

Estado de la publicación: El preprint ha sido publicado como artículo en una revista  
DOI del artículo publicado: <https://doi.org/10.37135/chk.002.18.12>

# REPORTES DE TORNADOS EN CUBA DURANTE 1991-2020. IMPACTO SOCIAL EN CRUCES Y CIUDAD DE LA HABANA

Alexander Jesús Pérez González

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4373>

Enviado en: 2022-06-29

Postado en: 2022-06-29 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Artículo de Investigación

# **REPORTES DE TORNADOS EN CUBA DURANTE 1991-2020. IMPACTO SOCIAL EN CRUCES Y CIUDAD DE LA HABANA**

## ***TORNADOES IN CUBA DURING 1991-2020. SOCIAL IMPACT IN CRUCES AND HAVANA CITY***

Alexander Jesús Pérez González<sup>1</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7130-1965>

<sup>1</sup>Universidad de La Habana, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC), La Habana, Cuba, email: [alexanderperezgonzalez476@gmail.com](mailto:alexanderperezgonzalez476@gmail.com)

### **RESUMEN**

En el trabajo se determina la relación entre el aumento o no de los reportes de tornados en Cuba y el avance de la tecnología celular en el país, así como el impacto social de estos fenómenos, mediante dos casos de estudios ocurridos en Cruces y La Habana. Se analizó la tendencia que han tenido los tornados en Cuba durante el período 1991-2020, desglosado por años, meses y provincias de ocurrencia, con una estadística descriptiva. La tendencia de formación de tornados ha ido en descenso, sin embargo, la última década (2010-2020) mostró un aumento de reportes de este fenómeno. Se evidenció una clara variación estacional en el período estudiado, el 82 % del total de reportes ocurrió en el trimestre mayo-julio. Aunque actualmente existe un ligero incremento en el nivel de conciencia social, el estudio demuestra que debe elevarse el nivel de conocimiento, preparación y percepción de riesgos en los ciudadanos. Los resultados de este trabajo resultan de gran utilidad para los meteorólogos sinópticos y climatólogos, pues la tendencia y anomalías que muestran los tornados en Cuba, tributan al estudio de la variabilidad climática y los pronósticos a corto plazo, así como a una mayor resiliencia a estos fenómenos.

**PALABRAS CLAVE:** Tornados, formación, tendencia, impacto social

### **ABSTRACT**

*In the project, the relationship between the increases or not of the reports of tornadoes in Cuba and the advance of cellular technology in the country is determined, as well as the impact of these phenomena, through two cases of studies that occurred in Cruces and Havana. The trend of tornadoes in Cuba during the period 1991-2020 was analyzed, broken down by years, months and provinces of occurrence, with a descriptive design. The trend of tornado formation has been declining; however, the last decade (2010-2020) showed an increase in reports of this phenomenon. A clear seasonal variation was evidenced in the period studied and 82% of the total reports occurred in the May-July trimester. Although there is currently a slight increase in the level of social awareness, the study shows that must be raised the level of knowledge, preparation and perception of risks in citizens. The results of this project are very useful for synoptic meteorologist and climatologists, since the trend and anomalies shown by tornadoes in Cuba, contribute to the study or climate variability and short-term forecasts, as well as a greater resilience to these phenomena.*

**KEYWORDS:** *Tornadoes, formation, trend, social impact*

Recibido: (05/04/2022)

Aceptado: (21/06/2022)

## **INTRODUCCIÓN**

Además de los ciclones tropicales en el período lluvioso y los frentes fríos en el período poco lluvioso, el archipiélago cubano es afectado por otros fenómenos hidrometeorológicos que traen consecuencias extremas por cambios significativos en variables como la temperatura, la presión atmosférica, las precipitaciones y los vientos, estos últimos con incidencia en el mar. Debido al incremento actual de la densidad poblacional y la vulnerabilidad de las estructuras socioeconómicas, existe gran interés en el estudio y predicción de los fenómenos meteorológicos que producen tiempo severo o los conocidos como Tormentas Locales Severas (TLS). Las mismas pueden ocurrir en cualquier período del año y ninguna región del país está exenta. Actualmente, las investigaciones sobre las TLS a nivel mundial continúan siendo un interés y un gran reto para la comunidad científica. Los tornados por sus particularidades son de los fenómenos meteorológicos de mayor impacto en la sociedad, su rápida formación, así como la intensidad de los vientos en un corto tiempo, los convierten en un fenómeno devastador y de difícil predicción. Por tal motivo, los estudios o programas de investigación encaminados a incrementar los conocimientos sobre ellos representan una novedad científica y revierten una vital importancia para la seguridad nacional.

En tal sentido, desde 2005 el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET) comenzó varios proyectos de investigación, utilizando modelos numéricos de mesoescala, lo que permite un análisis más profundo sobre las TLS, las cuales se manifiestan como tormentas eléctricas, que presentan uno o varios de los siguientes fenómenos considerados severos: tormenta con rachas de viento lineales de 25 m/s (90 km/h) o más, granizo de cualquier tamaño, tromba marina y tornado, no obstante, los tornados aún constituyen eventos de alto riesgo, por lo que son objeto de preocupación entre la comunidad científica en general y los especialistas en estudios del clima y la Meteorología.

Según el Severe Prediction Center de los Estados Unidos, los tornados constituyen una tempestad giratoria muy violenta de pequeño diámetro; es el más violento de todos los fenómenos meteorológicos, constituyendo uno de los más dañinos y de más difícil pronóstico, pues “su formación es el resultado de una compleja dinámica en la que intervienen múltiples procesos y estructuras a microescala que sólo se activan bajo ciertas condiciones ambientales” (Ferrer 2013:7).

Se producen a causa de una tormenta de gran violencia y toman la forma de una columna nubosa proyectada de la base de una nube cumulonimbus hacia el suelo, se clasifican según su intensidad y los daños que estos pueden ocasionar y las escalas más empleadas para medir un tornado son la Escala de TORRO (T), la Escala de Fujita (F) y la Escala de Fujita Realzada (EF), y es esta última la más utilizada actualmente, la cual cuenta con el mismo diseño que la escala original de Fujita, con seis niveles que van del cero al cinco, representando el incremento de la fuerza destructora de los vientos de un tornado.

En el caso de Cuba, según Varela y Carnesoltas (2017a):

(...) hay condiciones un tanto diferentes al resto del Caribe, debido a que está situada cerca del límite norte de la zona tropical. En general, la ocurrencia de tornados se relaciona con las interacciones entre la escala sinóptica y la mesoescala; la primera de estas escalas aporta la energía necesaria para que se forme la convección profunda, mientras que las características físico - geográficas y las interacciones entre las circulaciones locales y superficies de discontinuidad, incentivan el potencial rotatorio de la tormenta y la posible aparición de tornados, de ahí la necesidad de no divorciar estas escalas. (2017:314)

Como apuntan Johns & Doswell (1992) y Houze (1993), los tornados pueden dividirse en dos grupos básicos: los asociados a superceldas, en los cuales se incluyen la mayoría de los eventos de tornados fuertes y violentos (desde EF3 hasta EF5 según la escala Fujita Pearson), y los no asociados a superceldas, entre los que se encuentran los landspouts y gustnados, por lo que no requieren que la tormenta sea de tipo supercelda para que estos se generen.

