

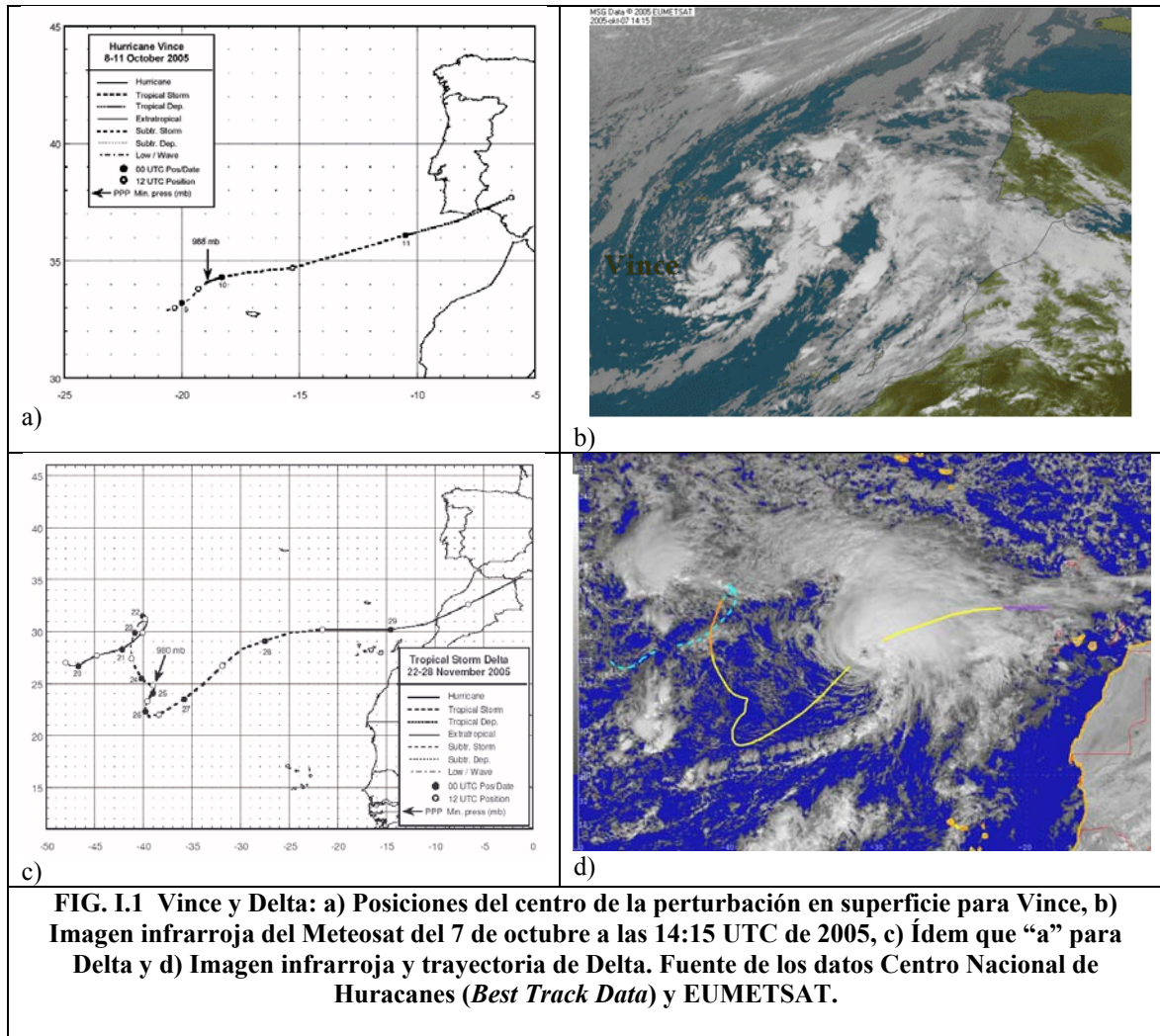
I. INTRODUCCIÓN

El año 2005 ha pasado a la historia de la meteorología española, entre otros hechos, por dos eventos muy significativos: la presencia y los efectos provocados por dos ciclones nominados como tropicales que afectaron al territorio español, Vince y Delta.

