

Interconexión a nivel ciclónico-atmosférico entre el Caribe y el Pacífico centroamericano

Antonio Banichevich¹ y Omar G. Lizano²

¹ Laboratorio de Ciencias Atmosféricas, Oceanográficas y Planetarias, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: abaniche@cariari.ucr.ac.cr

² Centro de Investigaciones Geofísicas, Escuela de Física y Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: olizano@cariari.ucr.ac.cr

(Rec. 25-VII-1997. Rev. 2-V-1998: Acep. 5-V-1998)

Abstract: Some atmospheric properties in the Pacific and Caribbean marine basins close to the Central American Isthmus and their possible interconnections are analyzed, based on a statistical study. The band describing southern Nicaragua is taken as reference, because it has the least orographic features that may disturb the Trade winds flowing from the northwest (NW) and from the southeast (SE). The atmospheric properties are associated to the incidence of synoptic phenomena like tropical cyclones and their probability of crossing the Isthmus with minimum energy loss. The warm El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events produced a systematic weakening of sporadic cyclone type events in the western Atlantic, while in the eastern Pacific, because of surface water temperatures higher than 27°C, they are reinforced. During the transition from warm-ENSO to cold-ENSO events, there are interconnections between both oceanic basin with cyclonic systems crossing the Isthmus, mainly across the Nicaragua depression (from the Atlantic to the Pacific); and with only one case, through Tehuantepec (from the Pacific to the Atlantic). During the cold-ENSO events, similar conditions to the transition stage can be expected; i.e., the number of events increased in the Atlantic Basin while in the Pacific they are reduced.

Key words: Hurricane disturbance, interoceanographic connections, statistical succession, Caribbean, hurricane tracks.

Desde la definitiva desaparición de cualquier tipo de conexión hidrosférica entre las vertientes del Atlántico y del Pacífico durante el Plioceno (Dietz *et al.* 1970, Lay *et al.* 1982, Coates *et al.* 1992) y la división de los océanos en dos regiones divergentes, las fajas continentales que conformaron a la región centroamericana han variado. Por un lado, su ancho y altura promedio han aumentado en función del tiempo. Por otro lado, nuevos sistemas montañosos y contornos orográficos se han ido sumando a la franja, en función de los últimos 3 millones de años (Dietz *et al.* 1970, Monge-Nájera 1996).

Aquí pueden aparecer varios eventos esporádicos cuyo carácter, ya sea como gestador, alterador o aniquilador de entes vivientes, pueden ser determinantes para las consiguientes generaciones y su evolución. Los dos subgrupos principales de estos eventos, son:

- 1) los litosfero-atmosféricos: vulcanismo, vulcanismo explosivo, movimientos telúricos, quemadas e incendios, etc.; y
- 2) los hidrosfero-atmosféricos: temporales, sequías, El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), aumento del nivel del mar, los ciclones tropicales, etc.

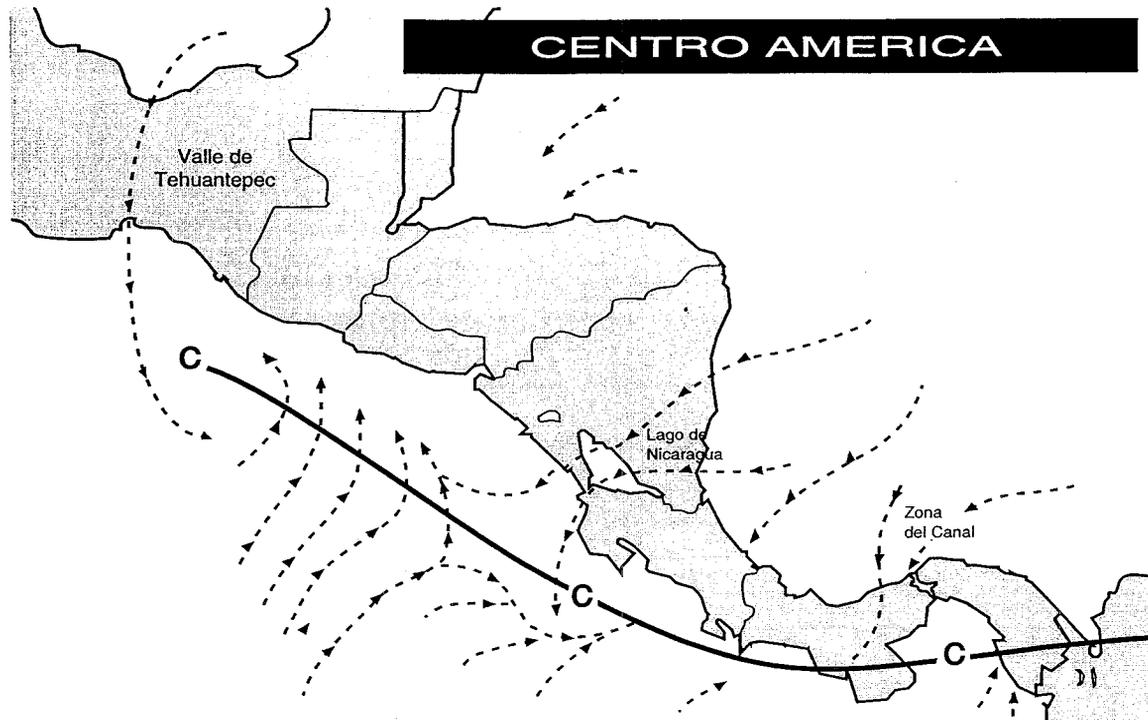


Fig. 1. Representación esquemática de los pasos de vientos que se dan en superficie sin ser perturbados fuertemente por la orografía. También se dan las posibles regiones donde se localizan los afloramientos costeros en la región oriental del Pacífico (Adaptado de Guard 1986).

La orientación noroeste-sureste del subcontinente centroamericano, definido aquí desde el Golfo de Tehuantepec (México, 16°N) hasta el Tapón de Darién (Panamá, 8°N), tiene un enorme efecto sobre el sistema de circulación general de vientos bajos, especialmente aquellos asociados a los del sur y del oeste (Guard 1986). Aquí, los contornos montañosos no tienen tanto una función de barreras sino como de modificadores de los flujos eólicos, siendo las secciones: 1) el Valle de Tehuantepec, en México, 2) la región colindante a los lagos de Nicaragua y de Managua, en Nicaragua, y 3) la Zona del Canal, en Panamá, túneles naturales por donde el viento fluye a través de Centroamérica. A través de estos tres pasos, particularmente, resultan varios efectos importantes para la región pacífica. Como el flujo eólico es fuertemente friccionado por las laderas de estos pasos, se da una desaceleración de los vientos alisios, con una asociada deflexión de la trayectoria de los flujos. Esta deflexión posibilita la for-

mación de vorticidades en la circulación de los vientos al confluir con la circulación que se da en la zona pacífica. El resultado neto de tales eventos son: 1) la formación de regiones ciclónicas con vorticidades hacia la izquierda, y de regiones anticiclónicas, con vorticidades hacia la derecha (Fig. 1), y 2) en las regiones donde se da una neutralización de los flujos, la aparición a nivel oceánico de las regiones de afloramiento marino ricas en nutrientes: 1) Golfo de Tehuantepec, 2) Golfo de Papagayo, y 3) Golfo de Panamá, respectivamente (Guzmán y Cortés 1993).

