



Bulletin de l'Institut français d'études andines
ISSN: 0303-7495
secretariat@ifea.org.pe
Institut Français d'Études Andines
Organismo Internacional

Rubiera, José; Caymares, Armando
Eventos de tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana
Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998
Institut Français d'Études Andines
Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627347>

- ▶ How to cite
- ▶ Complete issue
- ▶ More information about this article
- ▶ Journal's homepage in redalyc.org

EVENTOS DE TIEMPO SEVERO INDUCIDOS POR EL ENSO EN LA TEMPORADA INVERNAL CUBANA

*José RUBIERA, Armando CAYMARES **

Resumen

La temporada invernal cubana enmarca a la temporada seca o poco lluviosa del año, en la cual, a diferencia de los sistemas tropicales del verano, no se registran usualmente fenómenos severos. Sin embargo, en las temporadas invernales bajo la influencia del ENOS se activan de manera anómala los sistemas meteorológicos invernales en latitudes situadas muy al sur. Son entonces relativamente frecuentes que se produzcan eventos de tiempo severo de 24 a 48 horas de duración, con el avance de líneas de tormentas severas, lluvias intensas, tornados, granizadas e inundaciones costeras. Estos eventos ocasionan muerte y gran destrucción, con grandes afectaciones a la agricultura y la industria azucarera. Los climatólogos reconocen en el ENOS la causa de mayor variabilidad climática interanual en el planeta. Desde este punto de vista describen y pronostican sus efectos estacionales como la desviación positiva o negativa de variables como la precipitación y la temperatura. Sin embargo, un enfoque más detallado de las afectaciones sólo puede brindar un estudio de los sistemas sinópticos que, inducidos por el ENOS, causan el tiempo severo. Esto es totalmente necesario para el diseño de un Sistema de Alerta Temprana que sirva a los intereses de la Defensa Civil y de la economía.

En el presente trabajo se identifica el papel que juega la Corriente en Chorro Sub-tropical en la formación de los eventos de tiempo severo en Cuba. Asimismo, del estudio de las temporadas invernales con ENOS moderado o fuerte desde 1957-58 hasta la del 1996-97, se obtuvieron los patrones sinópticos de superficie y aire superior que están asociados a los eventos de tiempo severo inducidos por el ENOS. Se presentan además ejemplos de la afectación al país de los eventos principales. Con el reconocimiento de estos patrones o tipos, se diseña un Sistema de Alerta Temprana desde el plazo de 7 a 10 días, dirigido a la Defensa Civil y los intereses económicos del país.

Palabras claves: ENOS, tiempo severo, invierno cubano, corriente Chorro, patrones sinópticos, Alerta temprana.

ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES SÉVÈRES INDUITS PAR LES ENSO AU COURS DE LA PÉRIODE HIVERNALE À CUBA

Résumé

La période hivernale à Cuba correspond généralement à la période sèche, au cours de laquelle, à l'inverse de ce qui se passe en été, on n'enregistre généralement pas de séquence pluviométrique sévère. Cependant, l'influence de l'ENSO peut activer des systèmes

* Departamento Nacional de Pronósticos, Instituto de Meteorología, Casa Blanca, Apartado 17032, La Habana 17, C.P. 11700, Cuba. Telf.(537) 61 66 44, e-mail: pron@netz.met.inf.cu.

météorologiques de manière anormale pour des latitudes aussi basses. Il se produit alors relativement souvent des séquences météorologiques sévères de 24 à 48 heures de durée, avec l'avancée de lignes de grains, des pluies intenses, des tornades, de la grêle et des inondations dans les zones côtières. Ceci provoque des morts et de gros dégâts. Les climatologues reconnaissent l'ENSO comme la cause la plus importante de variabilité climatique inter-annuelle de la planète. Ils en décrivent et en prédisent les effets, comme les anomalies de précipitations ou de températures. Cependant on ne peut évaluer de manière plus précise ces conséquences qu'en étudiant les systèmes synoptiques induits par l'ENSO, qui sont responsables de ces excès. Cette étape est indispensable pour la mise en place d'un système d'alerte avancé requis par la Défense Civile.

On montre, dans cet article, le rôle joué par le jet-stream subtropical, dans la formation de ces événements climatologiques sévères. Ainsi, l'étude des périodes hivernales affectées par un ENSO depuis 1957-58 jusqu'à 1996-97 a permis d'établir des situations types des niveaux de surface et supérieurs de l'atmosphère, associés à des événements sévères induits par l'ENSO. On présente aussi des exemples des conséquences des principaux événements. A l'aide de ces situations types, on a pu élaborer un système d'alerte avancée mis à la disposition de la Défense Civile et permettant d'effectuer des prévisions à 7 et à 10 jours.

