

## PROBABILIDADES DE AFECTACIÓN POR CICLONES TROPICALES EN BARACOA

Nilo Hernández Orozco<sup>1</sup>  
Raimundo Vega González<sup>2</sup>  
Reynaldo Casals Taylor<sup>3</sup>

### RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo consiste en la caracterización estadístico-climatológica de los ciclones tropicales que han provocado afectaciones en la zona de Baracoa (extremo oriental de Cuba) sobre la base de una cronología que, por primera vez, se elaboró cubriendo un período de 128 años con actualización hasta 1998.

Se realiza un estudio de los ciclones tropicales que afectaron a la ciudad de Baracoa durante el período 1871-1998, determinándose que el mes de septiembre es el de mayor frecuencia de ocurrencia de ciclones tropicales, seguido por agosto, y que los meses de octubre y noviembre ocupan el tercer lugar con igualdad de frecuencias. Esta característica difiere del comportamiento de los ciclones tropicales en la región occidental de Cuba donde el mes de octubre y noviembre ocupan el tercer lugar con igualdad de frecuencias. Esta característica difiere del comportamiento de los ciclones tropicales en la región occidental de Cuba donde el mes de octubre es el de mayor frecuencia de ocurrencia y el de mayor peligrosidad con respecto a huracanes intensos.

---

<sup>1</sup> Departamento de Meteorología Marina. Instituto de Meteorología (INSMET).- Apartado 17032 Habana 17 CP 11700.- Fax (527) 33-8010.- E-mail: [meteoro@ceniai.inf.cu](mailto:meteoro@ceniai.inf.cu)

<sup>2</sup> Centro Nacional del Clima (INSMET).

El modelo de Poisson se ajusta a la variable aleatoria discreta que cuenta el número de ciclones tropicales y, en particular, el número de huracanes por año que han afectado a Baracoa, calculándose los períodos de retorno correspondientes.

Las penetraciones del mar con inundaciones costeras en la zona de Baracoa se originan, en algunos casos, por la influencia de los ciclones tropicales, así como por otros fenómenos migratorios que no son de carácter tropical.

Los resultados obtenidos generan información de utilidad para la Defensa Civil y el Gobierno local, los cuales tienen la misión de salvaguardar los recursos humanos y materiales ante este tipo de contingencia y mitigar los efectos negativos asociados. Además, el estudio realizado contribuye al proceso de ampliación del conocimiento sobre la ocurrencia de eventos extremos en la región oriental del país.

\*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

This paper aims to characterize both statistically and climatologically the tropical cyclones affecting the zone of Baracoa (Cuba's east side) on the chronological basis of 128 years counted from 1871 up to 1998. The analysis of such cyclones showed they occurred more frequently in September, then in August, and, in third place, in October and November when they showed the same frequency. The behavior of these tropical cyclones opposes to that of cyclones occurring in the west side of Cuba, where they are more frequent, intensive and harmful in October. Poisson's model fits the discreet random variable which counts the number of tropical cyclones, and particularly, the number of those affecting Baracoa, including their periods of return. The penetrations of sea that flow coasts in Baracoa zone are due, in some cases, to the influence of tropical cyclones and to other migrant non-tropical phenomena. The results of this study provide useful information for Civil Defence and the local government, whose missions are to safeguard the human and material resources in the presence of this kind of hazards and to alleviate the associate negative effects. Moreover, the study contributes to increase the knowledge of the occurrence of violent hurricanes in the east region of the country.

## I. INTRODUCCIÓN

El extremo oriental de Cuba (provincia de Guantánamo) pertenece a la llamada Zona Oriental de Vientos Máximos de Cuba, al este del meridiano 77°W (Vega e tal, 1990), donde se ha registrado la ocurrencia de ciclones tropicales del Atlántico Norte que han generado, en ocasiones, penetraciones del mar en el litoral de las costas sur y norte con afectaciones notables.