La actividad e intensidad con que fluyan los vientos a través de estos pasos, depende fuertemente del ciclo solar anual, de la temperatura superficial del océano (ENOS cálido: El Niño; ENOS frío: La Niña; Stolz 1995), del tipo y cantidad de nubosidad, etc.

Pero mientras los túneles naturales de Tehuantepec y de Panamá poseen pasos casi paralelos a los meridianos geográficos, el túnel de

Nicaragua está a 25° de inclinación de la latitud geográfica, entre los 10° y los 13° de latitud norte. De allí que esta referencia se considere también para eventos aun más esporádicos en función del ciclo anual, tales como lo son los ciclones tropicales en movimiento. Estos sistemas que se desarrollan bajo condiciones específicas, pueden llegar a evolucionar hasta ser huracanes y alcanzar velocidades de viento sostenido que superan los 200 km/hr. Su carácter ambivalente "devastador/regenerador" para diferentes ecosistemas (Woodley *et al.* 1981, Kjerfve *et al.* 1983 y 1986, Vandermeer *et al.* 1990, Lizano *et al.* 1993), convierten a estos eventos en interesantes objetos de estudio, no solamente por la enorme cantidad de energía que disipan y su fuerte dependencia de las condiciones de entorno, sino también por su regular incidencia en la Cuenca del Caribe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante un estudio estadístico, se analizan algunas propiedades de ambas vertientes marinas: temperatura superficial del océano, y variabilidad anual de la distribución de corrientes y temperaturas, y sus posibles interconexiones, en función de los meses del año en el ámbito entre 1886-1996 (registro histórico de la NOAA) para la Cuenca del Caribe, y en el rango entre 1949-1996 para la región oriental del Pacífico. Para el Caribe se analizaron para cada

CUADRO 1

Comparación, en función de los meses del año, de la frecuencia de aparición de los ciclones tropicales, ya sea de la categoría que nacen fuera del cuadrante escogido (Ext.), ya sea en los linderos o adentro del cuadrante (Int.), entre 1886 y 1995.

Mes	Int.	Ext.
Mayo	7	0
Junio	19	1
Julio	3	11
Agosto	8	37
Setiembre	28	33
Octubre	55	12
Noviembre	19	1
Diciembre	0	1

mes las trayectorias de los huracanes (Figs.3 a 6). Se toma como referencia la franja que describe el sur de Nicaragua, no solamente por sus propiedades de ser una de las franjas más jóvenes del sistema tectodinámico centroamericano, sino además por poseer las propiedades orográficas menos perturbadoras -como la formación de nubosidad por fricción- para los flujos de vientos alisios NW y SE, respectivamente. Estas propiedades se asocian a la incidencia estadística -ya sea que se formen en la cuenca del Caribe o lleguen a la región- de fenómenos sinópticos del tipo "ciclones tropicales", y su probabilidad de poder cruzar la franja continental con una mínima pérdida en energía.

RESULTADOS

En función de los meses del año -considerando estadísticamente entre 1886 y 1996- se encuentra que los máximos en frecuencia de aparición de los ciclones tropicales se da: 1) para los que nacen en la ventana de estudio (Int.), de setiembre a noviembre, y 2) para los que nacen fuera de la ventana (Ext.), de julio a octubre (Cuadro 1).

En función del ENSO cálido (El Niño) o frío (La Niña), un análisis estadístico de ambas costas oceánicas muestra que mientras en el Caribe durante el fenómeno de El Niño se da una reducción dramática en la ocurrencia de ciclones tropicales -lo que es una de las señales de la reducción en precipitación que se da en la región-, en el Pacífico oriental, se observa una intensificación (Cuadro 2).

En la siguiente fase, con una transición del ENSO-cálido al ENSO-frío, se puede observar que años precedentes a la Niña o años Niña, se da una intensificación de la actividad ciclónica en el Caribe y una desactivación en el Pacífico oriental. Estos hechos están principalmente correlacionados a la temperatura superficial del océano y a la dirección de los ciclos convectivos de los vientos.

Entre las consecuencias de los comportamientos previamente discutidos, se puede observar que aparece una conexión entre la cuen-

CUADRO 2

Número total de ciclones tropicales que se dieron en las regiones: a) del Atlántico: entre los (81° y 93° Longitud Oeste, y 8° y 20° Latitud Norte), y b) del Pacífico: entre los (84° y 100° Longitud Oeste, y 8° y 25° Latitud Norte), en función del año (rango temporal entre 1949 y 1996), tomando a Nicaragua como eje de referencia, el fenómeno del ENOS, y otros parámetros.

Año	ENOS		Atlántico	Pacífico	Interconexión
	Cálido (El Niño)	Frío (La Niña)			
1949	-	X	2 de 13	0 de 6	-
1950	-	-	1 de 13	1 de 7	-
1951	X	-	3 de 10	2 de 9	1
1952	-	-	1 de 7	1 de 7	-
1953	X	-	2 de 14	1 de 4	-
1954	-	X	2 de 11	5 de 11	3
1955	-	-	4 de 12	0 de 6	-
1956	-	-	0 de 8	0 de 11	-
1957	X	-	0 de 8	0 de 13	-
1958	-	-	2 de 10	1 de 13	1
1959	-	-	0 de 11	1 de 15	1
1960	-	-	1 de 7	3 de 7	-
1961	-	-	4 de 11	1 de 10	1
1962	-	-	0 de 5	0 de 9	-
1963	X	-	1 de 9	1 de 8	-
1964	-	X	3 de 12	0 de 5	-
1965	-	-	2 de 6	2 de 10	1
1966	-	X	2 de 11	1 de 13	-
1967	-	-	1 de 8	1 de 17	-
1968	-	-	2 de 8	2 de 18	-
1969	-	-	5 de 18**	1 de 10	-
1970	-	X	5 de 10	2 de 19	1
1971	-	-	4 de 13	6 de 18	2
1972	X	-	1 de 7	2 de 14	-
1973	-	-	2 de 8	4 de 12	-
1974	-	-	2 de 11	1 de 18	1
1975	-	-	1 de 9	2 de 17	-
1976	X	-	0 de 10	4 de 13	-
1977	-	-	1 de 6	0 de 8	-
1978	-	X	1 de 12	1 de 19	1
1979	-	-	3 de 9	3 de 10	-
1980	-	-	3 de 11	0 de 14	-
1981	-	-	2 de 12	0 de 15	-
1982	XX	-	0 de 6	3 de 23**	-
1983	-	-	0 de 4	4 de 21	-
1984	-	-	0 de 13	2 de 21	-
1985	-	-	3 de 11	2 de 23**	-
1986	-	-	1 de 6	4 de 17	-
1987	X	-	2 de 7	3 de 20	1
1988	-	X	4 de 12	2 de 15	1
1989	-	X	2 de 11	2 de 17	-
1990	XX	-	1 de 4	2 de 21	-
1991	XX	-	1 de 8	3 de 14	-
1992	XX	-	0 de 7	3 de 27**	-
1993	XX	-	3 de 8	4 de 15	-
1994	XX	-	1 de 7	1 de 20	-
1995	-	-	3 de 19**	0 de 10	-
1996	-	X	6 de 15	2 de 9	1

