

## Tornados

Un tornado es una violenta columna de aire en rotación que se extiende de un cumulonimbo o un cúmulo congestus hasta alcanzar la superficie. Es el más destructivo de todos los fenómenos atmosféricos de escala local. La velocidad del viento de los vórtices de la mayoría de los tornados tropicales se estima en menos de  $175 \text{ km h}^{-1}$  (95 kt). Los tornados, que duran entre pocos segundos y más de una hora, recorren distancias entre cien metros y decenas de kilómetros a velocidades de 20 a  $45 \text{ km h}^{-1}$  (10 a 25 kt).



**Figura 1.** Un tornado toca tierra en Antigua, una isla del noreste del Caribe, el 11 de abril de 2005.

Si bien a nivel mundial se trata de un fenómeno relativamente raro, los tornados se forman en todos los continentes menos Antártida y son más comunes en las planicies de Norteamérica y Australia.

Pocas zonas tropicales cuentan con una extensa red de detección de tormentas como la de los Estados Unidos. A modo de ejemplo para las regiones tropicales, en la India se registraron 42 tornados entre 1951 y 1980, mientras en Cuba la media anual entre 1981 y 1985 fue de 41 tornados.

En Cuba y la península de Florida, la mayoría de los tornados ocurre entre junio y julio, principalmente en relación con las trombas marinas que invaden tierra firme y los ciclones tropicales que tocan tierra.

En la India y Bangladesh, los tornados son más frecuentes en abril y mayo, pero su formación es poco común durante el monzón. Los tornados intensos son más frecuentes en primavera, en el período entre las últimas horas de la tarde y las primeras de la noche, pero pueden formarse en cualquier época del año y a cualquier hora del día.

### Zonas de actividad tornádica en el mundo



NOAA/The COMET Program/Alfonso 1994/Silva Dias 2011

**Figura 2.** Zonas de actividad tornádica en todo el mundo.

Clasificamos la intensidad de los tornados de acuerdo con la escala Fujita mejorada (Enhanced Fujita, o EF), que se implementó en el año 2007. La escala lleva el nombre del Dr. Theodore Fujita, el creador de la primera escala de intensidad de los tornados, en 1971.

La escala de Fujita original (escala F), que se basaba en los daños causados por el tornado, tenía varias limitaciones; por ejemplo, las categorías de tornado se basaban en los peores daños posibles, incluso si los sufría una única estructura, y la escala no permitía tener en cuenta los diferentes tipos de construcción.

**Tabla 1.** Escala Fujita mejorada (EF) de la intensidad de los tornados

Escala EF	Clase	Velocidad del viento			Descripción de los daños
		millas h <sup>-1</sup>	km h <sup>-1</sup>	m s <sup>-1</sup>	
EF0	débil	65-85	105-137	29-38	Leves
EF1	débil	86-110	138-177	38-49	Moderados
EF2	intenso	111-135	178-217	50-60	Considerables
EF3	intenso	136-165	218-266	61-74	Graves
EF4	violento	166-200	267-322	74-89	Devastadores
EF5	violento	> 200	> 322	> 89	Increíbles

La escala EF comienza con una lista de 28 indicadores de daños, cada uno de los cuales incluye una descripción del tipo de construcción típico. A partir de dichos indicadores, se evalúa el «nivel de daños» y se lo relaciona con un rango de velocidad esperada del viento.

En las regiones tropicales, la formación de tornados se debe a tormentas no supercelulares, ciclones tropicales que tocan tierra, sistemas extratropicales que invaden las regiones tropicales, depresiones subtropicales y sistemas tropicales y extratropicales híbridos.

Solo una pequeña fracción de los tornados alcanza intensidades extremas (EF3 o más) y provocan daños importantes y víctimas, y estos tienden a estar asociados a las supercélulas de las latitudes medias.

### Tornados no supercelulares

La mayoría de los tornados son débiles y no se forman en supercélulas. Los tornados «no supercelulares», como el que se muestra en la figura 10, están asociados a circulaciones de mesoescala y de escala local en la capa límite.

La nube progenitora no contiene un mesociclón como en las supercélulas. Dichos fenómenos son los que con cierta frecuencia y dependiendo de las condiciones predominantes, ocurren en Costa Rica.



**Figura 3.** Foto de un tornado no supercelular observado desde la base aérea naval de Jacksonville (Florida) durante CAMEX-4, en 2001.

En este ejemplo, las corrientes salientes de las tormentas que surgieron a lo largo de la brisa marina en la costa oeste de la península de Florida se propagan hacia el este y convergen con la brisa marina que se ha formado en la costa este. El tornado que ocurrió en Jacksonville (captado en la foto anterior) se formó en la zona de convergencia de estos dos frentes.

Las condiciones necesarias para la formación de un tornado no supercelular parecen incluir:

- ✚ Un límite en la troposfera inferior que posee un grado considerable de cizalladura horizontal a través del frente.
- ✚ La formación de misociclones a lo largo del frente, posiblemente como resultado de la inestabilidad provocada por la cizalladura horizontal.
- ✚ La rápida profundización de convección húmeda a lo largo del frente.
- ✚ Una atmósfera que solamente contiene cizalladura vertical débil (en comparación con las supercélulas).

