

# Modelo estadístico para el pronóstico de la actividad ciclónica en el océano atlántico, el golfo de México y el mar Caribe.

Autores: MARITZA BALLESTER PÉREZ, CECILIA GONZÁLEZ PEDROSO Y RAMÓN PÉREZ SUÁREZ

Centro de Pronósticos. Instituto de Meteorología. E-mail: maritza@met.inf.cu

---

## Resumen:

*Se presenta un método de pronóstico estacional de la actividad ciclónica para el Atlántico, el Golfo de México y el Mar Caribe, el cual se puede aplicar a principios de mayo. Los predictores seleccionados se fundamentan en las relaciones de los ciclones tropicales con los patrones de presión, el evento El Niño / Oscilación del Sur, la Oscilación Quasi - Bienal del viento en la estratosfera ecuatorial y con la temperatura superficial del mar de una parte de la franja tropical del Atlántico Norte. Mediante un procedimiento de regresión lineal se determinó el conjunto de ecuaciones que pronostican: el número de ciclones tropicales (tormentas tropicales más huracanes) para toda la región atlántica, el número de huracanes, el potencial destructivo de éstos, el número de ciclones a desarrollarse en el área oceánica, en el Golfo de México y el Mar Caribe. También se pronostican el comienzo y el final de temporada. Para tener una información complementaria sobre el posible riesgo de afectación a Cuba, además del pronóstico de la cantidad de ciclones tropicales a desarrollarse en el Caribe, se predicen los sistemas a penetrar en esa región. Las correlaciones de rangos obtenidas para hallar la habilidad del método en la muestra de trabajo (38 temporadas ciclónicas del período 1965 – 2002) oscilan entre 0.82 y 0.60, significativos al nivel prefijado del 5%.*

**Palabras clave:** Modelo estadístico, ciclones tropicales y oscilación del sur.

## Introducción

Las investigaciones a escala mundial, hemisférica y regional encaminadas a la detección temprana de los cambios en la atmósfera, son de interés en la comunidad científica internacional. Este interés está dado no sólo por su aporte a una mejor comprensión de los procesos que se manifiestan en la atmósfera, sino también porque permite la toma de decisiones que repercuten en la sociedad y la economía. Estas consideraciones conjuntamente con la creciente aplicación de la Meteorología a la actividad humana incidieron en la continuación de los estudios, que se han venido realizando en el Instituto de Meteorología sobre la predicción estacional de los ciclones tropicales en la cuenca atlántica (Ballester et al., 1995 y 2000), a lo cual se dedica este trabajo.

### Ecuaciones para el pronóstico de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte

Durante el proceso de evaluación de los pronósticos de las temporadas ciclónicas (Ballester y González, 2001, Ballester et al., 2002 y 2003), se observó un déficit en las predicciones en temporadas activas como las de 2000 y 2001. Este déficit estaba dado fundamentalmente porque la muestra de trabajo aún no era representativa de la etapa activa en que se encuentra la región, según lo obtenido por Ballester et al. (2004); además de que no se contemplaban las

condiciones de enfriamiento de las aguas del Pacífico Oriental, lo cual impone una circulación en la troposfera alta muy favorable al desarrollo y a la intensificación de los ciclones tropicales del Atlántico. Esto conllevó a la necesidad de actualizar la muestra dependiente hasta el 2002 y revalorizar el predictor relacionado con los eventos El Niño y La Niña.

En este estudio se considera una muestra dependiente que abarca los años desde 1965 hasta el 2002 y nuevos predictores. En él también se incluyen nuevas ecuaciones para pronosticar el día en que se desarrolla el primer organismo de la temporada y el día en que se disipa el último, las cuales no fueron renovadas en el modelo de Ballester et al. (1999).

### 1) *Predictandos, predictores y muestra de trabajo.*

La cantidad de ciclones tropicales (tormentas tropicales más huracanes) y de huracanes en una temporada continúan siendo las características más consideradas como predictandos en los métodos relacionados con la predicción de la actividad ciclónica en cualquier cuenca del planeta. El conocimiento a priori de ellas permite alertar a una región determinada, sobre todo en aquellos años en que se espera un número por encima de lo normal.