** Mayor ocurrencia observada en las series desde 1949 en ambas vertientes.

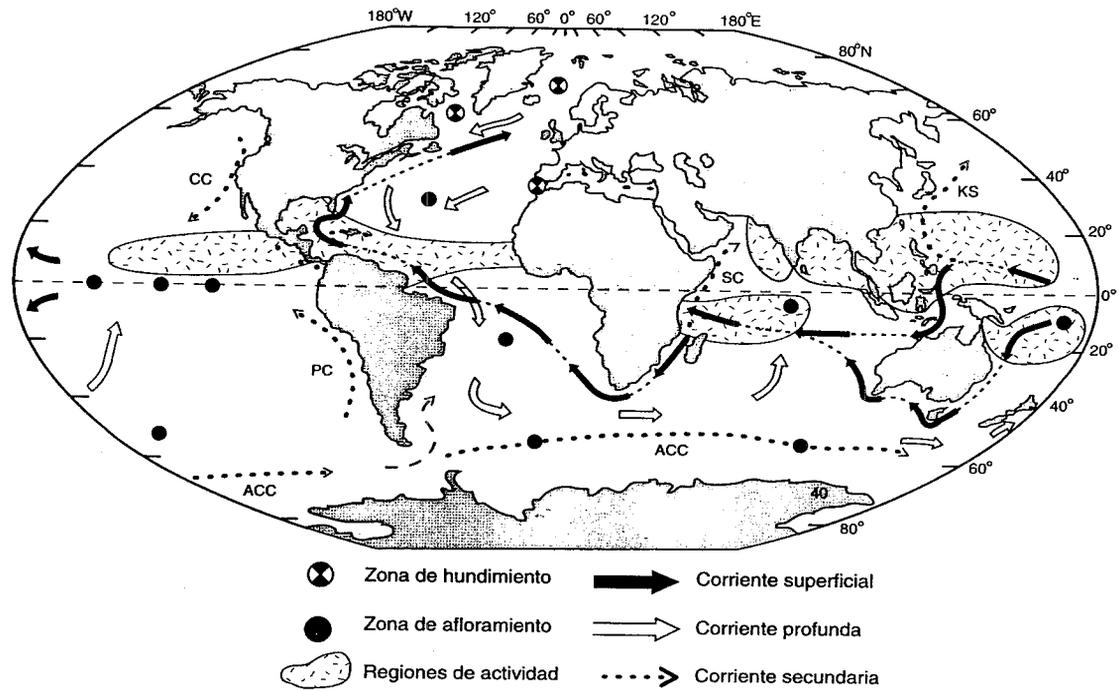


Fig. 2. Representación a nivel mundial del movimiento de las corrientes superficiales, de profundidad, y otras. Las regiones occidentales de los océanos describen zonas donde se da la gestación de ciclones tropicales, a ambos lados del Ecuador.

ca del Caribe y el Pacífico, que permite que ciertos sistemas ciclónicos puedan pasar, con una relativamente pequeña pérdida de energía de un océano a otro. El huracán César en 1997, fue uno de esos casos (Castro y Banichevich 1997), el cual describió una trayectoria que utilizó el túnel en Nicaragua como región de paso. En el Apéndice, se presenta una lista de los que se han dado desde 1949.

DISCUSIÓN

La Cuenca del Caribe, como el contorno noroccidental del océano Atlántico, puede ser considerada como una región semicerrada (también llamada Mediterráneo Americano), donde se acumulan enormes cantidades de masas de agua, con una temperatura superficial del mar que sobrepasa al promedio. Esta acumulación de masas calientes de agua, son el resultado de:

- 1) la leve variación que se da en la densidad y salinidad del agua, asociada al aumento de la temperatura;

- 2) los permanentes vientos alisios que acumulan sobre el borde atlántico del continente americano estas aguas (efecto atmosférico);
- 3) el efecto de deriva que resulta como oposición a la rotación de la Tierra para las masas de agua (efecto hidrosférico).

El resultado neto brinda la imagen de una región cuyo nivel de superficie se encuentra por lo menos unos 6 m a mayor altura que el nivel en el Pacífico, y cuya temperatura promedio va en aumento en función del ciclo anual solar (Fig.2; Anónimo. 1994a, Anónimo. 1994b). Mientras la temperatura del Golfo de México no supera los 25 °C durante diciembre, enero y febrero, al sur de Cuba y Puerto Rico y en las regiones costeras, se forman burbujas cuya temperatura supera ya los 27 °C. El máximo en extensión con una misma temperatura superficial superior a los 27 °C, llega a darse desde julio hasta octubre, disminuyendo rápidamente en noviembre y diciembre.

Por ser los 27 °C el valor mínimo necesario para la gestación de un ciclón tropical, la Cuen-