El objetivo principal del trabajo consiste en la caracterización estadístico-climatológica de los ciclones tropicales que han provocado afectaciones en la zona de Baracoa, aspecto de interés específico en el proceso de obtención de información válida para la toma de decisiones por diversos organismos del estado y del Gobierno, contribuyendo de esta manera a una ampliación del conocimiento sobre la ocurrencia de eventos extremos en la región oriental de Cuba.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se consultaron varias cronologías sobre ciclones tropicales en el Atlántico Norte y en Cuba (Fernández de Castro, 1871; Garriott, 1900; Millás, 1923; Gutiérrez, 1934; Tannehill, 1945; Rodríguez, 1978, 1979; Ortiz, 1973, 1975; Neumann e tal, 1985), así como los anuarios (publicaciones) del Observatorio de Belén, el álbum del Observatorio de Belén (información extraída en forma de recortes de periódicos), boletines especiales y los resúmenes de temporadas ciclónicas elaborados en el Instituto de Meteorología. En el proceso de extracción

de los datos se consideraron las trayectorias disponibles contenidas en un círculo de 300 Km de radio con centro en la ciudad de Baracoa. La escala de Saffir-Simpson (SS) para huracanes (citada por Neumman et al, 1985) es empleada conjuntamente con la conocida categorización de los huracanes dada por el Instituto de Meteorología.

En la modelación estadística para la determinación de los períodos de retorno de interés se utilizaron leyes de probabilidad asociadas a variables aleatorias discretas y las dójimas de bondad del ajuste de Kolmogorov-Smirnov y Chi-Cuadrado (Sneyers, 1975; Ostle, 1981). El análisis de la tendencia y puntos de cambio se realizó mediante las dójimas de Mann-Kendall y Pettitt (Sneyers, 1975, 1992). El período seleccionado 1871-1998 corresponde al período ininterrumpido con trayectorias de ciclones tropicales (mapas de trayectorias).

### III. RESULTADOS.

#### III.1 CLIMATOLOGÍA DE LOS CICLONES TROPICALES EN BARACOA.

Sobre la base de una revisión crítica y actualización de varias cronologías, **la zona de Baracoa ha sido azotada por 64 ciclones tropicales (CT): 41 casos con la categoría de tormenta tropical (TT) y 23 casos con la categoría de huracán (H) durante el período 1871-1998 (128 años).**

Teniendo en cuenta una información complementaria disponible, podemos afirmar que **en 199 años (período 1800-1998) no se ha registrado huracán que haya afectado a la zona de Baracoa con al categoría de gran intensidad.** En la tabla 1 se observa el predominio de las afectaciones en septiembre y agosto, seguido por octubre y noviembre en igualdad de frecuencias de ocurrencia.

**Tabla 1. Distribución mensual y por categorías de los ciclones tropicales que han afectado a la zona de Baracoa (1871-1998).**

	TT	H1	H2	H3	Total
jun	1	1	0	0	2
jul	2	0	0	0	2
ago	12	3	1	0	16
ago-sep	0	1	0	0	1
sep	12	7	4	0	23
sep-oct	0	1	0	0	1
oct	6	1	2	0	9
oct-nov	1	0	0	0	1
nov	7	1	1	0	9
Total	41	15	8	0	64

(H1: huracán de poca intensidad; H2: huracán de moderada intensidad; H3: huracán de mucha intensidad)

Si consideramos los ciclones tropicales con trayectorias disponibles, se observa que **la mayoría (61,3%) de los ciclones tropicales que afectaron a Baracoa se originaron en la zona del Atlántico Norte al este del arco de las Antillas Menores (entre los paralelos 10° y 20°N) y solamente el 24.2% en el Mar Caribe. Además, el 42.9% (del total admisible) corresponde a ciclones tropicales que cruzaron previamente sobre la Isla de La Española.**

De la información obtenida se deduce que, en Baracoa (período 1871-1998):

- En 75 años no se registran ciclones tropicales;
- El número mayor de años consecutivos sin afectaciones por ciclones tropicales es de ocho (en 1967-1974 y 1986-1993);
- El número mayor de años consecutivos con afectaciones por ciclones tropicales es de siete (en 1882-1888);

- El número mayor de ciclones tropicales en un año es de tres (en 1899, 1908 y 1916);
- En 107 años no se registran huracanes;
- **El número mayor de años consecutivos sin afectaciones por huracanes es de 41 (en 1913-1953);**
- El número mayor de años consecutivos con afectaciones por huracanes es de dos (en 1883-1884, 1908-1909, 1954-1955 y 1979-1980);
- **El número mayor de huracanes en un año es de dos: en 1908 se registraron dos huracanes en un mismo mes (septiembre).**

En la figura 1 (Anexo) aparecen las trayectorias de los ciclones tropicales más intensos que azotaron a Baracoa durante el período 1871-1998. La trayectoria (aproximada) del huracán de noviembre de 1909 fue elaborada de acuerdo con la información suministrada por los boletines emitidos por el Observatorio de Belén. La trayectoria del huracán de agosto de 1909 fue tomada del Boletín del Observatorio Nacional, que difiere notablemente de la consignada por Neumann e tal (1985).