Es conocido que para Cuba la región ciclogénica de mayor interés es el Mar Caribe, ya que según Ballester et al. (1999) las dos terceras parte

(67%) de los ciclones tropicales que la han afectado se han desarrollado en él. El resto de los ciclones tropicales que influyen en Cuba (33%) provienen en su mayoría del área oceánica (27%), con una componente de su movimiento pronunciada al oeste. Por esto, el conocimiento del número de organismos de tal procedencia es también importante para dicho país. Predictandos como el comienzo y el final de la temporada también resultan de interés en estos pronósticos estacionales, si se tiene en cuenta que para Cuba un comienzo temprano y un final tardío son períodos de alto riesgo.

En general, se toman como predictandos: el número de ciclones tropicales para toda la región atlántica (CT), el número de huracanes (H), el potencial destructivo de los huracanes (PDH), el número de ciclones a desarrollarse en el área oceánica (At), en el Mar Caribe (Car) y en el Golfo de México (GM), el día en que se desarrolla la primera tormenta tropical (Com) y el día en que se disipa el último ciclón (Fin). De forma indirecta se determina la cantidad de ciclones tropicales que penetran en el Caribe procedentes del Atlántico (ATC).

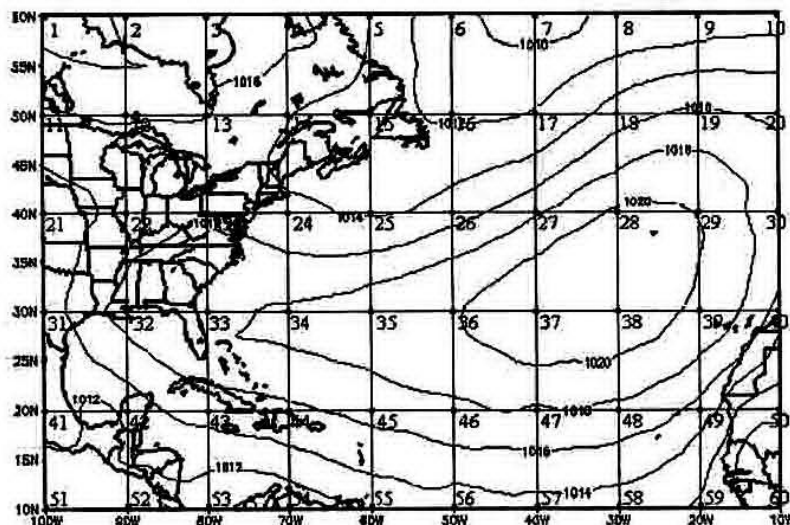
La muestra dependiente la conforman 38 casos de temporadas ciclónicas del período 1965 – 2002. Para crear la muestra de los predictandos se consultaron las trayectorias confeccionadas por el Centro Nacional de Datos Climáticos de Asheville en cooperación con el Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos (Neumann et al., 1999) y las construidas en el Centro de Pronóstico para el período 1996 - 2002.

Los predictores potenciales que intervienen en este modelo son el resultado del trabajo de Ballester et al. (1999) y se incorporan además los valores puntuales de la presión atmosférica al nivel del mar sobre el Atlántico Norte. En general, los predictores potenciales son los siguientes:

a) Valores medios de la presión superficial (-1000 hPa) en 60 puntos de una rejilla que abarca el área entre 10°- 60° de latitud Norte y 10° - 100° de longitud Oeste (Pi, donde  $i = 1, 60$ ), representada en la Fig. 1.

b) Índice para caracterizar la Oscilación Quasi – Bional estratosférica (QBO) durante la temporada ciclónica: Fase oeste (1), tránsito (0) y fase este (-1).

