

## La vigilancia meteorológica ante el peligro por tormentas eléctricas.

### The weather watch to danger by thunderstorms.

**Autores:** M Sc. Yanneyis Rojas-Díaz<sup>1</sup>, Dr. C. Mario Carnesoltas-Calvo<sup>2</sup>, M Sc. Enrique Perigó- Román<sup>1</sup>, Ing. Andrés Aragón-Matos<sup>1</sup>, Dra. C. Lourdes Álvarez-Escudero<sup>2</sup>

**Organismo:** Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba<sup>1</sup>. Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba<sup>2</sup>.

**E-mail:** [yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu](mailto:yanneyis.rojas@gtm.insmet.cu), [mario.carnesoltas@insmet.cu](mailto:mario.carnesoltas@insmet.cu), [enrique.perigo@gtm.insmet.cu](mailto:enrique.perigo@gtm.insmet.cu), [aragon.matos@gtm.insmet.cu](mailto:aragon.matos@gtm.insmet.cu), [lourdes.alvarez@insmet.cu](mailto:lourdes.alvarez@insmet.cu)

### Resumen.

Se presenta un estudio espacio-temporal de ocurrencia de las Tormentas Eléctricas en la provincia, a partir de los reportes en un período de 17 años, lo que permitió determinar los meses de mayor ocurrencia, hora de inicio y duración de estos fenómenos atendiendo a las condiciones meteorológicas y físico-geográficas predominantes, todo ello resultado del Sistema Integrado de Vigilancia Meteorológica, que ofrece la predicción y alerta oportuna para la mitigación de este riesgo. Los resultados obtenidos son de gran valía para la Defensa Civil y los órganos decisores del partido y el gobierno, partiendo del estudio de riesgo y vulnerabilidad para la aplicación de medidas preventivas encaminadas a la reducción del riesgo y los daños ocasionados por Incendios Forestales.

**Palabras clave:** tormentas eléctricas; incendios forestales; ecosistemas; vigilancia meteorológica.

### Abstract.

A space-temporal study of occurrence of Thunderstorms in the province, comes from reports over a period of 17 years, which allowed us to determine the months of highest occurrence, start time and duration of these care of the meteorological phenomena and physical-geographical conditions prevailing, all results of the Integrated Meteorological Monitoring System, which provides prediction and early warning to mitigate this risk. The results obtained are of great value for Civil Defense and decision-making bodies of the party and the government, from the study of risk and vulnerability for the implementation of preventive measures aimed at reducing the risk and damage from Wildfire.

**Keywords:** electrical storms; forest fires; ecosystems; weather monitoring.

## **Introducción.**

Las fluctuaciones que se observan en el clima a diferentes escalas temporales, producen eventos extremos como sequías, períodos de lluvias excesivas, además del incremento de las Tormentas Eléctricas (TE). Estos eventos pueden producir impactos muy adversos en los diversos ecosistemas forestales, que varían en correspondencia de las principales características de los fenómenos meteorológicos. Durante las últimas décadas ha habido en el mundo una importante tendencia al aumento; según Vélez (2000) “cada vez hay más incendios y las cifras lo confirman”. Uno de los principales problemas ambientales en Cuba es el daño de la cubierta forestal identificando a los incendios forestales como uno de los factores que ejercen una influencia negativa en la deforestación, la degradación de los suelos y la pérdida de la diversidad biológica, entre otros. Muchas son las investigaciones de la comunidad científica relacionadas con esta temática y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Esos efectos negativos se hacen más irreversibles en los ecosistemas frágiles montañosos.

Los Sistemas de Vigilancia y Alerta Temprana son el eslabón clave en la reducción de estos desastres naturales, ya que constituye la información efectiva y oportuna que permite la implantación llevar a cabo acciones para evitar o reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva ante el peligro. Permite puntualizar los planes de reducción de desastres que existan elaborados al efecto y que posean las etapas precisas de implementación.

De ahí la importancia de la evaluación del peligro de incendio se realice basándose en las condiciones locales del tiempo atmosférico, ya que este condiciona de manera importante el surgimiento de los incendios forestales (Vélez 2000). Los pronósticos sobre las condiciones potencialmente favorables han sido tradicionalmente emitidos basados en el carácter predictor.