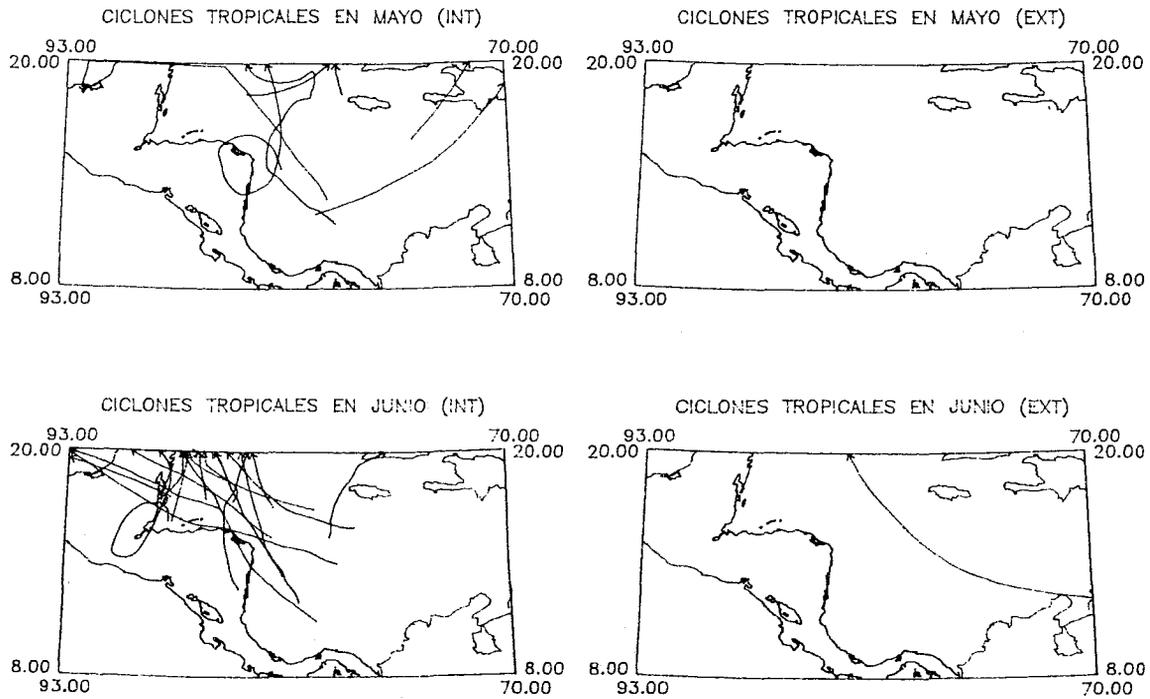


Fig. 3. Comparación entre las dos categorías de ciclones tropicales: Int./Ext., en función de los meses mayo y junio.

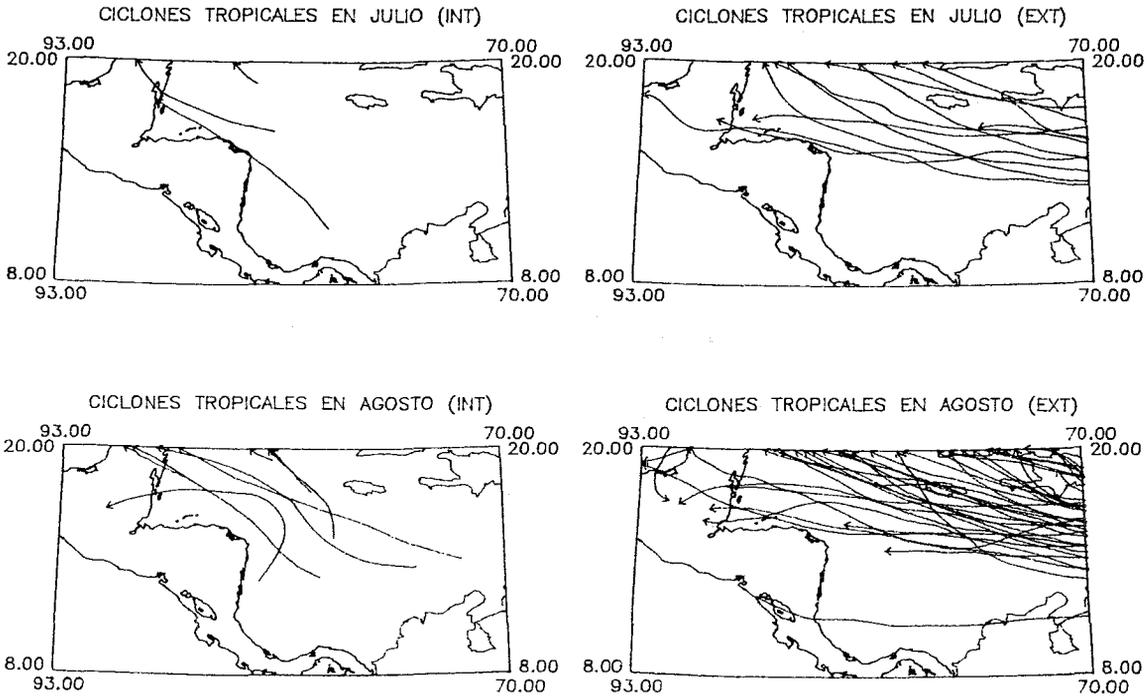


Fig. 4. Comparación entre las dos categorías de ciclones tropicales: Int./Ext., en función de los meses julio y agosto.

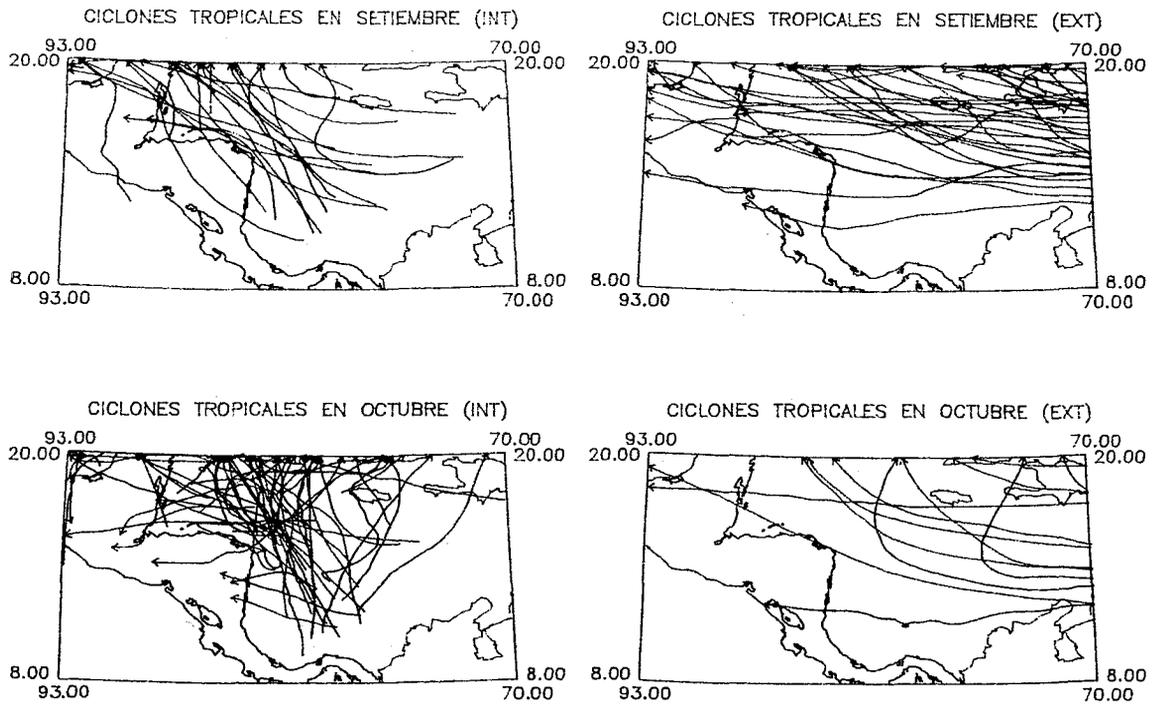


Fig. 5. Comparación entre las dos categorías de ciclones tropicales: Int./Ext., en función de los meses setiembre y octubre.

