PAPELES DE GEOGRAFÍA, N.º 23-24, 1996, PÁGS. 71-84

LOS CICLONES TROPICALES EN EL ATLÁNTICO NORTE, 1994-1995

*José Jaime Capel Molina**
Universidad de Murcia

RESUMEN

En este estudio hemos llevado a cabo una búsqueda, cartografiando sobre el Atlántico Norte las perturbaciones tropicales a las 00 h., en sus momentos de nacimiento, desarrollo y disipación, indicando trayectorias y duración durante el bienio 1994-1995. Utilizando como base la cartografía sinóptica que aparece en «Europäischer Wetterbericht» de Frankfurt, tanto en superficie como a 500 hPa.

Palabras clave: Climatología Tropical, huracanes, trayectorias, Atlántico Norte.

Tropical cyclones of the North Atlantic ocean, 1994-1995

SUMMARY

Drawing the North Atlantic, the present study surveys tropical disturbances at 00 hrs (UTC) throughout their evolution, together with their trayectory and duration during 1994-1995. Synoptic mapping published in «Europäischer Wetterbericht» Frankfurt, at both sea level and 500 hPa has been taken into account.

Key words: Tropical climatology, hurricanes, North Atlantic.

Si durante el año 1994 en el Atlántico Norte se registró una escasa actividad en la proliferación de perturbaciones tropicales, que representan un papel relevante en cuanto a la precipitación anual de los países del Itsmo Centroamericano, Caribe y flanco suroriental de EE.UU.; el año de 1995 en el Atlántico se caracterizó, por el contrario, por una enorme actividad en cuanto a la formación de huracanes. Hubo un total de 19 perturbaciones tropicales, de los que 13 adquirieron la intensidad de ciclón tropical. Frecuencia media anual mayor que en el período 1931-1984 (d. de la. M. N., 1985) y muy superior respecto del promedio que VALLAUX, C. (1961) da para el período entre 1887 y 1925 de 6,4.

Fecha de Recepción: 11 de mayo de 1996.

* **Dpto. de Geografía Física, Humana y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Aptdo. 4021 - 30080 Murcia (España).**