Mots-clés : *ENSO, fortes perturbations, hiver cubain, jet-stream, situation synoptique, Alerter avancée.*

SEVERE WEATHER EVENTS INDUCED BY ENSO EVENTS DURING THE CUBAN WINTER SEASON

Abstract

The Cuban winter season frames the dry season of the year in the country, in which, differently from summer tropical systems, severe weather phenomena are hardly on record. However, in winter seasons under ENSO influence, meteorological systems are anomalously activated in latitudes farther south than normal. Severe weather events lasting from 24 to 48 hours are then relatively frequent and accounts for the formation of severe squall lines, intense rains, tornadoes, hail and coastal floods. These events cause death and great destruction, mainly in agriculture and the sugar cane industry. Climatologists recognise ENSO as the major cause of interannual climatic variability on the Planet. From this point of view, they describe and forecast ENSO seasonal effects as positive or negative deviations from normal meteorological variables such as precipitation and temperature. Nevertheless, a more detailed approach can only be achieved from the study of ENSO inducing synoptic systems which cause severe weather. This becomes entirely necessary to design an Early Warning System for the interests of Civil Defence and economy.

In the present paper the role of Subtropical Jet Stream is identified as the prime cause for the formation of severe weather events in Cuba. Besides, from the study of winter seasons with moderate or strong ENSO presence since 1957-58 through 1996-97, several synoptic patterns were obtained from surface and upper air charts, as well as their association with ENSO inducing severe weather events. Examples of impact of these events in the Country are shown. Using these techniques, an early forecast system used by Civil Defence was created.

Key words: *ENSO, Severe Weather, Cuban Winter, Jet Stream, Synoptic Patterns, Early Warning.*

INTRODUCCIÓN

La temporada invernal cubana (noviembre-abril) coincide con la estación seca o de poca lluvia en Cuba. En la misma se registra sólo el 30 % de la precipitación anual, la cual es aportada por el tránsito de la porción sur de los frentes fríos que se extienden

desde el continente norteamericano. Es la época del año en la que se cosechan importantes cultivos, como la caña de azúcar, la papa y el tabaco. También se ejecuta el proceso agro-industrial de la producción de azúcar, la primera industria del país, llamada la zafra azucarera. Todas estas actividades se llevan a cabo de manera idónea en condiciones de poca lluvia.

Lapinel y Naranjo (1997) en un estudio sobre la circulación atmosférica sobre Cuba observaron una tendencia poco significativa al aumento de la cantidad anual de frentes fríos que afectan al país, la cual posee una alta variabilidad interanual que le sugirió la presencia de ciclos naturales, uno de los cuales, de 6 años, parece vincularse a la influencia del ENOS. También Naranjo (1994) logró describir la existencia, bajo condiciones ENOS, de una expansión de los oestes extratropicales invernales sobre Cuba, unido a un incremento de los transportes atmosféricos superficiales en la dirección norte-sur. Este sistema favorece, en general, la formación de bajas extratropicales en el Golfo de México, por lo que la frecuencia de estos sistemas aumenta significativamente provocando un incremento relativo de las lluvias invernales sobre Cuba, principalmente en su mitad occidental.

Así pues, en los años bajo la influencia del ENOS la temporada invernal se muestra en Cuba mucho más lluviosa que lo normal, a veces más cálida y otras veces más fría. Los climatólogos describen y prevén estas anomalías estacionales en términos de desviaciones positivas o negativas de la normal climatológica de las variables precipitación y temperatura. Pero los efectos perjudiciales del ENOS no ocurren de manera uniforme en toda la temporada invernal, sino que ocurren «a golpes», en forma de eventos de tiempo severo de poca duración relativa (24 a 48 horas), pero de efectos terribles al producir líneas de tormentas severas, áreas de lluvias intensas, vientos fuertes, tornados, granizo, y en las costas inundaciones ocasionadas por la penetración del mar. Son estos eventos severos los que despiertan gran interés por el impacto negativo que son capaces de provocar sobre las personas y la economía del país.

Alfonso y Florido (1992) analizaron las series de casos de tormentas locales severas en Cuba, que incluyen las granizadas, tornados y vientos lineales superiores a 90 km/h y encontraron señales cíclicas dominantes en el orden de los 6 y 3-6 años vinculadas al evento ENOS. Encontró que la frecuencia de condiciones circulatorias que propician la aparición de líneas de tormentas pre-frontales de considerable intensidad se incrementó significativamente en los años ENOS.