Fig. 1 Rejilla empleada para la extracción de los valores de la presión al nivel del mar (Pi) y circulación atmosférica media del mes de abril en el período 1965 - 2002.



c) Promedio de enero a marzo de la temperatura superficial del mar (tsm) media de la región comprendida entre los 5° - 20° de latitud Norte y los 30° - 60° de longitud Oeste.

d) Promedio de enero a marzo de la temperatura superficial del mar media de la región comprendida entre los 10° - 22° de latitud Norte y los 60° - 87° de longitud Oeste (tsmcar), para el pronóstico del Caribe.

e) Promedio de la presión superficial media diaria al nivel del mar (Pcar, -1000 hPa) de cinco estaciones meteorológicas de la cuenca caribeña (72201, 76644, 78526, 78988 y 78954).

f) Presión central media (Pa) del anticiclón subtropical del Atlántico en superficie (-1000 hPa).

g) Longitud media del centro anticiclónico en el nivel de 850 hPa (lo8).

h) Latitud media del cinturón de altas presiones en el nivel de 500 hPa (la5).

i) Diferencia entre la latitud media del centro anticiclónico en superficie y Pa (lap).

Los promedios se refieren al mes de abril. Se tomó este mes porque las posibilidades de originarse un ciclón tropical en él son casi nulas (una tormenta tropical desde 1886) y de esta forma se puede disponer de un pronóstico en mayo, mes en que es más factible la ciclogénesis antes del 1ero de junio (80%), comienzo oficial de la temporada ciclónica en el Atlántico.

j) Índice (ENOS) que caracteriza al evento ENOS o a las condiciones de enfriamiento de las aguas del Pacífico Ecuatorial en la temporada ciclónica: condiciones de enfriamiento (2), ausencia o evento débil (1), moderado (-1) y fuerte (-2).

Los datos de la presión al nivel del mar y de la altura geopotencial se extrajeron del Proyecto Re - Análisis del NCEP/NCAR (<http://www.cdc.noaa.gov>), los de la temperatura superficial del mar en el Caribe del sitio <http://wesley.wwb.noaa.gov> correspondiente al Centro de Predicción Climática, así como los de la Oscilación Cuasi Bienal y temperatura del mar en el Atlántico Tropical del sitio <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> de ese mismo Centro. La evaluación del índice ENOS se hizo fundamentalmente atendiendo a la cronología confeccionada por Cárdenas (1998), la cual se actualiza sistemáticamente en el Centro del Clima del Instituto de Meteorología.

## 2) Método de obtención de las ecuaciones de regresión

Los 36 predictores mejores correlacionados con cada predictando se sometieron a un proceso de regresión lineal «forward stepwise» para obtener las ecuaciones de predicción. El criterio prefijado de entrada de los predictores potenciales en las ecuaciones fue de  $F=1$  y que redujeran al menos en un 2% la varianza inexplicada obtenida en el paso anterior. El proceso se limitó a siete pasos y la tolerancia considerada fue del 1%. Las relaciones entre los predictores y predictandos de las ocho ecuaciones de predicción obtenidas están en la Tabla 1.

Las relaciones de CT y H con los predictores referidos a la Oscilación Cuasi - Bienal del viento zonal estratosférico y al índice ENOS corroboran los resultados anteriores (Ballester y González, 1996 y Ballester et al., 1999), esto es que la ausencia de un evento y la fase oeste de la QBO son condiciones que favorecen a la actividad ciclónica. En la ecuación de CT también se mantienen como predictores el valor medio central del anticiclón subtropical y la temperatura superficial del Atlántico tropicales, con una relación positiva.

El índice relacionado con el evento ENOS resultó ser otra vez el predictor de mayor aporte en las ecuaciones referidas a la actividad ciclónica, según se aprecia en la Tabla 2. Se debe resaltar, que en este caso el índice que caracteriza a las condiciones térmicas de las aguas del Pacífico Ecuatorial fue seleccionado en la ecuación del Caribe, lo que no sucedió en el modelo diseñado con anterioridad (Ballester et al., 1999), que no incluía las condiciones de enfriamiento. Para la ecuación del comienzo de temporada el predictor de mayor aporte es el correspondiente al centro anticiclónico en los niveles bajos, mientras que para el final resulta ser el índice ENOS.