Los riesgos no sólo son vistos desde la perspectiva social, sino también desde el punto de vista económico, ya que pueden convertirse en un obstáculo para el desarrollo de los países. El impacto económico de los desastres no se limita a las pérdidas materiales inmediatas que producen, sino que comprende una amplia gama de destrucción en cuanto a la infraestructura de un territorio.

En los últimos años el estudio de las TE ha adquirido una connotación especial, por lo que resulta necesario conocer las zonas más vulnerables a la ocurrencia del mismo y así poder mitigar los daños ocasionados por los incendios forestales. En Cuba las cifras de este tipo de evento son muy elocuentes, aunque la mayoría corresponden a causas antrópicas (INSMET 1999; López et al., 2002), en la región nororiental del territorio, se presenta una incidencia mayor de incendios con énfasis en causas naturales (fundamentalmente las descargas eléctricas) donde se han observado afectaciones en el Parque Nacional Alejandro de Humboldt (PNAH), declarado en el 2001 por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, constituyendo el área protegida estricta (CAT II UICN) más importante de Cuba en cuanto a biodiversidad, destacándose no solo por poseer la mayor riqueza y endemismo del país, sino también por ser en la actualidad el representante del más grande remanente de los ecosistemas montañosos conservados de Cuba, además de constituir el núcleo principal de la Reserva de la Biosfera “Cuchillas del Toa”, clasificado como una de las Regiones

Especiales de Desarrollo Sostenible del país, con un ecosistema muy frágil y que atesora importantes valores naturales y potencialidades económicas.

Las TE constituyen unos de los elementos dentro de las características de los fenómenos convectivos muy comunes en la provincia de Guantánamo. Esto es de gran interés para el área de responsabilidad de los pronósticos, ya que el resultado alcanzado en esta investigación se enmarca en la labor básica de la Vigilancia Meteorológica, pero además, el conocimiento de la propia actividad eléctrica tiene un valor significativo sobre un numeroso grupo de actividades que son susceptibles al efecto negativo de las descargas eléctricas.

Un sistema adecuado de vigilancia requiere que con mucha mayor antelación puedan ser activados los sistemas de protección y seguimiento, constituyendo una de las principales prioridades del Cuerpo de Guardabosques (CGB) durante las Campañas de Protección contra los Incendios Forestales (PCIF). Muchas decisiones vinculadas al riesgo de ocurrencia de una TE, no puede esperar a que los radares o los satélites detecten el fenómeno ya formado, en este campo, resulta imprescindible y necesario como en ningún otro, la estimación de condiciones favorables con mayor tiempo de antelación, a fin de que los órganos de dirección a los diferentes niveles, tengan criterios adecuados en la toma de decisiones.

El término en inglés “thunderstorm” se identifica en español como “tormenta eléctrica” para referirse a los fenómenos asociados a las nubes cumulonimbus. Se mantuvo el criterio establecido por la OMM (1988) para el cifrado de los mensajes sinópticos, y en Cuba por el INSMET para asentarlas en la “hoja de fenómenos”, o sea, “se considera que en la estación se produce una tormenta a partir del momento en que se oye el primer trueno, se vean o no relámpagos o se produzcan o no precipitaciones en la estación. Se indicará tormenta en tiempo presente si se oye tronar durante el período normal de observación que precede a la hora del informe. Se considerará que una tormenta ha terminado con el último trueno que se oyó, y no se oyen truenos en el curso de los 10 -15 minutos siguientes”.

De acuerdo a Aroche et al. (1999) a este tipo de tormenta se le conoce a veces en medios meteorológicos como “tormentas convectivas locales”, atendiendo a su origen y en contraste con los sistemas convectivos de mesoescala, que están compuestos por complejos de cumulonimbus.

El Servicio Meteorológico en Cuba tiene establecido oficialmente el término de Tormenta Local Severa (TLS), por la clasificación propuesta por Alfonso (1994), como “toda tormenta local (en la escala mesogamma de Orlanski, 1975), en general eléctrica, que presenta uno o varios de los siguientes fenómenos, que se consideran severos: tornado; turbonada con racha de viento lineales de 25 m/s o más, no asociada directamente al tornado; granizo, de cualquier tamaño; tromba en la altura y tromba marina”.

El factor común entre las TE y las TLS es la presencia de la nube cumulonimbus (Cb), y que esta presenta tres etapas básicas en su evolución (Byers y Braham, 1949), la etapa de Cúmulos, la etapa de madurez (en ocasiones madurez severa), y la etapa de disipación, y que además, es la nube que genera todos los fenómenos convectivos.

