

Comportamiento e influencia de la actividad eléctrica en la Habana durante el año 2020

Behavior and influence of the Lightning during year 2020 in Havana



<https://cu-id.com/2377/v28n4e01>

 Yuniór Javier Gailés Sierra^{1*},  Carlos Manuel González Ramírez²

¹Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, La Habana 10400, Cuba.

²Centro de Pronósticos del Tiempo, Instituto de Meteorología, Loma de Casablanca, Regla, La Habana, Cuba, Apdo. 17032, C.P. 11700.

RESUMEN: En el trabajo se analiza el comportamiento de la actividad eléctrica en la provincia La Habana. El objetivo general fue caracterizar el comportamiento de las descargas eléctricas ocurridas en esta provincia durante el año 2020. Para el desarrollo del mismo, fue considerado el criterio de la ocurrencia de descargas en 1km². Los datos fueron extraídos de la estación receptora de descargas eléctricas *Earth Networks*, ubicada en Casablanca. Para el procesamiento de la información se utilizaron algoritmos de programación en C++ que permitieron el procesamiento de datos extraídos. El análisis permitió obtener la densidad de descargas por horas durante todo el año y la densidad e intensidad de descargas por municipios. Dentro de los principales resultados se obtuvo que el comportamiento de la actividad eléctrica durante el período de estudio, mostró su mayor desarrollo en los horarios entre las 16:00 y 20:00 UTC, existiendo una notable disminución de la actividad en los horarios desde las 21:00 hasta las 22:00 UTC, y retomando la actividad por convección tardía en los horarios desde las 23:00 hasta las 02:00 UTC. La mayor densidad de descargas se observó hacia el oeste, en los municipios Arroyo Naranjo, Boyeros, Cotorro, La Lisa y Playa, con valores que estuvieron entre 50 y 70 descargas por km². Fue notable una disminución en la región sur-sureste que comprende los municipios Habana del Este y Guanabacoa, sin embargo, en estos municipios fue donde se observó la mayor intensidad tanto negativa como positiva, con amperajes entre 130000 y 160000.

Palabras Claves: actividad eléctrica, tormentas eléctricas, densidad de descargas eléctrica.

ABSTRACT: In the work, the behavior of the Lightning in the province of Havana is analyzed. The general objective was to develop a regionalization of the Lightning that occurred in this province during the year 2020. For its development, the criterion of the occurrence of discharges in 1km² was considered. The data was extracted from the Earth Networks Lightning receiving station, located in Casablanca. For the processing of the information, programming algorithms in C++ were used that allowed the processing of extracted data. The analysis allowed obtaining the density of Lightning per hour throughout the year and the density and intensity of discharges by municipalities. Among the main results, it was obtained that the behavior of the Lightning during the study period showed its greatest development in the hours between 16:00 and 20:00 UTC, with a notable decrease in activity in the hours from 21:00 to 22:00 UTC, and resuming activity due to late convection in the hours from 23:00 to 02:00 UTC. The highest density of discharges was observed towards the west, in the municipalities of Arroyo Naranjo, Boyeros, Cotorro, La Lisa and Playa, with values that were between 50 and 70 discharges per km². A notable decrease was observed in the south-southeast region that includes the municipalities of Habana del Este and Guanabacoa; however, it was in these municipalities that the greatest negative and positive intensity was observed, with amperages between 130,000 and 160,000.

Keywords: Lightning, thunderstorms, Lightning density.

1. INTRODUCCIÓN

Las tormentas eléctricas son uno de los fenómenos atmosféricos más peligrosos, por lo que es de interés de todos conocer la probabilidad de ocurrencia de descargas eléctricas que estas provocan, producto al gran riesgo que representan, tanto para las vidas humanas como para la economía. Además, generan un deterioro de las condiciones del tiempo que a su vez pueden producir la ocurrencia de fenómenos severos

que generalmente tienen asociados, además de ser la principal causa de muerte por fenómenos atmosféricos en algunos países, en especial en Cuba donde generalmente mueren 65 personas anualmente, (Valderá & García, 2018). Una de las principales causas en el origen de estos fenómenos está dado por las diferencias de temperaturas que rompen la estabilidad en cierto punto de la troposfera, que se evidencia por la formación de nubes de gran desarrollo vertical, en especial las de tipo cumulonimbos, considerada la nube madre.

*Autor para correspondencia: Yuniór Javier Gailés Sierra. E-mail: yuniórjaviergailéssierra@gmail.com

Recibido: 15/05/2022

Aceptado: 25/09/2022

Según el vocabulario internacional de la OMM, 1992; una tormenta eléctrica es definida como una descarga brusca de electricidad que se manifiesta por un resplandor breve (relámpago) y por un ruido seco o un estruendo sordo (trueno); suelen estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos, lluvia, hielo granulado o granizo y en ocasiones de nieve.

En cuanto al ciclo diurno, la mayor parte de las tormentas en todas las regiones, se desarrollan durante el día, cuando la convección es favorecida por la radiación y se desencadena durante la tarde-noche. El archipiélago cubano, al estar localizado dentro de la zona tropical, es afectado por tormentas eléctricas durante casi todo el año. La presencia de estas es común en horas de la tarde (Álvarez 2006), principalmente durante el período lluvioso (mayo-octubre) siendo los meses de mayo, junio y julio los de mayor actividad eléctrica. Según trabajos reciente de García et al., 2018, la región occidental de Cuba es la de mayor promedio de días con tormentas. En los meses de transición (abril y octubre) se crean con mayor frecuencia ambientes favorables para la ocurrencia de fenómenos severos de rápido desarrollo, Aguilar et al., 2005 a.