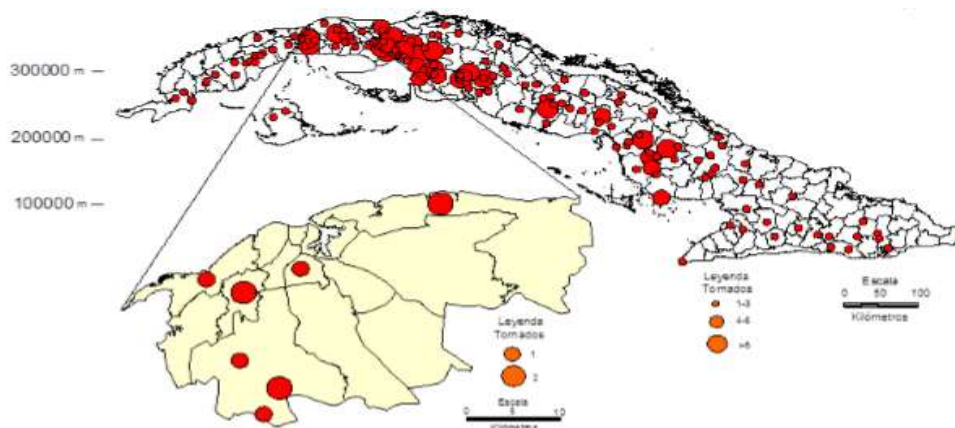
Aunque la mayoría de los tornados que ocurren en Cuba, según Alfonso (1994) y corroborado posteriormente por Aguilar, Naranjo y Carnesoltas (2005), son clasificados como poco intensos (EF0, EF1, EF2), en el archipiélago también se han reportado F3 y F4. La fuerza de los vientos de

un tornado F4 pueden ser comparados con los de un huracán categoría cuatro o cinco, aunque su impacto es más focalizado.

Del ambiente local propicio para la formación de tornados en Cuba se ha podido inferir que los mecanismos que les dan origen difieren del origen propuesto por los modelos conceptuales formulados para latitudes medias y continentales. Esto se debe a que los tornados que se reportan en Cuba son muy débiles y de corta duración, sin encontrarse evidencias suficientes para afirmar que estén asociados a tormentas de superceldas.

Por tanto, “su origen está relacionado con las condiciones por debajo de la base de la tormenta convectiva o muy próxima a ella, es decir en la Capa Fronteriza Atmosférica” (Varela y Carnesoltas 2017b:3), por lo general asociado a la interacción entre los Rollos Convectivos Horizontales y las superficies de discontinuidad, como el Frente de Racha y/o el Frente de la Brisa de Mar, con una débil cizalladura vertical del viento en la atmósfera a gran escala (Golden 1971). Otro aspecto a tener en cuenta en la formación de los tornados son los valores de humedad en los niveles bajos, según Davies (2002, 2004) y Rasmussen (2003), pues la existencia de suficientemente humedad relativa, tanto en las capas bajas como medias de la tropósfera, constituye una de las condiciones imprescindibles para el desarrollo de la convección; precisamente estas condiciones favorables son más frecuentes en el Occidente del país, tal y como puede apreciarse en la Figura 1.

Fuente: Bermúdez *et al.* 2009:61



**Figura 1:** Distribución espacial de los tornados en Cuba

Todo lo expuesto evidencia algunos elementos y condiciones dinámicas propicias para la formación de los tornados en nuestra área geográfica. Estas condiciones también ocurren en un momento donde están observándose cambios en fenómenos meteorológicos que tienen relación con la formación de los tornados, como los estudios desarrollados por Álvarez y García (2018), quienes encontraron un incremento en la ocurrencia de tormentas eléctricas en algunas estaciones meteorológicas de las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque.

Varias han sido las investigaciones científicas durante las últimas décadas encaminadas al estudio de los fenómenos naturales y los elementos negativos que emanan de ellos y sus consecuencias, incluyendo la muerte de personas; tal es el caso de Delfín, Gómez y Barcia-Sardiñas (2020) y Roura *et al.* (2018). En el caso de las TLS, esas investigaciones se han centrado en las condiciones meteorológicas, acordes a los mecanismos de formación, desarrollo, estructura física y dinámica, entre otros elementos propios de esa ciencia, tal es el caso de Carnesoltas y Varela (2019) y Aguilar, Naranjo y Carnesoltas (2005). Sin embargo, cómo impacta en la sociedad, la presencia o afectación de estas tormentas en cualquiera de sus manifestaciones continúa siendo una interrogante para la comunidad científica y que, de una forma u otra, las respuestas contribuyen a un actuar enfocado y centralizado que garantice o al menos indique los primeros pasos para el desarrollo de procedimientos y estrategias en función de su percepción del riesgo.

Lo planteado con anterioridad motiva a la realización de este trabajo y también valorando que en los últimos años se ha notado una tendencia o apreciación que conlleva a un posible incremento de estos fenómenos en Cuba, evidenciándose además en testimonios fotográficos que circulan fácilmente en redes sociales, favorecidos por el crecimiento vertiginoso de la tecnología celular en el país. Entonces, cabe formular las preguntas: ¿tendrá relación la tendencia de los reportes de tornados en Cuba con el desarrollo tecnológico que se ha mostrado en el país? ¿Ha representado esto un impacto en la sociedad cubana?, lo cual constituye el problema a resolver en esta investigación. Para ello, se trazó como objetivo general: determinar la relación entre el aumento o no de los reportes de tornados en Cuba y el avance de la tecnología celular en el país, así como el impacto social de estos fenómenos, mediante dos casos de estudios ocurridos en Cruces, municipio perteneciente a la provincia de Cienfuegos y en La Habana.

Los resultados de este trabajo serán de gran utilidad para los meteorólogos sinópticos, pronosticadores y climatólogos, pues la tendencia y anomalías que muestran los tornados en su comportamiento en el archipiélago cubano, tributan a los pronósticos a corto y muy corto plazo, así como a los estudios de variabilidad climática, aportando las bases para una mayor resiliencia a estos fenómenos.

## METODOLOGÍA

En la investigación efectuada, se estudió el archipiélago cubano (Figura 2), compuesto por 15 provincias, el municipio especial Isla de la Juventud y más de un millar de cayos, islotes e islas adyacentes, destacándose Cayo Coco, Cayo Guillermo, Cayo Santa María y Cayo Largo del Sur como algunos de los principales destinos turísticos del país, entre otros, siguiendo un enfoque cualitativo y predominantemente descriptivo, con un diseño descriptivo del tipo reporte de caso, con dos unidades de análisis, en referencia a dos de los tornados más devastadores que han afectado al país en el período de estudio seleccionado, ocurridos en Cruces (Cienfuegos) y en la Ciudad de la Habana.

Fuente: Gómez, E. (11 de septiembre de 2017)



**Figura 2:** Mapa político de Cuba

Como consecuencia el tipo de muestreo es no probabilístico, intencional, por conveniencia, en tanto se ha decidido, en primer lugar, estudiar los tornados como fenómeno meteorológico, por interés profesional del investigador y su tendencia en el período 1991-2020, que es una época reciente y con abundante información. También es intencional el análisis del impacto de los dos tornados más dañinos y destructores registrados en el país, uno en un poblado y el otro en la capital del país, con características demográficas, socio económicas y constructivas diferentes, lo que aporta elementos de interés y diversidad al estudio.

Con el propósito de obtener una base de datos inicial para comenzar el estudio, se consultaron los reportes de los tornados extraídos de la base de datos del INSMET, con énfasis en el período referido, años 1991 y 2020, en el cual se reportaron 199 tornados, obtenidos como parte del Proyecto de Investigación: Condiciones favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba, “cuyas fuentes principales provienen de la red de Estaciones Meteorológicas de superficie del INSMET y de aficionados” (Aguilar, Naranjo y Carnesoltas 2005:201).

