

Los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2001: Su modelación estadística y análisis de tendencias.

Autores: Amaury Machado Montes de Oca. Ismabel María Domínguez Hurtado. Jiorgy Viera Martínez
Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. CUBA. Correo-e: amaury21us@yahoo.com,
ismabelmaria@yahoo.com.

Resumen:

Se hace un estudio de los ciclones tropicales que han afectado a la provincia Villa Clara durante el período comprendido entre el 1886 al 2001. Se realizó una descripción climatológica de estos organismos tropicales, se halló la función de distribución que mejor ajusta la serie utilizada y se calcularon los períodos de retorno para los ciclones tropicales, huracanes y grandes huracanes. Se halló la distribución de frecuencias según las zonas más ciclogénéticas y se estudian las variaciones y las tendencias que experimentaron los ciclones tropicales y huracanes durante dicho período. Este trabajo mejoró nuestros conocimientos acerca de los ciclones tropicales. Es de mucha utilidad en la evaluación de riesgos y vulnerabilidad de diferentes poblaciones y objetivos económicos de nuestra provincia. Este trabajo servirá para una mejor comprensión de los huracanes y su impacto en una nueva década de alta actividad ciclónica.

Palabras Claves: ciclones tropicales, climatología, período de retorno, tendencia.

Introducción

Características del área de estudio.

Villa Clara esta situada en el territorio norcentral de Cuba, ocupa un área de 7,931 km² y esta dividida en trece municipios según la división político – administrativa (DPA) de 1975. Limita al norte con el Océano Atlántico, al oeste con la provincia de Matanzas, al sudoeste con Cienfuegos y al este sudeste con Sancti Spiritus (véase figura 1).

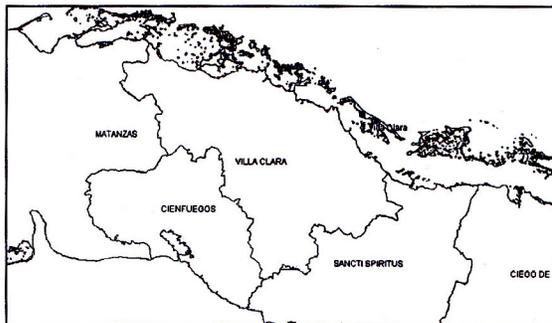


Fig.1. Ubicación de la provincia Villa Clara.

Los ciclones tropicales son los fenómenos meteorológicos más destructivos del planeta. Nuestro país y en específico, la provincia Villa Clara es muy afectada por estos. Es de recordar, por solo mencionar un caso, el huracán Kate el cual afectó duramente la

porción centro - norte del territorio con una penetración del mar hasta de 4000 m en algunos puntos, Comunicación Personal (1985).

Por tanto el estudio de tales fenómenos bajo criterios climatológicos es de vital importancia para la toma de decisiones por parte del gobierno, entidades económicas y la población de forma general, además Villa Clara es una de las provincias más pobladas de Cuba, con importantes asentamientos costeros, y una zona turística en crecimiento.

Diversos e interesantes trabajos se han escrito sobre el tema desde hace más de 100 años, demostrando la importancia de tener un estudio completo desde el punto de vista estadístico. Como ejemplo de lo anterior aparecen las investigaciones de Limia *et al* (2003), donde se analiza el período de 1800 a 1999. En estas se ofrece toda una climatología por provincias, dando la zona de formaciones principales y se hace un estudio de la tendencia por territorios. En el artículo de Pérez *et al.* (2001), enmarcado en el período 1801 al 2000, se estudian los huracanes más intensos y desastrosos que han afectado a Cuba, con un cálculo del período de retorno de aquellos catalogados como grandes. Asimismo, en el citado documento se da un estudio completo con cronologías actualizadas hasta la fecha. Este mismo conjunto de autores en el año 2000 (Pérez *et al.*, 2000) muestran una climatología de los ciclones tropicales que han afectado a las provincias habaneras, donde se calcula el período de retorno para los huracanes intensos. Tales estudios constituyen los antecedentes nacionales básicos de este artículo.

Por tanto el objetivo principal del presente esta en elaborar una climatología general de los ciclones tropicales que ha afectado a Villa Clara entre los años 1886-2001; por ser este un intervalo en el cual hay datos más confiables, dándose una climatología por meses, se dan las zonas más ciclogénéticas, se da un cálculo del periodo de retorno y se analiza la tendencia en los últimos años.