Son varios los trabajos que se han enfocado en el desarrollo de una tormenta eléctrica, Brook et al., 1993; Ludlam, 1980 y Houze, 1989; lo que ha demostrado el mecanismo primario para su génesis. Sin embargo, las principales diferencias entre los estudios de génesis y comportamiento diario, anual y distribución espacial de las tormentas eléctricas están en la información base que se usa para caracterizar el fenómeno. Los primeros eran basados en los registros de las estaciones meteorológicas (OMM, 1956; Changnon, 1988; Dai, 2001a; 2001b), pero con el desarrollo de la tecnología se imponen realizar climatologías con la información de dispositivos detectores de tormentas eléctricas como los que se encuentran a bordo de satélites meteorológicos (Orville et al., 2002; Virts et al., 2013; Cecil et al., 2014; Albrecht et al., 2016). Según

Albrecht y colaboradores (2016) las zonas costeras de Cuba, la cuenca del Congo, Arabia Saudita y Yemen son lugares con muy alta densidad de descargas en el mundo, con más de 50 fl km⁻² yr⁻¹ (flashes por kilómetro cuadrado por año, fl km⁻² yr⁻¹) figura 1.

En Cuba, los trabajos de distribución espacial se han desarrollados tomando como en consideración la información trihoraria proveniente de las estaciones meteorológicas, según los datos de código de estado de tiempo presente (WW) y pasado (W1), los cuales reportan los fenómenos ocurridos en el momento de la observación o una hora antes en el caso del primero y las dos horas posteriores a la observación anterior en el caso del tiempo pasado. En este sentido se destacan los estudios desarrollados por (Alfonso, 1980; Alfonso y Florido, 1993; Lecha et al., 1994) que obtuvieron máximos de ocurrencia de tormentas en zonas montañosas e interiores llanas, con un máximo absoluto en la estación de Pinares de Mayarí con más de 140 días y mínimos de actividad en las regiones costeras con valores inferiores a 40 días con tormentas.

Estos datos de las estaciones meteorológicas también se utilizaron en versiones del mapa de niveles cerámicos de Cuba para lograr series completas y homogéneas de información (Álvarez, 2006; Álvarez et al., 2009; Álvarez et al., 2012; Álvarez-Escudero y Borrajero Montejo, 2018), estos autores utilizaban para la caracterización de las tormentas eléctricas solo el tiempo presente (WW), alcanzándose 160 días promedio anual. Sin embargo, recientemente Álvarez et al., 2020, obtienen el nuevo mapa de niveles cerámicos para toda Cuba, considerando el tiempo pasado y presente, elevándose el número de días con tormentas promedio a 190.

Mientras estos resultados se obtenían por las observaciones tradicionales, a partir del año 2017, con la instalación de una nueva estación con un sensor de detección de rayos perteneciente a la red estadounidense "Earth-Network" (EN), instalado en la estación

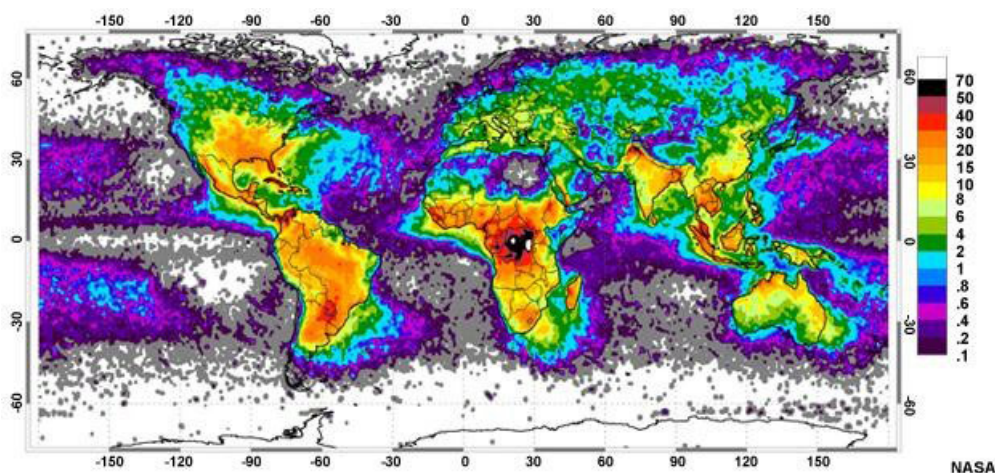


Figura 1. Promedio anual de destellos de rayos por km² calculado a partir de los datos del sensor generador de imágenes de rayos (*Lightning Imaging Sensor*, LIS) a bordo del satélite TRMM212 y de los datos cuadrículados del detector óptico de eventos transitorios (*Optical Transient Detector*, OTD).213

meteorológica de Casablanca, en La Habana a principios del 2018, se crean nuevas posibilidades para el estudio de la actividad eléctrica posibilitando realizar estudios climatológicos de distribución e intensidad. Este sensor de rayos, detecta descargas nube-tierra e intranube (CG e IC, según sus siglas en inglés), tiene una precisión de detección de hasta 250 m y una eficiencia mayor al 95% en la detección de las descargas CG y mayor de un 85% en las IC, con una exactitud temporal menor de 15 nanosegundos.

