



Descargas atmosféricas y sus efectos en la población cubana

Olga S. Suárez
José Á. Martínez
Regla de la C. Perera

Recibido: octubre del 2005
Aprobado: diciembre del 2005

Resumen / Abstract

En el trabajo se reporta el estudio de la distribución espacio-temporal de las tormentas eléctricas en la región occidental de la isla de Cuba con el análisis de las observaciones de las estaciones meteorológicas ubicadas en este territorio en los últimos 20 años, y se realiza una correlación de esta actividad eléctrica y las pérdidas económicas en el sector eléctrico así como de las telecomunicaciones. Se realiza además un análisis de la estadística de muerte por rayos en los últimos 17 años que demuestra que la descarga eléctrica atmosférica es la primera causa de muerte por fenómenos naturales en Cuba.

Palabras clave: descarga eléctrica atmosférica, nivel ceráunico, daños por rayos

This paper presents the study of the spatial and temporal electrical storms distribution in the western area of the Cuba Island with the analysis of the observation of the meteorological station placed this region in the last 20 years; also a correlation between the electric activity and economic lost in the electric industry and telecommunication is carried out. Furthermore an analysis of the death statistic by lightning in the last 17 years is fulfilled, this demonstrate that the electric atmospheric discharge is the first reason of death by natural phenomenon in our country.

Key words: electric atmospheric discharge, isokeraunic level, damages by lightning

INTRODUCCIÓN

En 1929 fueron identificadas las tres zonas de mayor convección profunda del planeta: Suramérica Tropical, Centro de África y el Continente Marítimo (Sureste de Asia y Australia). Investigaciones más recientes realizadas por el Centro Espacial Marshall de la NASA con base en el Detector Óptico de Transitorios corroboran esta conclusión y amplían el espectro de zonas sometidas a muy alta actividad eléctrica atmosférica. La región del Caribe donde se ubica la isla de Cuba, es una de ellas.

En el trabajo se reportan las principales conclusiones del análisis de la distribución espacio-temporal de las

tormentas eléctricas en la región occidental del país, realizada a partir de las observaciones de dicha variable en las estaciones meteorológicas ubicadas en esta región del país para demostrar la existencia de la alta actividad, y caracterizar la descarga eléctrica atmosférica (DEA), de acuerdo con los severos daños que provoca a la población cubana.

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS TORMENTAS ELÉCTRICAS

El análisis de la variación espacio-temporal de las tormentas eléctricas se realiza en la parte occidental del país (provincias: Pinar del Río, Habana, Ciudad de La Habana y Matanzas). Se utiliza como indicador

los días tormenta al año, tomados como promedio aritmético multianual en el período de 1983 al 2002 (20 años), según las observaciones de las 21 estaciones meteorológicas ubicadas en esta región.

A. Análisis espacial del nivel ceráunico

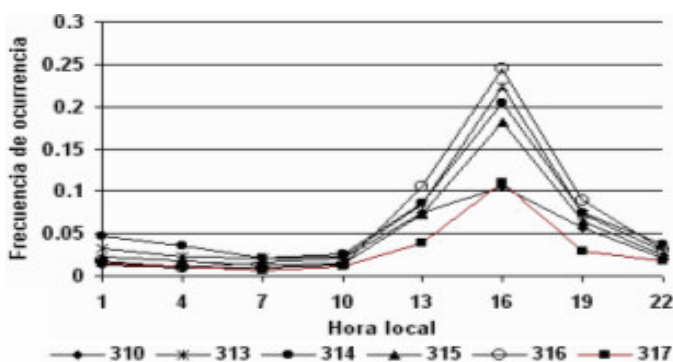
La distribución espacial a lo largo de la zona occidental permite establecer regiones de alto y bajo nivel promedio multianual. El valor más alto es de 135 días tormenta en una región de la provincia de La Habana y el mínimo es 65 en un núcleo de la provincia de Pinar del Río. El promedio para la región occidental es de 110 días tormenta. En los 20 años la mayor cantidad de días tormenta ocurrió en la provincia de Matanzas y fue de 164, registrado en la estación de Jagüey Grande en el año 1991.