Materiales y métodos:

Para analizar la incidencia de los ciclones tropicales en una zona determinada se realiza un análisis de frecuencias de aquellas tormentas que han cruzado a una distancia predeterminada de la localidad en cuestión o del centro geométrico de la región a estudiar (Santa Clara); además se escogieron aquellos que pasaron por las provincias contiguas a Villa Clara y que provocaron vientos y una disminución de la presión atmosférica como para considerarlos dentro de la cronología.

Los datos para el estudio se extrajeron fundamentalmente del sitio web: <http://weather.unisys.com/hurricane/atlantic/tracks.atl>, esta consta con registros medidos cada 6 horas, desde el año 1851 al 2004, (latitud, longitud, viento máximo en nudos, presión barométrica en milibares), además se utilizó el software Eye of Storm 3000, disponible en Internet en el sitio web: <http://www.starstonesoftware.com/eots/index.htm>. También se contó con diversas cronologías de ciclones tropicales realizadas en el país, (Ortiz, 1994), (Rodríguez, 1976), (Pérez *et al.*, 2001); y con datos del archivo del Centro Meteorológico y del archivo histórico. Las series consideradas abarcan el período entre 1886 al 2001, para un total de 116 temporadas ciclónicas.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el programa SPSS 9.0, y para el cálculo de tendencias el Software WinStat (programa para el cálculo de índices de tendencia en series temporales, versión 2.0 Beta 1997), (Mellado y Borrajero, 1997). En la modelación estadística para la determinación de los

períodos de retorno de interés se utilizaron leyes de probabilidad asociadas a variables aleatorias discretas, es decir la distribución de Poisson y la dódima de ajuste Chi-cuadrado.

El estudio de las tendencias se realizó por medio de las dódimas de Wald - Wolfowitz (análisis de la correlación de serie), Mann - Kendall (análisis de la tendencia en las formas directa e inversa) y Pettitt (ubicación cronológica de un punto de cambio). El nivel de significación $\alpha_0 = 5\%$ se tomó para la aceptación ($a_i > a_0$) o el rechazo ($a_i < a_0$) de la hipótesis nula (homogeneidad para las pruebas de Mann, Wald - Wolfowitz, diferencia no significativa para la de Pettitt), (Ballester y González, 1997b), (Álvarez *et al.* 1999), (Álvarez *et al.* 1999a).

Resultados:

Climatología de los ciclones tropicales en Villa Clara

Villa Clara ha sido azotada por **35 ciclones tropicales** (CT): **3** casos con la categoría de depresión tropical (DT), **16** con la categoría de **tormenta tropical** (TT) y **16** con la categoría de **huracán** (H), de ellos 7 huracanes de categoría 1 (H1), 6 huracanes de categoría 2 (H2), 3 huracanes de categoría 3 (H3), ningún huracán de categoría 4 (H4), y ninguno de categoría 5 (H5), durante el período 1886-2001 (116 años), véase tabla 1.

Tabla 1. Distribución mensual y por categorías de los ciclones tropicales que han afectado a de Villa Clara (1886-2001), según la escala de Saffir - Simpson, (Simpson, 1974), véase tabla 2.

| | DT | TT | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | Total |
|--------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Junio | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| Julio | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| Agosto | 1 | 4 | 3 | 1 | - | - | - | 9 |
| Ago. Sep | 1 | 4 | 1 | - | 1 | - | - | 7 |
| Septiembre | - | 3 | 2 | 1 | 1 | - | - | 7 |
| Octubre | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | - | - | 8 |
| Oct-Nov | - | - | - | 1 | - | - | - | 1 |
| Noviembre | - | 1 | - | 1 | - | - | - | 2 |
| Total | 3 | 16 | 7 | 6 | 3 | 0 | 0 | 35 |

Tabla 2. Escala Saffir-Simpson para la clasificación de los huracanes (Simpson, 1974).

| CATEGORIA | PRESION CENTRAL (hPa) | VIENTO MAXIMO SOSTENIDO (km/h) | SURGENCIA DE LA TORMENTA (m) |
|-----------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | 980 | 118 153 | 1.0-1.7 |
| 2 | 965 - 979 | 154 177 | 1.8-2.6 |
| 3 | 945 - 964 | 178 209 | 2.7-3.8 |
| 4 | 920 - 944 | 210 250 | 3.9-5.6 |
| 5 | < 920 | > 250 | >5.6 |

De la información obtenida se deduce que en Villa Clara (período 1886-2001):

a) El próximo año 2006 se cumplirán 100 años de no tener ninguna afectación en el mes de junio.

b) No hubo en este período de estudio(1886-2001), afectación de ningún ciclón tropical en julio.