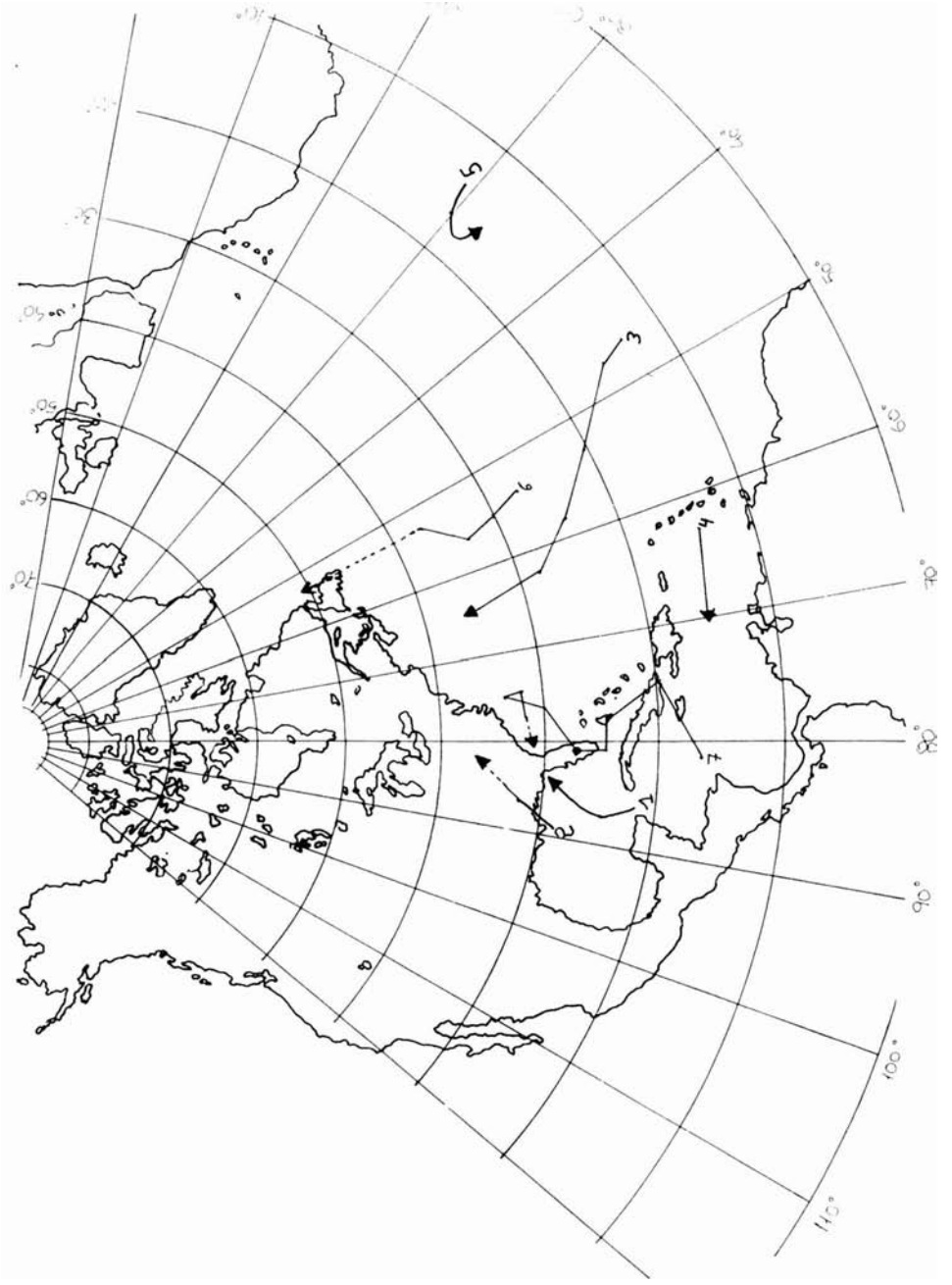


FIGURA 1. Estación 1994. Huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico Norte 1. «Albert» 1-3-VI1 (tormenta). 2. «Beryl» 15-16-VIII (tormenta). 3. «Chris» 17-23-VIII (ciclón). 4. «Debby» 10-11- E (tormenta). 5. «Ernesto» 24-E (tormenta).6. «Florence» 4-8-XI (ciclón). 7. «Gordon» 9-21-XI (ciclón).