### III. EVENTOS RELACIONADOS CON PENETRACIONES DEL MAR E INUNDACIONES COSTERAS.

Se catalogaron y analizaron seis eventos de interés; en particular, **el evento de noviembre 28-diciembre 5 de 1887** puede ser considerado como un fenómeno complejo severo (**el más notable reportado durante el período de referencia relativo a penetraciones del mar en Baracoa**, conformado por la acción de altas presiones postfrontales (frente frío reversino en La Habana del día

26 al 27 con «recio norte») y un huracán describiendo lentamente un «lazo» sobre Bahamas (del día 28 al 29). De acuerdo con los periódicos de la época, los vientos fuertes que azotaron a Baracoa comenzaron a sentirse desde finales de noviembre; el mar invadió el litoral durante los días 3, 4 y 5 de diciembre llegando hasta el interior de la ciudad provocando enormes daños (105 casas destruidas, grandes daños en la Bahía) sin que se registraran desgracias personales. Ortiz (1975) cataloga el huracán (extemporáneo) con el «lazo» sobre las Bahamas orientales, pero no dice de afectaciones a Cuba.

Hernández e tal (1998), en un estudio sobre penetraciones del mar en Baracoa, catalogaron y analizaron otros eventos asociados a ciclones tropicales y anticiclones migratorios.

### III.3. MODELACIÓN ESTADÍSTICA Y CÁLCULO DE PERÍODOS DE RETORNO.

En la siguiente tabla operativa, **fo(k)** es la frecuencia observada, **pe(k)** es la probabilidad estimada, **fe(k)** es la frecuencia esperada, **Q(k)** es la suma acumulada de las probabilidades esperadas y **T(k)** es el período de retorno estimado (Sneyers, 1975).

Las variables aleatorias X y Y que cuentan el número de ciclones tropicales/año y el número de huracanes/año que azotaron a la zona de Baracoa (1871-1998) se distribuyen según leyes de Poisson P(x) y P(y) de parámetros estimados **L1 = 64/128 = 0.5 CT/año** y **L2= 23/128 = 0.179688 ~ 0.2 H/año**, respectivamente.

$$P(x) = [(0.5)^x/x!].\exp (-0.5) \quad (x = 0,1,...)$$

$$P(y) = [(0.179688)^y/x!].\exp (-0.179688) \quad (y = 0,1,...)$$

**Tabla 2. Cálculos para el ajuste de leyes de Poisson a las variables aleatorias X y Y que cuentan el número de ciclones tropicales/año y el número de huracanes por año (respectivamente) que azotaron a la zona de Baracoa (1871-1998).**

	K (clase)	fo(k)	pe(k)	fe(k)	Q(k)	T(k)
	0 CT/año	<b>75</b>	0.606531	<b>77.64</b>	0.656031	———
	0 H/año	<b>107</b>	0.835531	<b>106.95</b>	0.835531	———
	1 CT/año	<b>45</b>	0.303266	<b>38.82</b>	0.909797	<b>2.54</b>
	1 H/año	<b>19</b>	0.150135	<b>19.22</b>	0.985666	<b>6.09</b>
	2 CT/año	<b>5</b>	0.075817	<b>9.70</b>	0.985614	<b>11.09</b>
	2 H/año	<b>2</b>	0.013489	<b>1.73</b>	0.999155	<b>69,76</b>
	3 CT/año	<b>3</b>	0.012636	<b>1.62</b>	0.998250	<b>69.51</b>
	3 H/año	<b>0</b>	0.000808	<b>0.10</b>	0.999963	<b>1183.43</b>

Los modelos  $P(x)$  y  $P(y)$  se ajustan con coeficientes de confianza de 90 y 95%.

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.

#### **III.4. ANÁLISIS DE LA TENDENCIA Y DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE CAMBIO SIGNIFICATIVOS.**

La determinación adecuada de tendencias y puntos de cambio sobre la base de series homogéneas de datos (variables meteorológicas y fenomenología) con un largo período observacional, es una cuestión



de actualidad. Las diferentes metodologías para la detección de cambios climáticos han sido citadas por Cavadias (1992); Sneyers (1992) recomienda la utilización de las dójimas de Mann-Kendall (análisis de la tendencia en las formas directa e inversa) y Pettitt (ubicación cronológica de un punto de cambio).