c) Hace 40 años no afecta un huracán en el mes de agosto.

d) Cuando el huracán Georges afecto en el año 1998, hacían 61 años que un huracán formado en el mes de septiembre afectara nuestra provincia.

e) En el mes de noviembre se han tenido 3 afectaciones, pero, 2 de ellas en los últimos 20 años.

f) En tres ocasiones se ha sufrido la afectación de dos ciclones tropicales en el mismo año, una fue en el mes de agosto del año 1886 y las otras ocurrieron en el año 1958 en los meses de agosto-septiembre y octubre, y la otra en el año 1985 en los meses de agosto-septiembre y noviembre.

g) No se ha visto afectado el territorio por dos huracanes el mismo año.

h) Se han tenido la afectación de 3 huracanes de gran intensidad; 3 huracanes de categoría 3. No hemos tenido ninguna afectación de un huracán categoría 4 ni 5.

i) Los meses más peligrosos para estos huracanes son en orden: septiembre y octubre.

j) Hace 53 años no se sufre la afectación de un gran huracán y este fue de categoría 3 (huracán Fox), es de señalar que el huracán Michelle afectó la provincia como categoría 2, no obstante penetró en la provincia de Matanzas con categoría 4.

a) La mayoría de los huracanes han ocurrido en años ENOS neutrales 61,11% (22 casos de 35 totales), la cronología sobre los eventos ENOS esta disponible en los sitios web: <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/rank.html> y http://www.jisao.washington.edu/data_sets/quinn/

b) En años ENOS muy intensos hemos tenido la afectación de 7 Tormentas Tropicales, 2 huracanes categoría 1 y un huracán categoría 2, la cronología sobre los eventos ENOS esta disponible en los sitios web: <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/rank.html> y http://www.jisao.washington.edu/data_sets/quinn/

c) Aunque en años ENOS muy intensos no ha habido la afectación de un huracán de gran intensidad, la zona de origen más frecuente en estos años es el mar Caribe Occidental y de esos tres casos, 2 en octubre y uno en septiembre, la cronología sobre los eventos ENOS esta disponible en los sitios web: <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/rank.html> y http://www.jisao.washington.edu/data_sets/quinn/

Lugares de origen.

Para determinar los lugares donde se formaron los ciclones tropicales que afectaron a la provincia, Se dividió toda la zona del Golfo de México, Mar Caribe y Océano Atlántico en varias regiones, véase figura 2.

La región A, comprende el Mar Caribe Occidental, la región B el Mar Caribe Oriental, la C el Arco de las Antillas, la D el Océano Atlántico tropical entre los 10° LN y los 20° LN y los límites de África y el Arco de las Antillas, la región E el Océano Atlántico tropical por debajo de la latitud de 10° LN, la región F todo el Océano Atlántico tropical por encima de los 20° LN, y por último la región G el Golfo de México.

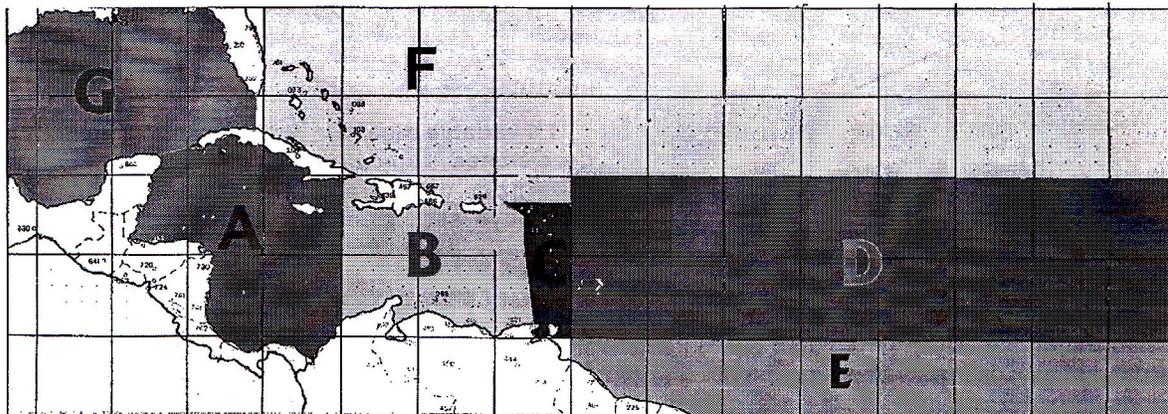


Fig.2. Lugares de origen de los 35 ciclones tropicales que ha afectado a la provincia de Villa Clara en el período 1886-2001.