En las provincias de La Habana y Matanzas se presenta un gradiente de valores altos hacia las regiones centro y sur y al noreste de Ciudad de La Habana, lo que puede ser debido al relieve característico de la llanura Habana-Matanzas, que facilita una mayor absorción de la radiación solar y favorece la convección diurna. Al aumentar el potencial convectivo, se incrementa la probabilidad de formación de nubes y la ocurrencia de tormentas eléctricas.

Existe un fuerte gradiente de valores bajos hacia la costa sur en la parte más oriental de la provincia de Pinar del Río, y un gradiente de valores altos hacia la costa norte más occidental, donde se encuentra la Cordillera de Guaniguanico.

B. Análisis temporal del nivel ceráunico. Marcha diaria

En la figura 1 se muestra como ejemplo, la marcha diaria, en frecuencia de las observaciones de ocurrencia de días con tormentas según se reporta,¹ para la provincia de Pinar del Río. Se observa que en los horarios entre las 13 y las 19 horas locales se concentran entre el 80 y el 90 % de las observaciones.



Marcha diaria en la provincia de Pinar del Río.

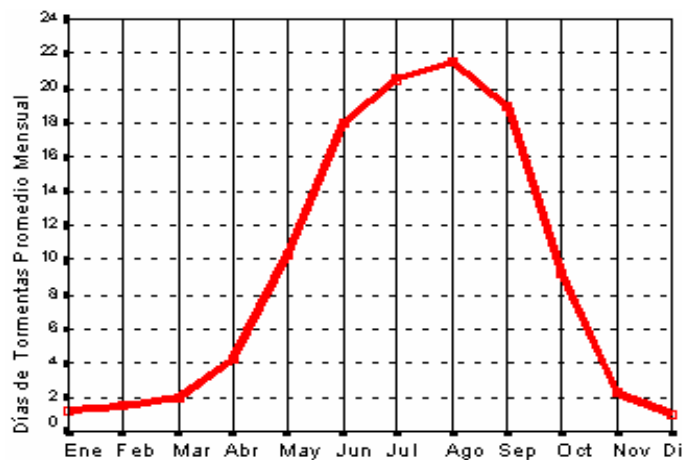
1

De análisis similares para las otras provincias de la región occidental se concluye que, a lo largo de todo el territorio occidental, la hora de máxima frecuencia es cercana a las 16 horas.

Las variaciones de la marcha diaria de la frecuencia de tormentas eléctricas en las provincias de la zona occidental de Cuba son consistentes con la Curva de Carnegie, y los resultados de otras regiones tropicales como Colombia (Bogotá, Cali, Medellín, 15:30 h) África (Sierra Leona, 17:30 h), África (Nigeria, 18 h), entre otros.

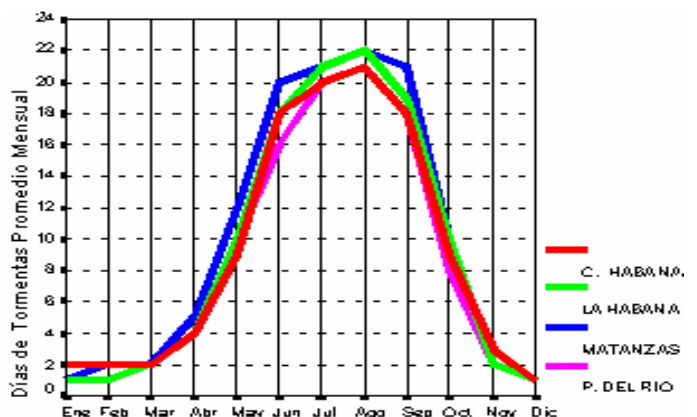
C. Análisis temporal del nivel ceráunico. Marcha mensual

Las figuras 2 y 3 presentan las variaciones del promedio multianual mensual de días con tormentas de la zona occidental, e individual de las 4 provincias, respectivamente, en los 20 años.