Estas nuevas herramientas serán objeto de estudio en próximas investigaciones lo que permitirá homologar las metodologías tanto convencionales como automáticas. En el caso del estudio de la distribución espacial y las características generales de las tormentas eléctricas, es un tema de especial interés. El conocimiento de la densidad de descargas eléctrica es de suma importancia y de un gran aporte práctico, al ser utilizado para determinar desde el origen de un incendio forestal, hasta emitir una alerta para una región específica. Por lo antes expuesto se traza como **objetivo general**, caracterizar la actividad eléctrica en La Habana durante el año 2020 y como **objetivos específicos**:

- Determinar la distribución espacial de la intensidad de descargas eléctricas por meses en La Habana.
- Obtener la densidad de descargas eléctricas por municipios.
- Analizar el comportamiento temporal de la actividad eléctrica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Región de estudio

La zona de estudio corresponde a la provincia La Habana, capital de Cuba, ubicada en el occidente del país, entre las latitudes 22°58', 23°10' de latitud norte y los 82°30', 82°06' de longitud oeste. Limita al norte con el estrecho de la Florida, al este con la provincia de Mayabeque, al sur con las provincias Mayabeque y Artemisa, y al oeste con la provincia de Artemisa, (Figura 2.1). Las costas ocupan todo el límite norte a escasos metros sobre el nivel del mar. Es la provincia más pequeña, pero la más poblada, caracterizada por un alto desarrollo económico basado fundamentalmente en el sector agroindustrial. Con zonas de gran importancia socioeconómica y turística como es la refinería Níco López, además de una gran variabilidad del impacto de fenómenos meteorológicos.

Posee un clima tropical que es templado debido a la posición de la isla dentro del cinturón de los vientos alisios y por las cálidas corrientes marinas. Las corrientes del Golfo causan una gran influencia oceánica que se acentúa en las costas de esta región. Las precipitaciones son abundantes en octubre y septiembre y bastante escasas entre marzo y abril. Las temperaturas



Figura 2.1. Mapa político de la provincia de La Habana

medias se comportan cercanas a los 25°C, la humedad relativa es generalmente alta, con valores que oscilan entre el 75% y el 95%; por su posición geográfica se impone la presencia de las brisas marinas en el litoral norte, la confluencia de las mismas, unido al calentamiento diurno puede dar lugar a la ocurrencia de tormentas eléctricas en localidades del interior durante la tarde. En la temporada de junio a noviembre puede verse afectada por influencia de ciclones tropicales.

2.2 Datos utilizados:

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron los datos obtenidos con la estación receptora de descargas eléctricas *Earth Networks* (Figura 2.2) ubicada en el Instituto de Meteorología Casablanca, la que ayudará a dar respuestas a la hipótesis de este trabajo.

Los datos obtenidos de la dirección web <https://sfericmaps.enterprise.earthnetworks.com/maps> en formato CSV durante todo el año 2020, en la región que se muestra en el mapa, (Figura 2.2 b) centrado entre 23.26° y 22.49° LN y los -82.75° y -81.63° LW.

2.3 Procesamiento de los datos:

Para el procesamiento de los datos se utilizaron algoritmos de programación de C++ que permitieron extraer las descargas eléctricas ocurridas en la Habana para cada uno de los meses analizados. La resolución espacial utilizada fue de 1km² a partir de la posición geográfica de los 37 municipios que forman parte de Artemisa, Habana y Mayabeque. Fue utilizado el compilador para Windows CodeBlocks (Figura 2.3)

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Distribución e Intensidad de las descargas eléctricas positivas y negativas durante el año 2020

Dentro de los meses que comprenden el período poco lluvioso (noviembre-abril), solo se registraron descargas en enero y febrero, con densidades e intensidades muy bajas, respondiendo a las condiciones me-

teorológicas típicas de ese periodo. La mayor densidad de la actividad se concentró al centro-sur, mientras que la mayor intensidad fue observada al sur-sureste, donde se encuentran los municipios Guanabacoa y Habana del Este, en estos últimos es notorio que las concentraciones de la actividad eléctrica fueron baja, sin embargo, se concentran los mayores amperajes, alcanzando el rango entre -75000 y -100000 para las descargas negativas y desde 50000 a 75000 en el caso de las positivas.

En el caso del período lluvioso (mayo-octubre) muestra actividad durante toda la temporada, siendo julio (figura 3.1 e, f), agosto (figura 3.1 g, h) y septiembre (figura 3.1 i, j) los más intensos. Durante todo el período se destacan las mayores intensidades en la región sur-sureste, donde se ubican los municipios Habana del Este y Guanabacoa que, aunque es el te-

rritorio de menor densidad en cuanto a la actividad, es el que registra los mayores valores, con amperajes entre -130000 y -160000 para la actividad negativa y desde 75000 a 100000 para la positiva, aunque es posible encontrar bajas densidades que superan este último rango.