En Cuba hay varios investigadores que han estudiado las tormentas locales, entre los que se puede mencionar a Alfonso (1992 y 1994) y Aguilar et al. (2005) en las severas, y más reciente Álvarez et al. (2006) en las tormentas eléctricas.

Por tales razones, el objetivo de la presente investigación es determinar el comportamiento temporal y espacial de las TE, los meses de mayor ocurrencia, hora de inicio y duración, sobre el complejo territorio de la zona nororiental de la provincia Guantánamo, logrando proporcionar una herramienta eficaz para el aumento de la efectividad de los Sistema de Vigilancia Meteorológica que se brindan en el territorio relacionado con la reducción del riesgo y la mitigación de los daños ocasionados en los ecosistemas montañosos por estos desastres naturales, dentro de un contexto amplio de desarrollo sostenible.

## **Desarrollo.**

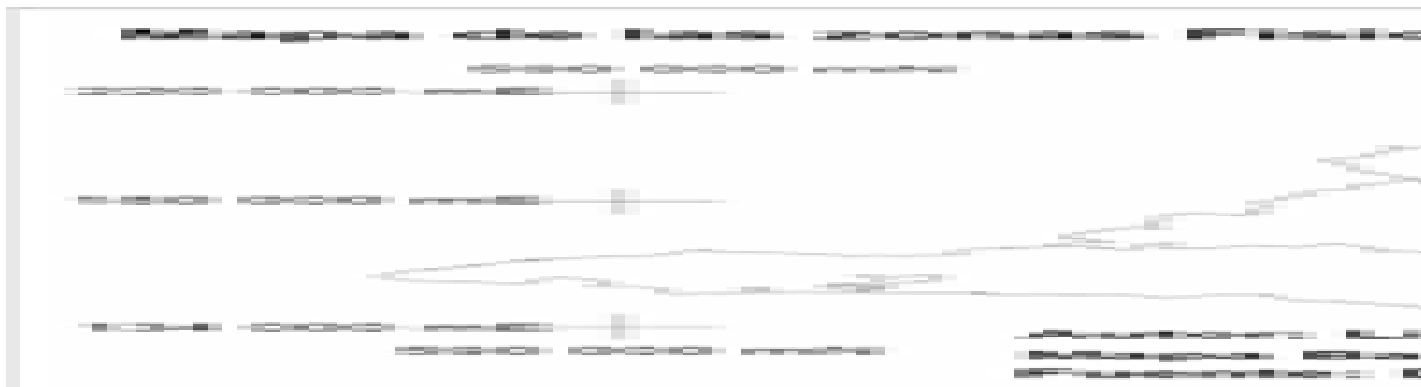
### **Métodos**

Los materiales que se emplearon en la investigación para la cantidad de TE fueron extraídos de la “hoja de fenómenos” del Libro de Asentamiento de las Observaciones de las 2 estaciones meteorológicas:(Palenque de Yateras 78334 y Jamal, Baracoa 78356) del Instituto de Meteorología (INSMET) emplazadas en la región de la provincia de Guantánamo, para un período de 17 años (1996 – 2013), lo que constituye una muestra de 6170 tormentas eléctricas de 203 meses con datos.

Las escalas de trabajo temporal y espacialmente serán las comprendidas entre la  $\beta$ -meso y la  $\gamma$ -meso escala, de acuerdo a la clasificación de Orlanski (1975). Para el estudio integrado del comportamiento de las TE se consideraron las características físico-geográficas del territorio.

Debido a que las muestras tomadas abarca un periodo de 17 años y a que se plantea que las pruebas no paramétricas de tendencia necesitan 10 puntos o más, se optó por trabajar con los datos mensuales, a los cuales se le eliminó la estacionalidad y se le aplicó los estadígrafos de tendencia. Partiendo de la serie de datos de “Cantidad de Tormentas Eléctricas”, se determinó la “Cantidad de días con Tormentas”. Con la finalidad de determinar las características de cada serie, se le eliminó primero a ambas la estacionalidad con ayuda del sistema SPSS, versión 11.1, y luego se le aplicaron las pruebas de Wald-Wolfowitz, de Spearman, de Mann- Kendall y Pettit a un nivel de significación de 0,05. Estas pruebas se encuentran en el software WINSTAT (Borrajero, comunicación personal) en base al trabajo de Sneyers (1990).