Variación multianual mensual de la región occidental.

2



Variación multianual mensual en las 4 provincias.

3

La figura 2 muestra que una amplia actividad eléctrica atmosférica ocurre a lo largo de casi todo el año en la región occidental marcándose dos períodos de ocurrencia de tormentas eléctricas.

El primero, de marzo a mayo, donde comienza una actividad baja (entre 2 y 10 días tormenta asociadas a sistemas extratropicales como las tormentas prefrontales que afectan la región en estos meses). El segundo, caracterizado por una alta actividad (89,86 % del total) asociada a sistemas tropicales coincidente con la estación de lluvia, de mayo a octubre, en que los días tormenta promedio oscilan entre 10 y 21. El valor promedio multianual mensual para un mes es de 21 días tormenta y ocurre en el mes de agosto.

De la figura 3 se observa una variación multianual mensual similar en todas las provincias. La provincia de Matanzas, la más al este de la zona occidental, presenta el mayor ancho de duración promedio de días tormenta en meses consecutivos, entre 20 y 22, y ocurre de junio a septiembre.

La provincia La Habana, mantiene estos valores entre julio y mediados de septiembre y Pinar del Río y Ciudad de La Habana entre los meses de julio y agosto. Todas las provincias alcanzan los valores máximos de días tormenta promedio en un mes, en el mes de agosto.

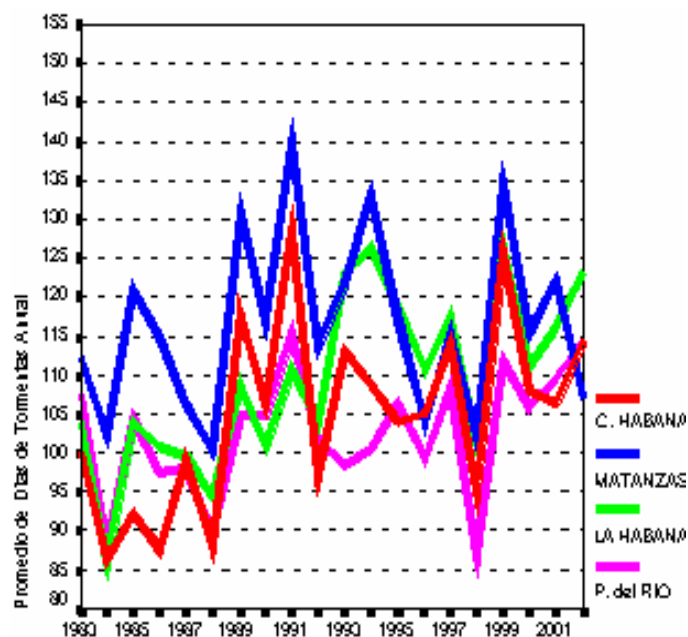
Una perspectiva temporal mensual a escala de las estaciones meteorológicas (más local) presenta determinados comportamientos diferentes a las provincias en su conjunto, y está reportada en la referencia 2.

D. Análisis temporal del nivel cerámico. Marcha anual

La figura 4 presenta las variaciones del promedio multianual de días con tormenta, de las 4 provincias de la zona occidental en el período 1983-2002.

Se observa una tendencia muy similar de la ocurrencia de tormentas eléctricas en las 4 provincias de la zona occidental, sin embargo, la intensidad del fenómeno es notablemente sostenida, más alta a lo largo de los 20 años en la provincia de Matanzas con respecto a Ciudad de La Habana y Pinar del Río y ligeramente para la provincia de La Habana.

El estudio de tendencia de la serie de tiempo de la variación temporal multianual ofrece un ajuste polinómico de segundo orden y describe un ciclo, patrón que debe ser confirmado o no sobre la base de un período de observaciones mayor.



Variación temporal multianual en las 4 provincias.