Con relación a las lluvias intensas o eventos de grandes precipitaciones (eventos en los que se acumulan 100 mm o más en 24 horas o menos en alguna localidad), Alfonso y Florido (1992) encontraron que su ocurrencia está fuertemente determinada por la combinación que se produce en las circulaciones atmosféricas y los diferentes factores físico-geográficos. Lograron describir 12 configuraciones de circulación que favorecen las grandes precipitaciones. Sólo en dos de ellas están incluidos sistemas tropicales (ciclones tropicales y ondas tropicales), pero en el resto predominan mecanismos de interacción trópico-latitudes medias, entre ellos se destacan los frentes fríos clásicos, los quasi-estacionarios y la extensión de ondas de latitudes altas en el trópico. Hallaron que en los años bajo la influencia del ENOS en el período 1965-1990, presentaron un notable incremento en el número de días con grandes precipitaciones, con un promedio de 110

días y un valor máximo de 124 en el año 1972. Es interesante destacar que estos autores no hallaron incrementos de las grandes precipitaciones en los años ENOS debidas a los frentes fríos clásicos, por lo que son otros los sistemas que las producen.

Rubiera (1984) había realizado un análisis del período invernal más severo registrado en Cuba, el primer trimestre de 1983. En ese período se presentaron cuatro eventos de tiempo severo en todas sus variantes, lluvias intensas que superaron de 3 a 5 veces los récords históricos para estos meses con valores mayores en algunas zonas. Se alcanzó un nuevo récord nacional en Punta del Este, Isla de la Juventud, con un registro de 696.5 mm. En dicho trabajo, se vinculan los eventos severos al desarrollo de potentes bajas extratropicales en el Golfo de México, se trazan las configuraciones medias de la circulación para esos meses y su anomalía respecto a la norma y se vinculan los sistemas que ocasionaron el tiempo severo a una posición anómala, mucho más al sur que lo normal, de la Corriente en Chorro Sub-tropical en el Golfo de México, pero también anómala en cuanto a la velocidad de sus vientos de +75 km/h. También encontró valores muy bajos del índice de circulación en los niveles medios de la troposfera.

Sólo un estudio más generalizado de los patrones de sistemas sinópticos inducidos por el ENOS en superficie y la atmósfera superior, los que ocasionan esos fenómenos severos, conduce a poder pronosticarlos con efectividad para emitir Alertas Tempranas a la Defensa Civil y los intereses económicos, así como Avisos públicos para la población a través de la radio y la televisión. La finalidad es proteger la vida humana y minimizar los daños económicos. Este es el objetivo final de este trabajo.

1. TIPIFICACIÓN SINÓPTICA DE LOS SISTEMAS CAUSANTES DE TIEMPO SEVERO EN LOS AÑOS ENOS

1. 1. El papel de la Corriente en Chorro

Se estudiaron las temporadas invernales desde la de 1957-58 hasta la pasada temporada 1996-97. De estas temporadas, ocho estuvieron bajo la influencia de un ENOS moderado o fuerte. En todas ellas se presentaron eventos de tiempo severo con un mínimo de un caso y un máximo de cuatro casos. El lugar común a casi todos ellos fue la presencia anómala de la Corriente en Chorro Sub-tropical de 5 a 10 grados de latitud por debajo de su posición normal, sobre el Golfo de México y el occidente de Cuba, y vientos con intensidades superiores a los valores usuales, como había encontrado Rubiera (1984) para el primer trimestre de 1983. Bjerknes (1966) había establecido por primera vez una teoría coherente sobre la posible respuesta de la circulación atmosférica global al calentamiento oceánico del Pacífico Tropical. Razonó que la convección anómala en los trópicos debía provocar la intensificación de la Corriente en Chorro Sub-Tropical, debido a la necesidad del transporte de energía hacia latitudes más altas. En consecuencia, se produce una intensificación de los sistemas de bajas presiones del Pacífico norte que altera toda la circulación global, fundamentalmente en invierno.