Las características físico-geográficas de la provincia Guantánamo descritas permiten dividirla en tres zonas (Mingui, 2006) como se muestran en la Fig. 1 para estudios específicos como el de la presente investigación que abarcan las zonas I y II.



**Fig. 1.** Mapa de las Zonas y la ubicación de las estaciones tomadas para el estudio.

**Zona I. Norte–Central**, con máximos niveles de precipitación, algunas elevaciones, exuberante vegetación y nivel máximo en las redes hidrográficas. Comprende la Sierra de Moa y la cuenca Norte de la meseta de Punta de Maisí.

**Zona II. Interior**, con niveles de precipitación medios, áreas deprimidas, y mayores elevaciones, vegetación de arbustos, y redes hidrográficas de nivel medio. Comprende la Meseta del Guaso, la Sierra del Maquey, Sierra de Mariana y Sierra de Imías.

Enmarcado dentro de estas zonas se localiza el PNAH (Parque Nacional “Alejandro de Humboldt”), ubicado en el norte de los municipios: Baracoa, Yateras y una porción de Guantánamo, todos de la provincia Guantánamo y al sur de los municipios de Moa y Sagua de Tánamo de la provincia Holguín, con una riqueza de especie, ecosistemas y paisajes, siendo el principal centro de biodiversidad y endemismo de Cuba y el Caribe insular.

## Resultados

Es válido destacar que resulta de vital importancia para el Sistema Meteorológico, determinar el comportamiento temporal y espacial de las TE en esta zona del territorio, para poder prevenir y mitigar los daños que causan, así como la evaluación de los impactos que se producen, además de crear y aplicar un sistema de trabajo dirigido a minimizar en lo posible la ocurrencia de incendios, y propiciar que la información sea utilizada eficientemente en el cuidado de la flora y la fauna de esta área protegida, de alcance mundial por sus valores de diversidad biológica y su belleza natural.

Durante el estudio de la distribución de TE por meses y por períodos se determinó que no es similar para todas las zonas (ver figura 2), pudiéndose distinguir dos aspectos significativos: primero, que en las Estaciones 78356 de la Costa Norte (zona I) y la 78334 del interior (zona II) ocurren la mayor cantidad de TE.

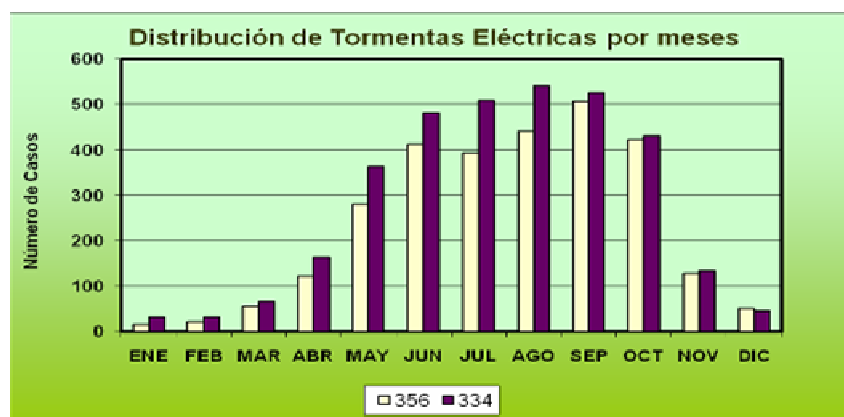


Fig. 2. Distribución de Tormentas Eléctricas por estación en cada mes.

Segundo, que si se compara el período activo con respecto al total de TE ocurridas en el período de estudio, en estas estaciones ocurrieron el 86.2 y 85.8% respectivamente.

En el análisis mensual de la distribución de TE por zonas de la provincia, se puede apreciar que en la Estación 78356 (zona I), septiembre, agosto y octubre son los meses de mayor ocurrencia de tormentas con 86.2% del período lluvioso, lo que representa una media mensual de 22.7 de ocurrencia de TE, mientras que el 13.8% corresponde al período poco activo, representando el 3.6 de ocurrencia de TE.

También en la Estación 78334 (zona II) se aprecia que los meses de agosto, septiembre y julio, son los meses de mayor ocurrencia de tormentas con el 85.8% para todo el período activo y con 26.6 tormentas por mes. El 14.2% corresponde para el período poco activo, representando el 4.4 de ocurrencia de tormentas.