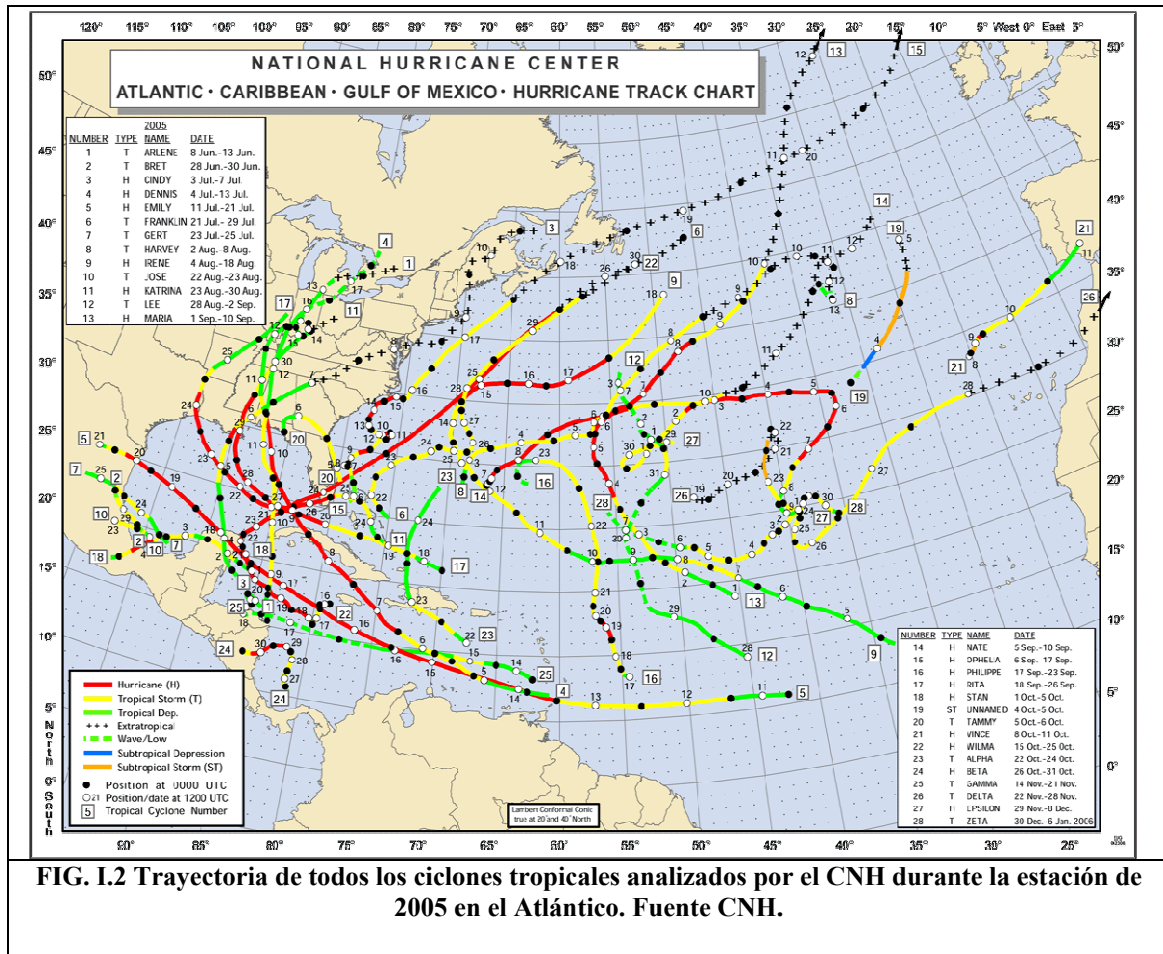
El primero fue el huracán Vince (INM, 2005a) que se desarrolló entre el 8 y 11 de octubre de 2005, ver figura I.1a y figura I.1b. Vince se originó a partir de la convección generada en el centro de una vieja baja frontal fría ocluida de latitudes medias. Fue considerado como ciclón subtropical por el Centro Nacional de Huracanes de EEUU (CNH, o NHC en inglés), a las 06:00 UTC del 8 de octubre, cuando estaba en 33N 20O (Franklin, 2006). Aunque en ese momento la nubosidad convectiva y el campo de viento fueron propios de un ciclón tropical, el sistema mantenía una circulación ciclónica de núcleo frío en la alta troposfera por lo que se le consideró ciclón subtropical. El CNH estimó que Vince se volvió tormenta tropical a las 12 UTC, aproximadamente, mientras evolucionaba sobre temperaturas superficiales del agua del mar, TSM o SST en inglés, de 23-24°C. A las 21 UTC del mismo día y, según el CNH, ya había alcanzado la categoría de huracán al llegar sus vientos sostenidos a más de 120 km/h. El día 11 las provincias de Andalucía occidental se vieron afectadas por los vientos y precipitaciones de los restos de este ciclón mientras era absorbido por una vaguada polar del flujo de los oestes en las cercanías de la Península.