Típicamente, las células convectivas se desarrollan y se desplazan a lo largo del frente. Cuando una corriente convectiva ascendente húmeda coincide con un misociclón, el estiramiento vertical de la vorticidad a lo largo del frente la transforma en un tornado.

Los misociclones (pequeños ciclones generados por la inestabilidad provocada por la cizalladura horizontal y la convergencia en la capa límite) difieren de los mesociclones (las corrientes ascendentes giratorias de las supercélulas), en que son más grandes, más profundos y se forman debido a la inclinación de la vorticidad horizontal producida por la cizalladura vertical del viento.

Los tornados no supercelulares pueden formarse incluso cuando la circulación en la troposfera inferior es débil. Una vez que se establezca la corriente ascendente, un rápido desarrollo convectivo puede causar la formación de un tornado.

### Trombas Marinas

Las mangas o trombas marinas son tornados que se forman sobre el agua, pero en comparación con la mayoría de los tornados suelen ser un fenómeno mucho menos intenso.

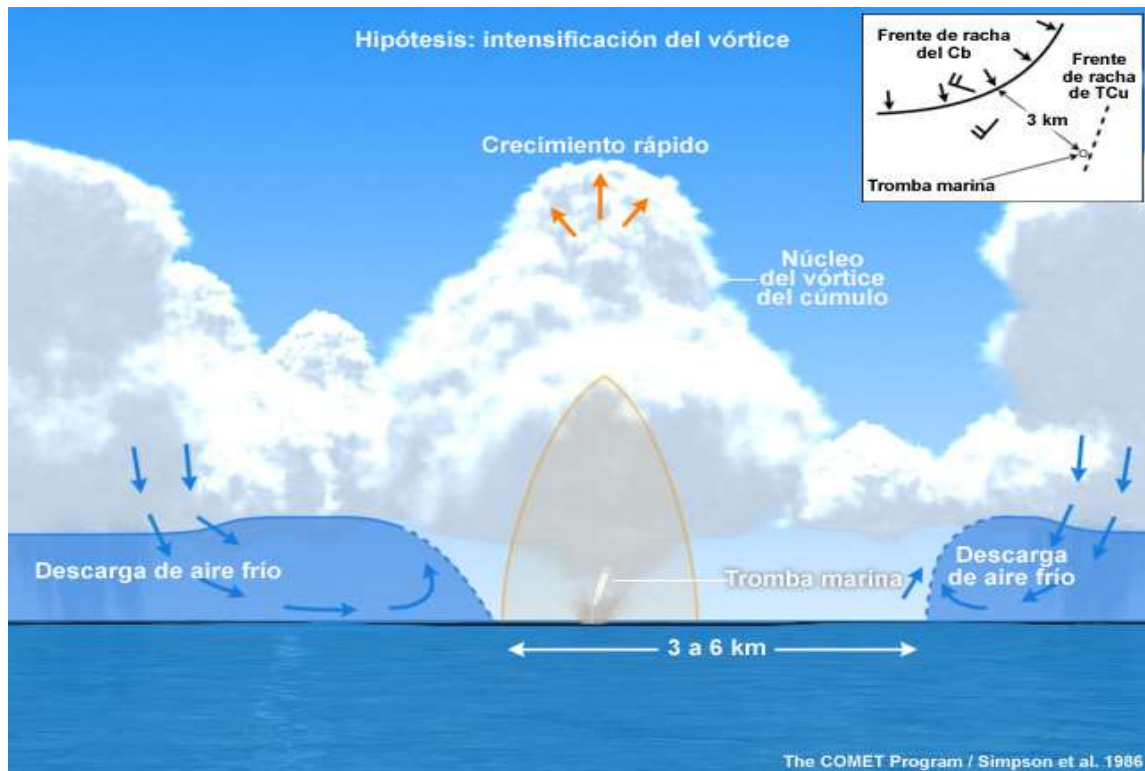
Esta foto de una tromba marina observada cerca de las islas al noroeste de Hawái permite apreciar su naturaleza local, en comparación con la anchura promedio de los tornados.

En las regiones tropicales y subtropicales, las trombas marinas son más comunes que los tornados. En términos generales, su frecuencia máxima se da por la mañana, con un máximo secundario durante las últimas horas de la tarde.



**Figura 4.** Una tromba marina del Pacífico, cerca de las islas del noreste de Hawái. Fijese en la región blanca brillante donde el torbellino toca la superficie del agua.

Las trombas marinas tienden a formarse debajo de los cúmulos congestus de rápido crecimiento, cuando el aire fresco se mueve sobre aguas cálidas.



**Figura 5.** Modelo conceptual del mecanismo de formación de las trombas marinas en la zona de convergencia entre una línea de nubes que se juntan y el frente de brisa de una tormenta.

Los estudios de las trombas marinas realizados junto a la costa de Florida y de África occidental han determinado que tienden a formarse en la zona de convergencia entre frentes de racha y donde el rápido crecimiento convectivo coincide con el proceso de aglomeración de distintas nubes.

En las latitudes medias, las trombas marinas se forman durante las invasiones de aire frío sobre los Grandes Lagos de Norteamérica y otras masas de agua grandes cuyas temperaturas son relativamente altas.