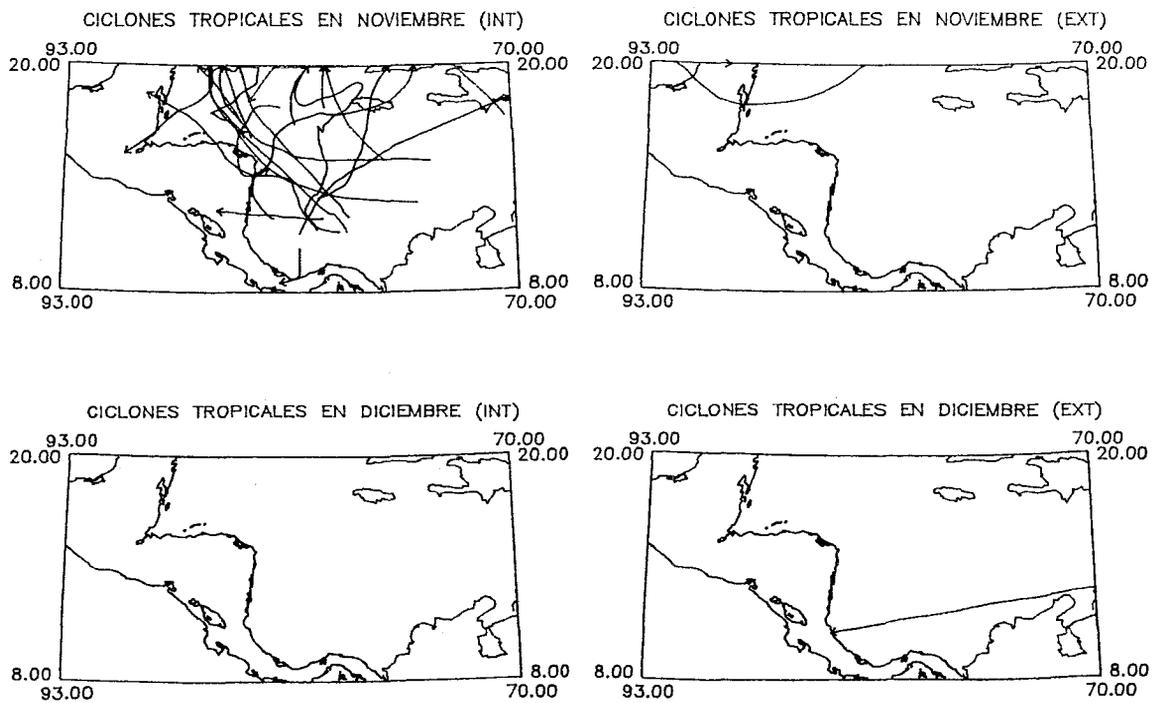


Fig. 6. Comparación entre las dos categorías de ciclones tropicales: Int./Ext., en función de los meses noviembre y diciembre.

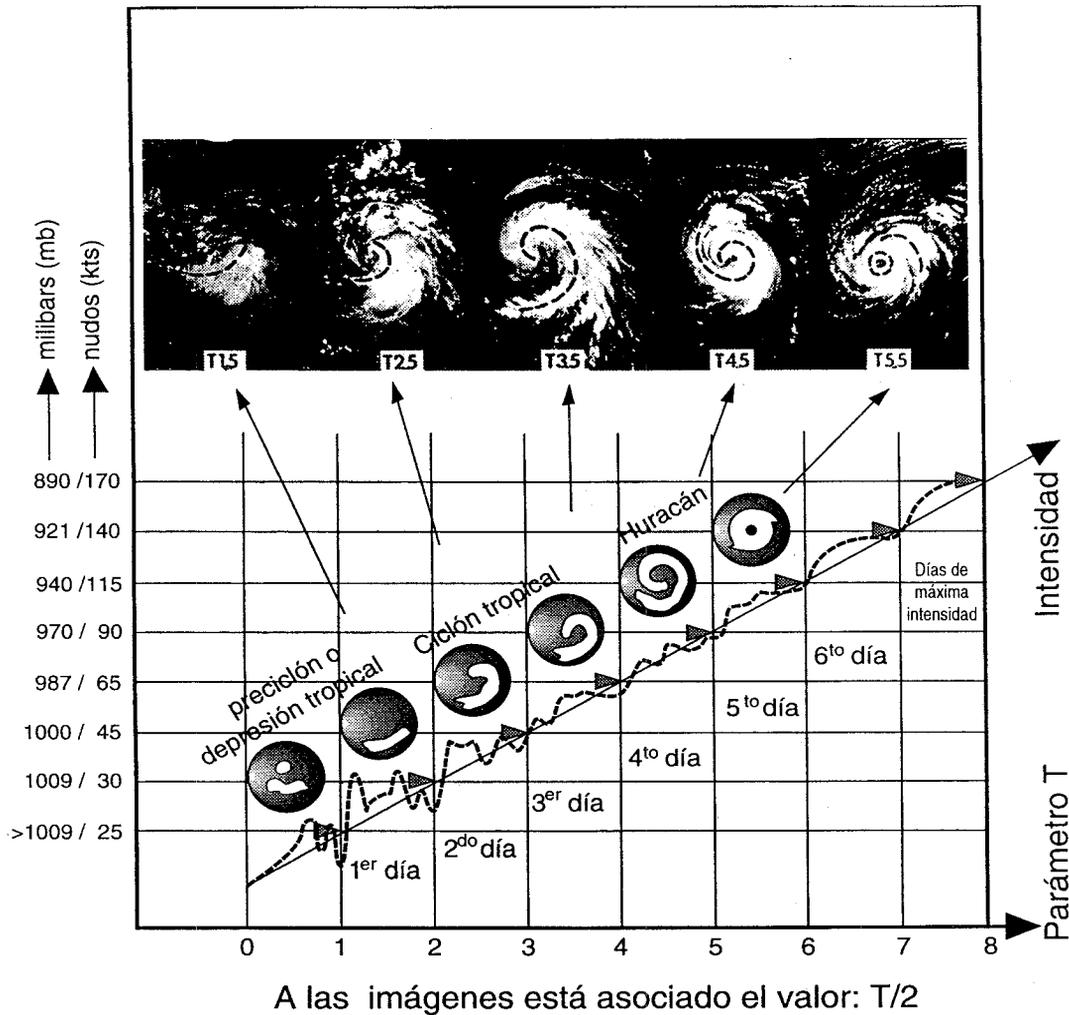


Fig. 7. En función de la presión en el centro del fenómeno, la velocidad de los vientos sostenidos, y del parámetro T, al cual se asocia el tiempo de maduración, se presentan las posibles fases de una depresión tropical, siendo la de un huracán maduro una conformación compacta: con T5.5 (Adaptado de Dvorak y Smigielski 1996).

ca del Caribe brinda condiciones óptimas para este tipo de eventos (Dvorak y Smigielski 1996). Estos pueden ser clasificados en dos grandes categorías en base al:

- 1) **Ámbito temporal:** entre 1886 y 1996, y
- 2) **Ámbito espacial:** región del Caribe-Pacífico entre los 70° y 93° Longitud Oeste y 8° y 20° Latitud Norte.

