tan violentamente hacia la superficie que ocasionan serios daños a la agricultura y techos de casas como si fueran ocasionados por tornados. La gran diferencia es que estos vientos no giran sino que soplan en una misma dirección. A estas fuertes corrientes de vientos se le conoce como las corrientes explosivas de vientos en descenso o mejor conocidas en inglés como “downbursts”. Lo peligroso de estas corrientes es que pueden ocurrir en una pequeña escala, cubriendo un área menor de 4 km (2 millas), y las velocidades de los vientos exceden las 240 km/h (150 mph). Los aviones que aterrizan y despegan en los aeropuertos tienen que estar muy pendientes de la ocurrencia de estos vientos, pues ésta puede ser la causa de un accidente muy serio.



Las tronadas se mueven en su mayoría en la dirección del viento promedio en la tropósfera. Se estima que más de 40,000 tronadas se forman al día en el mundo. La combinación del calor y humedad hace que se formen más tronadas en las áreas ecuatoriales. La mayoría de éstas se forman en el verano, especialmente en el momento más caliente del día, cuando el aire en la superficie es más inestable.

Las tronadas pueden ocasionar o formar descargas eléctricas o rayos, una chispa gigante que ocurre cuando la tronada está en la etapa madura de cerca de 100 millones de voltios. Los rayos o relámpagos, como comúnmente los conocemos, se forman dentro de la nube, de nube a nube, y de una nube hacia sus alrededores o simplemente desde la nube a tierra. Estas descargas pueden calentar el aire hasta 30,000°C (54,000°F). El calor extremo causa que el aire se expanda explosivamente produciendo un ruido fuerte al que conocemos como trueno.

Los rayos que más nos preocupan son los que caen de nube a tierra pues son los que matan personas, ocasionan fuegos y derriban el servicio de energía eléctrica.

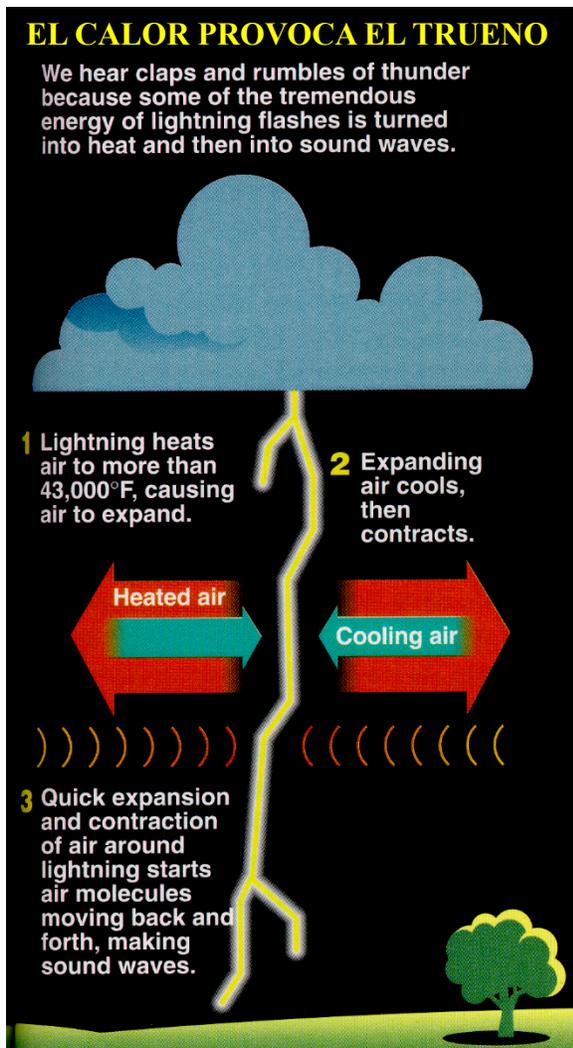
La luz viaja tan rápido que por eso vemos el rayo, pero el sonido viaja más lento. Si comenzamos a contar los segundos desde el momento que vemos el rayo sin tener que escuchar el trueno sabremos cuán lejos está la tronada que lo formó del lugar donde estamos. El sonido toma alrededor de 3 segundos en viajar 1 km (5 segundos por milla), es por esto que si vemos un rayo y escuchamos el trueno 15 segundos más tarde, el rayo se originó a 5 km (3 mi) de distancia. Si tomas en consideración que una nube de tronada viaja en promedio a 16 km/h (10 mph), es importante que busques refugio dentro de una estructura con techo seguro (jamás debajo de un árbol o a la intemperie) o dentro de un carro.

Formación de un Rayo

o a que alguna
ámpagos es
das de sonido

El aire en
ción se enfría
o se contrae.