Dicha red se ha visto favorecida por el implemento de tecnologías que cada vez hacen más efectivo el proceso de detección y permiten un previo aviso a la población, por cuanto se han desarrollado numerosos algoritmos de detección de tornados por radares meteorológicos, basados fundamentalmente en la identificación de ecos de reflectividad en forma de gancho y en el análisis de la velocidad radial tomada por radares Doppler.

Una vez consultada la base de datos de TLS se realizó la selección de la muestra. La misma consiste en los reportes de tornados por año, por meses y en cada provincia del territorio cubano, para las tres décadas que componen el estudio. Una vez completada y verificada la muestra se comenzó su procesamiento estadístico mediante el uso de la estadística descriptiva, en busca de elementos que la caracterizaran.

Posteriormente, se determinó el promedio de tornados ocurridos para obtener un dato que agrupara de manera resumen este aspecto durante los últimos 30 años y se determinó la tendencia en cada una de las regiones de Cuba; dicho comportamiento también se desglosó por años y para poder determinar cuál fue la época del año con mayor reporte se agruparon los tornados por su mes de ocurrencia.

Para el procesamiento de todos estos datos se utilizó WPS Office (*Writer, Presentation y Spreadsheet*), anteriormente conocida como *Kingston Office*, es una suite ofimática Microsoft Windows, Linux, Android OS e iOS que incluye los siguientes componentes: Escritura, Presentación y Hojas de cálculo.

El diseño de la interfaz gráfica es similar a la de los productos de Microsoft Office, y es compatible con los archivos generados por los productos de Microsoft (\*.ppt, \*.doc, \*.xls, \*.txt, etc) (Disponible en <http://www.wps.com>), por lo que se empleó para la entrada de datos y operaciones en sus hojas de cálculo. Este formato permitió obtener las tablas de cantidad de tornados por años, por meses y por provincias. Luego de tener esta información se trazó la línea de tendencia anual para cada una de las tres regiones geográficas del país (occidental, central y oriental), la cual se obtiene de la siguiente ecuación:  $y = ax + b$  donde: a y b, son constantes calculadas por el programa.

Resulta un interés profesional de los investigadores el análisis de los tornados como fenómeno meteorológico y su tendencia en el período 1991-2020, una época reciente y con abundante información, así como el análisis del impacto de los dos tornados más dañinos y destructores registrados en Cuba. De esta manera y en conversaciones con varios de los damnificados se puede valorar el nivel de impacto en la sociedad y las principales variables que influyen.

Los tornados seleccionados, fueron uno ocurrido en un municipio de la provincia de Cienfuegos y el otro en la capital y la ciudad más poblada del país, con características demográficas, socio económicas y constructivas diferentes, lo que aporta elementos de interés y diversidad al estudio.

Para el tornado ocurrido en Cruces se tomaron en consideración los datos suministrados por el Estado Mayor Municipal de la Defensa Civil de ese territorio, a partir de la evaluación de los daños causados por la tormenta y evaluados por las autoridades locales de ese municipio en la provincia Cienfuegos. En cuanto al tornado de Ciudad de la Habana, en la jornada posterior al suceso, el Consejo de Ministros de Cuba y el presidente de la nación realizaron la evaluación de los daños, para ello, cada ministro indicó los daños de su sector, basándose en las viviendas destruidas, las vías afectadas, los árboles derribados y las afectaciones en servicios vitales como la electricidad, el agua y el gas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las últimas décadas se ha avanzado tecnológicamente en cuanto al estudio de los tornados y su posible prevención. Dentro de estos avances se encuentran los simuladores de tornados, el radar de agrupación de antenas controladas por fase y el Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental R. Todos ellos, de una forma u otra, ofrecen una mejor visión que favorece la comprensión de un tornado, su formación, los efectos y daños que pueden producir, lo que a su vez nos ayuda a estar preparados.

Además, existen detectores basados en vibraciones terrestres, sensores de infrasonido y otros algoritmos, los cuales constituyen medios iniciales de estudio para comenzar un proceso de investigación que ayude a comprender y explicar la formación de este fenómeno meteorológico y de qué manera se puede prevenir a la comunidad, aunque lamentablemente muchos de estos equipos, por su alto costo, no están al alcance de todos los países.

Sin embargo, promover la mejora de las tecnologías actuales en la detección de tornados es sin duda un desafío importante para meteorólogos, físicos e ingenieros, pues una previsión más rápida puede contribuir a salvar vidas y disminuir los daños materiales o incluso resguardar los medios propios del patrimonio cultural material de una localidad.

A nivel mundial, la detección de tornados se realiza de manera habitual mediante el denominado Radar de Impulsos Doppler, que es capaz de medir el rumbo, distancia, altitud y velocidad de un objeto, gracias al cual se pueden tener evidencias de la rotación en tormentas ubicadas a más de 150 kilómetros de distancia.

## **DISTRIBUCIÓN Y PROMEDIO INTERANUAL DE TORNADOS, PERÍODO 1991-2020**

La Figura 3 (superior) muestra la distribución interanual de los tornados. Dentro del período analizado se aprecia que en la década de los noventa del siglo XX hubo un máximo de reportes, con un total de 76 tornados; se destaca el año 1992 como el mayor reporte durante el período de estudio con 15 tornados; mientras que las dos décadas posteriores presentaron cifras inferiores, con 69 y 54 casos respectivamente.

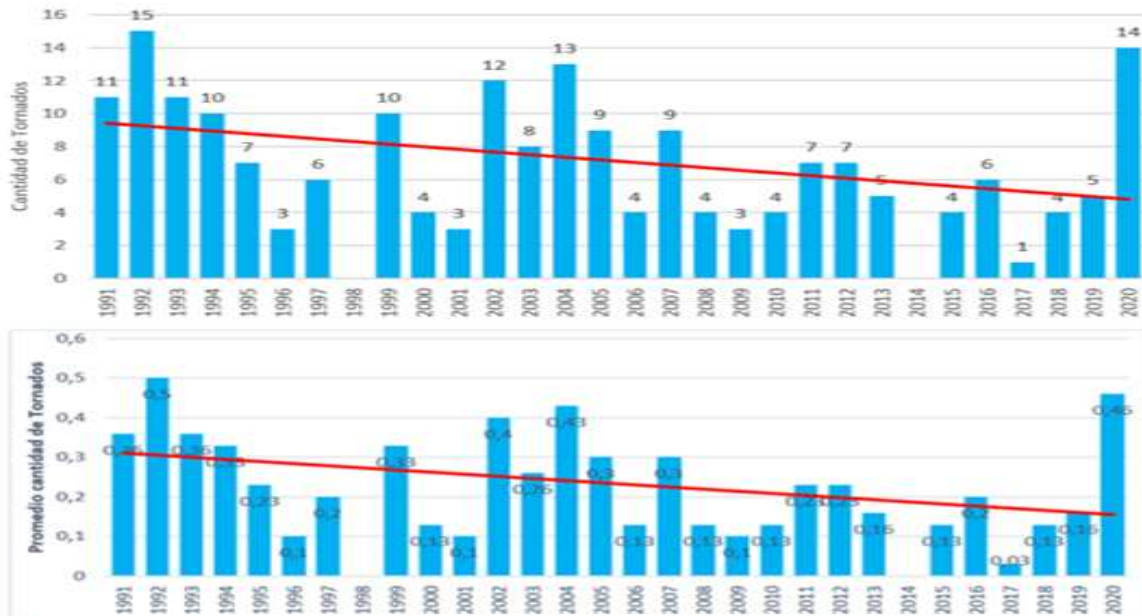
Valorando preliminarmente los resultados anteriores, no puede hacerse una conclusión del todo afirmativa sobre un motivo específico ante este comportamiento, debido a que, por una parte, en los últimos años puede alegarse una mejoría notable del sistema de captación y detección de los reportes de tornados por provincias y, aun así, existieron menos reportes que en la referida década de los noventa.