Delta, que es el objeto de la presente nota técnica, tuvo un proceso de génesis fundamentalmente baroclino, como se verá en el apartado II.1 sobre aguas subtropicales, entre el 20 y el 21 de noviembre, experimentando la transición tropical, TT, entre el 22 y 23 de noviembre. Sobre el mediodía del día 23, alrededor de 25°N, 40°O, fue declarado tormenta tropical por el CNH, ver figura I.1c y figura I.1d. El 27 de noviembre, después de varios días de movimiento errático, Delta se desplazó rápidamente hacia el nordeste, sufriendo una serie de transformaciones estructurales que se engloban bajo la denominación de transición extratropical, TE, y que se analizarán en el apartado II.2. Delta llegó a Canarias transformado en un ciclón extratropical con vientos muy intensos y generalizados, con rachas huracanadas que azotaron todas las islas los días 28 y 29 de noviembre de 2005. En el apartado III se estudian algunos detalles sobre los vientos locales en Canarias.

La TE es muy común en los ciclones tropicales, CT, que se dirigen a latitudes medias. Los CT derivan su energía principalmente de la evaporación del mar en presencia de vientos en catas bajas y de la condensación asociada con las nubes convectivas concentradas cerca de su centro. Necesitan TSM cálida y escasa cizalladura vertical de viento. Al encontrar en su deriva hacia latitudes altas, aguas superficiales marinas más frescas y un ambiente de mayor cizalladura vertical, puede desaparecer o sobrevivir como un ciclón intenso pero transformado en un sistema extratropical, o sea, un sistema de bajas presiones con nubosidad de tipo frontal y que obtiene su energía principalmente de los gradientes de temperatura horizontal existentes en la atmósfera.



Vince y Delta formaron parte de una temporada de huracanes 2005 en el Atlántico Norte extraordinariamente activa. Ésta superó muchos registros máximos desde 1950: 28 tormentas tropicales, 15 huracanes, 3 huracanes de categoría 5. El resumen de la temporada puede verse en la figura I.2 con las trayectorias de todos los ciclones tropicales en 2005 catalogados por el CNH a fecha de 2 de agosto de 2006.



La intensidad y la singularidad de esta estación de 2005 hay que buscarlas en varios factores que serán analizados, por su importancia y en detalle, en las siguientes líneas. El índice ACE (Accumulated Cyclone Energy) mide la actividad estacional y está basado en la combinación de intensidad y duración de las tormentas nominadas (Bell et al., 2000). Este índice, expresado como tanto por ciento de la mediana, alcanzó el 285%, Bell et al., (2006). Ver figura I.3.

Otros números sin precedentes de esta estación fueron 7 tormentas nominadas en junio-julio, y 10 tormentas que se formaron después del 1 de octubre. Con los 7 huracanes mayores (definidos como los de categoría 3-5 en la escala de Saffir-Simpson), la temporada se quedó a uno del record de 1950. 16 de las tormentas tropicales nominadas atlánticas en 2005 se formaron fuera de la Región de Desarrollo Principal, RDP, formada por el Atlántico Tropical y el mar Caribe al sur de 21.5°N; ver figura I.4 y recuadro verde en figura I.5, en los extratropicos o en el Golfo de México, lo cual constituye también un record. Seis de ellas dieron lugar a huracanes y dos a huracanes mayores.