De esta división resultó que la zona donde se formó la mayor parte de los ciclones tropicales fue en la región D, con un total de 13 casos, para un 37.1% del total. Le siguió la región A, con un total de 8 casos para un 22.9%, la región F con un total 6 casos para un 17.1%, la región B con 4 casos para un 11.4%, la región E con tres casos para un 8.6%, la región C con un caso para un 2.9% y en la región G no se desarrollo ningún ciclón tropical que afectará después a la provincia de Villa Clara.

Ahora la distribución por meses fue la siguiente, en el mes de junio nos afectó un ciclón tropical formado en el Atlántico cercano a Cuba (Bahamas occidentales), en julio no se han tenido afectaciones en el periodo de estudio, en agosto todos se formaron en el Atlántico tropical y la mayoría entre los 10° y los 20° de LN; solo un caso se formó en el Mar Caribe Oriental, los de agosto-septiembre en el Atlántico tropical entre los 10° y los 20° de LN, en septiembre hay un cambio en la

formación, ya que predominan el Atlántico por encima de los 20° LN y dos casos en el Atlántico tropical entre los 10° y los 20° de LN, los ciclones tropicales de octubre, octubre-noviembre y noviembre son mayoritariamente formados en el Mar Caribe Occidental y Mar Caribe Oriental en menor medida, solo un caso en el Atlántico por encima de los 20° LN y un caso en el atlántico tropical entre los 10° y los 20° de LN.

Se debe señalar por la posición que se encuentra la provincia, los lugares de entrada predominantes son el suroeste, sur y sudeste respectivamente, pero resulta significativo que los ciclones tropicales que vienen en una dirección del Este o el Este-Nordeste son muy peligrosos para la provincia, sobre todo hacia la porción costera de esta, donde hay asentamientos costeros importantes y una cayería fundamentalmente turística con un pedraplén asociado y refugios ecológicos importantes, véase figura # 3.

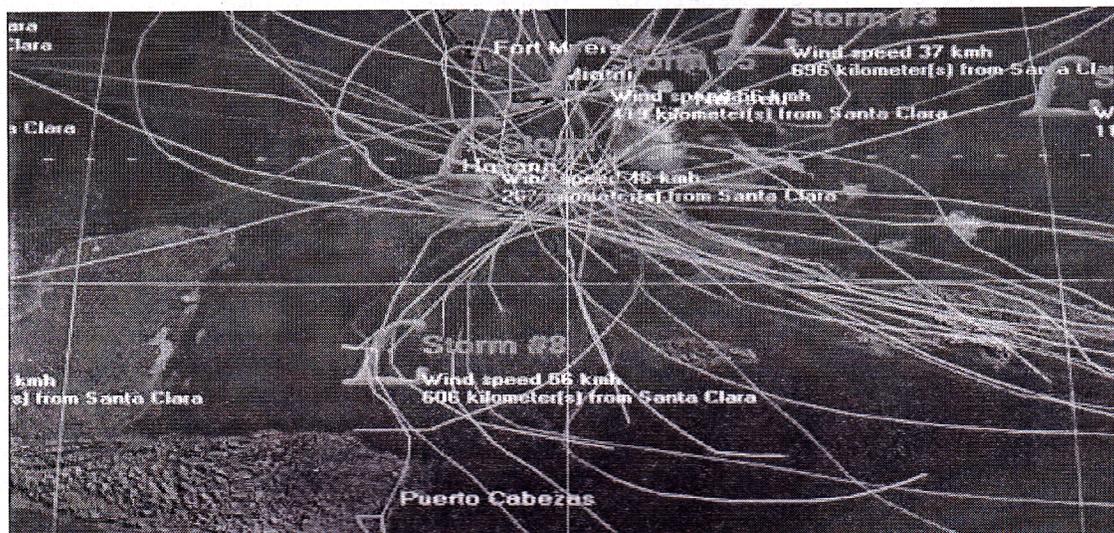


Fig.3. Trayectoria de los 35 ciclones tropicales que ha afectado a la provincia de Villa Clara en el período 1886-2001.

Modelación estadística y cálculo de los períodos de retorno

En las siguientes tablas operativas, **fo(k)** es la frecuencia observada, **pe(k)** es la probabilidad estimada, **c2** es el valor del estadígrafo Chi cuadrado para la dócima de bondad del ajuste, **Q(k)** es la suma acumulada de las probabilidades estimadas y **T(k)** es el período de retorno estimado en años, véase tabla # 3, tabla # 4 y tabla # 5, (Hernández *et al.* 2002), (Pérez *et al.* 2001), (Sneyers, 1975).