3.2 Comportamiento de la densidad de descargas eléctricas por horas

La densidad de descargas eléctricas por horas en cada mes, mostró que los horarios en los que se registró actividad, corresponden con las 20:00 y 23:00 UTC, siendo notable un intervalo de poca actividad entre las 21:00 y 22:00 UTC, lo que no quiere decir que no hubo descargas, sino que la densidad de descargas eléctricas en 1 km², disminuye para algunos mu-

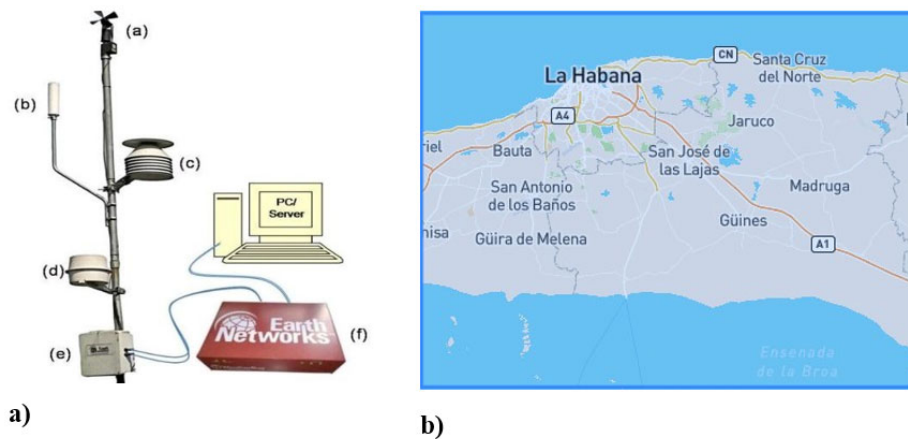


Figura 2.2 a . (Izquierda) Earth Networks, detector total de rayos e instrumentos meteorológico. a) Sensor de velocidad y dirección del viento, b) sensor integrado de detección de rayos en la nube (IC) y de nube a tierra (CG), c) refugio el sensor, d) lluvia Gauge, e) Caja de Control remoto de descargas, f) Dispositivo de Red, Midya, 2018. **Figura 2.2 b (Derecha)** Área que se utilizó para extraer las descargas eléctricas

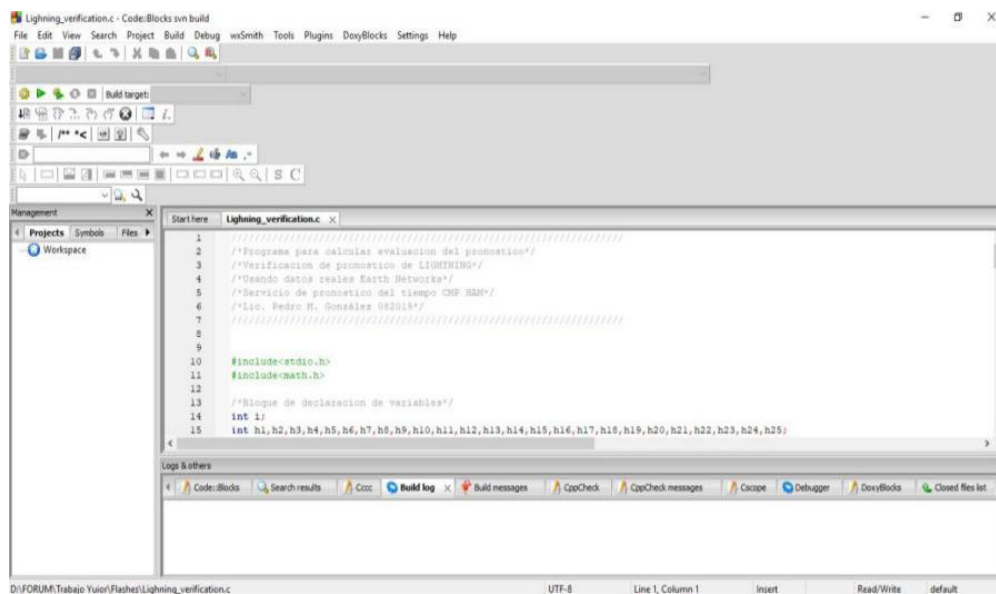


Figura 2.3. Ambiente de trabajo CodeBlocks utilizado para analizar las descargas eléctricas.