En lo que respecta a la circulación atmosférica en superficie se tiene, que la actividad ciclónica en general es favorecida por el decrecimiento de las presiones sobre África Occidental y por la intensidad y concentración del anticiclón subtropical. En el caso del PDH, además de las bajas presiones sobre África, influye la circulación de latitudes más altas, siendo favorecido por la intensidad del anticiclón continental, la periferia norte - oriental del anticiclón subtropical y por la intensificación de la baja de Islandia.

Al igual que en los métodos anteriores el cálculo de AtC se propone realizarlo a través del conocimiento previo del número de ciclones, que desarrollados en el área oceánica no llegan a penetrar en el Caribe (At2). Según el valor pronosticado de AtC por esta vía, la predicción se emitirá en término de probabilidad. Por ejemplo, si se obtiene un valor de AtC superior a 1, en dependencia de una tabla de frecuencias confeccionada de At vs AtC tomando el período 1886 - 2002 (Ballester et al., 2003), se debe utilizar el término de «por ciento de afectación al Caribe por al menos uno de los ciclones tropicales desarrollados en el Atlántico». En otra tabla obtenida por esos autores se reflejan las frecuencias correspondientes al período que abarca los meses de agosto a noviembre para los casos de las actualizaciones de los pronósticos en agosto.

Para determinar At2 se tomó la muestra de datos del período 1886 - 2002 y se halló la relación existente entre éste y el número de ciclones desarrollados en el área oceánica, obteniéndose la regresión lineal:

$$At_2 = 0.763732 At - 0.019936 \quad (1)$$

El coeficiente de correlación múltiple es igual a 0.88 y el error estándar estimado tiene el valor de 1.2. La ecuación resultó significativa al nivel prefijado del 5%. Los valores medios de At2 y AtC son de 4.1 y de 1.3, con desviaciones típicas de 2.4 y 1.3, respectivamente. Los pronósticos de At2 se realizarán a partir de la relación (1), tomándose como At al valor predicho por la ecuación de regresión. Después por diferencia, se hallará el número de organismos que desarrollados en el área oceánica afectará el Caribe:

$$AtC = At - At_2 \quad (2)$$

Tabla 1 Predictores que intervienen en cada una de las ecuaciones de predicción. Los signos se corresponden con los de los coeficientes de regresión.

	CT	H	PDH	AT	Car	GM	Com	Fin
P4								+
P8			-					
P11			+					
P12								-
P20			+					
P35		+						
P38		+		+				
P40				-				
P44		-					-	
P46							+	
P49	-	-				-		
P50			-					
P58	+			+		+		
P59			-			-	+	
P60					-			
QBO	+	+		+				
tsm	+		+	+	+			
Pcar					+			
Pa	+							
lo8					+	-	+	+
la5						-	+	+
lap	-				-			-
ENOS	+	+	+	+	+	+		+

Tabla 2 Reducción de la varianza (%) por cada predictor de las diferentes ecuaciones de predicción.

	CI	H	PDH	AT	Car	GM	Com	En
P4								0.2
P8			0.1					
P11			5.3					
P12								7.8
P20			0.4					
P35		1.2						
P38		4.8		4.4				
P40				2.3				
P44		2.0					4.4	
P46							1.4	
P49	1.7	0.5				2.0		
P50			3.2					
P58	0.8			0.4		0.2		
P59						19.4	1.7	
P60					0.6			
QBO	9.6	5.3		14.4				
tsm	16.8		9.0	9.0	13.7			
Pcar					3.2			
Pa	0.8							
lo8					6.3	3.6	15.2	1.2
la5						2.8	4.4	1.7
lap	17.6				13.7			16.0
ENOS	43.6	46.2	30.3	24.0	17.6	20.3		21.2

### 3) Evaluación de la significación de las ecuaciones y de sus resultados.

Para evaluar la significación de las ecuaciones se utilizó la prueba - F de Fisher, con el nivel prefijado a  $\alpha = 0.05$ . El análisis de la calidad del sistema se realizó mediante los indicadores del error estándar y el error absoluto medio.