La variable aleatoria X que cuenta el número de ciclones tropicales/año que azotaron a la provincia de Villa Clara (1886-2001) se distribuye según una ley de Poisson P(x) de parámetro estimado:

$$L = \# \text{ ciclones tropicales} / \# \text{ Total de Años} = 35/116 = 0.3017 \text{CT/año} \approx (0.3 \text{ CT/año}).$$

$$P(x) = \exp(-0.3017) \times \frac{0.3017^x}{x!}$$

para $x = 0, 1, 2$

Tabla 3. Cálculos para el ajuste de una ley de Poisson a la variable aleatoria X que cuenta el número de ciclones tropicales/año que azotaron a Villa Clara (1886-2001).

| k (clase) | f ₀ (k) | Pe(k) | Frecuencia Esperada $\chi^2=0.39$ | Q(k) | T(k) |
|-----------|--------------------|--------|--------------------------------------|--------|-------|
| 0 CT/a | o 84 | 0.7395 | 84.45 | 0.7395 | ----- |
| 1 CT/a | o 29 | 0.2231 | 28.90 | 0.9626 | 3.84 |
| 2 CT/a | o 3 | 0.0337 | 2.64 | 0.9963 | 26.74 |

El modelo P(x) se ajusta con coeficientes de confianza de 95%.

La variable aleatoria Y que cuenta el número de huracanes/año que azotaron a la provincia de Villa Clara (1886-2001) se distribuye según una ley de Poisson P(y) de parámetro estimado:

$L = \# \text{ Huracanes} / \# \text{ Total de Años} = 16/116 = 0.13793 \approx (0.1 \text{ H/año})$

$$P(y) = \exp(-0.13793) \times \frac{0.13793^y}{y!}$$

para $y = 0, 1$

Tabla 4. Cálculos para el ajuste de una ley de Poisson a la variable aleatoria discreta Y que cuenta el número de huracanes/año que azotaron a la provincia de Villa Clara (1886-2001).

| k (clase) | f ₀ (k) | Pe(k) | Frecuencia Esperada $\chi^2=0.58$ | Q(k) | T(k) |
|-----------|--------------------|--------|--------------------------------------|--------|-------|
| 0 H/a | o 100 | 0.8712 | 100.42 | 0.8712 | ----- |
| 1 H/a | o 16 | 0.1202 | 15.58 | 0.9914 | 7.76 |

El modelo P(y) se ajusta con coeficientes de confianza de 95%.

La variable aleatoria Z que cuenta el número de huracanes intensos / año que azotaron a la provincia de Villa Clara (1886-2001) se distribuye según una ley de Poisson P(z) de parámetro estimado: $L = \# \text{ huracanes Intensos} / \# \text{ Total de Años} = 3/116 = 0.0259 \approx (0.02 \text{ HI/año})$.

$$P(Z) = \exp(-0.0259) \times \frac{0.0259^z}{z!}$$

para $z = 0, 1$

Tabla 5. Cálculos para el ajuste de una ley de Poisson a la variable aleatoria discreta Z que cuenta el número de huracanes intensos/año que azotaron a la provincia de Villa Clara (1886-2001).

| k (clase) | f ₀ (k) | Pe(k) | Frecuencia Esperada $\chi^2=0.58$ | Q(k) | T(k) |
|-----------|--------------------|--------|--------------------------------------|--------|-------|
| 0 HI/a | o 113 | 0.9738 | 113.54 | 0.9738 | ----- |
| 1 HI/a | o 3 | 0.0221 | 2.46 | 0.9959 | 38.16 |

Los ciclones tropicales, son fenómenos característicos que satisfacen los postulados del modelo de Poisson, debido a la pequeña probabilidad de ocurrencia en series hiperanuales con un largo período observacional, y a la independencia estocástica inherente en la evolución por temporadas, (Hernández *et al.* 2002).

Análisis de la tendencia y determinación de puntos de cambios significativos.

En la actualidad con los cambios globales pronosticados un estudio adecuado de la determinación de tendencias y puntos de cambios climáticos sobre la base de series homogéneas de datos con un largo período observacional es de suma importancia. Además entramos en un período de gran actividad de ciclones tropicales en la cuenca del Atlántico y el Mar Caribe, (Ballester y González 2001).

Las diferentes metodologías para la detección de cambios climáticos han sido citadas por Cavadias (1992); Sneyers (1992) recomienda la utilización de las dócimas de Wald - Wolfowitz (análisis de la correlación de serie), Mann - Kendall (análisis de la tendencia en las formas directa e inversa) y Pettitt (ubicación cronológica de un punto de cambio), (Hernández *et al.* 2002).