4

EFFECTOS DE LA DEA

Estudios realizados en diversos sectores cuantifican daños importantes, como consecuencia de la ocurrencia de este fenómeno natural en muchos sectores de la población cubana. Algunos de los más importantes son los siguientes:

1. Pérdidas de vidas humanas.
2. Daños económicos y afectación de la calidad del servicio en el sector eléctrico y el de las telecomunicaciones.
3. Daños económicos en la producción agrícola.
4. Daños provocados por fuego incluyendo los incendios forestales.
5. Daños económicos y sociales por afectación de equipos sensibles.

Pérdidas de vidas humanas

A pesar de que el primer antecedente de comprensión del peligro para la vida de las descargas eléctricas atmosféricas en Cuba se encuentra, en fecha muy temprana, en los trabajos del cubano Andrés Poey en 1856, esto es poco conocido y divulgado en el país. El efecto más importante de la DEA es la pérdida de vidas humanas.

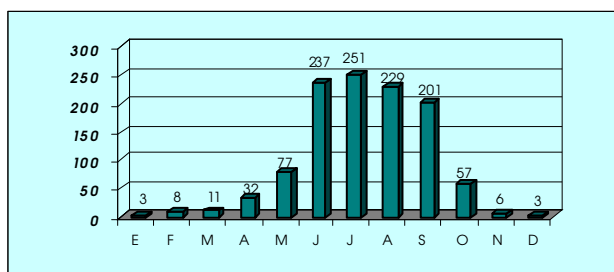
De acuerdo con la estadística de muerte por rayos del Departamento de Estadística Sanitaria del Ministerio de Salud Pública de Cuba,³ en los 17 años transcurridos entre 1987 y el 2003 han existido en Cuba 1 115 fallecimientos por esta causa, sin que se disponga de información central sobre el número de heridos.

Las medidas que ha adoptado el Estado Mayor de la Defensa Civil ante sistemas sinópticos previsible con tiempo suficiente (ciclones, huracanes, etc.) han sido cada vez más eficientes, disminuyendo al mínimo el número de víctimas por estas causas de manera que la DEA, con la cifra media anual anteriormente señalada, es hoy día la primera causa de muerte por fenómenos naturales en el país.

La figura 5 muestra la distribución de ocurrencia de muertes por DEA en los doce meses del año, en el período analizado.

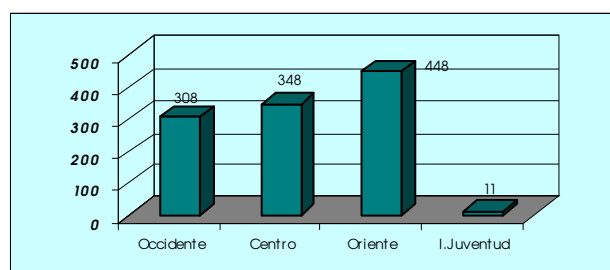
Se observa que el mayor número de muertes ocurre en los meses de junio a septiembre asociadas a las tormentas eléctricas provocadas por sistemas tropicales. Tales resultados permiten establecer una correlación, para la zona occidental del país, entre el número de muertes y la variación multianual de la intensidad mensual del fenómeno (figura 2). A los meses de mayor actividad junio- septiembre corresponde el mayor número de víctimas.

Un comportamiento aparentemente diferente se obtiene entre el número de muertes por regiones del país y la intensidad de la actividad eléctrica atmosférica. La figura 6 muestra el número de muertes en el período 1987-2003, dividido el país en las zonas occidental, central, oriental y el municipio especial Isla de la Juventud.



Victimas mortales por meses desde 1987 al 2003.

5

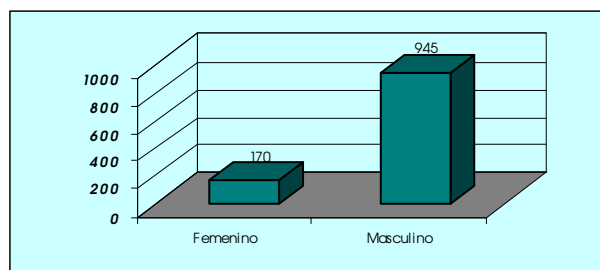


Victimas mortales por regiones desde 1987 al 2003.