Las diversas consecuencias asociadas a esta actividad anormal de las regiones tropicales se pueden obtener de las siguientes subagrupaciones:

-Ext.: ciclones tropicales que ya están estabilizados al entrar en la ventana de estudio. Los fenómenos que se pueden dar consiguientemente son o de reforzamiento a un grado mayor de intensidad -antes de salir de la ventana- o un sistemático debilitamiento;

-Int.: ciclones tropicales que se forman en los linderos de la ventana, dentro de la ventana y muy cercanamente a las masas de tierra, partiendo sin rumbo fijo, o sea, sin trayectoria fija, presentando como resultado de su consecuente estabilización, una trayectoria que es aleatoriamente inestable y casi impredecible. Es de es-

perar que su interacción con el medio circundante le posibilite acercarse no solamente a masas terrestres de una forma importante, sino de chocar contra ellas. Pero se añade a este conjunto otro hecho. El efecto de una potencial reestabilización o maduración hasta el grado de huracán, se facilita por la inestabilidad de su trayectoria y por temperaturas superficiales favorables que se pueden dar en la cuenca, sobre todo durante setiembre y octubre.

En el Cuadro 1 y en las Figs. 3 a 6, se presentan ambas categorías, para su comparación. La primera categoría puede ser observada durante el lapso entre junio/julio hasta setiembre/octubre, donde los vientos alisios aún no hacen su total presencia en compañía de frentes fríos, y el régimen de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) aún no ha sido debilitado por la finalización de la fase verano/otoño en el hemisferio Norte. Se le puede interpretar estadísticamente como una categoría con una fase única, cuyo máximo en aparición se da entre agosto y setiembre (Cuadro 1)

La segunda categoría se da característicamente, cuando se ha dado un debilitamiento general de la Zona de Convergencia Intertropical ya sea en la fase de transición primavera/verano (fase de nacimiento que se puede observar particularmente a partir de mayo/junio) o fase de transición verano/otoño (fase de finalización que se puede observar claramente a partir de setiembre/noviembre) en el hemisferio Norte (Coen 1983). Esto le permite a la cuenca del Caribe de convertirse, en la fuente o punto de partida para los ciclones tropicales. Su mayor característica es la de tender su trayectoria hacia el norte, a menos que un frente frío proveniente del norte interfiera como una barrera que lo hace retroceder a menores latitudes. El Golfo de México y la cuenca del Caribe aledaña a esta región, son las gestadoras de la ciclogénesis de los ciclones tropicales. Se le puede interpretar estadísticamente como una categoría con dos fases, cuyo máximo absoluto en aparición se da entre setiembre y noviembre (Cuadro 1)

Otra característica muy importante para dar una interpretación cualitativa de la formación o incidencia de ciclones tropicales en la región

del Caribe es la escogencia de un eje de referencia que está dado en función de la franja latitudinal con un ancho de 2° (de 13°N a 15°N), que subdivide a la cuenca austral del Caribe - particularmente la colindante con masas continentales hacia el oeste - en dos regiones oceánicas vecinas una de la otra:

- a) Círculo I: la región encerrada por un círculo que describe las costas atlánticas -de sur a norte-, de Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Honduras. La posición central de este círculo se puede definir con las coordenadas: 12° Latitud Norte y 80° Longitud oeste.
- b) Círculo II: la región encerrada por un círculo que describe las costas atlánticas -de sur a norte-, de Honduras, Guatemala y Belice. Su posición central se puede definir con las coordenadas: 19° Latitud Norte y 82.5° Longitud oeste.

La máxima probabilidad de ocurrencia de por lo menos un ciclón tropical en maduración (Fig.7; viento máximo entre 35 y 64 nudos), en función de estas regiones oceánicas, ocurre sobre la costa en la frontera entre Nicaragua y Honduras (Grandoso 1976; Hastenrath 1991), disminuyendo rápidamente hacia el sureste.

Existe otra región dentro de la cuenca del Caribe que juega un papel muy importante en la acumulación de energía térmica a nivel oceánico y su transporte hasta latitudes subpolares. Es el caso del Golfo de México, el cual describe también una región aproximadamente circular y semicerrada, y cuyo acote hacia el SE está dado por la Península de Yucatán.

Asociado a una interconexión con el océano Pacífico, la actividad ciclónica del Caribe también muestra ciertas características. Considerando el Pacífico oriental a partir del norte del Ecuador, esta región representa la más importante zona de ciclones tropicales del Hemisferio Occidental (Grandoso 1976, Hastenrath 1991). Para los sistemas cuya ciclogénesis se da en la cuenca, las temperaturas superficiales del mar son un criterio en la maduración o desaparición del sistema ciclónico. Si el sistema aún no se encuentra estabilizado a nivel de hu-

racán, al entrar a la cuenca, su trayectoria puede implicar un choque contra las costas. Para sistemas ya estabilizados y maduros a nivel de huracán, las trayectorias muestran una curvatura pronunciada hacia el noroeste.

En general, la energía disipada por estos sistemas en forma pluviométrica, eólica y de olas, puede jugar un papel importante como ente regenerador de sistemas ecológicos marinos y terrestres. Para alturas de hasta 10 km, diferentes simulaciones demuestran que estos fenómenos pueden ser excelentes homogenizadores del medio atmosférico, y eficientes transportadores de sustancias: NH_3 , H_2O_2 , HNO_3 , etc. de las alturas hacia la superficie (Wang y Crutzen 1995 a, Wang *et al.* 1995 b).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Chris Landsea, del Colorado State University y a la NOAA, por la cortesía de poner a disposición las bases de datos sobre depresiones tropicales, ciclones y huracanes en ambas cuencas. Se agradece de manera muy especial a Guillermo Vega, del Instituto Meteorológico Nacional, y a Jimmy Mejía, de la Escuela de Meteorología, UCR, por las valiosas discusiones y comentarios que se dieron durante la preparación del presente trabajo.

RESUMEN

Se analizan algunas propiedades atmosféricas de las vertientes marinas del Pacífico y del Caribe adyacentes al Istmo Centroamericano y sus posibles interconexiones, mediante un estudio estadístico. Se toma como referencia la franja que describe el Sur de Nicaragua, por poseer las propiedades orográficas menos perturbadoras para los flujos de vientos alisios del noroeste (NO) y del sureste (SE). Estas propiedades atmosféricas se asocian a la incidencia estadística (ya sea que se forman en la cuenca del Caribe o llegan a la región) de fenómenos sinópticos del tipo "ciclones tropicales", y su probabilidad de poder cruzar la franja continental con una mínima pérdida en energía. Se encuentra que para el Atlántico occidental se da un sistemático debilitamiento de los eventos esporádicos de tipo ciclónico durante el ENSO-cálido, en el Pacífico y debido a la temperatura superficial del agua que supera los 27 °C, se da un reforzamiento. Al darse la transición de ENSO-cálido a ENSO-frío

es cuando se dan interconexiones entre ambas vertientes oceánicas, donde sistemas ciclónicos atraviesan el Istmo, principalmente a través del paso de Nicaragua (del Atlántico hacia el Pacífico), y con un único caso a través del paso de Tehuantepec (del Pacífico hacia el Atlántico). Para el ENSO-frío, es de esperar condiciones similares a las de la transición, pero aquí el número de eventos aumenta significativamente en el Atlántico y disminuye en el Pacífico.