El nivel de significación $\alpha_0 = 5\%$ se tomó para la aceptación ($a_1 > a_0$) o el rechazo ($a_1 < a_0$) de la hipótesis nula (homogeneidad para las pruebas de Mann, Wald - Wolfowitz, diferencia no significativa para la de Pettitt).

A continuación se muestra el estadígrafo de Wald-Wolfowitz, Mann y Pettitt para los ciclones tropicales en el período 1886-2001, véase tabla 6.

Tabla 6. Estadígrafos de Wald- Wolfowitz, Mann y Pettitt para los ciclones tropicales en el período 1886-2001.

| Estad | grafos | α_1 |
|----------------|------------|------------|
| Wald Wolfowitz | - 1.450591 | 0.9266 |
| Mann | - 0.804107 | 0.4213 |
| Pettitt | 437 (22) | 0.4830 |

En todos los casos se cumple que $a_1 > a_0$, donde $\alpha_0 = 0.05$.

Como se puede observar, la serie no presenta tendencia global ni interna para significación ni del 5 ni del 10%, por lo que puede considerarse homogénea, es decir, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad, véase figura 4.

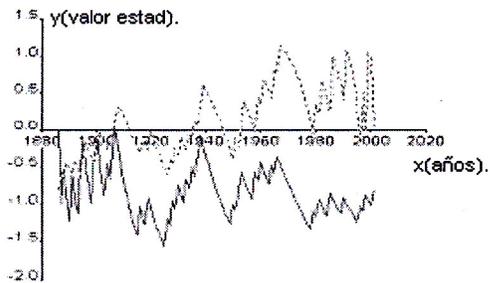


Fig. 4. Serie directa y retrógrada de Mann – Kendall para los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2001.

Además se puede concluir por el estadígrafo de Mann-Kendall, que los ciclones tropicales tienen una ligera tendencia al decrecimiento, pero no resultó ser significativa con un nivel de tolerancia del 5% ni del 10%, por lo que se puede afirmar que se ha detenido esta fase y comenzamos una fase de recuperación ciclónica, en correspondencia con los trabajos de Ballester y González (2000), (Ballester y González, 1997a).

Con respecto a estos datos, el estadígrafo de Pettitt alcanza el valor máximo absoluto de $P = 437$ en el año 1907 (véase figura 5), con un punto de cambio bajo el 5 y 10% de nivel de significación; resultado que está en correspondencia con los datos: el período 1886-1907 (22 años) contiene el 30.6% del total de ciclones tropicales que afectaron a Villa Clara.

En la figura # 6 se puede observar la frecuencia de afectación de los ciclones tropicales a la provincia, en ella se ven periodos gran actividad ciclónica y periodos de poca actividad.

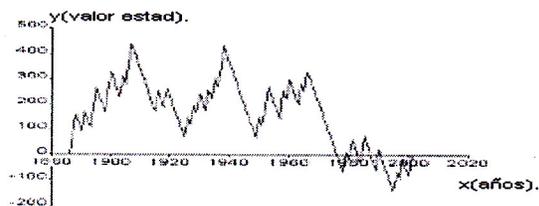


Fig.5. Estadígrafo de Pettitt para los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2001.

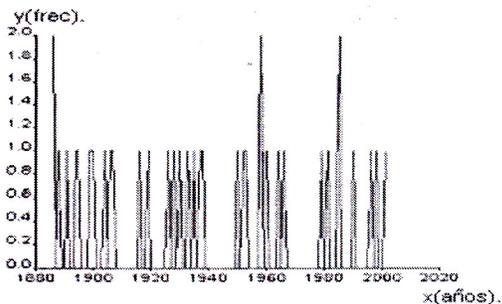


Fig. 6. Frecuencia anual observada para los ciclones tropicales en Villa Clara en el período 1886-2001.

A continuación se muestra el estadígrafo de Mann-Kendall, Wald-Wolfowitz y Pettitt para los huracanes en el período 1886-2001, véase tabla 7.

Tabla 7. Estadígrafos de Mann-Kendall, Wald-Wolfowitz, y Pettitt para los huracanes en el período 1886-2001.

| Estadígrafos | | α_1 |
|----------------|------------|------------|
| Wald Wolfowitz | - 0.0679 | 0.5271 |
| Mann-Kendall | - 0.119304 | 0.9050 |
| Pettitt | 356.0 (14) | 0.6169 |

En todos los casos se cumple que $a_1 > a_0$, donde $a_0=0.05$. Como se puede observar, la serie no presenta tendencia global ni interna para significación ni del 5 ni del 10% por lo que puede considerarse homogénea, es decir, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad.