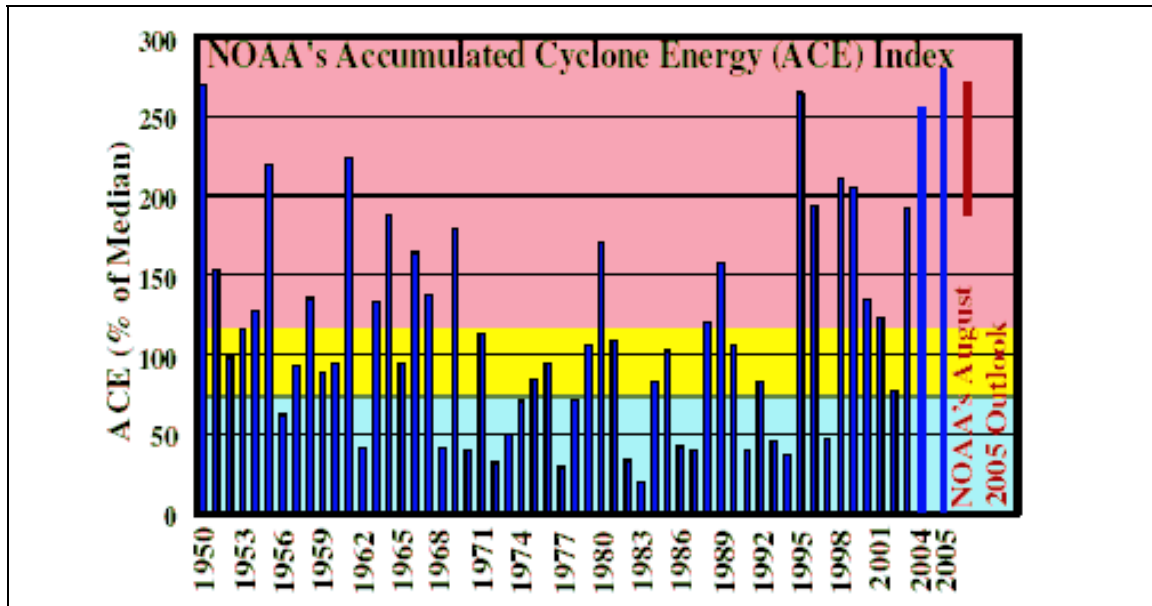


FIG. I. 3 Índice de Energía de Ciclón Acumulada de NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*) expresado como tanto por ciento respecto al valor de la mediana de 1951-2000. Las definiciones de tipos de temporada NOAA están indicadas por el sombreado de fondo: rosa para temporadas por encima de la mediana, amarillo próxima a la mediana y azul por debajo de la misma (Bell et al., 2006).

La contribución al ACE de esos 16 sistemas excede también la de cualquier otro año desde 1950, ya que contribuyeron un 45.6% al valor total del índice ACE, muy por encima del valor medio que es del 24.5%. Todo esto hizo que el 2005, además de ser un año extraordinariamente activo, fuera también, desde el punto de vista de la contribución extratropical, un año extraordinariamente anómalo.

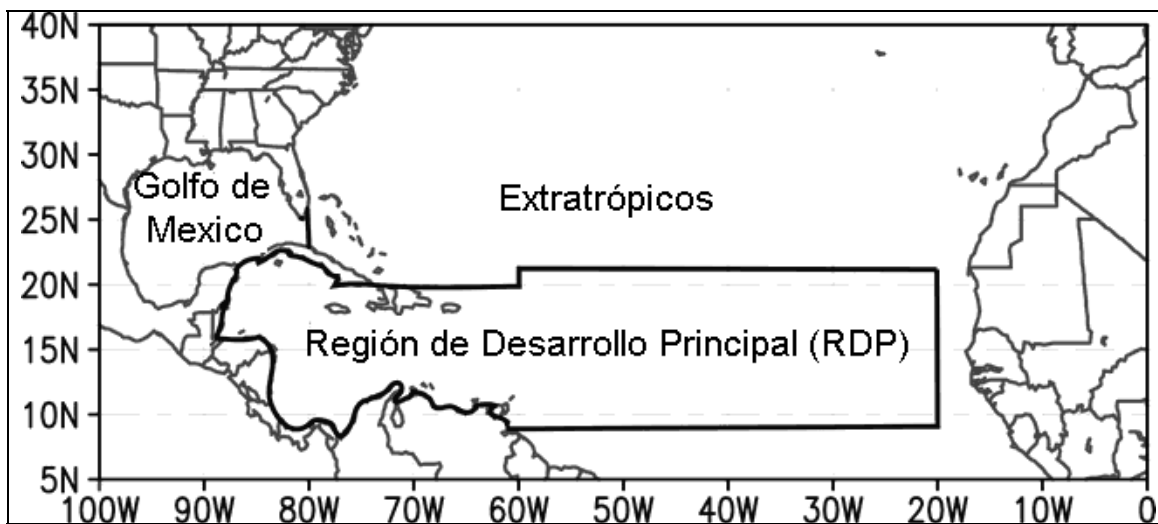
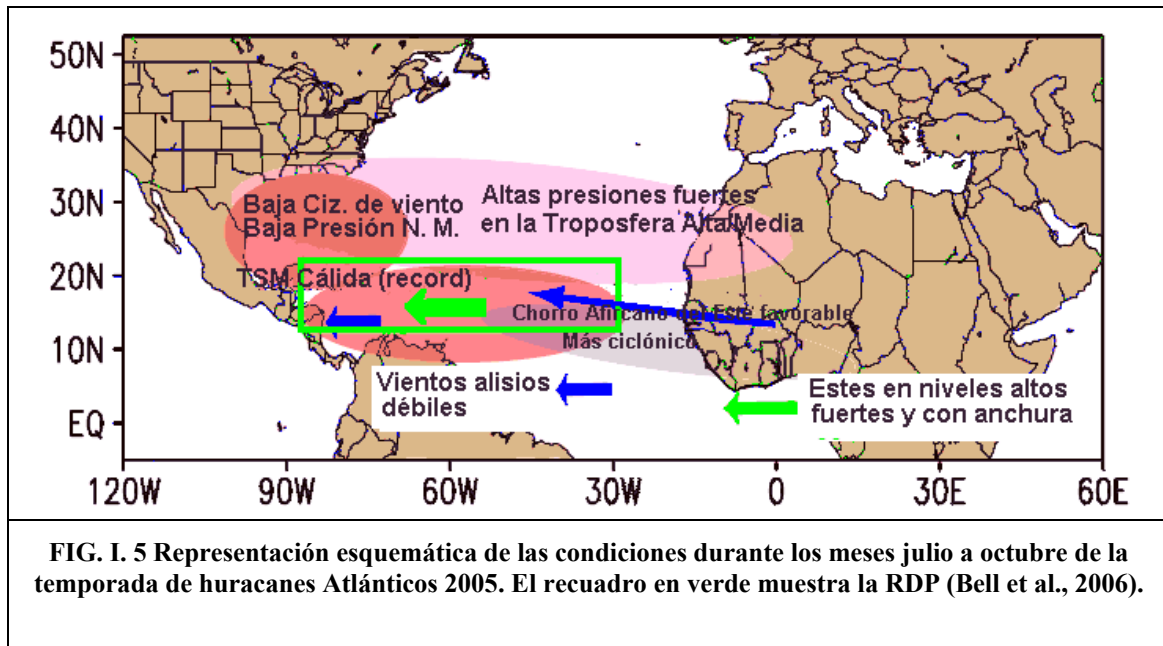