En la figura 2 (Anexo) se dan los datos de frecuencias observadas de ciclones tropicales/año en Baracoa (1871-1998), los cuales presentan una tendencia decreciente bajo el 5 y 10% de nivel de significación, adquiriendo el estadígrafo de Mann-Kendall el valor global de **MK = -2.035008** (figura 3, Anexo). A priori, no existe un criterio que induzca a admitir la persistencia del proceso de decrecimiento significativo de esta tendencia en el futuro. Además, con respecto a estos datos, el estadígrafo de Pettitt alcanza el valor máximo absoluto de **P = 886** en el año de 1936 (figura 4, Anexo), pero no se tiene punto de cambio bajo el 5 y 10% de nivel de significación, aunque es preciso señalar que el valor crítico calculado difiere poco del 10%. Sin embargo, **suponiendo que durante el presente año (1999) no se presenten afectaciones por ciclones tropicales, se confirmaría la existencia de un punto de cambio bajo el 10% de nivel de significación en el año de 1936 en Baracoa, resultado que está en correspondencia con los datos: el período 1871-1936 (66 años) contiene el 68.8% del total de CT que azotaron a esta zona.**

#### IV. CONCLUSIONES

En Baracoa, el mes de mayor probabilidad de afectación por ciclones tropicales y, en particular, por huracanes de moderada intensidad es septiembre, característica que difiere del comportamiento en la frecuencia de ocurrencia de ciclones tropicales y el de mayor peligrosidad relativo a huracanes intensos. De acuerdo al modelo ajustado, la probabilidad de ocurrencia de (al menos) un huracán es pequeña (16,3%) y el período de retorno correspondiente es de 6.1

años (como promedio), pero se presenta un desplazamiento notable en la distribución hiperanual debido a que la mayoría de los huracanes catalogados se concentra en el período 1871-1912. En 128 años, la zona de Baracoa ha sido azotada por 15 huracanes de categoría 1 (SS1) y 8 huracanes de categoría 2 (SS2).

El fenómeno que produjo la mayor y más destructora inundación por penetraciones del mar en la ciudad de Baracoa no fue precisamente la acción directa de un ciclón tropical, estimándose que el evento de diciembre 1/5 de 1887 se generó principalmente por la influencia anticiclónica con brisotes (vientos locales) extraordinarios. De esta manera, en Baracoa, resulta de interés específico (además de los ciclones tropicales), la acción de las altas presiones (conjuntamente o no con bajas extratropicales) que pueden provocar vientos muy fuertes y marejadas notables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Fernández de Castro, M., (1871): **Estudio sobre los huracanes en la Isla de Cuba**. Imprenta de J.M. Lapuente, Madrid. 288 págs.
- Gariott, E.B. (1900): **West Indian Hurricanes**. U.S. Department of Agriculture. W.B. N° 232. Bulletin H. 69 págs.
- Gutiérrez Lanza M.S.J., M., (1934): **Ciclones que han pasado por la Isla de Cuba, o tan cerca que hayan hecho sentir en ella sus efectos con alguna fuerza desde 1865 a 1933**. Cultural, S.A., Habana. 23 págs.
- Hernández, N., R. Casals y P.J. Pérez (1998): **Situaciones meteorológicas que han producido marejadas fuertes e inundaciones costeras en la ciudad de Baracoa**. Departamento de Meteorología Marina. Instituto de Meteorología, CITMA. 11 págs.
- Millás, J.C., (1923): **Huracanes que han afectado a Cuba desde 1494 al 1856**. Boletín del Observatorio Nacional, Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo. Vol. XIX, N° 1.
- Neumann, Ch.J., G.W. Cry, E.L. Caso, y B.R. Jarvinen, (1985): **Tropical cyclones**

**of the North Atlantic Ocean, 1871-1980 (updated through 1984).** NOAA, U.S. Department of Commerce. 174 págs.

Ortiz, R., (1973): **Trayectorias de huracanes y de perturbaciones ciclónicas del Océano Atlántico, del Mar Caribe y del Golfo de México (1919-1969).** Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba. 106 págs.