En la Tabla 3 se muestran las evaluaciones de las ecuaciones de regresión obtenidas para la predicción de la actividad ciclónica del Atlántico Norte. Atendiendo a los valores de los coeficientes de correlación múltiple, se tienen muy buenos resultados tanto para la cantidad de ciclones tropicales como para la de huracanes, cuyas ecuaciones pueden explicar el 78% y el 69% de la varianza, respectivamente. Otros buenos resultados se tienen para PDH, At y GM con ecuaciones que explican el 60%, 57% y 55%, mientras que las predicciones de Com, Fin y Car presentan las correlaciones más bajas, con explicaciones del 49%, 48% y 42%, respectivamente. Todas las ecuaciones resultaron significativas al nivel prefijado.

En sentido general, estos resultados presentan niveles de errores comparables con los de los métodos desarrollados para el área por otros autores, como por ejemplo Gray et al. (2003), por citar alguno.

Como no se cuenta con una muestra independiente para realizar una validación, ésta se hace entonces mediante una validación cruzada (Barnston, 1993), que permite además reducir la

aparición de una habilidad artificial producida por el sobre - ajuste de la muestra. Esta forma puede resultar desventajosa en muestras pequeñas, cuando las relaciones dejan de ser estables con la extracción de un caso con valores aberrantes, que hagan muy dependientes las relaciones. En este trabajo se verificó que la estructura de las ecuaciones se mantuviera lo menos variante posible, esto es que el indicador de la calidad de las relaciones  $r$ , estuviera entre márgenes de 0.04.

Para determinar la habilidad del método se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (Siegel, 1974) y se consideró el valor de  $\alpha = 0.05$  para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, en este caso de independencia de las variables. Además, se calculó el error absoluto medio del pronóstico de cada variable. Estos resultados se presentan en la Tabla 4.

Las variables CT y H tienen las mejores relaciones entre lo pronosticado y lo real. En una variante del cálculo de CT mediante la suma de las cantidades de ciclones tropicales pronosticadas para cada región en que se dividió la cuenca atlántica (At + Car + GM), se obtuvo un error absoluto medio igual a 1.9, cifra cercana a la estimada para la ecuación; mientras que  $\rho_s = 0.79$  y  $\alpha = 0$ . En general, los valores obtenidos de  $\alpha$  inferiores a para todas las variables pronosticadas rechazan la hipótesis nula y verifican la dependencia de ellas con las reales al nivel  $\alpha = 0.05$ , lo que implica que la habilidad del método es aceptable. Las diferencias entre los errores absolutos medios de ambas muestras son despreciables.

Tabla 3 Coeficiente de correlación múltiple ( $r$ ), estadígrafo F, probabilidad ( $\alpha_0$ ) y errores estándar (Es) y absoluto medio (EAM).

	$r$	F	$\alpha_0$	Es	EAM
CT	0.88	14.859	0.00000	1.89	1.3
H	0.83	11.489	0.00000	1.49	1.1
PDH	0.77	7.638	0.00004	31.0*	22.7*
At	0.76	6.941	0.00010	1.82	1.4
Car	0.65	3.817	0.00579	0.95	0.7
GM	0.74	6.234	0.00022	1.02	0.8
Com	0.70	6.270	0.00037	23.5	17.5
Fin	0.70	4.862	0.00132	18.5	13.3

Nota: \* ( $\times 10^4 \text{KT}^2$ )

Tabla 4. Error absoluto medio (EAM), coeficiente de correlación de rangos ( $r_s$ ) y probabilidad ( $\alpha_i$ ).

	EAM	$\rho_s$	$\alpha_i$
CT	1.7	0.82	0.000000
H	1.3	0.75	0.000000
PDH	28.1*	0.63	0.000023
At	1.7	0.65	0.000010
Car	0.8	0.52	0.000861
GM	0.9	0.56	0.000228
Com	20.7	0.54	0.000511
Fin	15.7	0.60	0.000079

Nota: \* ( $\times 10^4 \text{KT}^2$ )

Tabla 5. Valores medios ( $X$ ) y desviaciones típicas ( $S$ ) de los predictandos y predictores seleccionados, período 1965–2002.