Por otro lado, en principio, la disminución pudiera atribuirse a la relación con respecto a algunos elementos que condicionan la variabilidad climática, aunque esto realmente responde a la verdadera interrelación entre la escala sinóptica y la mesoescala.

La Figura 4 muestra el promedio interanual de los tornados; dentro del período analizado se aprecia que en los años noventa se alcanzó un máximo de reportes, por lo que también resulta la década con el promedio más elevado, destacándose el año 1992 con un promedio de 0,5 tornados.

También poseen cifras elevadas los años 2002, 2004 y 2020 con promedio de 0,4; 0,43 y 0,46 por ese orden. Pese a que en los últimos años hay mayores variantes para la detección y reporte de estos fenómenos podemos apreciar que aun así continúa siendo menor en comparación con las décadas anteriores.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET

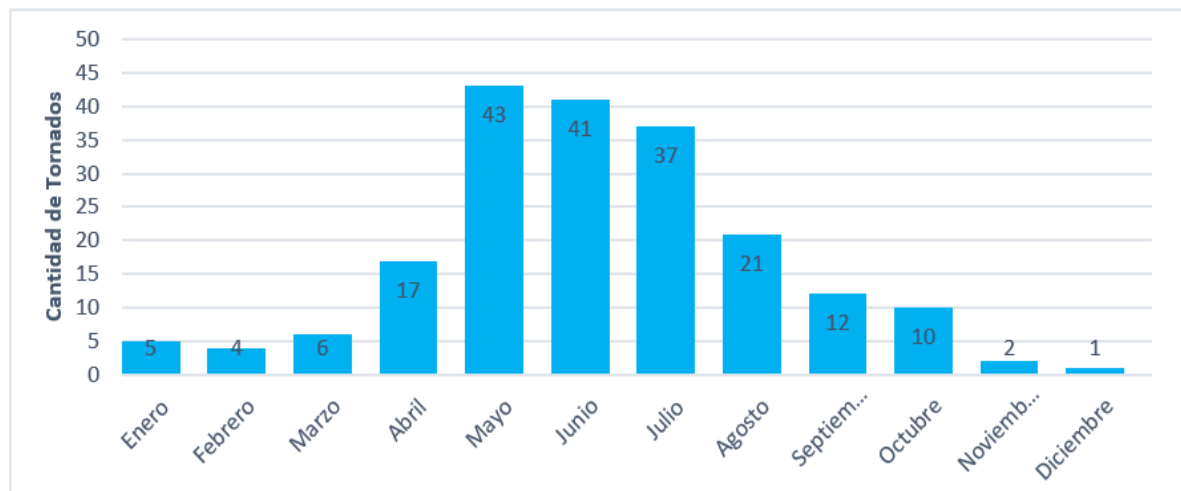


**Figura 3:** Total anual (superior) y promedio (inferior) de los tornados en el período de estudio

### DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LOS TORNADOS, PERÍODO 1991-2020

Cuando se analiza la distribución mensual de los tornados en el período de estudio para todo el territorio cubano, puede evidenciarse en la Figura 4 la variación estacional de estos fenómenos meteorológicos. Según la climatología de los tornados en Cuba, los meses con mayor actividad se corresponden a los bimestres mayo-junio y julio-agosto, debido a que los patrones de circulación de la atmósfera para el archipiélago cubano en el período lluvioso (mayo-octubre), difieren sustancialmente de los patrones en el período poco lluvioso (noviembre-abril), en el cual están relacionados con Líneas de Tormentas Prefrontales que anteceden a los frentes fríos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



**Figura 4:** Distribución por meses de los reportes de tornados durante el período de estudio

En los meses de verano hay una mayor variabilidad de estas condiciones, ya que los tornados pueden ser generados producto de la banda espiral de un ciclón, la actividad convectiva producida por calentamiento o producto a las Bajas Frías, según Acosta (2008:63). La mayor presencia de tornados en el período lluvioso puede estar relacionada con que en este período es más frecuente

la aparición de nubes Cumulonimbos (Cb) durante las tardes, que alcanzan un gran desarrollo vertical, y bajo ciertas condiciones, como por ejemplo suficiente contenido de humedad en la capa 1000 – 700 hPa y el suministro estable y suficiente de calor en la Capa Fronteriza Atmosférica.

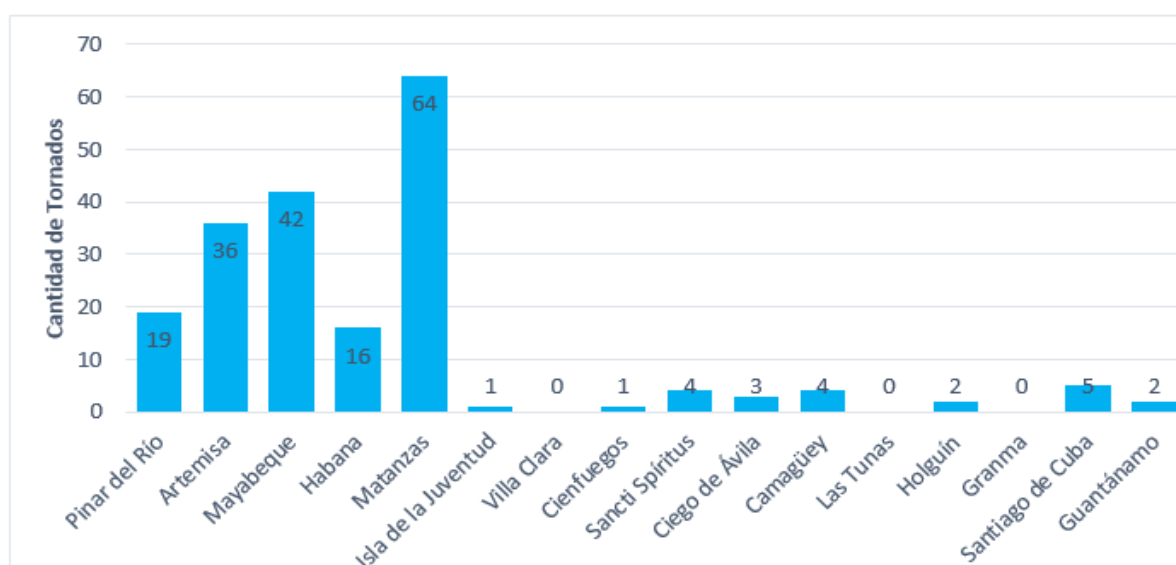
En Cuba los tornados más intensos se han producido en Sistemas Convectivos de Mesoescala, como lo son las Líneas de Tormentas Eléctricas Prefrontales (LTEP) que ocurren entre los meses de diciembre a marzo, o también en tormentas intensas, las cuales han ocurrido durante el período lluvioso (principalmente en su comienzo), asociadas a la interacción del frente de la brisa marina con las celdas convectivas que se desarrollan en el interior de la isla (Ferrer 2013).

La condición básica para la formación de superceldas generadoras de tornados está en la existencia no solo de considerable energía convectiva, sino también en la presencia de una cizalladura vertical profunda. Ambas condiciones son susceptibles de ser alcanzadas en mayo, donde el predominio aún del flujo del Oeste en los niveles medios y altos de la troposfera, aporta condiciones de cizalladura favorables.