----- (1975): **Organismos ciclónicos tropicales extemporáneos.** Serie meteorológica N° 5. Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba. 99 págs.

Ostle, B., (1979): **Estadística Aplicada. Editorial Científico-Técnica,** La Habana. 629 págs.

Rodríguez, M. (1978): **Cronología clasificada de los huracanes que han azotado a Cuba desde 1800 hasta 1975 (176 años).** Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba. 7 págs.

----- (1989): **Cronología clasificada (por intensidades y provincias) de los huracanes que han afectado a Cuba desde el Descubrimiento hasta 1988.** Laboratorio Conjunto Cubano-Soviético de Meteorología Tropical, Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba. 9 págs.

Sneyers, R., (1975): **Sur l'analyse statistique des series d'observations.** Note Technique N° 143. OMM-N° 15. 189 págs.

----- (1992): **On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change.** Meteorol. Zeitschrift, N.F.1. pág. 247-256.

Tannehill, I.I., (1945): **Hurricanes. Their nature and history.** Princeton University Press, N.J. 275 págs.

Vega, R., M.E. Nieves, M.E. Sardiñas, y A. Centella. (1990): **Análisis estadístico-Climatológico del régimen de la velocidad máxima del viento en Cuba.** Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba. 65 págs.

ANEXOS

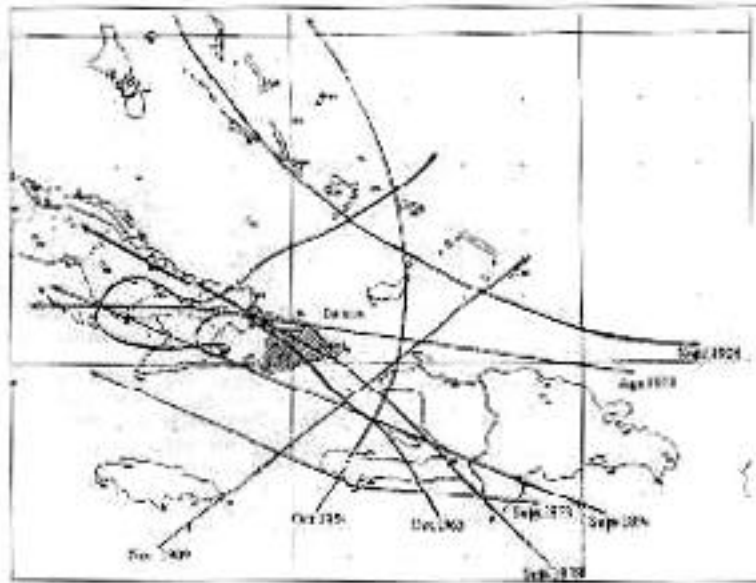


Fig 1: Trayectoria de los huracanes de moderada intensidad que han afectado a Baracoa y su vecindad (1871-1998)