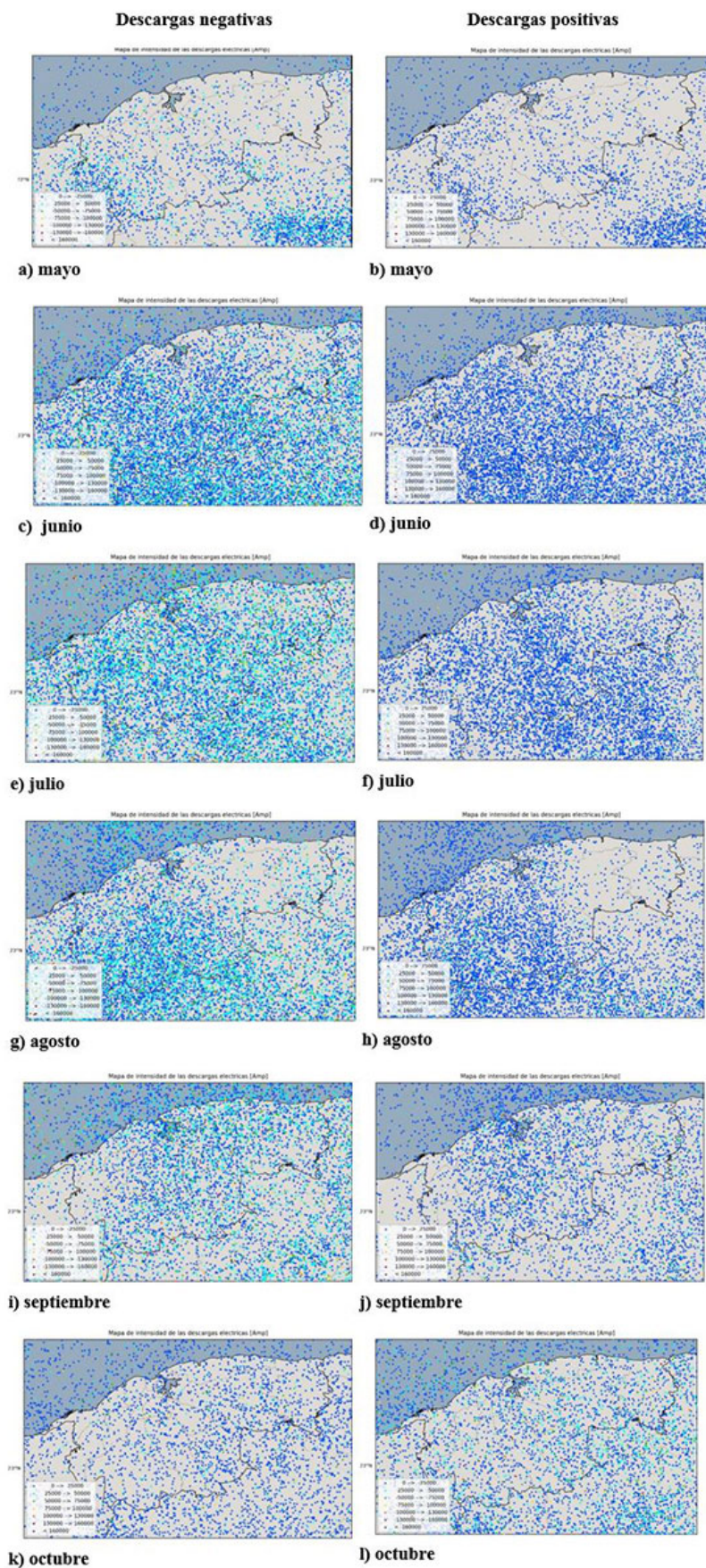


Figura 3.1. Distribución y comportamiento mensual de la intensidad de descargas eléctricas observadas en el 2020.

nicipios ubicados en la región norte de la provincia (figura 3.2 a hasta f). Este comportamiento es diferente a los obtenidos por otros autores como es el caso de Álvarez (2006) y se acentúa para el periodo lluvioso (mayo- octubre), sin embargo y aunque se requiere de un estudio con mayor profundidad, este comportamiento puede estar relacionado con las diferencias entre las formas de observación de la actividad eléctrica.

También es válido decir que en este último periodo fue evidente la actividad convectiva tardía, reflejada en pequeñas densidades entre las 00:00 y 04:00 UTC, (figura 3.2 c y d). Este comportamiento está relacionado por inversiones de temperatura por subsidencia, producto de la marcada influencia anticiclónica, lo que también se puede evidenciar por un ambiente brumoso generando un retraso en los procesos convectivos Martínez, 2021.

Los horarios donde se registra la mayor densidad de descargas se encuentran entre las 15:00 y las 23:00 UTC (figura 3.2 a-f), fundamentalmente producto del calentamiento diurno que predomina en esta época del año y documentado en los trabajos de Alfonso (1994) y Álvarez (2006).

En el periodo poco lluvioso (noviembre- abril), se obtuvieron bajas densidades de descargas que cumplan con el criterio para la realización de dicho trabajo, los meses enero y febrero, fueron los que registraron descargas, que pudieron estar asociadas a sistemas meteorológicos estacionales típicos de este periodo,

y dentro de los que se pueden mencionar los frentes fríos, líneas de tormentas eléctricas prefrontales y vauadas.

3.3 Comportamiento de la densidad por meses

En los meses de noviembre y diciembre no se detectan descargas que respondan al criterio de estudio, no quiere decir esto que no haya ocurrido actividad eléctrica.

En la figura 3.3, se presenta el comportamiento de descargas tanto positivas como negativas durante los meses del año 2020. En los que corresponden al periodo poco lluvioso, solo se registran descargas que responden al criterio de estudio en los meses enero y febrero, con concentraciones muy bajas, que no superan 4 descargas por km². Ambos meses muestran un predominio de las descargas negativas sobre las positivas, sin reportarse de estas últimas en enero. Los municipios que muestran mayor densidad en este periodo son Arroyo Naranjo, Guanabacoa, Regla, La Habana Vieja y San Miguel del Padrón.

