

## **Las tormentas verdes: ¿una amenaza real o un capricho óptico de la naturaleza?**

Francisco Martín León, meteorólogo

**Palabras clave:** *tormenta verde, reflexión, absorción, dispersión, mito, óptica atmosférica, convección profunda.*

***Cuando veamos una tormenta con tonalidades verdes ¿debemos tomar alguna precaución? ¿Es señal de la presencia de granizo o de algún fenómeno severo?***

Las tormentas siempre han llamado la atención al ser humano, tanto por sus efectos en superficie (tornado, lluvias intensas, granizo, rayos, etc.), como por sus variadas formas y colores. A veces, cuando observamos el ciclo de vida de una tormenta podemos ver sus distintas fases en periodos relativamente cortos delante de nuestros ojos.

Los intensos desarrollos convectivos pueden ocupar grandes proporciones de la troposfera y en muchos casos llegan a alcanzar a la tropopausa (12-16 km de altura). El espesor de estas nubes es tal que en los atardeceres y amaneceres las tormentas pueden estar diferencialmente iluminadas. Las partes altas aparecen blanquecinas-rojizas y la parte baja toma tonalidades grises. La iluminación puntual e instantánea generada por un rayo, externo o interno a ella, puede provocar otra gama de colores que nos puede llamar poderosamente la atención.

En determinadas ocasiones, el color de la tormenta se torna en un verde llamativo, a veces azulado-verdoso y otras veces amarillento-verdoso. Se han observado focos convectivos que mostraban dichas tonalidades durante al menos una hora. En esos momentos estamos en la llamada fase de la tormenta verde. En algunas ocasiones, testigos directos han observado la presencia de fuertes granizadas e incluso de tornados en los momentos de adquirir dicho color. Se pensaba que la tonalidad verdosa estaba ligada a una llamada de atención de la tormenta o a una fase especialmente severa. Otras informaciones, por el contrario, no han observado que el cambio de color llevara asociado ningún efecto en superficie de tipo adverso. Durante un tiempo estuvieron encontradas ambas ideas sobre la presencia, nada común de este tipo de cambio de colorido en algunas tormentas.

La tormenta verde se ganó la reputación de una ser una amenaza o una señal que la Naturaleza enviaba de que aquella perturbación convectiva podría ser peligrosa: el mito de la tormenta verde había comenzado.

Recientemente, han salido a la luz varios trabajos científicos sobre el origen, las causas y los efectos potenciales que pueden generar en superficie. Uno de ellos es el llevado a

cabo por Frank Gallagher III, que ha estudiado en EEUU la presencia del color verde o verdoso en muchas tormentas dentro de proyectos científicos más amplios (VORTEX). Para ello se ha valido de un aparato que realiza un análisis de la luz enviada directa o indirecta por distintos focos luminosos. Este aparato se le denomina espectrofotómetro. Junto a observaciones de campo, pruebas de laboratorio y experimentos numéricos, Gallagher ha conseguido descifrar parte del mito de la tormenta verde. Pero como afirma él: queda mucho más por aprender sobre la tormenta verde de lo que es conocido.



**Espectrofotómetro para estudios de campo de medidas y análisis de la luz.**

Vaya por delante, y repetimos una vez más, que se han observado tormentas en su fase verde que no han generado ningún fenómeno significativo adverso en superficie y que, por otra parte, tormentas con tornados y granizo de gran tamaño no han pasado por la fase de color verdoso. Por lo tanto, el mito de tormenta verde-señal adversa o de amenaza totalmente está descartado.

La mayoría de las teorías actuales confirman que las tormentas verdes son producidas por un efecto óptico generado por la interacción de la luz solar directa o indirecta que reciben las nubes convectivas y los procesos de absorción, dispersión y atenuación que afectan a las señales luminosas que alcanzan a un observador cuando las contempla. Esta señal luminosa tan especial solo se puede apreciar en determinados momentos y en condiciones especiales. Repasemos las teorías que se han desarrollado para explicar el colorido verdoso de algunas estructuras convectivas.