Es interesante hacer notar que en los casos de las bajas extratropicales más profundas, las que generaron las más intensas líneas de tormentas pre-frontales, tanto en el Golfo de México como en el sudeste de los EE.UU. y trajeron aparejados los peores casos de eventos severos en Cuba, estaba involucrada no tan sólo la Corriente en Chorro

Sub-Tropical en las condiciones descritas más arriba, sino que la Corriente en Chorro Polar se encontraba también mucho más al sur de su posición normal. Poco después del punto de confluencia de ambas corrientes, donde ellas comienzan a divergir, se halló la mayor intensificación de los sistemas superficiales en correspondencia con la gran difluencia provocada en los niveles más altos de la troposfera. Esta condición ha sido descrita por Whitney (1977) como favorable para que ocurran Tormentas Locales.

1. 2. Patrones sinópticos de superficie y aire superior

El análisis de las situaciones de estudio, llevó a la identificación de patrones de circulación bien diferenciados de circulación, asociados a los eventos de tiempo severo en Cuba, durante los inviernos influidos por el ENOS. Se hallaron tres patrones superficiales y junto a ellos tres patrones en el aire superior.

Dichos patrones sinópticos son:

A. Frente frío fuerte seguido de intenso anticiclón continental migratorio y onda polar profunda en la troposfera.

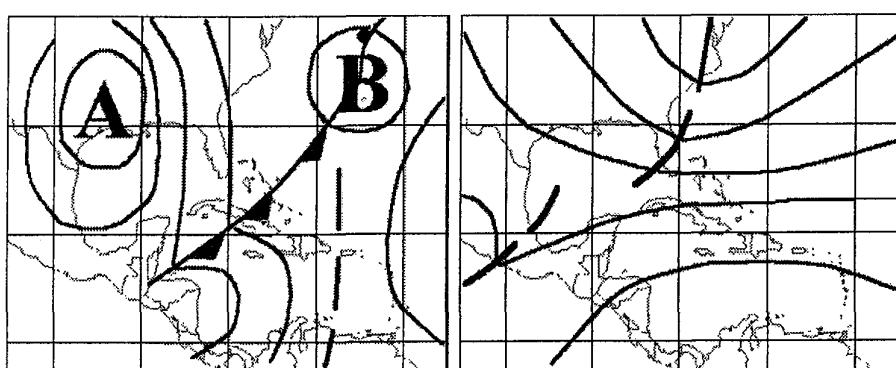


Fig. 1 - Configuración de superficie (izquierda) y 500 hPa (derecha) correspondiente al patrón A.

Este caso no es privativo sólo de los años ENOS, pero en estos años es cuando se producen significativamente los eventos severos asociados a este patrón. Es también el patrón que menos eventos severos produce. Se describe como un frente frío de origen ártico que llega a la región occidental de Cuba seguido por un anticiclón intenso (1028 a 1030 hPa) que tiene asociada una masa de aire polar ártica con temperaturas muy bajas en el sur de los EE.UU. y sobre el Golfo de México. Ocasiona vientos fuertes de región norte sobre el occidente y centro de Cuba, con velocidades máximas sostenidas por encima de 55 km/h y rachas superiores a 80 km/h.

El patrón de los niveles medios asociado a esta situación es una onda polar profunda, definida en todos los niveles de la troposfera, con su eje extendido sobre los 80°W, el cual cruza sobre Cuba y el Mar Caribe occidental. Hay fuertes corrientes del noroeste en todo el Golfo de México y la Florida, con valores entre 95 y 150 km/h en 850 y 700 hPa, mientras que en 500 hPa alcanzan de 185 a 220 km/h sobre la Florida.

En los niveles superiores la onda polar está más atenuada, pero la Corriente en Chorro polar tiene curvatura ciclónica sobre el sur de los EE.UU. y el norte del Golfo de México, con velocidades entre 185 y 220 km/h. La Corriente en Chorro Sub-tropical casi no se identifica en este patrón.

B. Baja extratropical intensa que se desarrolla en el Golfo de México con uno o varios centros de circulación.

Estas bajas se ocluyen generalmente sobre la región central del Golfo de México y tienen un movimiento hacia el estenordeste sobre la porción norte del Golfo, moviéndose hacia el norte de la Florida o el sudeste de los EE.UU., desde donde toman un rumbo más al nordeste. Estas bajas extratropicales se profundizan hasta valores por debajo de 1004 hPa y en ocasiones hasta valores inferiores a 998 hPa. En el caso extremo de la supertormenta del 13 de marzo de 1993, se profundizó en el este de los EE.UU. hasta 964 hPa. En el aire superior, el patrón B se identifica con una baja de desprendimiento (*cut off low*) con una profunda onda corta. La baja se localiza en el sur de EE.UU. próxima a la desembocadura del río Mississippi o en la porción norte del Golfo de México, con la onda corta extendida hacia el sur y sursuroeste sobre la región central del Golfo de México, muy bien definida en los niveles de 850 y 700 hPa.