En el caso del periodo lluvioso, muestran un notorio comportamiento repetitivo de la actividad en algunos municipios. Se observó en todos los meses a excepción de agosto, que hubo una homogeneidad en cuanto al comportamiento de descargas negativas. En el caso de los meses junio, julio y agosto se puede observar que la mayor densidad de descargas, con un intervalo

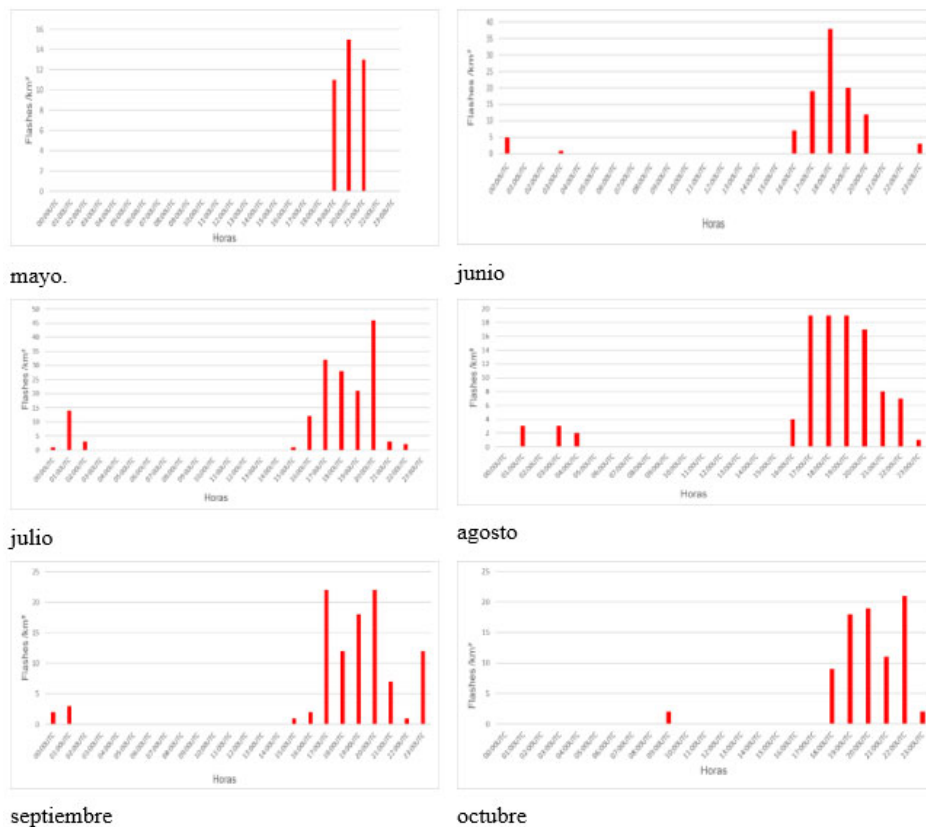


Figura 3.2. Comportamiento de la densidad de descargas eléctricas por horas, para cada mes del año 2022.

entre 50 y 70 descargas por km², se encontró en los municipios Arroyo Naranjo, Boyeros, Cotorro, Mariana, La Lisa y Playa, ocupando toda la porción oeste de la capital y resaltando muy bajas concentraciones de descargas en la región sur-sureste, correspondiente a La Habana del Este y Guanabacoa. Durante los dos últimos meses del período lluvioso es decir septiembre y octubre, se obtuvieron resultados diferentes a los observados en los meses anteriores, siendo la porción del sur-sureste la de mayor densidad de descargas, ocurriendo una notable disminución de la actividad al oeste de la provincia [figura 3.3](#)

El análisis de la densidad de descargas eléctricas para el 2020 en la Habana, con los datos de la estación receptora de rayos, evidenció la notable diferencia que existe entre periodo lluvioso y el poco lluvioso, resultados que son similares a los trabajos de ([Álvarez 2006](#), [García et al., 2018](#)).

3.4 Influencia de la actividad eléctrica a las fuentes de abasto de agua.

Con los resultados obtenidos se realizó una superposición espacial de las zonas de mayor densidad de descargas con las zonas donde se encuentran las principales instalaciones de impulsores y fuentes de abasto de agua que han sido afectadas por descargas eléctricas ([Fig. 3.4](#)), se obtuvo que coincidieron con las zonas de mayor densidad de descargas con la zona de mayores afectaciones.

Destacándose así la importancia que tienen los estos estudios de este tipo, para de cierto modo buscar una estrategia que, conociendo una probabilidad de ocurrencia de descargas, así como de zonas vulnerables a la ocurrencia de estos eventos meteorológicos, se pueda plantear una solución o alternativa para mitigar esta problemática. Pues cada tarjeta de telecontrol tiene un costo aproximado de 200 USD en el mercado internacional, gasto económicamente significativo para el país; súmese a esto, las afectaciones a los impulsores de agua, que representa en gran magnitud un inhibidor al desarrollo social, debido a que se trata del abasto del líquido vital a la población, además de sectores de la economía, la salud, laboratorios así como las ramas que dependen en gran medida de este recurso, donde las medidas higiénico- sanitarias son fundamentales y se puedan ver afectadas por sucesos de este tipo.