## **La teoría de la Reflexión**

La primera teoría, o más bien creencia popular sin base científica alguna, se basaba que el color verde de una tormenta se producía al pasar esta por campos cultivados con tonalidades verdes. La tormenta reflejaba parte de la señal que provenía de la vegetación

del suelo. Esta teoría ha sido descartada totalmente. Se han observado tormentas que han llegado a dar tonos verdes cuando estas se encontraban sobre zonas no dedicadas a cultivos, desérticas, etc. Por otra parte, medidas espectrales de la luz proveniente de la nube y de la zona vegetal cultivada que se encontraban debajo de la tormenta han demostrado que los análisis luminosos de ambos focos no tenían nada que ver uno con otro.



**Algunos focos convectivos profundos pueden tomar tonalidades verdes en ciertas fases de su ciclo de vida, como la observada en la fotografía. Fuente y crédito: FloridaLightning.com**

Algunos autores sugieren que el color verde no proviene de la propia tormenta, sino del propio aire que se encuentra entre el observador y la tormenta. La nube tormentosa hace de fondo y el color que vemos asociado a la tormenta es simplemente un efecto óptico del aire que existe entre el observador y la tormenta.

La base de esta teoría se encuentra en que la atmósfera dispersa mejor las longitudes de onda corta (azul) que las largas (rojo-amarilla). Por este motivo, el cielo es azul durante gran parte del día. Para mayor detalle, ver los artículos de la RAM, “Mirando al cielo: fenómenos ópticos atmosféricos”.

De acuerdo con esta teoría, la luz de la tarde (cuando las tormentas se desarrollan preferentemente y mucho antes de los atardeceres), llega a tener tonalidades azuladas y en menor medida verdosa, pero a la vez las longitudes de onda azules son parcialmente eliminadas por lo que la tonalidad alcanzada es azul-verdosa.

Cuando esta luz nos alcanza teniendo como fondo o enmascarada por un fondo oscuro tormentoso, entonces se produce un efecto en el que la luz que le llega al observador es más brillante ganando en intensidad las tonalidades azul-verdosa.



**Tormenta verde-azulada fotografiada por Ribera-Met con arcus incluido al pasar por unos sembrados verdes. Fuente Foro de Meteored.**

### **Teoría del fondo de gotas oscuras (*black backdrop theory*)**

En resumen, esta teoría sostiene que la luz dispersada por el aire que hay entre el observador y la tormenta hace que la tormenta que sirve de fondo tome tonalidades azul-verdosas. No es en sí la tormenta la que irradia dichas tonalidades, sino el aire interpuesto entre ella y nosotros.

Esta teoría esta abalada por ciertas tormentas distantes que han aparecido verdosas a ciertos observadores. Por el contrario, no explica la presencia de tormentas verdes observadas de cerca o dentro de ellas. Esta teoría queda en parte en entredicho por estos últimos comentarios.

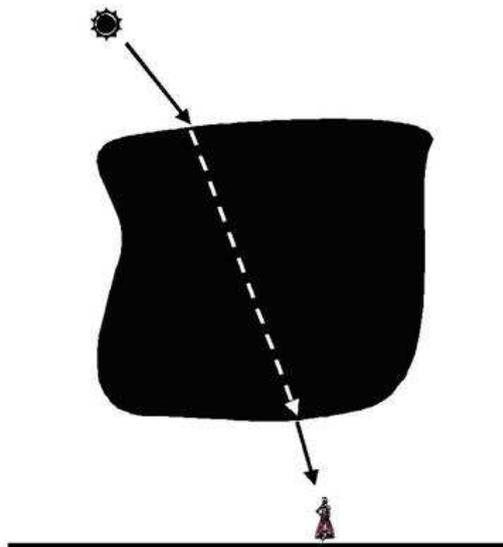
### **Las tormentas como filtros ópticos atmosféricos**

Otra teoría supone que las tormentas se comportan como verdaderos filtros ópticos al ser atravesadas por la luz directa o indirecta de otras tormentas. El efecto de la aparición del color verde en ciertas tormentas a las vespertinas, pero antes del atardecer, se debe a que la luz azulada que proviene del cielo y que atraviesa una tormenta pierde por absorción los colores de longitudes mas larga (rojo-amarillo). Lo que emana de esta tormenta-filtro es una luz rica en colores de onda azul-verdoso.