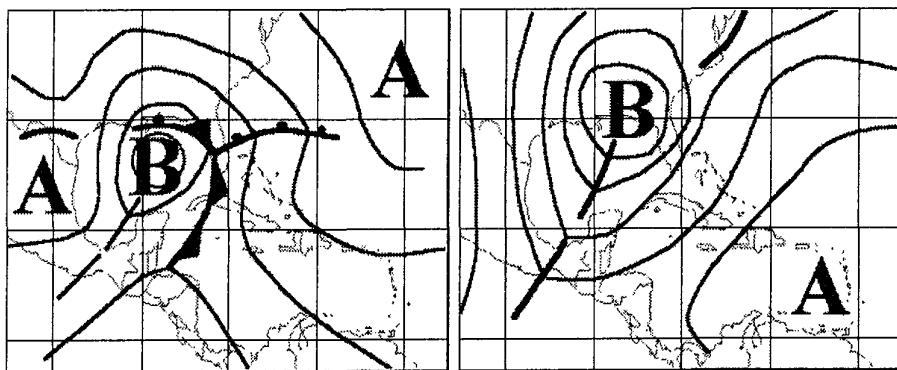


Fig. 2 - Configuración de superficie (izquierda) y 500 hPa (derecha) correspondiente al patrón B.

Presente en este patrón está la formación de una asíntota de convergencia horizontal en el sudeste del Golfo de México y el occidente de Cuba, delante del eje de la vaguada. Esto trae aparejada una fuerte confluencia en los niveles bajos sobre la región occidental de Cuba, con vientos entre 55 y 75 km/h, y en algunas ocasiones 75 a 95 km/h (chorro de los niveles bajos). En los niveles medios (500 hPa), hay un flujo del suroeste de 65 a 95 km/h y temperaturas entre -12 y -14 °C. En los niveles más altos, está presente la Corriente en Chorro Sub-tropical procedente del Pacífico, que cruza sobre Campeche, Yucatán y cruza sobre o cerca del occidente de Cuba con velocidades entre 185 y 240 km/h. También está presente la Corriente en Chorro Polar establecida sobre la porción norte del Golfo de México y el centro de la Florida, con velocidades

entre 220 a 260 km/h. La fuerte convergencia en niveles bajos y la también fuerte divergencia en los altos, ocasionada por los chorros, hacen que este patrón sinóptico sea el que ocasiona los eventos más severos.

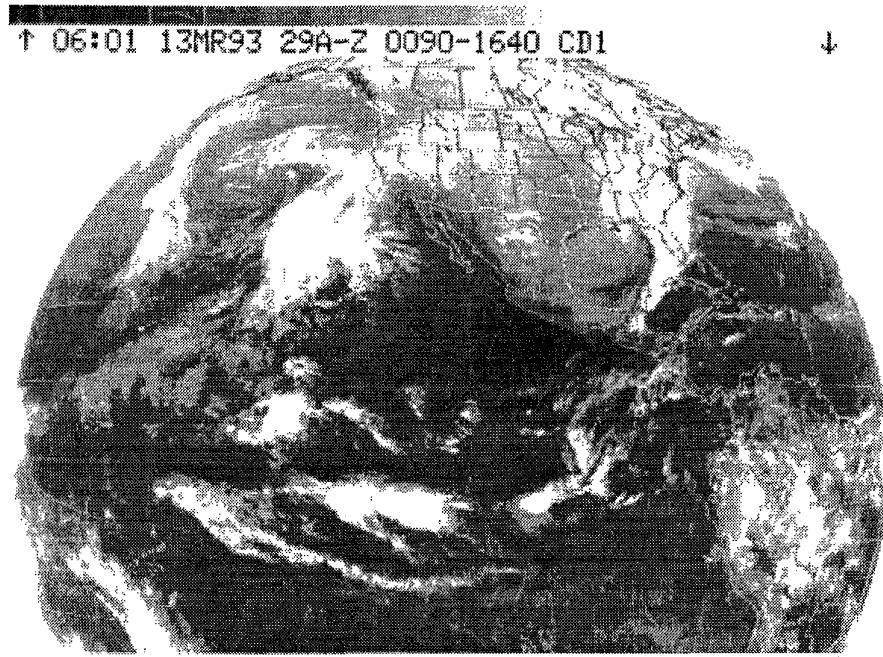


Fig. 3 - Imagen infrarroja del GOES del 13 de marzo de 1993 a las 06:01 UTC.

