

***PRONOSTICO ESTADISTICO DEL NUMERO TOTAL DE
TORMENTAS POR TEMPORADA PARA EL
PACIFICO ORIENTAL***

**LUIS LE MOYNE y
ALFREDO MALDONADO***

RESUMEN

El uso de frecuencias acumuladas en lugar de frecuencias simples, permite el desarrollo de un proceso de pronóstico, mediante el análisis de la tendencia del número total de tormentas por temporada a cualesquiera de las etapas a que llegue a desarrollar la tormenta; el análisis es aplicado a los ciclones del Océano Pacífico, cerca de las costas mexicanas. El método utilizado tiene una precisión mínima promedio del 85 %.

ABSTRACT

The use of accumulated frequencies instead of simply frequencies allows the development of a forecast process by means of the analysis of tendency in the total number of storms by season at whichever stages that the storm becomes to develop; the analysis is applied to the cyclons in the Pacific Ocean, near the mexican coasts. The employed method has a minimum average precision of 85 %.

*** Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.**

INTRODUCCION

La importancia del estudio de los ciclones, se deriva del hecho de que pueden provocar grandes volúmenes de precipitación cerca de los continentes o puede ser su acción devastadora, cuando toca el continente o penetra a través de él, existen múltiples trabajos acerca del pronóstico de la trayectoria de los ciclones o el nacimiento de la tormenta, en este trabajo pretendemos pronosticar el número de tormentas, por temporada que nacerán en el Océano Pacífico próximo a las costas de México.

El análisis estadístico es, sin duda, uno de los mejores marcos de referencia para el pronóstico a largo plazo de fenómenos sinópticos a gran escala, como son los ciclones. El pronóstico, desde el punto de vista estadístico, puede enfocarse desde tres puntos de vista; por tendencia, por ciclo y por ruido. En este trabajo se enfoca con la idea de tendencia.

Un ciclón puede tener diferentes etapas, según que las condiciones sean o no favorables para su desarrollo; la clasificación más aceptada, en base a los vientos, es la siguiente:

Perturbación (P), Depresión (DP), Ciclón (C) o Huracán (HU), de cada una de estas etapas se lleva su estadística, a excepción de la perturbación cuando no desarrolla.

ESTADISTICA DE LAS TORMENTAS DEL PACIFICO ORIENTAL

En la Tabla I, se resumen las frecuencias simples obtenidas de la revista *Monthly Weather Review* y del Servicio Meteorológico Mexicano, del número de huracanes (HU), ciclones (TS), depresiones (DP), así como del total de tormentas por año (TT); estos registros corresponden al periodo de 1966-1976, en la figura 1 aparecen graficadas las frecuencias simples, en la figura 2 las frecuencias acumuladas.

En la figura 1 se puede apreciar que existe una cierta ciclicidad, en el número total de perturbaciones por año. Sin embargo, un análisis de es-

te tipo requiere de un número grande de registros, siendo poco confiable la información para años anteriores a 1965, la figura 2 permite pensar en un pronóstico de tendencia mediante un polinomio de primero o segundo orden.

Tabla I Frecuencias simples de tormentas por año

ETAPA	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
HU	4	7	6	6	4	4	12	8	7	11	8	8
TS	6	6	12	13	6	14	6	4	5	6	12	10
DP	2	6	2	6	5	3	3	3	0	7	0	0
TT	12	19	20	25	15	21	21	15	12	24	20	18

HU-Huracan TS- Ciclón DP-Depresión TT-Total de Tormentas

TEORÍA

Ajustando a las frecuencias acumuladas polinomios de primero al décimo grado y determinando su ajuste mediante la desviación estándar (ρ); graficando, el grado del polinomio contra la desviación estándar se obtiene la figura 3.