Variables	$X$	$\sigma$
CT	9.7 (9.4)	3.6 (3.6)
H	5.8 (5.6)	2.4 (2.5)
PDH ( $\times 10^4 \text{KT}^2$ )	62.3 (59.4)	44.6 (45.0)
At	6.7 (6.6)	2.5 (2.5)
Car	1.2 (1.1)	1.2 (1.2)
GM	1.8 (1.7)	1.4 (1.4)
Com*	189	30.7
Fin*	306	23.6
P4	16.3	2.8
P8	10.2	4.6
P11	15.7	1.5
P12	16.2	1.7
P20	15.3	5.3
P35	18.4	2.1
P38	21.2	2.1
P40	15.7	1.3
P44	15.6	1.0
P46	17.5	0.9
P49	15.1	0.6
P50	10.7	0.6
P58	13.4	0.4
P59	11.8	0.6
P60	8.1	0.5
t <sub>sm</sub> (°C)	25.6	0.3
P <sub>car</sub> (-1000 hPa)	13.6	0.9

Nota: ( ) valores medios para el período 1966 – 1998 hallados por Ballester et al. (1999). \* días Julianos. P<sub>i</sub> (-1000hPa).

## Características estadísticas de las variables que intervienen en las ecuaciones

En la Tabla 5 se presentan las características estadísticas de las variables que intervienen en las ecuaciones de regresión para el período 1965 – 2002. En ese lapso de tiempo de 38 años, la intensidad media del anticiclón del Atlántico en el mes de abril es de 1023 hPa, mientras que su longitud media en 850 hPa se ubica en los 37.4° de longitud Oeste y la latitud en 500 hPa en los 15.4° de latitud Norte. La presión media en el Caribe es 1013.6 hPa y la temperatura superficial del mar en la región considerada del Atlántico promediada entre enero y marzo es igual a 25.6°C. El campo medio de la presión superficial se refleja en la Fig. 1. En promedio, el primer organismo se desarrolla el 8 de julio y el último se disipa sobre el 2 de noviembre.

Los predictandos de la actividad ciclónica tuvieron un incremento muy ligero de sus valores medios del período 1966 - 1998, siendo más notable el del PDH. Esto refleja la continua tendencia al incremento de la actividad en las muestras de trabajo utilizadas en los diferentes métodos, dado ahora por la inclusión de temporadas activas como las de 2000 y 2001.

## Conclusiones y Recomendaciones

a) Se obtuvo un nuevo modelo para la predicción estacional de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte, que es más representativo del período activo iniciado desde mediados de los años 90 del siglo XX.

b) El predictor relacionado con las condiciones térmicas de las aguas del Pacífico Ecuatorial se reafirmó como el factor modulador fundamental de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte. También se reafirmaron los resultados obtenidos en el método anterior con respecto a la influencia favorable para el desarrollo e intensificación de los ciclones tropicales, que tiene la presencia de la fase oeste de la Oscilación Quasi - Bienal del viento zonal estratosférico, la intensidad del anticiclón subtropical del Atlántico en abril y el calentamiento de las aguas del Atlántico tropical.

c) El pronóstico del comienzo de temporada depende fundamentalmente de la longitud media del centro anticiclónico subtropical en los niveles bajos en el mes de abril. La predicción del final de temporada está en dependencia de las condiciones térmicas de las aguas del Pacífico Ecuatorial.

d) Los mejores resultados se obtuvieron con las ecuaciones que predicen la cantidad de organismos nombrados en toda la cuenca atlántica, el número de huracanes y el potencial destructivo de éstos. Los

resultados de todas las ecuaciones presentan niveles de efectividad comparables con los de los otros métodos de predicción vigentes en la región atlántica.

e) La fuente fundamental de degradación de los pronósticos en la fase operativa es el grado de habilidad que se tenga para determinar las condiciones térmicas del Pacífico Ecuatorial a predominar durante la temporada. Ello es posible enmendarlo en las actualizaciones de agosto, ya que para esa fecha se discierne con mayor precisión un evento en evolución.

f) Se recomienda introducir a la práctica la nueva metodología y seguir trabajando esta línea de investigación para mejorar aún más las predicciones.