## DISTRIBUCIÓN Y PROMEDIO POR PROVINCIAS DE LOS REPORTES DE TORNADOS, PERÍODO 1991-2020

Debido a que los patrones de circulación atmosférica para Cuba y en general las condiciones climatológicas varían en cada provincia, se decidió analizar en este estudio los reportes de tornados teniendo en cuenta la división político-administrativa actual del país, posteriormente estos resultados fueron agrupados para así determinar los años con mayor incidencia de este fenómeno. En el análisis de la distribución y frecuencia de los reportes de tornado en cada una de las provincias cubanas, se concluyó que en el interior de la región occidental es donde existe una representatividad mayor de reportes de tornados, en particular, en el interior de Matanzas (64 tornados) y en Mayabeque (42 tornados), resultando interesante destacar la gran diferencia en el número de casos reportados en cada provincia, desde valores tan altos como los mencionados anteriormente, hasta la no ocurrencia de dicho fenómeno en provincias como Villa Clara, Las Tunas y Granma. (Ver Figura 5)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



**Figura 5:** Distribución por provincias de los 199 reportes de tornados entre los años 1991-2020

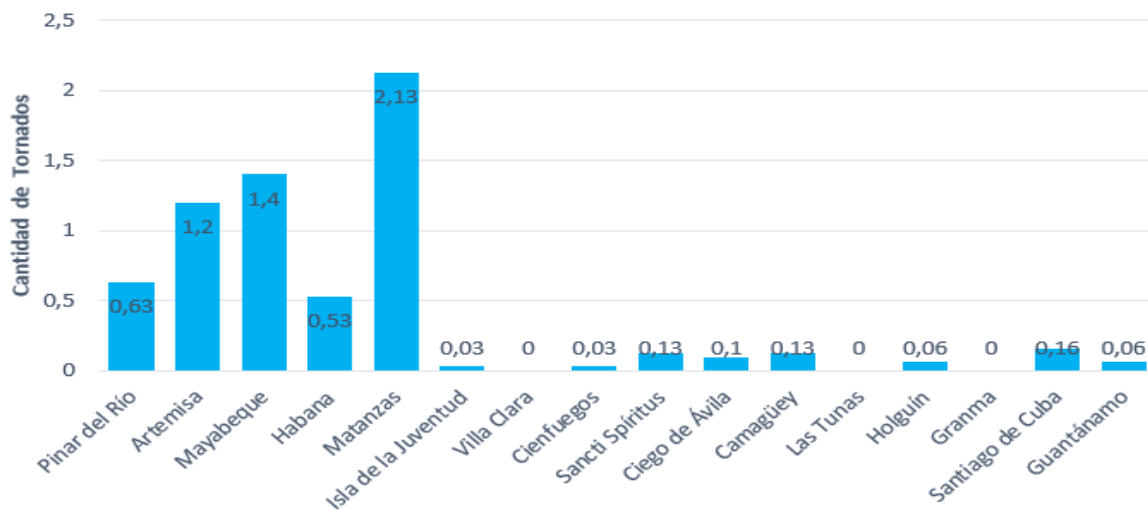
La mayor formación de tornados en la zona occidental responde, en lo fundamental, a que se combinan condiciones sinópticas y locales, tales como el sistema de brisas, el cual es un mecanismo disparador para la convección profunda, lo que permite el acoplamiento perfecto de la

atmósfera para formar y desarrollar este evento severo, corroborándose lo planteado por Alfonso en 1994 acerca de que también los tornados son más frecuentes en zonas alejadas de las costas, llanas o de poca elevación.

En la Isla de la Juventud, así como en las regiones central y oriental de Cuba, la ocurrencia de tornados es escasa, producto a que no es muy frecuente la existencia de ambientes propicios para el desarrollo de este fenómeno, ligado a condiciones orográficas poco favorables, pero esto no quiere decir que estén exentas del riesgo.

Teniendo en cuenta la cantidad de tornados ocurridos en cada provincia durante el período de estudio analizado, se determinó el promedio de ocurrencia de estos fenómenos (Figura 6), y es más elevado en las provincias que tienen un mayor número de reportes (Matanzas, Mayabeque y Artemisa).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



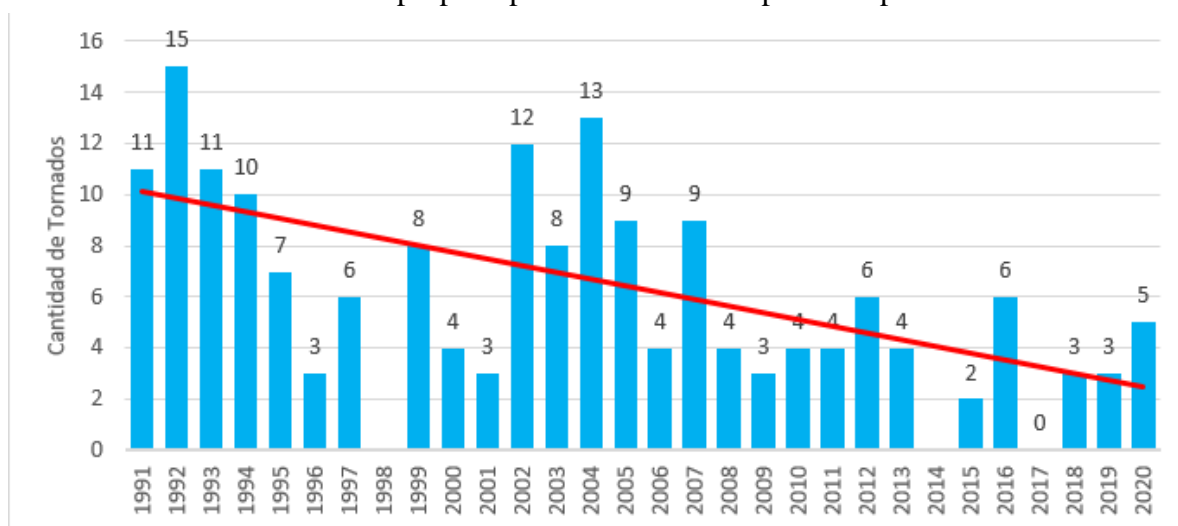
**Figura 6:** Promedio de reportes de tornados por provincias 1991-2020.

Durante varios años en la provincia de Matanzas se ha realizado un importante trabajo de monitoreo de ocurrencia de TLS, lo que llevó a incrementar los casos reportados; esta experiencia sugiere que los reportes en otras provincias son una porción pequeña de los tornados que realmente ocurren y, por tanto, su impacto potencial sobre la sociedad es mucho mayor del que se refleja en las actuales estadísticas, por lo que sería de gran importancia desarrollar este monitoreo en las restantes regiones del país para un mejor control de este fenómeno, que posibilitará una mayor preparación de la población ante el impacto inmediato de un tornado.