Triándose



Un rayo ocurre cuando la electricidad viaja entre cargas eléctricas opuestas dentro de la nube, entre las nubes, o de la nube al suelo. Aunque no se conoce bien como es el proceso exacto de distribución de cargas positivas y negativas en las nubes cumulonimbus, los científicos están haciendo mucha investigación en este campo.

En un día claro, la superficie terrestre está cargada negativamente (iones negativos) mientras que en la parte alta de la tropósfera está positivamente cargada (iones positivos). A medida que una nube cumulonimbus se desarrolla, esta distribución normal de cargas desaparece. Dentro de la nube, las cargas se separan de tal forma que la porción superior y cerca de la base de la nube, se carga positivamente. Entre éstas, una región de fuertes cargas negativas se extiende cientos de metros en altura, cerca de donde la temperatura es de -15°C (5°F) donde hay mezcla de gotas líquidas, hielo y vapor de agua. Las cargas positivas comienzan a establecerse en la superficie, o sea debajo de la nube. El aire es un pobre conductor de electricidad, y por lo tanto mientras se separan estas cargas opuestas, mayor es el potencial de desarrollar descargas eléctricas. Cuando la nube cumulonimbus entra en la etapa madura, la resistencia del aire se pierde pues los electrones

fluyen para neutralizar las cargas opuestas, y de ahí viene el rayo.

Conseguir video

Anatomía de un Rayo: En menos de un segundo, una corriente de iones negativos comienzan a descender de la base de la nube hacia la superficie en forma de tenedor. A medida que esta corriente fluye, la corriente positiva de iones positivos comienza a ascender normalmente a través de un punto alto como un árbol. Mientras estas dos corrientes se unen, al hacer contacto, una intensa corriente positiva de tierra hacia nube fluye a una velocidad de 60,000 millas por segundo ($1/3$ la velocidad de la luz), y de ahí viene la luz que vemos. Este proceso se puede repetir varias veces de la misma forma en menos de $1/2$ segundo.

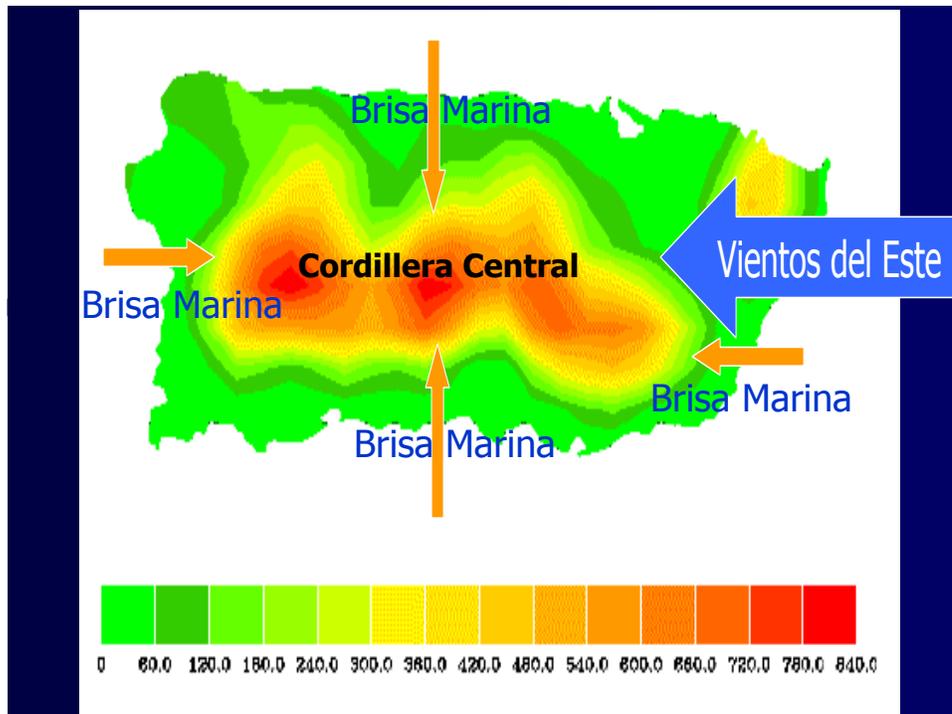
Aunque este proceso no se entiende bien, se cree que el granizo forma un papel muy importante en este proceso. Las nubes se electrifican cuando el granizo entra en contacto con los cristales de