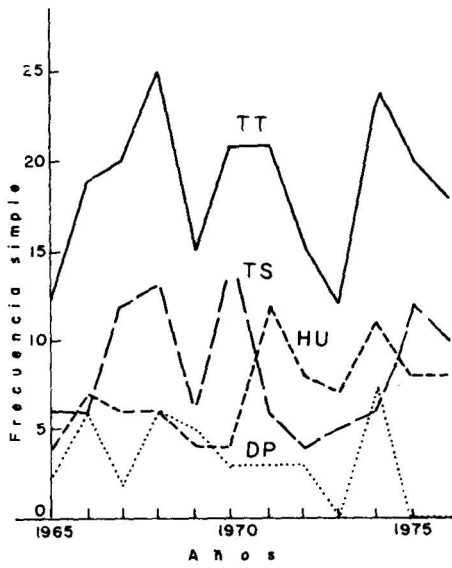


FIGURA 1.

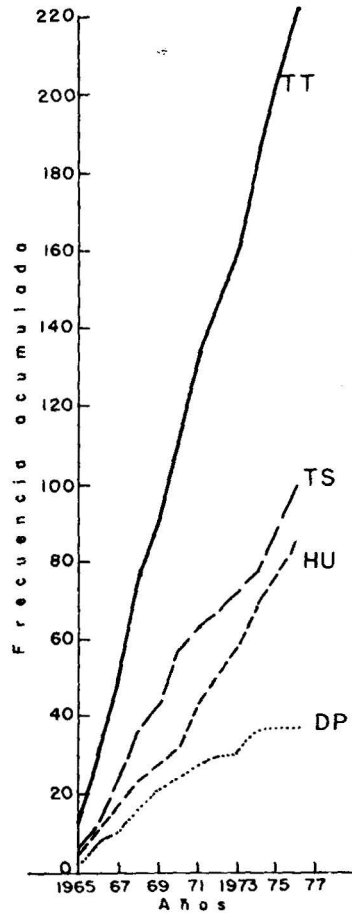


FIGURA 2.

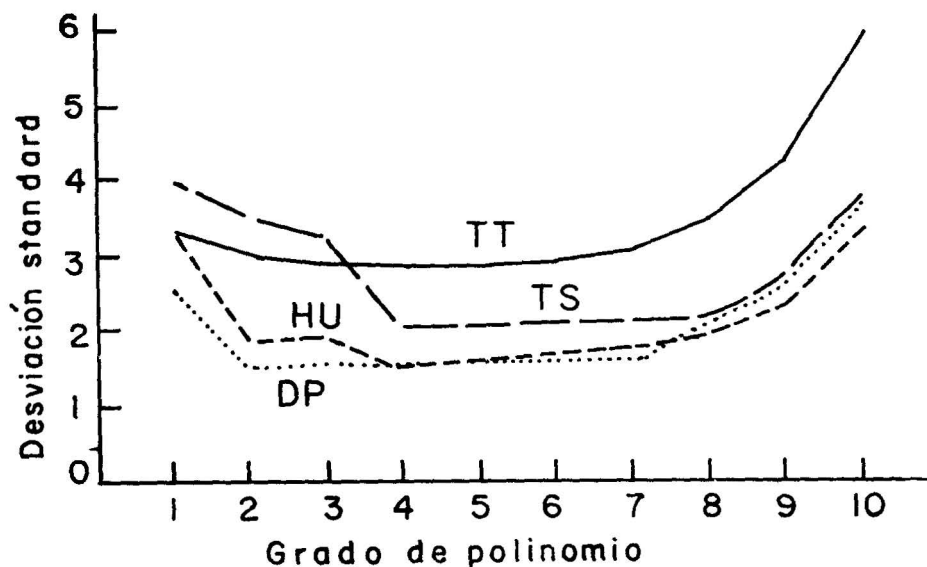


FIGURA 3.