FIG. I. 4 Límites de las áreas citadas en este estudio.

A pesar del número de tormentas tropicales fuera de la RDP, muchas de las condiciones meteorológicas regionales durante 2005 fueron consistentes con las de otras temporadas de ciclones muy activas (Bell et al., 2006), ver figura I.5. Sin embargo, tanto la amplitud

como la extensión espacial de estas anomalías fueron, en general, mayores que las de otras temporadas activas.



Estas condiciones se atribuyen a cuatro factores principales de gran escala (Bell et al., 2006):

- 1) El mantenimiento de la fase atlántica activa de la señal multidecadal tropical, que ha venido favoreciendo temporadas de huracanes muy activas desde 1995 (Bell y Chelliah, 2006).
 - 2) Los prolongados periodos de anómala convergencia en niveles altos y de ausencia de convección sobre el Pacífico central, condiciones parecidas a la de la Niña. Históricamente esta combinación de la señal multidecadal en curso y la supresión de la convección cerca de la línea de cambio de fechas han producido temporadas de huracanes atlánticos muy activas.
 - 3) Vientos en niveles bajos y altos excepcionalmente propicios en el Atlántico occidental y Golfo de México, con una cizalladura vertical baja, resultado, en parte, de un chorro tropical del este en niveles altos más fuerte de lo normal, ocupando un área que se extendía a la parte occidental de la RDP, y también de una reducción notable en la baja troposfera de la fuerza de los alisios, desde el Pacífico oriental hasta África, que en parte también es producto de la excepcionalmente baja presión a nivel del mar (PNM), consecuencia de un debilitamiento y desplazamiento hacia el norte de las Altas presiones de las Bermudas.
- Estas condiciones estuvieron acompañadas por un flujo anómalo a través del ecuador de humedad tropical en la RDP y una vorticidad ciclónica anómala en la mitad norte de la RDP, oeste del Atlántico norte y Golfo de México que favorecieron el desarrollo de los ciclones tropicales. Este patrón de vientos del este más débiles y vorticidad ciclónica anómala se extendía hasta 700 hPa a lo largo del flanco ecuatorial del Chorro Africano del Este.
- 4) Record de temperaturas cálidas de la TSM en todo el Atlántico tropical. Las TSM han alcanzado o estado cerca de valores record, tanto en latitudes

tropicales como en latitudes altas del Atlántico Norte durante los últimos dos años.