La cantidad anual de tormentas eléctricas para el periodo de estudio es de 6170 siendo más frecuentes en el verano, especialmente en los meses comprendidos entre agosto y septiembre, donde se reportaron 981 y 1032TE, respectivamente.

Si se calcula la relación entre el total de TE con respecto a la cantidad de días con TE se apreciará que, a pesar de que la Estación 78334 tiene la mayor cantidad de TE, su relación es de 1.31, mientras que en la Estación 78356 la relación es de 1.60. Esto puede deberse a dos causas: 1) que ocurren mayor cantidad de TE al día; 2) que estas TE tienen mayor duración, lo que evidencia la determinación de las condiciones favorables por los diferentes patrones estudiados para la ocurrencia de los Incendios Forestales o la ocurrencia de los mismos. (Figura. 3).



Fig. 3. Imagen de satélite de la región nororiental y afectaciones por incendios forestales.

Como es evidente las condiciones propias del relieve y su interacción con los Alisios, en el área del parque las nubes tormentosas (cumulonimbus) no se desarrollan tanto como en otras zonas de la provincia. No obstante se debe señalar que presenta una frecuencia relativamente alta, ejemplo de esto es el caso del incendio forestal del 21 de julio del 2014 donde, el siniestro en este ecosistema de bosques fue controlado en 24 horas, y afectó ocho hectáreas de una formación de pinares, consecuencia de un rayo o descarga natural eléctrica que originaron las llamas en esta área, vulnerable por la acumulación de material orgánico de rápida combustión y alto contenido de resinas propio de las coníferas, segregadas con mayor profusión en épocas de verano.

### Hora de inicio de las Tormentas Eléctricas.

El sistema de vigilancia y alerta sobre posibles inicio de ocurrencia de las TE conlleva a un mayor uso práctico del pronóstico sobre posibles incendios, facilitando una mayor organización de sus fuerzas y de los medios a emplear en la prevención y control de los mismos.

En el análisis de la hora de inicio de las TE de las estaciones del área de estudio, se puede apreciar que, ocurre el mayor número de casos en el período comprendido entre las 12:00 y las 20:00 horas del meridiano 75° W, con un aumento en horas del mediodía y una disminución gradual durante la tarde. (Fig. 4).



Figura 4. Distribución de la Hora de Inicio de las Tormentas Eléctricas por estaciones en el período 1996-2013.

El incendio forestal del 21 de julio del 2014 en el área del parque del que se hace referencia en la distribución de la cantidad de TE; inició alrededor de las tres de la tarde del viernes, fue controlado cerca de esa misma hora del sábado y el domingo fue declarado extinguido. Corroborando la distribución de hora de inicio.

### Duración de las Tormentas Eléctricas.

En la (Fig. 5) se aprecia la distribución de frecuencia de la duración, en el intervalo de hasta 3 y 6 horas es el de mayor frecuencia de duración, es la zona que posee la mayor frecuencia.

Es significativo que los valores extremos están dentro de la zona II, y otro aspecto a destacar es la ocurrencia en el intervalo hasta 3:30 horas de duración es predominante para la región.

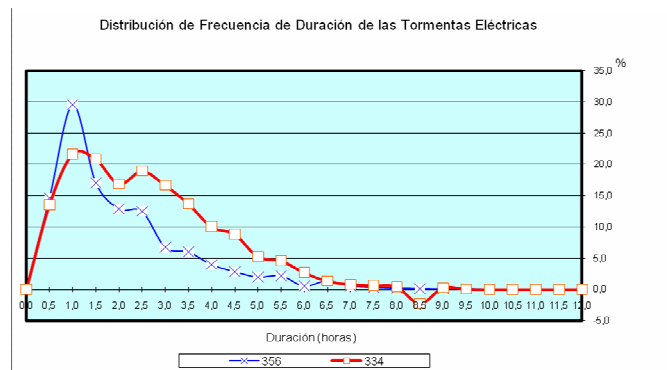


Figura 5. Distribución de frecuencia de la Duración de las Tormentas Eléctricas.

Los resultados anteriores muestran que para la región son frecuentes los casos de mayor duración. Los incendios forestales en general producen alto impacto ambiental, social y económico, las principales afectaciones están vinculadas al daño de la cubierta forestal, identificando a estos siniestros como el caso del 21 de julio del 2014 (ver figura 1.3) como uno de los factores que ejercen una influencia negativa en la deforestación, la degradación de los suelos, pérdida del contenido de humedad, disminución de la capacidad y cantidad de la materia orgánica, así como de la población micro vial, por tanto, disminuyen la fertilidad, originan cambios perjudiciales en su estructura y textura, lo que incrementa la escorrentía por precipitaciones y el potencial de erosión entre otros fenómenos adversos.