CONCLUSIONES

La actividad eléctrica durante el año 2020 se concentró fundamentalmente hacia la porción oeste de La Habana, en los municipios Arroyo Naranjo, Boyeros, Cotorro, La Lisa y Playa con valores entre 50 y 70 descargas por km², llegando a alcanzar en pocas ocasiones las 80 descargas por km². Observándose una disminución hacia la parte este de La Habana, donde encontramos los municipios Habana del Este y Guanabacoa.

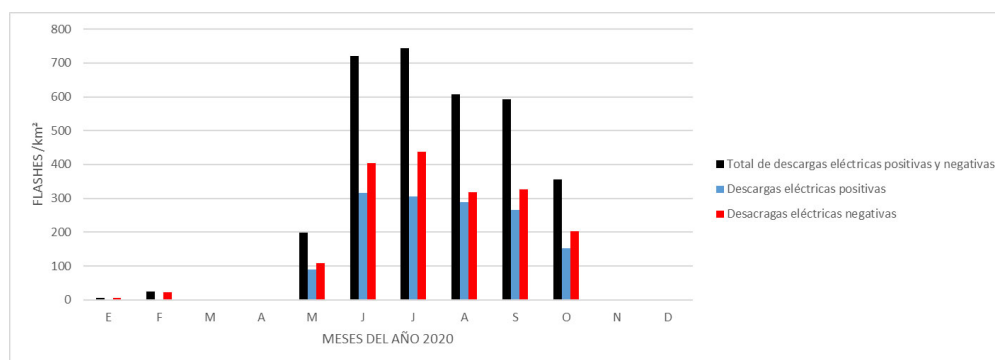


Figura 3.3. Densidad de descargas eléctricas positivas y negativas por km² en los meses del 2020.

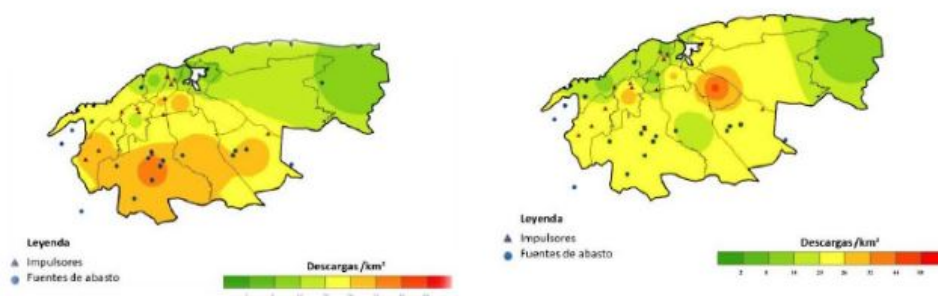


Figura 3.4. Muestra de la densidad de descargas con la distribución de los Impulsores y fuentes de abasto de agua en el mes de junio (izquierda) y julio (derecha) del año 2020.

Los horarios de mayor actividad eléctrica oscilaron entre las 16:00 y 20:00 UTC, existiendo una notable disminución de la actividad en los horarios desde las 21:00 hasta las 22:00 UTC, y retomando la actividad por convección tardía en los horarios desde las 23:00 hasta las 02:00 UTC.

Las menores intensidades fueron observadas hacia la porción oeste con amperajes inferiores a 25000 tanto para las descargas positivas como para las negativas. Mientras que las mayores intensidades se concentraron hacia la porción este, con amperajes entre 130000 y 160000 para ambos tipos de descargas.

Los meses de mayor actividad eléctrica fueron junio, julio y agosto. Mientras que los de mayor intensidad fueron agosto y septiembre.

Las áreas de mayor actividad eléctrica durante el año 2020, coincide con zonas donde se encuentran importantes centros de interés social y económico de la ciudad, como es el caso de instalaciones de abastecimiento de agua potable a la población, así como industrias dentro de las que se encuentra la Antillana de Acero, mientras que en el sector económico se encuentra el Aeropuerto Internacional José Martí.

RECOMENDACIONES

- Analizar el comportamiento de la intensidad con los tipos de suelo y características del relieve.
- Extender la muestra de datos.
- Relacionar el comportamiento de la actividad eléctrica con los sistemas meteorológicos de escala sinóptica y de mesoescala.
- Hacer una comparación de los resultados obtenidos, con la climatología de tormentas eléctricas desarrollada por Álvarez, 2006.
- Extender esta metodología para otras regiones de la región occidental de Cuba.
- Comparar estos resultados con los datos obtenidos por el sensor GLM del GOES- 16.

BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, R.; Goodman, S.; Buechler, D. Blakeslee, R. & Christian, H. (2016). Where are the lightning hotspots on Earth?. *BAMS*, 97(11), 2051-2068. DOI: [10.1175/BAMS-D-14-00193.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00193.1)
- Aguilar, Naranjo L., Carnesoltas M. (2005 a). Informe de Resultado Científico. Creación de un Sistema Experto de condiciones a escala sinóptica favorables para la ocurrencia de tormentas locales severas para el periodo poco lluvioso en Cuba, del proyecto "Condiciones sinópticas favorables para la ocurrencia de Tormentas Locales Severas en Cuba. Un esquema para su predicción. Instituto de Meteorología. 35 pp.
- Alfonso A. P. (1980). *Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en la Isla de la Juventud* (Informe Científico - Técnico No. 134). Instituto de Meteorología, Cuba. UDICT Instituto de Meteorología <http://www.insmet.cu>.
- Alfonso, A. P. & Florido, A. (1993). *El clima de Matanzas*. Editorial Academia, La Habana.
- Álvarez, L. (2006). *Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia*. [Tesis doctoral inédita]. Instituto de Meteorología, Cuba.
- Álvarez, L.; Borrajero, I. & Álvarez, R. (2009). Distribución espacial de la frecuencia de ocurrencia de observaciones con tormentas, con tormentas con lluvias sobre la estación y días con tormentas para el territorio cubano. *Revista Cubana de Meteorología*, 15(1), 14-22. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/121>.
- Álvarez, L.; Borrajero, I.; Álvarez, R.; Aenlle, L. & Bárcenas, M. (2012). Actualización de la distribución espacial de las tormentas eléctricas en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 18(1), 83-99. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/49>.
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero-Montejo, I. (2018). Distribución espacial de fenómenos meteorológicos en Cuba clasificados a partir del código de tiempo presente II. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(1), 111-127. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/263/303>.
- Álvarez-Escudero, L. & Borrajero-Montejo, I. (2020). Actualización del mapa de niveles cerámicos de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(2). <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/508/840>.
- Álvarez-Escudero, L., Borrajero-Montejo, I. & Rojas-Díaz, Y. (2020). Caracterización de la marcha anual de las tormentas con registros de tiempo presente y pasado. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3). <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/523/884>.
- Brooks, H. E., C. A. Doswell III, and L. J. Wicker, 1993: STORMTIPE: A forecasting experiment using a three-dimensional cloud model. *Wea. Forecasting*, 8, 352-362.
- Cecil, D.J.; Buechler, D.E. & Blakeslee, R.J. (2014). Gridded lightning climatology from TRMM - LIS and OTD: Dataset description. *Atmospheric Research*, 135 - 136, 404-414. DOI: [10.1016/j.atmosres.2012.06.028](https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.028).
- Changnon, S. A. (1988). Climatology of Thunder Events in the Conterminous United States. Part II: Spatial Aspects. *Journal of Climate*, 1(4), 399-405. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(1988\)001<0399:COTEIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1988)001<0399:COTEIT>2.0.CO;2).
- Dai, A. (2001a). Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part I: Seasonal and Interannual Variations. *Journal of Climate*, 14(6), 1092-1111. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<1092:GPATFP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1092:GPATFP>2.0.CO;2).

- Dai, A. (2001b). Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations. *Journal of Climate*, 14(6), 1112-1128. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<1112:GPATFP>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1112:GPATFP>2.0.CO;2).
- García-Santos, Y., & Álvarez-Escudero, L. (2018). Climatología de las tormentas eléctricas determinadas a partir del código de estado de tiempo pasado. *Revista Cubana de Meteorología*, 24(2), 201-215.
- Houze, R. A., Jr. (1993). *Cloud Dynamics*. International Geophysics Series. Vol. 53., 573 pp. Academic Press.
- Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., & Simpson, J. (1998). The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15(3), 809-817.
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B. E. (eds.). (1994). *El Clima de Cuba*. Editorial Academia
- Ludlam, F.H. (1980). *Clouds and storms: The behavior and effect of water in the atmosphere*. Pennsylvania State University Press.
- Martínez, L. B. (2021). Estudio de gotas de lluvia cargadas y su relación con la estructura eléctrica de las tormentas (Bachelor's thesis).
- Mídyá, S. K., Pal, S., Dutta, R., Gole, P. K., Saha, U., Chattopadhyay, G., & Hazra, S. (2018). Preliminary results from the total lightning detector-cum-mini weather station installed at the Calcutta University. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1-13.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). (1956). *World distribution thunderstorm days*. WMO No. 21, TP 21.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). (1992): *Vocabulario Meteorológico Mundial* (1992). OMM No. 182, 784 pp.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONE) (20/06/2019): <https://www.one.cu>
- Orville, R. E.; Huffines, G. R.; Burrows, W. R; Holle, R. L. & Cummins K. L. (2002). The North American Lightning Detection Network (NALDN)-First Results: 1998-2000. *Monthly Weather Review*, 130, 2098-2109. <https://doi.org/10.1175/2010MWR3452.1>
- Sverre Petterssen, PH. D. (1968). *Introducción a la Meteorología*. 156-157pp.
- Valderá N. & García E. A. (2013). *Comportamiento de las muertes por fulguración ocurridas en Cuba durante el periodo 1987 - 2012* [Artículo]. Memorias del VII Congreso Cubano de Meteorología, La Habana Cuba. https://www.researchgate.net/328365232_Comportamiento_de_las_muertes_por_fulguracion_ocurridas_en_Cuba_durante_el_periodo_1987-2012.

Conflicto de interés. Declaramos, no tener ningún conflicto de interés

Contribución de autoría: **Concepción de la idea:** Yunior Javier Gales Sierra y Carlos Manuel González Ramírez. **Manejo de los datos:** Yunior Javier Gales Sierra. **Análisis de los datos:** Yunior Javier Gales Sierra y Carlos Manuel González Ramírez. **Investigación:** Yunior Javier Gales Sierra y Carlos Manuel González Ramírez. **Metodología:** Carlos Manuel González Ramírez. **Supervisión:** Carlos Manuel González Ramírez. **Validación de los resultados:** Carlos Manuel González Ramírez

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)