## Agradecimientos

Los autores le agradecen a la colega Milagros Sarmiento por la extracción y procesamiento de los datos.

## Bibliografía

**Ballester, M. y C. González (1996):** Un método para el pronóstico estacional de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte. Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba, Vol. 2, No.1.

\_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ (2001): Verificación del Pronóstico de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte para el 2000. Boletín de la Sociedad Meteorológica, Vol. 7, No.1. <http://www.met.inf.cu>

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y R. Pérez (1995): Variabilidad de la ciclogénesis tropical en el Atlántico Norte. Informe Final del Resultado 415.511, Instituto de Meteorología, 88 pp.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ (1999): Pronóstico estacional de la actividad ciclónica en el Atlántico, el Golfo de México y el Caribe. Boletín de la Sociedad Meteorológica, Vol. 5, No.2. <http://www.met.inf.cu>

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ (2000): Modelo de predicción de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte. Informe Científico del Resultado N°5 del Proyecto 01301094. INSMET, 30 pp.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ (2002): Verificación del Pronóstico de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte para el 2001. Boletín de la Sociedad Meteorológica, Vol. 8, No.1. <http://www.met.inf.cu>

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ (2003): Verificación del Pronóstico de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte para el 2002. Presentado a publicar en el Boletín de la Sociedad Meteorológica, Vol. 9, No.1. <http://www.met.inf.cu>



\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_  
(2003): Modelo estadístico para el pronóstico de la actividad ciclónica en el Océano Atlántico, el Golfo de México, el Mar Caribe y Cuba. Informe Científico del Resultado N°3 del Proyecto 4050. Instituto de Meteorología. 44 pp.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_  
(2004): Actividad ciclónica en las áreas del Océano Atlántico, Golfo de México, Mar Caribe y Cuba durante el período 1886 - 2002. Informe Científico del Resultado N°1 del Proyecto 4050. Instituto de Meteorología. 31 pp.

**Barnston, A.G. (1993):** Linear Statistical Short-Term Climate Predictive Skill in the Northern Hemispheric (Part 1). 57 pp.

**Cárdenas P. (1998):** Papel de índices teleconectivos y del ENOS en la predictabilidad de la lluvia en Cuba. Informe Científico Técnico. Instituto de Meteorología, Cuba. 220 pp.

**Gray, W.M., C.W. Landsea and P. Klotzbach (2003):** Extended Range Forecast of Atlantic Seasonal Hurricane activity and US Landfall Strike Probabilities for 2003. April 2003. <http://hurricane.atmos.colostate.edu/Forecasts/>

**Neumann, J.C., B.R. Jarvinen, C.J. McAdie and G. R. Hammer (1999):** Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871 – 1998. Historical Climatology Series 6-2. Asheville, NC, in cooperation with the National Hurricane Center, FL. 206 pp.

**Siegel, S. (1974):** Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas, México. 346 pp.

*Abstract:*

*A seasonal forecasting method of tropical cyclone activity on the Atlantic Ocean, Gulf of Mexico and Caribbean Sea, which is available to its application at the beginning of May, is given. The predictors selected are based on relationships between tropical cyclones and varying aspects of the pressure patterns, El Niño / South Oscillation, stratospheric Quasi – Biennial Oscillation zonal winds and the sea surface temperature of the North Atlantic tropical region. Through a linear regression process a set of equations was obtained, which is able to forecast: the number of tropical cyclones (tropical storms plus hurricanes), the number of hurricanes, its destruction potential, the number of tropical cyclones to be developed in oceanic area, Gulf of Mexico and Caribbean Sea. The beginning and the ending of season are forecasted too. In order to give a complementary information on possible affecting risk for Cuba, moreover the prediction of the number of tropical cyclones to develop on the Caribbean Sea, the systems that strike to this region are determined too. The rank correlations obtained to determine the method's skill with working sample (38 hurricane seasons from 1965 to 2002) oscillate between 0.82 and 0.60; being significant at the prefixed level of 5%.*