En esta figura se puede apreciar que para los polinomios de primero al séptimo grado la variación es constante en un amplio rango para el total de tormentas (TT) y del cuarto al octavo grado para los parámetros HU, TS y DP su variación es mínima. Es pertinente aclarar que no se trata del ajuste de datos a una curva teórica, sino buscar la tendencia de la serie.

Supongamos que el polinomio de ajuste a las curvas del total de tormentas de la figura 2, es un polinomio de segundo orden:

$$N = A_0 + A_1Y + A_2Y^2 \quad (1)$$

este orden polinomial se selecciona porque es el de menor orden con precisiones significativas hasta los enteros, los de 3er. orden en adelante

dan un poco de mayor precisión, pero en las cifras decimales las cuales posteriormente se cortan por no existir fracciones de tormenta.

En la ecuación (1) Y es el año y N la frecuencia acumulada para cada parámetro, donde los coeficientes A_0 , A_1 , A_2 , son calculados por el método de mínimos cuadrados, para el total de tormentas, substituyendo los datos del último año, para el cual se tienen datos, se tiene:

$$N_0 = A_0 + A_1 Y_0 + A_2 Y_0^2 \quad (2)$$

Con esta ecuación, suponiendo que el calor de N es N_1 en $Y + 1$, se tendrá:

$$N_1 = A_0 + A_1 (Y_0 + 1) + A_2 (Y_0 + 1)^2 \quad (3)$$

Desarrollando (3) y restando (2) y haciendo $N_1 - N_0 = \Delta N$, se obtiene la siguiente expresión:

$$\Delta N = A_1 + A_2 (2Y_0 + 1) \quad (4)$$

Expresión lineal que se utilizará para el pronóstico del número total de tormentas, ciclones o huracanes por temporada, en caso de que el ajuste se haya estimado ser un polinomio de segundo grado. Es fácil demostrar que si el polinomio de ajuste es de primer grado, la ecuación de pronóstico se reduce a:

$$\Delta N = A_1 \quad (5)$$

PRIMER GRADO

HU	$A_0 = -478.296$	$A_1 = 7.371$
TS	$A_0 = -529.390$	$A_1 = 8.276$
DP	$A_0 = -207.231$	$A_1 = 3.269$
TT	$A_0 = -1214.920$	$A_1 = 18.916$

SEGUNDO GRADO

HU	$A_0 = 700.608$	$A_1 = -26.154$	$A_2 = 0.238$
TS	$A_0 = -1471.770$	$A_1 = 35.075$	$A_2 = -0.190$
DP	$A_0 = -1109.980$	$A_1 = 28.941$	$A_2 = -0.182$
TT	$A_0 = -1881.150$	$A_1 = 37.862$	$A_2 = -0.34$

Tabla 2- Coeficientes para los polinomios de primer y segundo grado con los datos 1966 a 1976

CALCULOS

En la Tabla 2 se resumen los coeficientes de los polinomios de primer y segundo grados, determinándose con los datos de 1966 a 1976, procediendo a efectuar el pronóstico para 1977, en la Tabla 3.

CONCLUSIONES

En la figura 1, se puede apreciar cierta ciclicidad para el total de tormentas (TT) por año, otros autores han experimentado el pronóstico mediante el análisis armónico, en este trabajo intentamos introducir un esquema de pronóstico mediante la extrapolación de las frecuencias acumuladas, y ajustando un polinomio a los datos, que resultó ser de segundo orden el más adecuado, con 85% de factibilidad en promedio.

En la figura 3, en la que está graficado el grado del polinomio contra la desviación estándar, se puede apreciar que la curva de menor variación en un amplio rango es la del total de tormentas, y para los otros parámetros se estabiliza a partir del polinomio de cuarto grado, no siendo adecuado para pronóstico uno de grado menor, como se puede apreciar en la Tabla 3. El estudio de estos parámetros con polinomios de orden polinomial mayor, será objeto de una publicación posterior.