### **LÍNEA DE TENDENCIA DE TORNADOS EN LAS TRES REGIONES GEOGRÁFICAS DEL PAÍS EN EL PERÍODO 1991-2020**

La alta variación interanual de los tornados en el período de estudio para la región occidental del país, la cual ha sido por amplio margen la más afectada, ya que es la zona más propensa a que se presenten condiciones sinópticas favorables de severidad que conllevan a la génesis tornádica, puede observarse en la Figura 7.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



**Figura 7:** Línea de tendencia en el período 1991-2020 en la región occidental

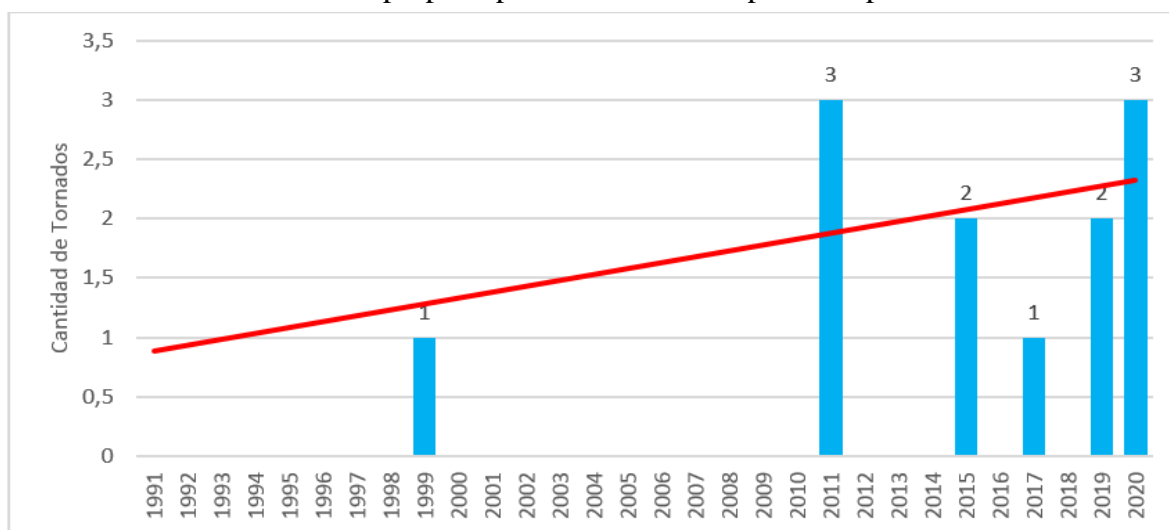
El análisis permite percatarse que, en los últimos años, la formación de tornados en esta región ha ido en decadencia, al ser menos frecuentes que en los años ochenta, pudiendo ser esta la causa del descenso observado. No obstante, aún continúan siendo superiores las cifras anuales de reportes de tornados en esta región, en correspondencia con el resto de las regiones de Cuba.

Dentro de los tornados más intensos que han afectado esta región y que mayor impacto negativo han tenido en la sociedad debemos mencionar el ocurrido el 8 de mayo de 1999 en la localidad de Pedroso en la provincia de Matanzas. El evento dejó cifra final de 3 muertos, 14 heridos y 242 viviendas afectadas, de ellas 101 totalmente destruidas. Unido a esto, se reportaron graves pérdidas en las cosechas, afectaciones en el tendido eléctrico (más de cinco kilómetros de líneas eléctricas), las comunicaciones y el servicio de agua potable.

Debido a las elevadas cifras de reportes de tornados en el territorio matancero, evidenciadas en el análisis de esta investigación, y por ende al impacto social que ha provocado, durante el año 2020 quedó inaugurado el Centro de Gestión de Riesgo de Desastres en el municipio Colón, el cual ha sido escenario histórico de tornados, resaltando el ocurrido el 8 de febrero de 1978 como el más intenso y de mayores estragos en el territorio, por lo que su población es de las más vulnerables en este sentido.

Contrario a lo que ocurre en la región occidental, el centro de Cuba presenta una tendencia creciente en el reporte de formación de tornados, tal y como se puede observar en la Figura 8, producto a que en los últimos 10 años se han formado 11, de los 12 casos reportados en los últimos 30 años, con mayor cantidad en los años 2011 y 2020, pese a lo cual aún continúan siendo cifras inferiores teniendo en cuenta los reportes anuales del occidente del país.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



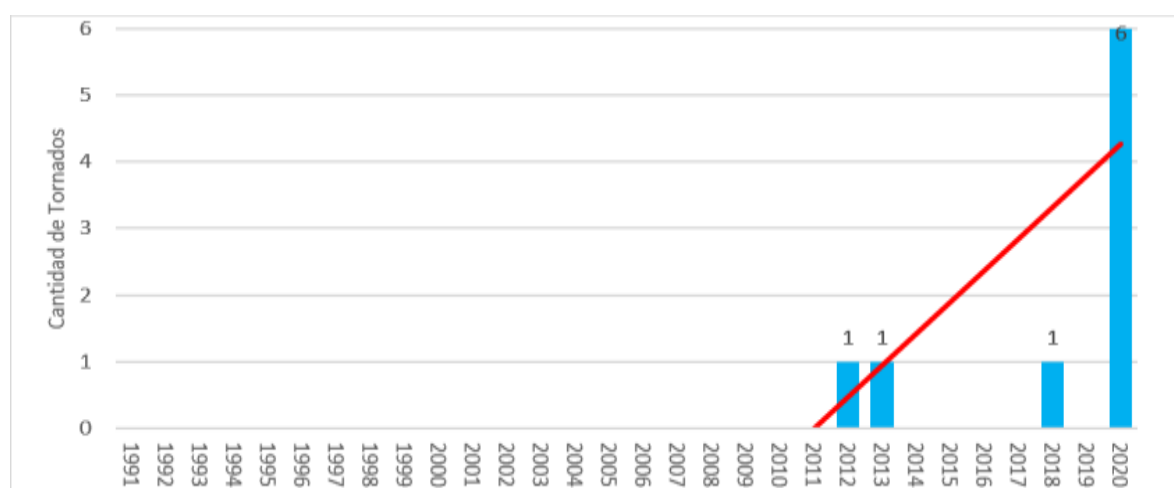
**Figura 8:** Línea de tendencia en el período 1991-2020 en la región central

Dentro de los tornados en la región central con mayor impacto en la sociedad se deben destacar los siete ocurridos el 25 de mayo de 2018 en Ciego de Ávila, que afectó más de 40 hectáreas de cultivos de plátano, y un saldo total de 34 viviendas con derrumbes parciales, dos derrumbes totales y un ciudadano fallecido.

Otro de estos fenómenos con cifras perjudiciales fue el ocurrido en la ciudad de Camagüey el 30 de agosto de 2017, el cual dejó a su paso por el centro histórico de la ciudad unas 10 viviendas con pérdida total de cubierta, 14 con afectaciones parciales, y daños en los techos de dos instituciones culturales y una gastronómica.

Por su parte, en la región oriental es donde existe una representatividad menor de reportes de tornados. En los primeros 20 años del período de estudio no se reportaron casos y se evidencia un incremento en la última década, con un máximo de seis tornados en el 2020, según se muestra en la Figura 9.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos aportados por el INSMET



**Figura 9:** Línea de tendencia en el período 1991-2020 en la región oriental

Dentro de los tornados de mayor afectación en la región oriental se encuentra el ocurrido en Campechuela, provincia de Granma, el 13 de mayo de 2012. Dicho fenómeno destruyó 16 viviendas, de ellas 7 sin techo y otras 32 con afectación en parte de la cubierta. Alrededor de 70 personas fueron evacuadas, reportándose seis heridas y una fallecida.

Otro tornado a destacar fue el que afectó al poblado de Cueto, Holguín, el 5 de mayo de 2018, el cual se encuentra entre los de mayor impacto económico y social en esta región. El fenómeno ocasionó afectaciones en 25 viviendas, tres de ellas destruidas totalmente. A su paso arrancó de raíz numerosos árboles de aguacate, mango y coco; derrumbó completamente el tendido eléctrico y provocó otras afectaciones menos significativas en la carretera de Mayarí y Curva.

## **ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL POR TORNADOS EN CRUCES, CIENFUEGOS Y EN LA HABANA**

Los problemas del medio ambiente y los desastres se han convertido en una de las mayores preocupaciones políticas, económicas, científicas y educativas a nivel mundial, cuya solución en parte depende del trabajo sostenido de los entes gubernamentales, el estado y la participación ciudadana, en la adopción de acciones proactivas y predictivas.