En todos los casos se observaron en las imágenes de satélite las bandas triangulares o en forma de «V» (Fig. 3) descritas en la literatura por Fujita (1978), McCann (1981) y Heymsfield & Blackmer (1988), portadoras de áreas de fuertes tormentas severas, las que se generaron en el sector caliente de la baja extratropical, con fuerte confluencia de vientos del sur y la superposición de lenguas de aire húmedo en los niveles bajos y aire seco en los niveles altos, junto a la interacción de las Corrientes en Chorro Sub-tropical y Polar.

C. Bajas «Golfianas» que se desarrollan en el Golfo de Campeche, porción sur del Golfo de México o sobre el Golfo de Honduras o el noroeste del Mar Caribe occidental.

Estas bajas tienen presiones entre 1000 y 1008 hPa (1004 hPa al cruzar sobre o cerca de Cuba) y se van profundizando a medida que avanzan hacia el este/noreste o el noreste, cruzando sobre Cuba o próximo al país. A pesar de que las presiones no son excesivamente bajas, se producen muy fuertes vientos del norte al noreste, debido al fuerte gradiente de presión que se establece entre la baja y el anticiclón continental sobre el sur de los EE.UU. o el Golfo de México. En el aire superior, niveles medios y altos,

se observa una onda corta moderada que se desarrolla sobre el Golfo de México y sur de los EE.UU. Está presente una corriente en chorro de los niveles bajos con dirección del segundo al tercer cuadrantes y velocidades de 65 a 75 km/h. La Corriente en Chorro Sub-tropical se extiende de suroeste a nordeste sobre la Florida y porción este del Golfo de México con velocidades de 185 a 220 km/h.

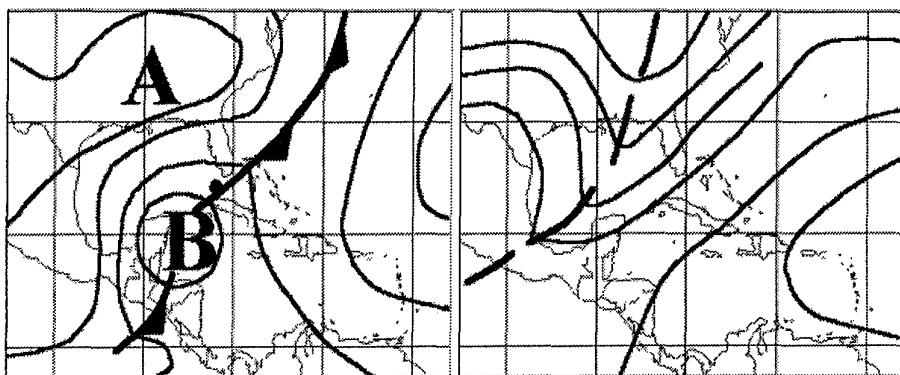


Fig. 4 - Configuración de superficie (izquierda) y 500 hPa (derecha) correspondiente al patrón C.

1. 3. Trayectorias de las bajas extratropicales en años ENOS asociadas a eventos de tiempo severo en Cuba

También se estudió la trayectoria de las bajas extratropicales causantes del tiempo severo en Cuba durante los inviernos con influencia del ENOS. Estas bajas están asociadas, como se vio anteriormente, a los patrones tipo B y C.

En el caso del patrón Tipo B casi todas las bajas extratropicales se formaron en el noroeste del Golfo de México, o comenzaron a desarrollarse en el sudeste del estado norteamericano de Texas. En este caso las trayectorias tienen una marcada tendencia primero hacia el estenordeste, sobre la mitad norte del Golfo de México entre los 26 y 29 grados de latitud norte, para posteriormente inclinar su rumbo hacia el nordeste sobre el norte y noroeste de la Florida, saliendo al Atlántico por las costas de los estados de Carolina del Norte o el este de Virginia.

Las bajas extratropicales del patrón Tipo C se movieron al estenordeste y después al nordeste, cruzando sobre el occidente y centro de Cuba o sobre el extremo sudeste del Golfo de México.

2. ALGUNOS EJEMPLOS DE EVENTOS SEVEROS ASOCIADOS A LOS PATRONES A, B Y C

Patrón tipo A: Frente frío fuerte del 20 de enero de 1977. El fuerte gradiente bárico ocasionó vientos que llegaron a 89 km/h. Esos vientos fuertes soplando sobre el Golfo de México arrastraron fuertes olas que ocasionaron una gran inundación costera en todo el litoral de la ciudad de La Habana. La masa de frío ártico llegaba desde Alaska

y produjo un notable descenso en las temperaturas con valores entre 4 y 9 °C. La frontera de la nieve se acercó al trópico, ya que nevó en Miami, Florida, y en la isla Gran Bahama, en las Bahamas.