De igual forma reducen la diversidad florística del bosque, producen la muerte y desaparición de las especies, destrucción del refugio y escasez de alimentos, entre otras alteraciones de la población faunística, siendo en la mayoría de los casos los de mayor aporte de las especies de valor forestal reflejado en la relevante riqueza y número de ellas endémicas de la flora y la fauna.

También los efectos se ven reflejados sobre el agua, ya que las cenizas y carbones producto de la combustión van a las corrientes y cuerpos de agua, tornándolas turbias, lo que disminuye considerablemente su calidad para ser consumidas por el hombre y los animales; además producen efectos graves de sedimentación, contaminación e impacto negativo sobre la fauna acuática. Por otro lado contribuye a inyectar a la atmósfera grandes cantidades de gases de efecto invernadero, entre otras afectaciones. Un sistema automatizado para la Vigilancia y Alerta temprana a corto plazo de los índices de peligro de ocurrencia, mediante el procesamiento de la data procedente de la red de estaciones meteorológicas, resulta eficiente desde el punto de vista operativo. De allí la importancia de los pronósticos sobre condiciones potencialmente favorables para el surgimiento y propagación de los mismos.

### Conclusiones.

Aunque en el estudio de las TE por estaciones puede obtenerse algunos indicativos de la actividad de incendios forestales, esto no es suficiente por lo local que pueden ser las tormentas y por las múltiples causas que pueden presentar los mismos. No obstante hay una

gran incidencia de incendios forestales en la región de estudio. Denotándose que en la distribución de los días con TE por meses, septiembre presenta la mayor cifra con 17.2%, y febrero el mínimo de días con tormentas con 1.3%; el mayor número de casos ocurre en el período comprendido entre las 12:00 y las 20:00 horas del meridiano 75<sup>o</sup> W, con un aumento en horas del mediodía y una disminución gradual durante la tarde, con una frecuencia de mayor duración, en el intervalo de hasta 3 y 6 horas. Es significativo que los valores extremos señalados anteriormente están dentro de la zona II, y otro aspecto a destacar es la ocurrencia en el intervalo hasta 3:30 horas de duración predominante para dicha región; se hace notable que las afectaciones por incendios en el ecosistema forestal tengan una relación directa con la descripción del comportamiento de la TE en la zona de estudio.

### **Bibliografía.**

- Aguilar, G., M. Carnesoltas, C. Fernández, L. Naranjo (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el periodo 1980 – 2002. *Meteorología*, 12 (1), 3-10.
- Alfonso, A. (1994). *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología*. Editorial Academia, La Habana, 168.
- Alfonso, A. (1992). Descargas eléctricas en Cuba. Aspectos meteorológicos. *Meteorología*, 5 (2), 99-105.
- Álvarez, L., Borrajero, I., Aenlle, R., Pérez, B., Fernández, N., Pérez, M., Muñiz, L., Rodríguez, L., Rodríguez, M., Iraola, C., Costales, O., Cayón, H., López, L. (2006). Estudio de la localización espacial de las tormentas eléctricas en Cuba y su tendencia. Informe de Resultado de proyecto. Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología, 93.
- Aroche Rivero, R., Gamboa, F., (1999) Climatología de las tormentas convectivas locales en Camagüey y provincias aledañas. Informe científico-técnico. Programa Territorial. Camagüey, 35.
- Byers, Braham, R. R. (1949). Thunderstorm structure and Circulation. *J. Meteorol*, 5, 71-86.
- OMM. (1988). Manual de Claves, I (306). Secretaria de la OMM. Ginebra. Suiza, 352.
- Orlanski, I. (1975). A rational subdivision of scales for atmospheric processes, *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 56(5), 527-530.
- Sneyers, R. (1990). On the Statistical Analysis of Series of Observations. Technical Note No. 143. *WMO*, (415), 192.
- Vélez, R. (2000). *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. McGrawHill/Inter-Americana de España, S A U. España.

**Fecha de recibido: 18 abr. 2015**

**Fecha de aprobado: 5 jun. 2015**