Es la abundancia de gotitas de agua e hielo las que potencialmente generan este efecto de filtrado. Estamos frente a filtros naturales de longitudes de onda corta. Para que esto ocurra las cantidades de agua en la nube deben ser relativamente altas.



Tormenta verde fotografiada por Ribera-Met. Fuente Foro de Meteored.



Muchos factores influyen en el color de los focos convectivos: posición del sol, del observador, espesor de la nube, composición y concentración de las partículas, etc.

Vemos el efecto luminoso de la tormenta verde se debe a propiedades y concentraciones de agua que nos hablan de la microfísica de la nube, no existiendo relación con la presencia o no de tornados, granizo, rayos, etc.

Los modelos numéricos a escala de nube, que recrean estas tormentas al atardecer con la luz solar apropiada, han puesto de manifiesto que esta teoría es la más verosímil. Se necesitan grandes espesores de nubes convectivas para generar tonalidades verdosas en la tormenta resultante. Pero aún más, cuando se varía el tamaño de las gotitas las tonalidades pasan del azul-verde al amarillo-verde. Ninguna tonalidad verde emana de la nube modelizada cuando sólo se predice la presencia de granizo. Cuando se reduce el espesor de la nube modelizada, sólo con concentraciones de gotitas pequeñas se pueden producir emanaciones verdosas, no así cuando las gotitas son grandes o existe granizo embebido en la nube.

Estas modelizaciones numéricas y las medidas espectrofotométricas indican que las tormentas verdes provienen directamente de la nube y no del aire circundante. La presencia de tormentas con tonalidades verdes está íntimamente ligada a las concentraciones de gotitas nubosas y el espesor de la nube en relación con la trayectoria de la luz que la tiene que atravesar. La amenaza verde no es tal.

Aunque se ha avanzado mucho en el conocimiento de las tormentas verdes, falta mucho por conocer: ¿Cuál es la distribución ideal de gotitas para que se den tormentas verdes? ¿En qué momento del ciclo de vida de una tormenta aparecen las tonalidades verdes? ¿Puede la tonalidad o color de una tormenta ser usado como índice o elemento indicativo de la severidad de una tormenta? Muchas preguntas sin responder están todavía detrás de las espectaculares tormentas verdes.

## **En conclusión**

Las tormentas verdes no tienen porque estar asociadas siempre a fenómenos convectivos adversos. Su colorido se debe a una interacción de la luz solar con las estructuras propias de la tormenta (gotitas de agua, cristalitos de hielo, etc.). Por sí solo el granizo no puede crear las tonalidades verdosas observadas. Por lo tanto, una tormenta de color verde no se debe tomar como señal unívoca de presencia de granizo en superficie.

La absorción de la luz al atravesar una tormenta puede generar este colorido que estamos analizando. Las tormentas en general pueden crear en alguna fase de su ciclo de vida esas tonalidades tan llamativas, pero como dice el autor al que nos referimos, el observador debe estar en el momento correcto y en el sitio exacto para ver dichas singularidades rojo-verdosas o azulado-verdosas. De cualquier forma, si ve una tormenta con tonalidades verdes, azules o de cualquier otro color muy activa y acercándose, entonces busque refugio.

## **Referencias**

- Craig F. Bohren and Alistair B. Fraser, 1993: Green Thunderstorms. *Bulletin of the American Meteorological Society* Vol. 74, nº 11, pp. 2185–2194.

<http://ams.allenpress.com/amsonline/?request=get-pdf&file=i1520-0477-074-11-2185.pdf>

- Gallagher, F.W., III, 2001: Ground Reflections and Green Thunderstorms. J. Appl. Meteor., 40, 776-782.
- Gallagher, F.W., III, and K. Cutlip, 2001: The Green Menace. Weatherwise, 54(3), 24-31.

**Más información técnica en:**

<http://weather.ou.edu/~fgallag/research/grntrw/index.htm>

<http://www.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF2/262.html>

<http://weather.ou.edu/~fgallag/research/grntrw/sld001.htm>

[http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0450\(2000\)039%3C1754%3ADGTFST%3E2.0.CO%3B2&ct=1](http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0450(2000)039%3C1754%3ADGTFST%3E2.0.CO%3B2&ct=1)