Patrón tipo B: Baja extratropical del 16 de marzo de 1983. Ocurrió divergencia de la Corriente en Chorro Polar y la Subtropical sobre la región occidental de Cuba, lo que ocasionó el mayor «brote» de tormentas severas que se haya registrado en Cuba: se formaron 7 tornados, ocurrieron 7 turbonadas con rachas destructoras y 5 granizadas, es decir, 19 casos de severidad. Este brote costó al país 2 muertos, 63 heridos, 234 casas destruidas o dañadas, más de 56 instalaciones económicas afectadas y más de medio millón de dólares en pérdidas.

Patrón tipo C: Baja extratropical del 2-4 de enero de 1958. Esta baja surgió en la zona del Golfo de Honduras, en el noroeste del Mar Caribe occidental, se estructuró en las cercanías de Cabo Catoche, Yucatán. Avanzó al estenordeste cruzando sobre las regiones occidental y central de Cuba, penetrando al final de la tarde del día 2 entre Isla de Pinos (hoy Isla de la Juventud) y la costa sur de la provincia de La Habana, con 1006 hPa y saliendo al Canal Viejo de Bahamas en la mañana del día 3 por las inmediaciones de Caibarién, Villa Clara, con 1004 hPa. En la troposfera superior estaba presente una onda corta y superpuesta a ella, en los niveles más altos, una Corriente en Chorro Subtropical. En 500 hPa el flujo del suroeste alcanzaba 110 km/h, mientras que la temperatura a ese nivel era de -11 a -17 °C. El fuerte gradiente superficial producido por la combinación de la baja y el anticiclón continental causó vientos fuertes sostenidos de hasta 96 km/h, con rachas reportadas de 113 km/h. Hubo lluvias torrenciales que afectaron los cultivos y desbordaron los ríos. El fuerte viento causó también mucho daño al derribar árboles y cortar las comunicaciones y la electricidad. Se produjo una gran inundación costera por la penetración del mar a lo largo del litoral de la ciudad de La Habana, con olas de 4.5 m de altura y hasta 5.0 m en algunos tramos. Hubo el saldo de varios heridos, muchas personas sin hogar, naufragios y cientos de miles de dólares en pérdidas materiales.

3. DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE EVENTOS SEVEROS DURANTE LA TEMPORADA INVERNAL CUBANA

El reconocimiento de los anteriores patrones o tipos permite realizar el diseño de un sistema de Alerta temprana dirigido a la Defensa Civil de Cuba y diferentes sectores claves de la economía nacional. Un sistema tal resulta muy necesario para enfrentar los eventos meteorológicos severos que se presentan en la etapa invernal en los años en que está presente el ENOS. Este sistema se implanta y es ejecutado desde el Grupo de Pronósticos a Plazo Medio del Departamento Nacional de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba. El sistema consiste en:

1. Reconocimiento de los patrones de tiempo severo en los modelos de pronóstico hidrodinámico de superficie y niveles medios de la troposfera de uso operacional para plazos de hasta 10 días. Se emplean con este fin la salida del modelo del Centro Europeo de Pronósticos a Plazo Medio (ECMWF) y el Medium Range Forecast (MRF) del National Weather Service de los EE.UU.

2. Al observarse analogía mediante la confrontación de los modelos de pronóstico con los patrones de eventos severos encontrados, comienzan a emitirse Alertas Tempranas de carácter no público, con diferentes significados, al tomar en cuenta el grado de incertidumbre o confiabilidad con que puedan emitirse. A estos efectos se denomina:

a. **ALERTA AZUL:** Cuando existe en los plazos de pronóstico de 6 a 7 días una configuración de circulación que puede dar lugar a un evento de tiempo severo en determinada zona del país. Es una posibilidad de confiabilidad baja, pero se debe mantener la atención sobre la evolución atmosférica y próximas informaciones. Pueden tomarse algunas medidas organizativas de poco costo.

b. **ALERTA AMARILLA:** Cuando en los plazos de 3 a 6 días se mantiene la configuración de circulación en los modelos o se acentúa ésta. Es una posibilidad de confiabilidad media y deben tomarse ya algunas medidas que sean oportunas en la zona amenazada. Debe aumentarse además la atención a la evolución atmosférica y a las próximas informaciones.

c. **ALERTA ROJA:** Cuando dentro del plazo de 72 horas persiste la configuración que puede dar lugar a un evento meteorológico severo en determinada zona del país. Hay una probabilidad relativamente alta de que ocurra tiempo severo. Deben tomarse las medidas que no puedan esperar e incrementarse la atención ante la evolución atmosférica.