En la Tabla 4, se comparan los valores pronosticados, con dos juegos de datos: uno, los datos originales (Serie A) y otro los promedios móviles de tercer orden (Serie B). Como se puede apreciar no existe diferencia considerable entre uno y otro juego de datos, para este último juego de datos (Serie B) el polinomio que mejor pronostica es el de primer grado.

La Tabla 4 se conformó aplicando una y otra vez el método descrito anteriormente, agregando cada vez el dato del siguiente año. La precisión obtenida por el método es tal, que el valor pronosticado y el observado no difieren por más de una desviación estándar; las repetidas pruebas hechas para el presente estudio, demostraron que no se requiere más de cinco años de datos para obtener una alta precisión en el pronóstico, por lo que el método adquiere relevante importancia, dada la poca información que necesita para su aplicación.

Las implicaciones físicas del conocimiento del número de tormentas por temporada o mecanismos internos dentro de la atmósfera, serán objeto de publicaciones posteriores.

PRIMER GRADO

	Valor Pronosticado	Error	Valor al 68 %	Obs- vado
HU	7.4	3.2	7.4 ± 3.2	4
TS	8.3	3.9	8.3 ± 3.9	4
DP	3.3	2.5	3.3 ± 2.5	9
TT	18.9	3.3	18.9 ± 3.3	17

SEGUNDO GRADO

	Valor Pronosticado	Error	Valor al 68 %	Obs- vado
	10.2	1.8	10.2 ± 1.8	4
TS	6.0	3.4	6.0 ± 3.4	4
DP	1.1	1.4	1.1 ± 1.4	9
TT	17.4	3.0	17.4 ± 3.0	17

TABLA 3 . Tabla comparativa de pronósticos para 1977 con los polinomios de primer y segundo grado

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1° A	20.3	20.1	19.1	19.2	18.7	18.9	18.9	18.9
2° A	19.3	19.1	14.5	16.8	15.4	16.9	18.0	17.4
TT observados	21	21	15	12	24	20	18	17
1° B	20.3	19.7	19.4	19.0	18.9	18.8	18.4	18.8
2° B	20.6	17.3	17.6	17.0	17.0	17.8	18.0	18.2

Tabla 4.-Tabla comparativa de valores pronosticados y observados, del total de tormentas por temporada

BIBLIOGRAFIA

- BAUM, R. A., 1970. The Eastern Pacific Hurricane Season of 1969. *Monthly Weather Review* 98, 280-292.
- BAUM, R. A., 1973. Eastern North Pacific Hurricane Season of 1972, *Monthly Weather Review* 101, 339-349.
- BAUM, R. A., 1974. Eastern North Pacific Hurricane Season of 1973, *Monthly Weather Review* 102, 296-306.
- BAUM, R. A., 1975. Eastern North Pacific Tropical Cyclons of 1974, *Monthly Weather Review* 103, 301-304.
- BAUM, R. A., 1976. Eastern North Pacific Tropical Cyclons of 1975, *Monthly Weather Review* 104, 475-488.
- CARNAHAN, B., H. A. LUTHER, J. O. WILKES, 1969. Applied Numerical Methods, John Wiley & Sons, Inc.
- DENNEY, W. J., 1969. The Eastern Pacific Hurricane Season of 1968, *Monthly Weather Review* 97, 207-224.
- DENNEY, W. J., 1971. Eastern Pacific Hurricane Season of 1970, *Monthly Weather Review* 99, 286-301.
- DENNEY, W. J., 1972. Eastern Pacific Hurricane Season of 1971. *Monthly Weather Review* 100, 276-293.
- SUGG, A. L., 1966. The Hurricane Season of 1965, *Monthly Weather Review* 94, 183-191.
- SUGG, A. L., 1967. The Hurricane Season of 1966, *Monthly Weather Review* 95, 131-142.
- SUGG, A. L. and J. M. PELISSIER, 1968. The Hurricane Season of 1967, *Monthly Weather Review* 96, 242-250.