En general estas circunstancias son las que favorecen la actividad en la RDP, que es determinante dada su hegemonía en la formación de ciclones, como se puede apreciar por el paralelismo entre las series de índice ACE de las sucesivas temporadas de toda la cuenca atlántica (figura I.6a) y de la RDP (figura I.6b) del periodo 1950-2004. La serie anual en los extratropicos se comporta de forma muy diferente, no habiendo tenido en el periodo de gran actividad atlántica iniciado en 1995 una especial incidencia en los extratropicos (figura I.6c). Por tanto, está lejos de conocerse las causas que determinen este tipo de comportamiento en el extratropico Atlántico, si es que existen unos factores generales que impliquen una mayor actividad en dicha región.

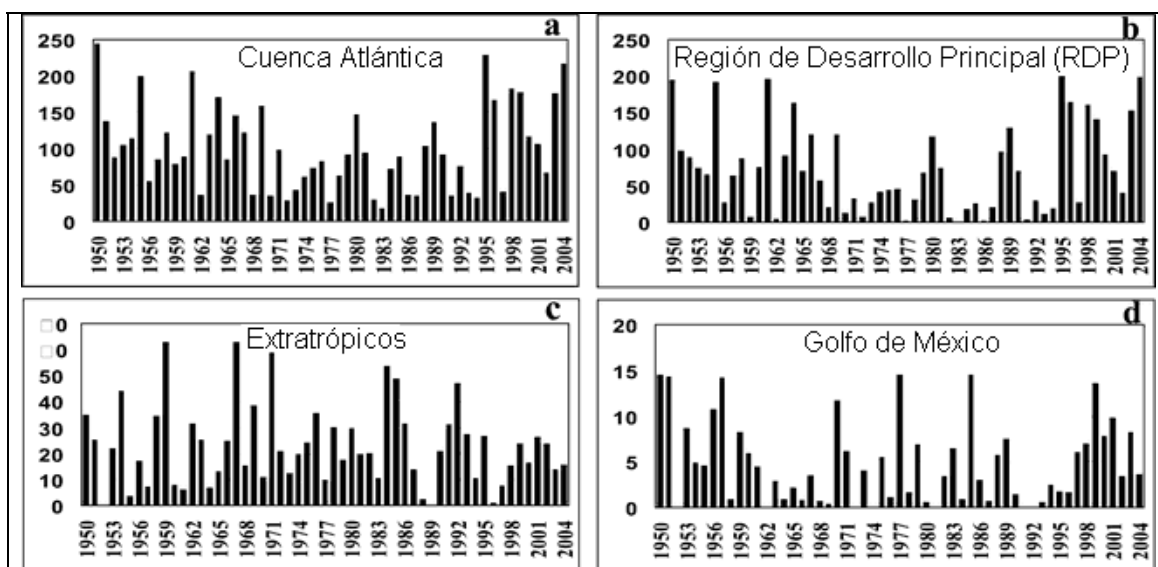
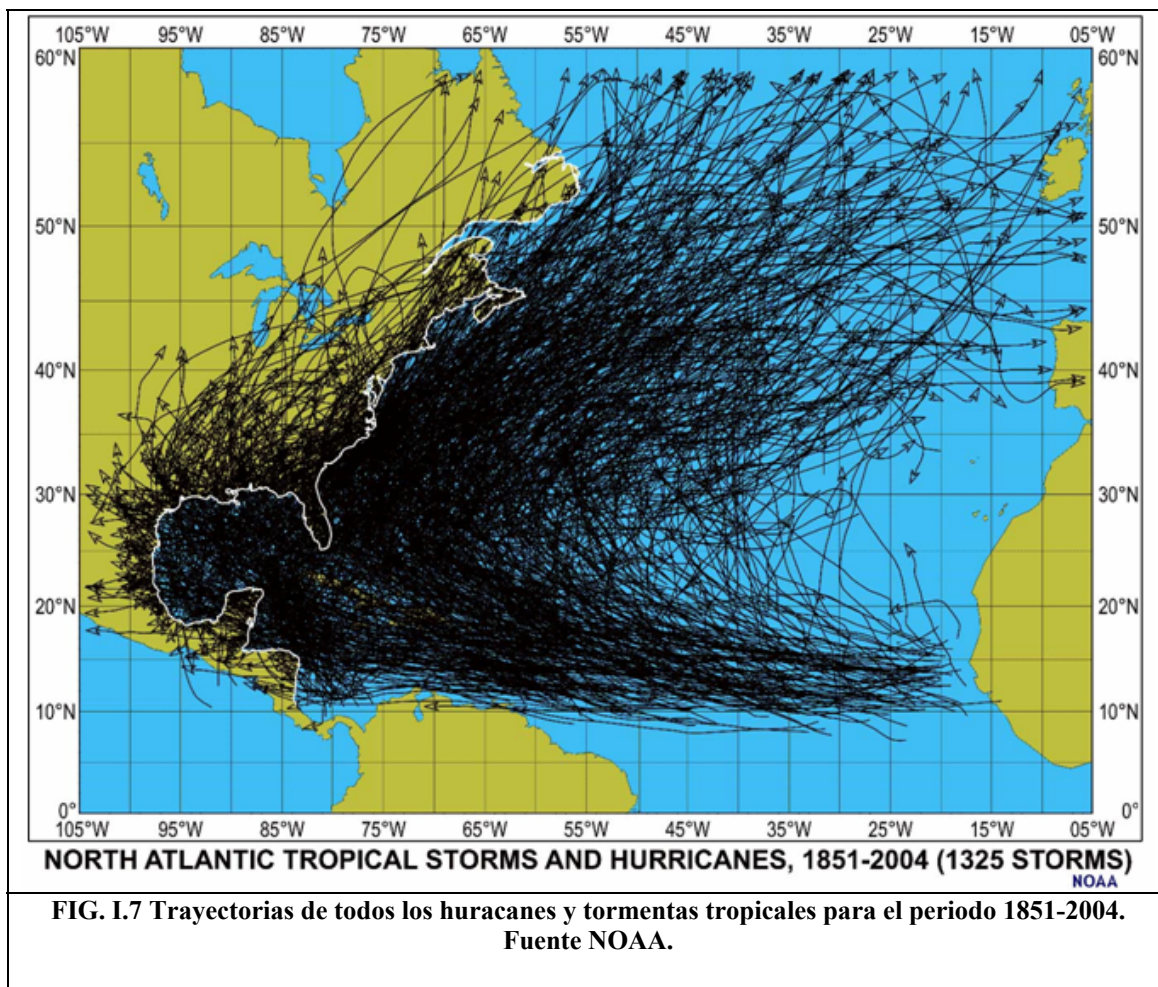