Los riesgos o peligros se generan debido a la interacción entre las amenazas de ocurrencia de fenómenos potencialmente destructivos (capaces de originar desastres) y las condiciones de vulnerabilidad, o sea, el grado de exposición en que se encuentran las personas, sus bienes o el medio ambiente respecto a tales amenazas. La apreciación de los peligros de desastres en Cuba constituye el proceso de evaluación de los riesgos que pueden aquejar al país.

Estudios realizados por Laguna y Sánchez en 2006 demuestran la importancia que revierte en Cuba la enseñanza en los escolares, desde las primeras edades sobre los peligros de desastres. La preparación para la vida profesional les proporciona a los estudiantes conocimientos y habilidades necesarias para aprender a evaluar los riesgos, sustentados en estudios especializados que realizan las instituciones cuyo objeto social se corresponde o es acreditado por el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil.

Los tornados, por su peculiaridad y condiciones propias, son difícil de predecir y anticipar su ocurrencia, además las consideraciones sobre su surgimiento y su curso no suelen tener la efectividad que hoy se consigue al pronosticarse un huracán. Al respecto es menester apuntar que un tornado es un acontecimiento de muy rápida formación y de muy corto tiempo de duración (desde segundos hasta alrededor de una hora) y, por si fuera poco, se trata del fenómeno atmosférico de mayor densidad energética en el planeta. Pueden ocurrir con poco o ningún aviso previo, es por ello que su incidencia social resulta en ocasiones devastadora. Entre los tornados más potentes que afectaron a Cuba en este período, se encuentran los ocurridos en la localidad de Cruces, Cienfuegos y en La Habana, capital cubana.

### **TORNADO DE CRUCES, CIENFUEGOS, EL 9 DE MAYO DE 1999**

“El Barrio de las Nubes, en la localidad de Cruces en Cienfuegos fue testigo durante el 9 de mayo de 1999 de un tornado con desplazamiento general este-oeste que ocasionó un rastro de destrucción sin precedentes” (Fernández y Hurtado 2000:43). La interacción de varios factores de la circulación atmosférica en el entorno de Cuba dio origen al tornado registrado como EF4 en la Escala Fujita, cuya representación en la escala meso alfa y meso beta quedó evidenciada en el diagnóstico de la información disponible.

Entre los efectos más significativos dejados por este fenómeno a su paso se encuentran la destrucción total de viviendas construidas de ladrillos, bloques y de techos de tejas, el corrimiento y desplazamiento de una placa de su cerramiento (incluyendo la caída del repello) el desplazamiento a más de 200 metros de una carreta con sus bueyes y la caída estrepitosa de ocho gigantescos tanques de agua de un peso aproximado de cinco toneladas. (Fernández y Hurtado 2000:42)

El refugio y evacuación rápida de la población hacia zonas fuera del alcance de los vientos devastadores del fenómeno permitió protegerla, aunque lamentablemente ocurrió el fallecimiento de una persona y otras 15 resultaron heridas y lesionadas.

La afectación de viviendas ascendió a un total de 264, con 40 derrumbes totales, 27 parciales, 94 afectaciones al tejado y 103 afectaciones parciales de techo. La cuantificación de los daños causados a la economía del país, expresados en moneda nacional y moneda libremente convertible fue de 443.600 CUP (denominación empleada para la moneda nacional utilizada en Cuba) y 19.900 USD respectivamente (Fernández y Hurtado 2000).

### **TORNADO DE LA HABANA EL 27 DE ENERO DE 2019**

Con la gran inestabilidad generada en una línea prefrontal, en las primeras horas de la noche del 27 de enero del 2019 tuvo lugar en La Habana la afectación de un tornado que marcó la vida de cientos de cubanos. Este se considera el peor evento meteorológico de su tipo registrado hasta la fecha en el país, donde en solo 16 minutos, este potente y devastador tornado recorrió 11,5 km de cinco municipios de la capital cubana (Diez de Octubre, Guanabacoa, Regla, San Miguel del Padrón y Habana del Este).

Este tornado dejó a su paso un saldo de siete fallecidos, más de 200 heridos y 8 000 viviendas destruidas total o parcialmente y constituye un precedente para las investigaciones de los tornados en Cuba, pues fue la primera vez que se contó con mayor número de información para un análisis más profundo de este evento, como son las observaciones desde satélite y radar.

En cuanto a su intensidad y teniendo en cuenta la evaluación de los daños observados, se confirmó que fue un tornado EF4 (vientos entre 267 y 322 kilómetros por hora), según la escala de Fujita mejorada. Es por ello que se puede ratificar que tuvo vientos del orden de los 300 kilómetros por hora. (Carnesoltas y Varela 2019:449)

La luz del día descubrió más de lo imaginado: viviendas reducidas a escombros, otras sin techo, con paredes desmoronadas y graves averías en su estructura; árboles, postes del tendido eléctrico y de telefonía sobre el asfalto, automóviles arrasados, volteados y aplastados.

Fuente: (González, Pineda y Cancio, 2020)



**Figura 10:** Afectaciones producidas por el tornado

También se vieron afectados con diversos niveles de gravedad 46 centros educativos (lo que provocó que 17.938 estudiantes fueran trasladados a otros centros) y siete instalaciones de los servicios de salud, de ellas un hospital materno infantil, cuatro policlínicos, un hospital de ancianos y una farmacia que quedó parcialmente derrumbada (Carnesoltas y Varela, 2019).

Más de 201.500 consumidores quedaron sin servicio eléctrico, 12.600 sin servicio telefónico, la telefonía móvil y 23 zonas wifi fueron afectadas, así como redes hidráulicas y sanitarias

intradomiciliarias; las transmisiones de la emisora provincial Radio COCO se interrumpieron tras colapsar la torre del Centro Transmisor de Radio, ubicado en la localidad capitalina de Regla.

El tornado también golpeó duramente el sector productivo, incluidas varias industrias y almacenes, por lo que la población afectada se estimó en unas 253 mil personas, las cuales contaron, según la Organización de Naciones Unidas (ONU), con un apoyo financiero de 14 millones, 391.461,00 USD para responder a las urgentes necesidades (González, Pineda y Cancio 2020).

Durante el proceso inestable de la línea prefrontal y el frente frío que dieron lugar al tornado de La Habana, se contó con un número mayor de observaciones de satélite y radar, con avances meteorológicos y una tecnología superior a los años noventa, que permitieron la emisión y difusión de Avisos Especiales con la posibilidad de precipitaciones y tormentas eléctricas fuertes con tiempo severo en la costa norte occidental de Cuba, no aparecieron indicios de la existencia anticipada de las características de una supercelda clásica, que explicara el desarrollo del intenso tornado. Aun así, la poca percepción del riesgo por parte de los cubanos ante fenómenos como estos provocó un impacto negativo en la población, principalmente en la más vulnerable.

Es evidente que el incremento de la telefonía celular ha permitido el intercambio de informaciones de todo ámbito entre las poblaciones. Pero, no siempre se domina el contenido que se visualiza en las plataformas digitales. En disímiles ocasiones, por las diferentes televisoras nacionales y foráneas, se conoce de la ocurrencia de fenómenos meteorológicos en diversas partes del mundo. Los cubanos en el último medio siglo han adquirido una experiencia abrumadora ante la presencia de ciclones tropicales (tormentas y huracanes), elevando su percepción del riesgo, con una capacidad de adaptación y preparación increíble durante la temporada ciclónica. Es importante destacar que estos sistemas tienen un margen de formación, desarrollo e intensificación mayor a otros sistemas meteorológicos y por tanto un pronóstico más acertado. Sin embargo, ante fenómenos como los tornados, aunque sean débiles, no solo en los habaneros, sino en todos los cubanos, esa percepción del riesgo es muy baja, sobre todo porque en Cuba no son frecuentes los tornados intensos y también por su rápida formación e influencia en un área, sin tiempo para preparación.