Además se puede concluir por el estadígrafo de Mann-Kendall, que los huracanes tienen una ligera tendencia al decrecimiento, pero no resultó ser significativa, aplicando un nivel de tolerancia del 5% y del 10%, vease figura 7.

Con respecto a estos datos, el estadígrafo de Pettitt alcanza el valor máximo absoluto de $P = 356$ en el año de 1899 (véase figura 8), con un punto de cambio bajo el 5 y 10% de nivel de significación; resultado que está en correspondencia con los datos: el período 1886-1899 (14 años) contiene el 37.5% del total de huracanes que afectaron a Villa Clara.

En la figura # 9 se puede observar la frecuencia de afectación de los huracanes a la provincia, en ella se ven periodos gran actividad ciclónica y periodos de poca actividad.

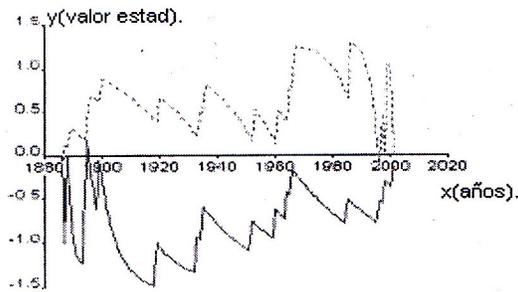


Fig. 7. Serie directa y retrógrada de Mann – Kendall para los huracanes en Villa Clara en el período 1886-2001.

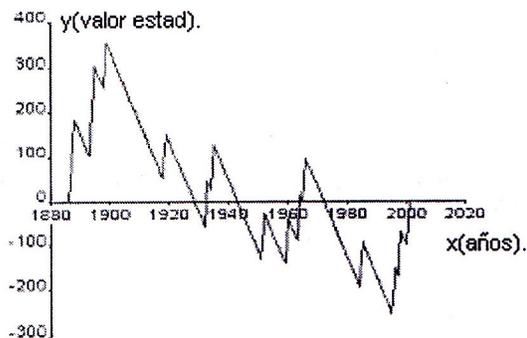


Fig. 8. Estadígrafo de Pettitt para los huracanes en Villa Clara en el período 1886-2001.

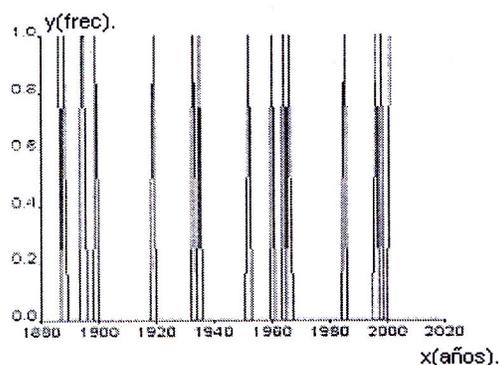


Fig. 9. Frecuencia anual observada para los huracanes en Villa Clara en el período 1886-2001.

Conclusiones y recomendaciones:

Los meses más peligrosos son septiembre, agosto y octubre, respectivamente, lo cual está en correspondencia con que la zona de origen predominante sea al Este del arco de las Antillas, seguida del mar Caribe Occidental, en concordancia con el trabajo de Limia *et al.* (2003).

El período de retorno hallado para cada categoría, confirma la peligrosidad en que se encuentra nuestra provincia (desde el año 2001 no es afectada por un ciclón tropical, y el período de retorno hallado es de 3.84 años). Estos períodos de retorno son de suma importancia para la evaluación de riesgos y vulnerabilidad de diferentes poblaciones y objetivos económicos.

A pesar de que nunca hemos sido afectado por un huracán de categoría 4 ni 5 en la escala Saffir-Simpson, no debe llevar esto a la confianza, debido que entramos en una época de fuerte actividad ciclónica, y según los cambios climáticos pronosticados en el futuro es aún más probable una afectación de un huracán de esta categoría, (recuérdese que el período de retorno hallado para los grandes huracanes es de 38,16 años y que el último que nos afectó fue en el año 1952).

La tendencia de los ciclones tropicales y los huracanes, es un decrecimiento no significativo desde el punto de vista estadístico y esto confirma que estamos en nuestra provincia en un período de recuperación y fortalecimiento de la actividad ciclónica.