REFERENCIAS

- Anónimo. 1994a. Atlas of pilot charts. North Atlantic Ocean, p. 26-37: Pilot charts of Caribbean sea and Gulf of Mexico; los valores promedio discutidos, son considerados para el rango entre 1927 y 1987. Defense Mapping Agency
- Anónimo. 1994b. Atlas of pilot charts. North Pacific Ocean. Defense Mapping Agency. p. 1-12.
- Castro, V. & A. Banichevich. (en prep.). Imágenes satelitales en la predicción de eventos esporádicos de escala sinóptica. I. Precedencia del huracán César como un evento sinóptico..
- Coates, A.G., J.B.C. Jackson, L.S. Collins, T.M. Cronin, H.J. Dowsett, L.M. Bybell, P. Jung & J.A. Obando. 1992. Closure of the Isthmus of Panama: the near-shore marine record in Costa Rica and western Panama. Geol. Soc. Amer. Bull. 104: 814-828.
- Coen, E., 1983. Climate, p. 35-46. In D.H. Janzen (ed.). Costa Rican Natural History. University of Chicago, Chicago.
- Dietz, R.S. & J.C. Holden. 1970. Reconstruction of Pangaea: breakup and dispersion on continents, Permian to present. J. Geophys. Res. 75: 4939-4953.
- Dvorak, V.F. & F. Smigielski. 1996. A Workbook on: Tropical clouds and clouds systems observed in satellite imagery. Vol. 1. p.: 5.23, 6.8, 6.12 y 7.41-7.53"; U.S. Department of Commerce, NOAA/NESDIS/ NWS; Boulder, Colorado.
- Grandoso, H.N. 1976. Rain from tropical cyclones and trough-type systems, p. 9-86. In Proceedings of training seminar/WMO: Intense precipitation and floods in tropical areas of Latin America, El Salvador.
- Guard, C.P. 1986. Local and regional influences on the meteorology of Central America. Forecaster Memo (AWS/FM-86/002), Air Weather Service September. p. 1-23.
- Guzmán, H.N. & J. Cortés. 1993. Arrecifes coralinos del Pacífico Orinetal Tropical: Revisión y perspectivas. Rev. Biol. Trop. 41(3): 535-557.
- Hastenrath, S. 1991. Climate dynamics of the tropics, p. 219-263, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Kjerfve, B. & S.P. Dinnel. 1983. Hindcast hurricane characteristics on the Belize barrier reef. *Coral Reef* 1: 1-5.
- Kjerfve, B., K.E. Mafill, J.W. Porter & J.D. Woodley. 1986. Hindcast hurricane characteristics and observed storm damage on a fringing reef. Jamaica, West Indies. *J. Mar. Res.* 44: 119-148.
- Lay, T., K. Kanamori & L. Ruff. 1982. The asperity model and the nature of large subduction zone earthquakes. *Earthquake Prediction Research* 1: 3-71.
- Lizano, O.G., A. Mercado & M.L. Hernández. 1993. El impacto de las olas generadas por el huracán sobre los arrecifes coralinos: inferencias basadas en modelos numéricos. *Rev. Geofísica* 38: 91-110.
- Monge-Nájera, J. 1996. Jurassic-Pliocene biogeography: testing a model with velvet worm (*Onychophora*) vicariance. *Rev. Biol. Trop.* 44(1): 159-175.
- Stolz, W.R. 1995. Oscilaciones atmosféricas y oceánicas: sus acoples y sus interrelaciones: p. 18-57 y p. 61-67. Tesina para la Especialidad de Postgrado en Meteorología Aplicada, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Wang, C. y P. J. Crutzen. 1995a. Impact of a simulated severe local storm on the redistribution of sulfur dioxide. *Journal of Geophysical Research* 100: D6 11 357-11 367.
- Wang, C., P. J. Crutzen, V. Ramanathan y S. F. Williams. 1995a. The role of a deep convective storm over the tropical Pacific Ocean in the redistribution of atmospheric species. *Journal of Geophysical Research* 100: D6509-11 516.
- Woodley, J.D., E.A. Chonersky, P.A. Clifford, J.B.C. Jackson, L.S. Kaufman, N. Knoulton, J.C. Land, M.P. Pearson, T.W. Porter, M.C. Rooney, K.W. Rylaarsdam, V.J. Tunnicliffe, C.M. Whale, J.L. Wolff, A.S.G. Curtis, M.D. Dallmeyer, B.P. Jupp, M.A.R. Kochl, J. Neigel & E.M. Sides. Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs. *Science* 241: 749-755.
- Vandermeer, J., N. Zamora, K. Yih & D. Boucher. 1990. Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Rev. Biol. Trop.* 38(2B): 347-359.

APÉNDICE

Resumen de los ciclones tropicales que traspasaron la región interoceánica: Caribe <—> Pacífico, como un "sistema único en transición", entre: 1) los {81° y 93° Longitud Oeste y 8° y 20° Latitud Norte} para la región del Atlántico, y 2) los {84° y 100° Longitud Oeste y 8° y 25° Latitud Norte} para la región del Pacífico, en el rango temporal entre 1949 y 1996, tomando a Nicaragua como eje de referencia, y el fenómeno del ENOS. El eje de referencia se define como una franja entre 13°N y 15°N.

Año ¹	Tropical ²	Huracán ³	Aparición ⁴	Desaparición ⁵	Cerca de Nicaragua ⁶	Posible efecto ⁷
------------------	-----------------------	----------------------	------------------------	---------------------------	---------------------------------	-----------------------------

1961 /4: en forma temporal, del Atlántico hacia el Pacífico (1 caso interoceánico como sistema dependiente, donde el evento del Pacífico resulta como resultado de la desintegración de Hattie):

Atlántico:						
-		608 (4) Hattie ⁹	f: 27.10, v= 45 c: 11.6°N/81.5°W	f: - , - c: - , -	f: 28.10, v= 100 c: 12.9°N/81.7°W	d l i
-		continuac. Hattie ⁹	f: 28.10, v= 110 c: 14.1°N/81.5°W	f: 01.11, v= 45 c: 15.7°N/90.1°W	f: 28.10, v= 110 c: 14.1°N/81.5°W	d l i

Pacífico:						
9 (-)	-		f: 01.11, v= 25 c: 14.0°N/92.0°W	f: 03.11, v= 25 c: 18.6°N/94.6°W	f: 01.11, v= 25 c: 14.0°N/92.0°W	- l i
Simone	-					

1965 /2: en forma temporal, del Pacífico hacia el Atlántico; sistema único que logra traspasar el sur de Guatemala, México y Belice, a través de la Península de Yucatán, hasta el Golfo de México (1 caso interoceánico):