FIG. I. 6 Valores de temporadas del índice ACE de NOAA para: a) la cuenca Atlántica, b) la RDP, c) los extratropicos, y d) el Golfo de México. El índice ACE para toda la cuenca está definido como la suma de los cuadrados de la velocidad de viento máxima sostenida estimada cada seis horas (en kt) para todas las tormentas Atlánticas de intensidad mínima de tormenta tropical. Los índices ACE regionales [(b)–(d)] se calculan teniendo en cuenta la región en la que se le ha nombrado tormenta tropical por primera vez. Las unidades son $\times 10^4$ kt². Advierta la desigualdad de las escalas verticales. (Bell y Chelliah, 2006).

El suroeste peninsular y las Canarias son zonas que están alejadas de las áreas que generalmente se ven barridas por estructuras catalogadas como tropicales. Ni las Canarias ni la costa atlántica de África se habían visto "oficialmente" afectadas por tormentas tropicales o por sus transiciones tropical-extratropical hasta la fecha, como se puede ver en el mapa resumen de las trayectorias del CNH de la figura I.7. Este hecho no significa que las zonas citadas no hayan sido azotadas por perturbaciones con vientos fuertes donde algunos de los sistemas involucrados fueran de origen tropical o subtropical no catalogadas por el CNH.



En esta misma línea, la tormenta tropical Delta experimentó un desplazamiento ciertamente anómalo para su género, que le llevó a latitudes próximas a las Islas Canarias, cuando lo normal es que no lo haga. Parte de este trabajo trata de explicar el desarrollo, génesis y evolución de Delta y, especialmente, su transición a extratropical, momentos en que afectó al Archipiélago, generando fuertes vientos que en bastantes puntos fueron extremadamente intensos.

En este trabajo se han utilizado diferentes datos provenientes de modelos, satélite, informes de superficie, etc., que irán apareciendo en los sucesivos apartados. Se deben destacar tres fuentes de datos básicos que servirán de referencia importante. Por una parte, los datos de los análisis del modelo determinista del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio, CEPPM, T799L91. Por otra, los datos e información del "Best Track Data" generado por el CNH. Y por último, los datos meteorológicos registrados en superficie en Canarias.