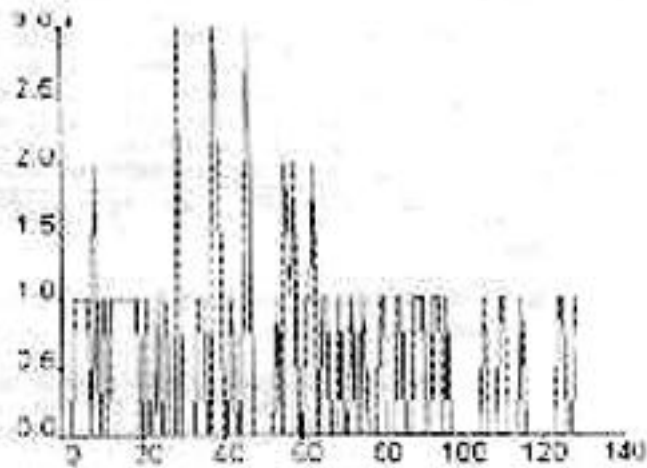


Fig. 2 Ciclones tropicales por año en Baracoa 1871-1998

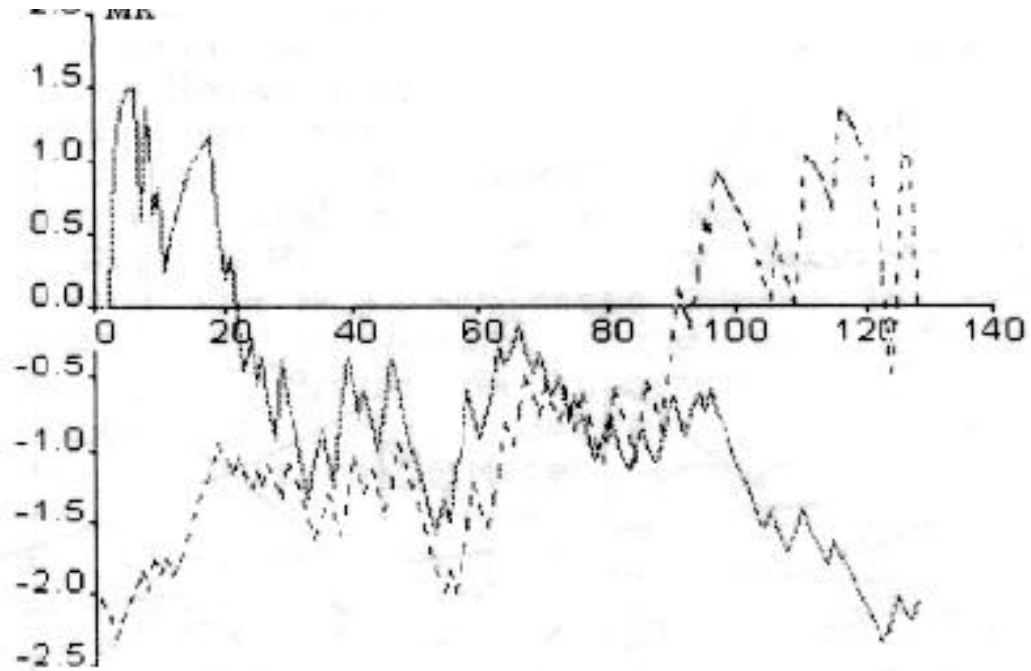


Fig. 3. Ciclones tropicales por año en Baracca (1871-1998)  
Estadígrafos de Mann - Kendall

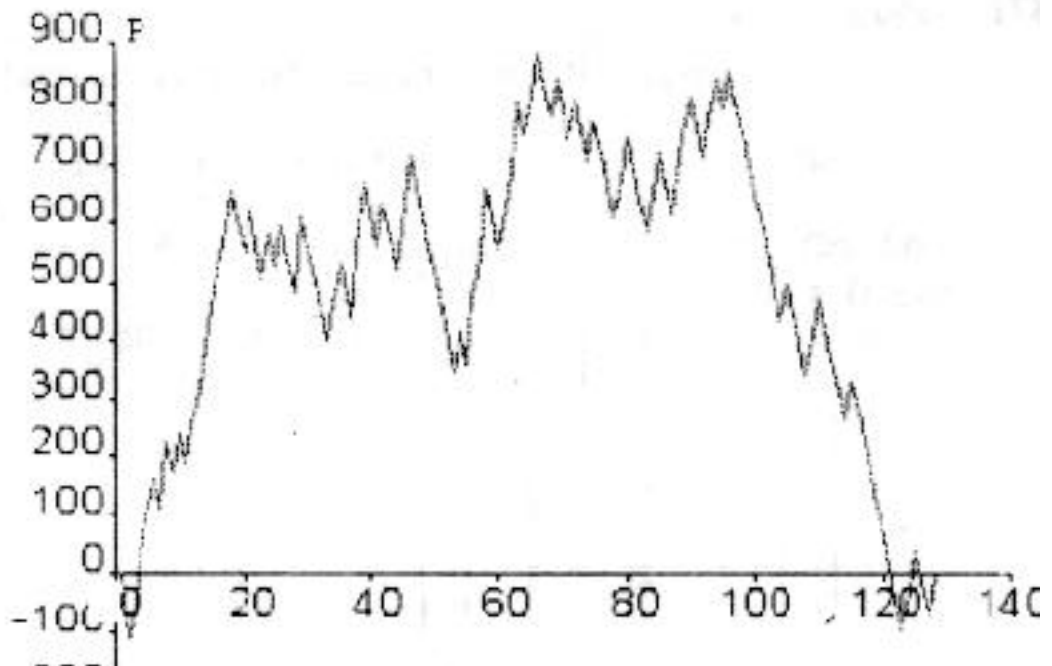


Fig. 4. Ciclones tropicales por año en Baracca (1871-1998). Estadígrafo de Pettitt.