hielo más frío creando una transferencia de iones positivos de las partes más calientes a partes más frías. Esto es, el granizo se torna negativamente cargado y los cristales de hielo positivamente, en la medida que los iones se le van incorporando. Cuando las gotas bien frías o congeladas como los cristales de hielo entran en contacto con el granizo que es más caliente, las gotas más frías se descongelan y cargas positivas se liberan, esta carga en la partículas positivas son llevadas a niveles más altos en la nube por el viento en ascenso. Los granizos más grandes cargados negativamente bajan y se mantienen en la base de la nube. Como sabemos las cargas desiguales se atraen unas a otras, la carga negativa de la base de la nube forma una región positiva en la superficie. Esta se moverá en la dirección que se mueva la nube. Las cargas positivas son más densas en objetos protuberantes como árboles, palos o edificios. Las diferencias en cargas causan un potencial eléctrico entre la superficie y la nube de aproximadamente 10,000 voltios por metro. El potencial sigue aumentando y cuando el campo eléctrico sea lo suficientemente grande las propiedades de aislamiento del aire se rompen, la

corriente fluye y ocurre el rayo.

La localización geográfica de Puerto Rico hace que nuestro clima sea marítimo tropical. Nuestra atmósfera disfruta de mucha humedad y calor durante el año. Además por ser una isla pequeña en extensión, la brisa marina penetra tierra adentro durante el día a través de sus cuatro costas. Los vientos de dirección predominantes del este (los conocidos vientos alisios o cualquiera que sea la dirección en los niveles bajos) en combinación con la brisa marina, determinan la localización de la formación de las nubes sobre nuestra isla pues producen gran convergencia de aire.



Durante los meses de abril a noviembre la posición del Sol con respecto a la Tierra hace que el calor sea más intenso sobre el trópico. La convergencia de aire y el calentamiento de la superficie hacen de las tardes en Puerto Rico unas lluviosas, especialmente si las condiciones atmosféricas son inestables. Si a esto le añadimos, la topografía como un tercer elemento, observamos el mayor desarrollo de nubosidad sobre el interior montañoso de Puerto Rico.

La topografía establece una línea definida de convergencia de aire entre la brisa marina y el viento predominante de los niveles bajos conocido comúnmente entre los meteorólogos de Puerto Rico como el frente de la brisa marina (“sea breeze front”) pues es una zona de enfrentamiento de aire. Este frente se define por una zona continua de nubes y fuertes lluvias que se extiende decenas de millas sobre las montañas del centro de la isla, en ocasiones en dirección hacia el oeste, sur, u otras veces, hacia el norte. Dependerá de la dirección de viento prevaleciente en los niveles bajos. Como regla, si el viento prevalece es del noreste, la lluvia de

la tarde se concentra en el suroeste de Puerto Rico; y si el viento es del sureste, la lluvia se concentra en el noroeste de Puerto Rico; pero si el viento es puramente del este, la lluvia se concentra hacia el oeste. Cuando el ambiente es inestable, las nubes crecen rápidamente hasta los 40 – 50,000 pies de altura produciendo lluvias intensas, vientos en ráfagas y rayos peligrosos.

Otra región donde se forman tormentas eléctricas comúnmente es el área de Dorado y Trujillo Alto. Estas nubes surgen de la interacción de los vientos con el Yunque, y estas nubes se propagan en fila hacia el oeste extendiéndose sobre el área metropolitana cuando el viento prevaleciente es del este y sureste, y hacia Caguas-Cidra cuando el viento es del noreste.

La ocurrencia de tormentas eléctricas en las costas no es tan frecuente como en el interior montañoso pues el frente de brisa marina es la causa mayor de formación de tormentas eléctricas en Puerto Rico. Si la nubosidad de este frente es empujado hacia las costas, entonces las costas recibirán los efectos de las tronadas que ahí se desarrollan.

Los fenómenos atmosféricos como vaguadas en los altos niveles de la atmósfera, frentes de frío, ondas tropicales y los ciclones tropicales producen tormentas eléctricas que no están relacionadas a los factores de locales del frente de brisa marina, aunque pueden aumentar e intensificar el frente como tal.

El radar meteorológico es el mejor instrumento para la temprana detección de la formación de tormentas eléctricas pues las imágenes se renuevan en minutos. El satélite nos ayuda a identificar la localización de las tronadas cuando estas están fuera del rango de detección del radar.

En términos de la detección de ocurrencia de rayos, no se ha establecido en Puerto Rico todavía un sistema de detección amplio que determine con precisión la ocurrencia de los mismos. Las estadísticas de muertes ocurridas por rayos desde 1954-1984 muestran que en Puerto Rico han muerto 24 personas, lo que demuestra que al menos una persona anualmente muere por los rayos. En los Estados Unidos, 100 personas mueren anualmente por los rayos. Los daños a la propiedad en Puerto Rico se estiman en los cientos de miles de dólares mientras que en los Estados Unidos, los daños se estiman en cientos de millones de dólares.