Agradecimientos:

Este trabajo contó con la valiosa colaboración del meteorólogo José Bienvenido Bueno Ruiz, destacado estudioso de la climatología de los ciclones tropicales, quien legó innumerables y muy valiosas enseñanzas, informaciones y recomendaciones para la realización de este trabajo.

Bibliografía:

Alvarez Lourdes.; R. Alvarez; I. Borrajero (1999): Estudio de la tendencia de las modas anuales de temperatura para la estación meteorológica de Casablanca. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*, Vol 5. No 1. Disponible en: http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/v05_n01/espanol/ab_art1.htm. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Alvarez Lourdes.; R. Alvarez; I. Borrajero (1999a): Estudio de la permanencia y de las oscilaciones contiguas del viento en la zona de emplazamiento de la Central Electronuclear de Juraguá. *En Memorias de la Convención Trópico 99*. Ciudad de la Habana, Cuba, 29 de marzo al 2 de abril de 1999, publicación electrónica.

Ballester, Maritza; González, Cecilia (1997a): Variaciones y tendencias de la ciclogénesis en el Atlántico Norte. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol.3, No.1. Disponible en: <http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/>. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Ballester, Maritza; González, Cecilia (1997b): Relación entre la actividad solar y la ciclogénesis tropical en el Atlántico Norte. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol.3, No.1. Disponible en: <http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/>. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Ballester, Maritza; González, Cecilia (2001): Variaciones y tendencias de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol.7, No.1. Disponible en: http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/v07_n01/espanol/art_3-1.htm. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Comunicación Personal (1985): Comunicación Personal de la Defensa Civil de la Provincia Villa Clara

Hernández N, Vega, R, Casals, R (2002): Estudios de los sistemas meteorológicos que han afectado a Baracoa por penetraciones del mar e inundaciones costeras. Revista Cubana de Meteorología. Vol 9. No 2. pp 58-69.

MEI Ranks (last update: 10 January 2006). Disponible en Word Wide Web <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/rank.html>. Consultado por última vez 19 de enero de 2006.

Mellado, E, Borrajero, I (1997): Programa para el cálculo de índices de tendencia en Series temporales, versión 2.0 Beta. INSMET. Ciudad de la Habana.

Limia, Miriam ; Vega, R; Perez, R(2003): **Climatología de los ciclones tropicales que han afectado a Cuba y sus provincias. En Memorias del Congreso Iberoamericano de Meteorología «La meteorología y el desarrollo sostenible»,** Ciudad de la Habana, Cuba, 3 de marzo al 7 de marzo de 2003, publicación electrónica.

Ortiz, R. (1994): Trayectorias de los ciclones tropicales del Atlántico. Instituto de Meteorología, CITMA, C. Habana. 76 pp.

Pérez, R; Vega, R y Limia, Miriam (2001): Los huracanes más intensos y desastrosos de Cuba en los últimos dos siglos. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol.7, No.2. Disponible en: http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/v07_n02/espanol/art_3-1.htm. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Pérez, R; Vega, R y Limia, Miriam (2000): Los ciclones tropicales que han afectado a las provincias de ciudad de la Habana y la Habana.. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba. Vol.6, No.1. Disponible en: http://www.met.inf.cu/sometcuba/Boletin/v06_n01/espanol/art_540.htm. Visitado por última vez 19 de enero del 2006.

Rodríguez Ramírez, M. (1976): Cronología clasificada de los huracanes que han azotado a Cuba hasta 1975. UDICT, Instituto de Meteorología, La Habana. 7 pp.

Simpson, R. H. (1974): The hurricane disaster potential scale. Weatherwise. 27, p. 169-186.

Sneyers, R. (1975): Sur l'analyse statistique des séries d'observations. O.M.M., N.T. No. 143, 192 pp. English version, W.M.O. 1990.

Quinn El Niño Index, 1525-1987 (2005). Disponible en Word Wide Web http://www.jisao.washington.edu/data_sets/quinn/. Consultado por última vez 19 de enero de 2006.

Abstracts:

A study of the tropical cyclone that have affected Villa Clara during 1886 at 2001 is made. It was carried out a climatological description of these tropical organisms, the distribution function and the periods of return were calculated for the tropical cyclone, hurricanes and majors hurricanes. The distribution of frequencies according to the variations in cyclogenetic zones and the trend are studied. This work improved our knowledge about the tropical cyclone. It is of a lot of utility in the evaluation of risks and different populations' vulnerability and economic objectives of our county. This work will be good for a better understanding of the hurricanes and its impact in a new decade of high cyclonal activity.

Key words: tropical cyclone, climatology, periods of return, trends.