## CONCLUSIONES

En el período estudiado, la tendencia de formación de tornados ha ido en descenso, sin embargo, cuando se analiza la última década (2010-2020) se ha visto un aumento en los reportes de este fenómeno, y es la región occidental de Cuba la de mayor cantidad de reportes, con un total de 177 tornados, mostrándose en estas provincias las mayores pérdidas y afectaciones a los diferentes sectores.

Los tornados presentan una clara variación estacional en el período comprendido entre 1991 y 2020, debido a que los patrones de circulación de la atmósfera para Cuba en el período lluvioso difieren sustancialmente de los patrones sinópticos en el período poco lluvioso. De los 199 tornados estudiados, 121 (el 82 %) ocurrieron en el trimestre mayo-julio, con un máximo absoluto en el mes de mayo (43 tornados), lo cual coincide con lo identificado en otras investigaciones, como la desarrollada por Alfonso en 1994 y es reflejo de las condiciones meteorológicas favorables para la formación de estos fenómenos en dicho mes.

Los años con mayor cantidad de reportes de tornados fueron 1992, 2002, 2004 y 2020, donde se registraron 15, 12, 13 y 14 respectivamente, a su vez estos años poseen los promedios más elevados de ocurrencia de dicho fenómeno. En la distribución por provincia se aprecia una marcada diferencia en cuanto a la cantidad de tornados en el occidente del país (177), comparado con el resto de las regiones, la provincia Matanzas es el epicentro fundamental de la aparición de este tipo de fenómeno, con un reporte de 64 tornados. Precisamente los territorios de la región occidental poseen los promedios más elevados, teniendo en cuenta la cantidad de tornados ocurridos durante el período analizado.

Aunque actualmente existe un ligero incremento en el nivel de conciencia social, las entrevistas realizadas a algunos de los afectados por el tornado de La Habana, teniendo en cuenta la repercusión social que tuvo en el territorio nacional, demuestran que debe elevarse el nivel de conocimiento y preparación, para aumentar la percepción de riesgos en los ciudadanos cubanos ante el impacto de estos fenómenos y elevar la resiliencia ante estos desastres naturales, porque además, el número de estos eventos puede resultar significativamente mayor que los que se reportan, lo cual incrementa su peligro potencial.

El uso de las redes sociales favoreció en la percepción de recuperación ante la afectación del tornado y la fase recuperativa resultó más compleja y larga para los damnificados de mayor edad, coincidiendo con los resultados de un estudio similar realizado por (Bright *et al.*, 2018), donde se evaluó el papel de las variables sociodemográficas y de las redes sociales para el control, preparación e impacto de un desastre, utilizando el tornado Tuscaloosa de 2011 como un caso de estudio en Carolina del Norte.

Sin embargo, en ambos casos de estudio (Cruces y La Habana), la población a pesar de las grandes diferencias generacionales se adapta gradualmente, así como las diferencias en el desarrollo económico de esos territorios, uno agrícola y otro industrializado y con elevado turismo, evidenció un nivel recuperativo elevado, por la educación y el desarrollo cultural en la preparación de toda la sociedad ante los peligros de desastres, elementos de prioridad para el gobierno cubano que trabaja para la Seguridad Nacional.

**DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES:** El autor declara no tener conflictos de intereses.

**DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:** El autor declara que el 100% del trabajo es de su autoría.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2008). Los tornados en Cuba. Análisis de algunas condiciones favorables para su desarrollo dentro del período lluvioso (Tesis de grado). Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Aguilar, G., Naranjo, L. y Carnesoltas, M. (2005). Informe de Resultado Científico. Establecimiento de condiciones de la circulación atmosférica a escala sinóptica en los alrededores de Cuba, favorables para la aparición de tormentas locales severas del proyecto “Condiciones sinópticas favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba. Un esquema para su predicción”. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Alfonso, A. P. (1994). Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología. La Habana, Cuba: Editorial Academia.
- Álvarez, L. y García, Y. (2018). Climatología de las tormentas eléctricas determinadas a partir del código de estado de tiempo pasado. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(2), 201-215.
- Bermúdez, Y., Aguilar, G., Acosta, G. y Wall, A. (2009). Distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba. Programa Análisis y pronóstico del tiempo y del clima terrestre y especial. La Habana: Informe Científico.
- Bright, C. F., Sayre, E., Hanks, R. & Bagley, B. (2018). Social Vulnerability and Perceptions of Recovery from the 2011 Tuscaloosa Tornado. *Southeastern Geographer*, 58(4), 328-347. doi:10.1353/sgo.2018.0034.
- Carnesoltas, M. y Varela, A. (2019). Tornado que afectó La Habana el 27 de enero de 2019. *Revista Cubana de Meteorología*, 25(3), 448-468.
- Davies, J. M. (2002). On low-level thermodynamic parameters associated with tornadic and non-tornadic supercells. Preprints, *21st Conf. Severe Local Storms*, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc., 603- 606.

- Davies, J. M. (2004). Estimations of CIN and LFC associated with tornadic and nontornadic supercells. *Weather and Forecasting*, 19(4), 714-726.
- Delfín, C.A., Gómez, D. y Barcia-Sardiñas, S. (2020). Fenómenos Meteorológicos peligrosos que han afectado la zona costera de la bahía de Cienfuegos. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(2).
- Fernández, A. y Hurtado, P. (2000). El tornado de Cruces del 9 de mayo de 1999: Características sinópticas, mesoescales y daños causados. *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1), 38-42.
- Ferrer, A., (2013). Simulación numérica de tornados en Cuba (Tesis de grado). Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas. La Habana, Cuba.
- Golden, J. H. (1971). Waterspouts and tornadoes over south Florida. *Monthly Weather Review*, 99(2), 146-154.
- Gómez, E. (11 de septiembre de 2017). Mapas de Cuba: información e imágenes [Mensaje de Blog]. ASTELUS. Recuperado de <https://astelus.com/mapas-cuba/>
- González, N. C., Pineda, D. y Cancio, J. M. (2020). Recuperación de La Habana ante el impacto del tornado. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/03/recuperacion-habana-tornado.html>
- Houze, R. A. (1993). *Cloud Dynamics*. USA: International Geophysics Series, Academic Press, Inc.
- Johns, R. H. & Doswell, C. A. (1992). Severe Local Storm forecasting. American Meteorological Society. *Weather and Forecasting*, 7(4), 588-612. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1992\)007<0588:SLSF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1992)007<0588:SLSF>2.0.CO;2)
- Laguna, J. A. y Sánchez, A. (2006). La apreciación de los peligros de desastres en Cuba: tarea de toda la sociedad. *Entorno Geográfico*, 4, 89-105. <https://entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/7605/10099>
- Rasmussen, E. N. (2003). Refined supercell and tornado forecast parameters. *Weather and Forecasting*, 18(3), 530-535. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(2003\)18<530:RSATFP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(2003)18<530:RSATFP>2.0.CO;2)
- Roura, P., Sistachs, V., Vega, R. y Alpízar, M (2018). Caracterización estadística climatológica de huracanes en Cuba durante el período 1791-2016. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(3)
- Varela, A. y Carnesoltas, M. (2017a). Condiciones que favorecen el desarrollo de tornados en las provincias occidentales de Cuba en los períodos lluvioso y poco lluvioso. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(3), 312-327.
- Varela, A. y Carnesoltas, M. (2017b). Formación de Tornados no asociados a superceldas en la región occidental de Cuba. Tesis de Maestría en Ciencias Meteorológicas. Universidad de La Habana. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Instituto de Meteorología de Cuba, 2017.

## Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.