6

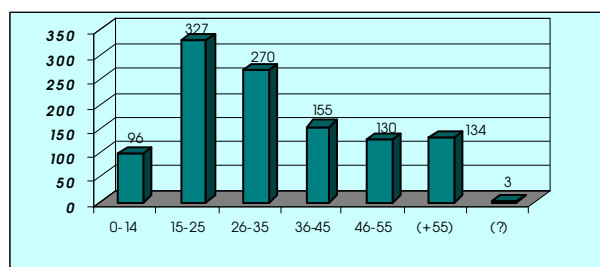
Las razones pueden estar en un mayor porcentaje de área despoblada en esta región, aunque un análisis espacial local de la ocurrencia de tormentas eléctricas en las áreas de mayor ocurrencia de muertes debe ser realizada para una conclusión definitiva.

Las figuras 7 y 8 muestran el número de víctimas según el sexo y en intervalos de edades, respectivamente.



Distribución de víctimas mortales por sexo desde 1987 al 2003.

7



Victimas mortales por intervalos de edades desde 1987 al 2003.

8

El mayor número de víctimas corresponde al sexo masculino lo cual resulta consistente con el hecho de que más integrantes de este sexo realizan actividades al aire libre o en lugares de alto riesgo. En los intervalos entre 15-25 y 26-35 años se agrupan 597 de los fallecimientos, es decir, 53, 54 % del total.

La estadística de muertes por DEA, analizada demuestra la necesidad de establecer y divulgar en el país una *Guía de Seguridad* para la protección de personas contra este fenómeno natural.

Daños en los sectores eléctrico y de las telecomunicaciones

El sector eléctrico es uno de los más afectados por la DEA. Esta influye en la calidad del servicio no solo desde el punto de vista de la continuidad sino de la distorsión de las señales de tensión y corriente.

Los disturbios ocasionados por la DEA, afectan la compatibilidad electromagnética en los sistemas de alta tensión, y con el desarrollo de la microelectrónica son en la actualidad, una de las principales causas de este problema en las redes de baja tensión.

En el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) la DEA, constituye un porcentaje importante de las interrupciones de las líneas de 110 kV; 34,5 kV y las redes de distribución primaria. La tabla 1 presenta el costo promedio anual por energía dejada de servir debido a interrupciones a estos niveles de tensión de acuerdo con los registros de interrupciones por esta causa del Departamento de Estadística de la Unión Eléctrica (UNE).⁴

La cifra de 8 701 000 USD, por costo de energía dejada de servir, justifica por sí sola estudios de mejoras técnico organizativas para disminuir los efectos de la DEA, en este sector.

El valor, aunque calculado conservadoramente, es solo una parte de los daños económicos la circulación de corriente de alta energía por el aislamiento del equipamiento eléctrico conduce, en el mejor de los casos; a su deterioro progresivo acortando su vida útil y con una gran probabilidad a su inmediato daño aumentando significativamente los costos asociados.

En las redes de baja tensión solo el efecto térmico puede ser causante del daño de dispositivos y equipos sensibles.

Otro sector fuertemente afectado por los impactos directos e indirectos de las DEA, es el de las telecomunicaciones. Un desarrollo importante de las redes de transmisión de voz y datos ha ocurrido en la última década en el país. Tecnología digital avanzada ha sido empleada mejorando la calidad del servicio y

disminuyendo la inmunidad de este sector a los efectos de los transitorios electromagnéticos.

La tabla 2 presenta la estadística de equipamiento dañado por DEA de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA)⁵ en determinados períodos de los dos últimos años.

Asimismo, la cifra, 1 215 844,95 USD en dos años, refleja solo las pérdidas económicas de equipamiento o dispositivos que han sido asegurados, el total asciende a una cifra mayor no controlada.