Los primeros serán utilizados como elemento fundamental en la diagnosis de Delta en los apartados relativos a la evolución sinóptica. Además servirán como condiciones iniciales para ciertos experimentos numéricos con modelos de área limitada del INM. Los análisis y predicciones del modelo T799L91 poseen una resolución aproximada de 25 km en la horizontal, siendo un modelo experimental en las fechas analizadas. Por otra parte, constituyen la mejor herramienta para obtener campos básicos y derivados que permitirán analizar y descifrar la evolución, desarrollo y transiciones de Delta.

Los datos de "*Best Track Data*" constituyen los mejores datos estimados de los ciclones tropicales atlánticos y son generados por el CNH a posteriori, utilizando datos de superficie, satélites, boyas, etc. Para evaluar la trayectoria, el mínimo de presión y vientos sostenidos de Delta se ha utilizado dicha base de datos, que para el caso de Delta aparece en Beven (2006). Se tomará como la mejor estimación de ciertas características de Delta en superficie.

Los datos de superficie servirán para analizar lo acontecido y servirán de referencia importante a la hora de validar los modelos numéricos de predicción.

Es muy importante hacer notar que mientras lo análisis del modelo del CEPPM pretenden reflejar lo mejor posible las condiciones iniciales atmosféricas para arrancar el modelo de predicción y, así, obtener las mejores predicciones, el "*Best Track Data*" pretende estimar, lo mejor posible, las condiciones y características de un ciclón tropical en superficie. Esos dos fines son muy diferentes y dan resultados, a veces, dispares cuando se comparan los datos referentes a la posición del ciclón en superficie, desplazamiento, evolución del mínimo de presión, etc.

Ciertas observaciones pueden ser rechazadas en los procesos objetivos de inicialización del modelo al ser consideradas como no significativas, poco verosímiles o potencialmente "dañinas" a la hora de realizar las predicciones del modelo numérico. Por el contrario, el *Best Track Data* sí las suele tener en cuenta. No es de extrañar que ciertas características de Delta (posición, intensidad, etc.) puedan, y deban, diferir entre ambos tipos de datos a lo largo del tiempo. Además, si el modelo de predicción parte de ciertos errores iniciales, estos se pueden propagar en las predicciones, algunas de las cuales servirán como *first guess* en las zonas desprovistas de datos. Las ventajas de usar los análisis del T799L91 radican en su carácter objetivo, son los mejores del mundo y dan una visión tridimensional o cuatridimensional de la atmósfera al incluir la evolución temporal, al igual que en el *Best Track Data*.

Quizás las diferencias más llamativas entre ambas fuentes de datos radican en los valores y la evolución temporal del mínimo de presión asociado a Delta, en especial entre los días 27 y 28 de noviembre. Para más detalles se remite al lector al Anexo III.

Para realizar la diagnosis de Delta utilizaremos los análisis objetivos del modelo del CEPPM T799L91. Para realizar las comparaciones de intensidad y trayectoria de Delta se usará el informe del *Best Track Data* como la mejor estimación disponible observacional de ciertas características de Delta. No ha estado entre los objetivos de este estudio usar los datos del *Best Track Data* como datos sintéticos o bogus para inicializar de nuevo los análisis de partida de los modelos numéricos de predicción.

La distribución de esta nota técnica es como sigue. La primera parte está dedicada al estudio sinóptico de Delta con especial atención en la fase de TE, que es cuando afectó a Canarias. Se analizará también cómo y cuándo se generó, así como su fase de tormenta tropical. Otro apartado se dedicará a los detalles mesoescalares de cómo, dónde y cuánto afectó a las Islas Canarias, siendo el viento el principal protagonista. Los modelos numéricos de predicción ocupan dos grandes apartados. Por una parte, se analizará el comportamiento de los modelos determinista y probabilísticos operativos y experimentales en la fecha y, por otra, se mostrarán los resultados de las simulaciones

realizadas con modelos de muy alta resolución centrados en las Islas Canarias para el análisis y diagnóstico del viento. Como complemento a este estudio, se hace un breve análisis de la situación acaecida entre el 13 y 15 de diciembre de 1975 en Canarias, cuando se registraron también vientos generalizados e intensos. Se concluye con unas recomendaciones operativas y un resumen global del trabajo sobre Delta.

Como complemento se dispone de Anexos, donde se podrá encontrar información útil y suplementaria al trabajo desarrollado: notas y conceptos referentes a lo que se entiende por ciclón tropical, extratropical, transiciones tropicales y extratropicales, climatologías, abreviaturas empleadas, datos meteorológicos de estaciones que no pertenecen al INM, tabla de conversión de unidades de viento, etc.

En todos los apartados se expondrán unas conclusiones parciales para facilitar la lectura modular de esta extensa nota técnica.