Pacífico:						
637 ⁸	-		f: 11.06, v= 25 c: 12.5°N/91.3°W	f: 12.06, v= 25 c: 16.8°N/91.1°W	f: 11.06, v= 25 c: 12.5°N/91.3°W	d l i
(-)	-					

Año ¹	Tropical ²	Huracán ³	Aparición ⁴	Desaparición ⁵	Cerca de Nicaragua ⁶	Posible efecto ⁷
			Atlántico:			
637	-	-	f: 12.06, v= 25	f: 13.06, v= 25	f: 12.06, v= 25	- l i
(-)	-	-	c: 16.8°N/91.1°W	c: 20.9°N/91.0°W	c: 16.8°N/91.1°W	

1971 /4: en forma temporal, del Atlántico hacia el Pacífico (1 caso interoceánico como sistema dependiente, donde el evento del Pacífico resulta como resultado de la desintegración o continuación de Irene):

			Atlántico:			
-	707 (-)	Irene	f: 16.09, v= 30 c: 12.5°N/70.5°W	f: 20.09, v= 35 c: 12.5°N/87.9°W	f: 19.09, v= 50 c: 11.7°N/85.0°W	d* l i
			Pacífico:			
-	15 (2)	Olivia	f: 20.09, v= 25 c: 11.5°N/85.2°W	f: 24.09, v= 80 c: 13.9°N/100.2°W	f: 20.09, v= 25 c: 11.5°N/85.2°W	d l i
-	continúac.	de Olivia	f: 22.10, v= 70 c: 13.2°N/91.6°W	f: 24.09, v= 80 c: 13.9°N/100.2°W	f: 22.10, v= 70 c: 13.2°N/91.6°W	d l i

1978 **/1: en forma temporal, del Atlántico hacia el Pacífico (1 caso interoceánico como sistema dependiente, donde el evento del Pacífico resulta como resultado de la desintegración o continuación de Greta):

			Atlántico:			
-	769 (2)	Greta	f: 15.09, v= 40 c: 13.3°N/70.4°W	f: 20.09, v= 30 c: 15.7°N/93.0°W	f: 18.09, v= 115 c: 15.8°N/84.3°W	d l i
			Pacífico:			
-	15 (1)	Olivia ⁹	f: 20.09, v= 30 c: 16.0°N/93.0°W	f: 23.09, v= 30 c: 16.5°N/94.0°W	f: 20.09, v= 30 c: 16.0°N/93.0°W	- l i

1988 **/4: en forma temporal, del Atlántico hacia el Pacífico (1 caso interoceánico como sistema dependiente, donde el evento del Pacífico resulta como resultado de la desintegración o continuación de Joan):

			Atlántico:			
-	863 (-)	Joan ¹⁰	f: 17.10, v= 55 c: 12.2°N/70.5°W	f: 22.10, v= 140 c: 12.0°N/83.3°W	f: 22.10, v= 140 c: 12.0°N/83.3°W	d* l i
			Pacífico:			
-	15 (-)	Miriam ¹¹	f: 23.10, v= 45 c: 12.2°N/86.8°O	f: 28.10, v= 25 c: 12.0°N/100.0°O	f: 23.10, v= 45 c: 12.2°N/86.8°O	d l i

1996 **/6: en forma temporal, del Atlántico hacia el Pacífico (1 caso interoceánico como sistema dependiente, donde el evento del Pacífico resulta como resultado de la desintegración o continuación de Cesar):

			Atlántico:			
-	941 (1)	Cesar	f: 26.07, v= 40 c: 12.5°N/72.0°W	f: 28.07, v= 30 c: 12.7°N/87.2°W	f: 28.07, v= 70 c: 12.3°N/84.0°W	d l i
			Pacífico:			
-	15 (1)	Douglas ¹²	f: 29.07, v= 35 c: 13.0°N/89.7°W	f: 30.07, v= 80 c: 14.3°N/100.4°W	f: 29.07, v= 35 c: 13.0°N/89.7°W	d l i

¹ El número de estrellas indica el año en que se da -en promedio- el Fenómeno de El Niño (*) y de La Niña (**) [Wer95]; también se da el número total de ciclones que aparecen en la ventana del Atlántico para el correspondiente año; para el Pacífico, no se considera tal valor.

² Representa el número de ciclones tropicales con un 100% de carácter de tormenta tropical o depresión tropical; no llegan a convertirse en huracanes, por lo cual se consideran como sistemas aún no completamente estabilizados; valores para las velocidades sostenidas de vientos menores de 34 nudos (17 m/s) corresponden a depresiones tropicales; entre 34 y 63 nudos a tormentas tropicales.

- 3 Se da el código de aparición desde que se lleva control a partir de 1949, y entre paréntesis su categoría máxima en intensidad alcanzada durante su existencia como huracán; aquí se considera a sistemas ciclónicos tropicales 100% huracán, o sea altamente estabilizados, que inciden o se gestan en la ventana. Para valores de las velocidades sostenidas de vientos mayores de 64 nudos (32 m/s) corresponden a los huracanes. En los casos correspondientes se cita el nombre dado al evento.
- 4 Se dan aquí en forma resumida, la fecha (f: día/mes) de aparición hacia el interior de la ventana considerada, las coordenadas (c: La/Lo) del evento y su velocidad promedio ($v=$) de vientos sostenidos en unidades de nudos.
- 5 Se dan aquí en forma resumida, la fecha (f: día/mes) de desaparición hacia el exterior de la ventana considerada, las coordenadas (c: La/Lo) del evento y su velocidad promedio ($v=$) de vientos sostenidos en unidades de nudos.
- 6 Se dan aquí en forma resumida, la fecha (f: día/mes) de mayor acercamiento y/o de contacto con Nicaragua como eje de referencia dentro de la ventana considerada, las coordenadas (c: La/Lo) del evento y su velocidad promedio ($v=$) de vientos sostenidos en unidades de nudos.
- 7 d: posible efecto directo; i: posible efecto indirecto.
- 8 Aquí, si bien comienza la trayectoria del ciclón en el Pacífico y finaliza en el Atlántico, su listado no aparece con los del Pacífico, sino con los del Atlántico.
- 9 Todo parece indicar, que este sistema fue devuelto -en función de la latitud-, probablemente por un frente frío, de 16.0°N (20.09) hasta los 13.9°N (21.09), convirtiéndose a partir de esta posición, en un huracán que choca contra la costa pacífica.
- 10 También se le conoce como: "Juana".
- 11 Después de que este sistema entra a la región oceánica, se da un reforzamiento de su intensidad, hasta casi alcanzar la fuerza de un huracán (60 nudos), pero no llega a estabilizarse como un sistema fuerte, y se mantiene oscilando entre depresión y ciclón tropical, hasta el 02.11, cuando desaparece.
- 12 Después de que este sistema entra a la región oceánica, inmediatamente se da un reforzamiento de su intensidad, hasta alcanzar uno de las más importantes intensidades de la estación (115 nudos).