Tabla 2

Costo por daños a equipos	
Período	Valor del costo (USD)
Mayo/Diciembre 2003	1 102 121,78
Abril/Octubre 2004	113 723,17
Total	1 215 844,95

Se estima, por experiencia, que otros sectores tienen daños económicos considerables, sin embargo, no cuentan con una estadística confiable. El número de equipamiento informático y de telecomunicaciones (computadoras, fax modem, impresoras, etc.) que sufre daño, es elevado, y el diseño de una protección confiable también para estos equipos, es ineludible. El daño, por los efectos negativos de la DEA, tiene una dimensión en la población cubana que es preciso conocer, comprender y revertir.

CONCLUSIONES

1. La región occidental de la isla de Cuba se somete a una fuerte actividad eléctrica atmosférica a lo largo de casi todo el año que presenta las siguientes características:

- El promedio multianual máximo para los 20 años se obtiene en la estación Tapaste y es de 135, el mínimo se obtiene en la estación Paso Real y es de 65 y el promedio multianual de todas las estaciones es 110 días con tormentas.
- El análisis de la marcha diaria en frecuencia de las observaciones de días con tormentas de todas las estaciones meteorológicas demuestra

Tabla 1

Costo de energía dejada de servir (USD)			
Región	Nivel de tensión		
	110 kV	34,5 kV	13,8 kV
Occidente	258 000	54 500	5 309 000
Centro	84 000	129 000	761 000
Oriente	46 000	143 000	1 240 000
Subtotal	388 000	779 000	7 534 000
Total: 8 701 000			

que la hora de máxima frecuencia es cercana a las 16 horas a lo largo de todo el territorio occidental.

- Las cuatro provincias tienen tendencias similares en el comportamiento de la ocurrencia de tormentas eléctricas. La provincia de Matanzas, tiene la intensidad del fenómeno sostenida más alta a lo largo de los 20 años.

2. La DEA, causa daños económicos y sociales muy importantes en la población cubana. Se destacan los siguientes aspectos:

- Constituye la primera causa de muertes por fenómenos naturales en Cuba con 67 víctimas como promedio anual.
- Provoca pérdidas de aproximadamente 8 701 000 USD, como promedio anual, por concepto de energía dejada de servir. Afectando significativamente la calidad del servicio.

3. Resulta ineludible establecer una *Guía de Seguridad personal* contra las DEA y divulgarla a la población, así como caracterizar sus parámetros para optimizar los sistemas de protección.

REFERENCIAS

1. **Campos, A. y L. Álvarez:** "Distribución espacial de las tormentas eléctricas en la región occidental de la isla de Cuba", *Informe preliminar*, INSMET, Cuba, 2005,
2. **Suárez, O. y J. A. Martínez:** "Distribución espacio-temporal de las tormentas eléctricas en Cuba", *Informe Técnico*, CIPEL, Ciudad de La Habana, Cuba, 2005.
3. "Estadística de muertes por rayos de DEA en la isla de Cuba en el período 1987 al 2003", Departamento de Estadística Sanitaria, MINSAP, Cuba, 2003.
4. "Comportamiento estimado de las interrupciones por descargas atmosféricas en líneas de distribución", UNE, Cuba, s/f.
5. "Extracto de la estadística de fallas por rayos a nivel nacional, Departamento de Estadística, ETECSA, Cuba, s/f.

AUTORES

Olga S. Suárez Hernández

Ingeniera Electricista, Doctora en Ciencias Técnicas, Investigadora, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:susana@electrica.cujae.edu.cu

José A. Martínez Barbado,

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Agregado, CIPEL, Instituto Superior

Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:jamb@electrica.cujae.edu.cu

Regla de la C. Perera Escobar

Ingeniera Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Investigadora Agregada, CIPEL Instituto Superior Politécnico, José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba
e-mail:regla@electrica.cuaje.edu.cu

REVISTAS CIENTÍFICAS DE LA CUJAE AHORA EN FORMATO ELECTRÓNICO ¡VISÍTENOS!



• <http://intranet/ediciones/>