3. Al confrontarse los patrones sinópticos de tiempo severo con los modelos regionales de pronóstico a corto plazo y observarse la coincidencia con alguno de los patrones descritos para plazos inferiores a 48 horas, comienzan a emitirse **AVISOS ESPECIALES**. Estos son avisos *públicos* para su transmisión a la población por radio y TV, que se emiten cuando se tiene ya la certeza o muy alta probabilidad de que se desencadene el evento de tiempo severo en alguna zona del país. Deben llevarse a término todas las medidas de prevención. Los Avisos Especiales se emiten continuamente cada seis horas, actualizando la información al público, la que se va nutriendo de la información de satélite, de la red de radares cubanos y la propia información en tiempo real. Cuando ya el evento severo ha comenzado, se emiten Avisos Especiales hasta cada tres horas en caso necesario y se continúa emitiendo este tipo de información hasta que haya concluido el evento severo y cesado todo peligro.

Las diferentes alertas pueden combinarse de manera apropiada, toda vez que va dirigida a usuarios muy específicos con los que se tiene comunicación frecuente y se les brinda asesoría, por lo que se anula cualquier posible confusión o malentendido. De esta manera, a una Alerta Azul, puede seguirle una Alerta Amarilla, si en los modelos de pronóstico o en la evolución real de las condiciones sinópticas se observa que disminuye la posibilidad de que se produzca el evento severo.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvieron tres patrones sinópticos de superficie y aire superior (500 hPa) que poseen plena correspondencia con los eventos de tiempo severo, que se han registrado en Cuba en los inviernos bajo condiciones de ENOS.

El patrón de tipo B es el que ocasiona los eventos más severos, seguido por el tipo C. En ambos se pone fuertemente de manifiesto el papel de la Corriente en Chorro Sub-tropical, procedente de la zona de convección profunda, ocasionada por la acumulación de agua cálida en el Pacífico ecuatorial oriental.

El patrón tipo A fue encontrado también en temporadas sin la influencia de ENOS, por lo que no es un patrón exclusivo del mismo. Sin embargo, en los años ENOS es cuando

se encuentra con un carácter más fuerte y severo.

Con estos patrones y su comparación con los modelos hidrodinámicos de pronóstico a plazo medio, se diseñó un Sistema de Alerta Temprana de tiempo severo asociado al ENOS en la temporada invernal cubana.

Referencias citadas

- ALFONSO, A. & FLORIDO, A., 1992 - Las grandes precipitaciones en Cuba, aspectos fundamentales. *Memorias 3er Congreso de Desastres*, La Habana.
- BJERKNES, J., 1966 - A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, **18**: 820-829.
- FUJITA, T. T., 1978 - Manual of downburst identification for Project NIMROD. *SMRP Res. Pap.*, **156**: 103p.; Chicago: Dep. Geophys. Sci., Univiversity of Chicago, Ill.
- HEYMSFIELD, G. M. & BLACKMER, R.H. Jr., 1988 - Satellite-observed characteristics of mid-west severe storms anvils. *Mon. Wea. Rev.*, **116**: 2200-2224.
- LAPINEL, B. & NARANJO, L., 1997 - Tormentas locales severas, grandes precipitaciones y sequías. *in: Variaciones y cambios del clima en Cuba*: 10p.; La Habana: Instituto de Meteorología.
- McCANN, D.W., 1981, - The enhanced V, a satellite observable severe storm signature, NOAA Tech. Memo. NWS NSSFC-4, 31p., Kansas City, Mo: National Severe Storm Forecast Center.
- NARANJO, L., 1994 - *Uso de los índices de circulación para la caracterización de las condiciones atmosféricas en las inmediaciones de Cuba*, 31p., La Habana: Instituto de Meteorología.
- RUBIERA, J., 1984 - Enero-marzo de 1983: un análisis del período invernal más severo registrado en Cuba, *Memorias I Seminario-Taller sobre Desastres Naturales*, UNDRO: 13 - 19; La Habana.
- WHITNEY, L. S., 1977 - Relationship of subtropical jet stream and severe local storms. *Mon. Wea. Rev.*, **105**(4): 477-484.