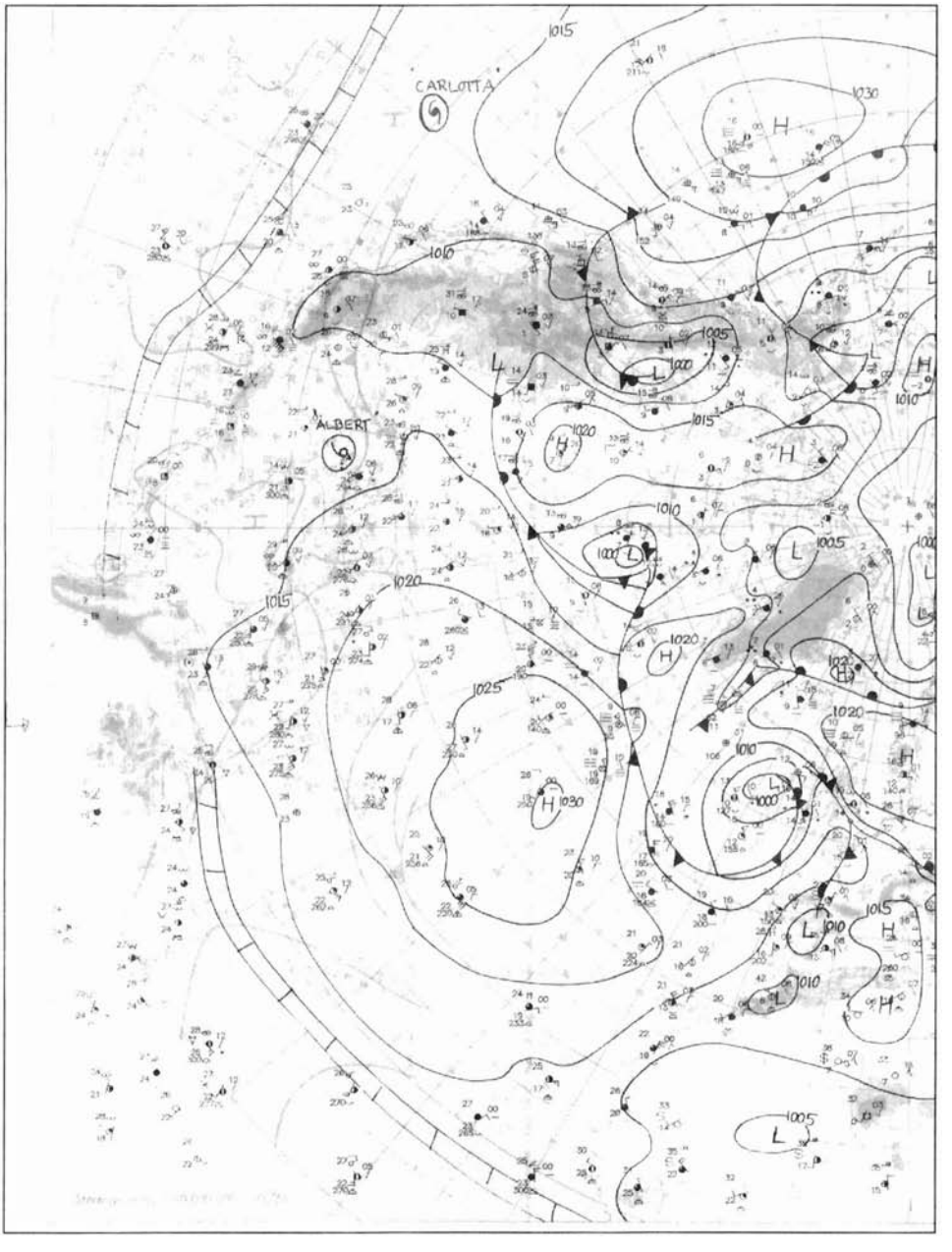


FIGURA 2. Mapa de superficie, a las 12 h. UTC, del 2-VII-1994. Tormenta tropical «Alberto» sobre el Golfo de México; el día 3 interesó a los Estados de Georgia, Alabama y Florida.

Después del verano y el otoño de 1995, se ha producido un invierno muy perturbado en el flanco suroccidental europeo. El tiempo atmosférico se ha caracterizado por la presencia de un índice de circulación baja, con flujo del Oeste/Suroeste a latitudes subtropicales, interesando a la Península Ibérica y Noroeste de África, con precipitaciones copiosas y generalizadas y desbordamientos de los grandes ríos atlánticos peninsulares (especialmente Duero, Tajo y Guadiana), constituyendo una de las anomalías climáticas más singular en los últimos 50 años. Temperaturas muy bajas y una severa sequía se registraron en Alemania y Polonia, afectando también, aunque menos severamente a Holanda, Suiza, República Checa, Eslovaquia, Austria, Hungría y cuenca baja del Danubio.

La circulación zonal mostró un bajo índice de circulación del Oeste/Suroeste al Sur del paralelo 55°N, permaneciendo, en la práctica, estacionario un fuerte anticiclón europeo, correspondiéndose con un anticiclón de bloqueo de la circulación superior sobre Europa Central entre la tercera semana de diciembre de 1995 y principios de febrero de 1996, quedando bajo su influencia Centroeuropa y países Bálticos. La grave sequía que ha interesado a la Europa continental, preferentemente, ha ido paralela a una acusada anomalía térmica negativa, con temperaturas excepcionalmente bajas, que se han extendido hasta Holanda. La persistencia de tiempo anticiclónico seco y frío ha provocado una intensificación de los niveles de contaminación atmosférica en los grandes centros industriales y urbanos de Alemania. Confirmándose una vez más la estrecha relación entre el tiempo atmosférico invernal extremadamente lluvioso de la Península Ibérica y el crudo invierno de Europa Central, como ya se puso de manifiesto, a mediados de la presente centuria (ZIMMERSCHIED, W., 1949).

Tanto por su régimen estaciona1 como por su distribución, los huracanes aparecen estrechamente vinculados a las aguas muy cálidas del Atlántico tropical, desarrollados a partir de una perturbación preexistente (onda del Este, línea de cizalladura o una depresión tropical). Las corrientes marinas cálidas le sirven de lecho: corriente Norteecuatorial, corriente de las Antillas, corriente de Florida, corriente del Golfo. Con temperaturas cercanas a 27" constituyen la fuente manantial donde surgen los ciclones, a lo largo del verano y otoño, incluso prolongándose hasta diciembre (CAPEL MOLINA, J.J., 1988). estas temperaturas altas son necesarias para que se origine un fuerte gradiente en una porción amplia de la troposfera, indispensable para mantener la circulación vertical de un ciclón (PETTERSEN, 1976). Las corrientes cálidas le transmiten lo fundamental de su energía, bajo forma de calor latente de condensación. Cuando abandonan las aguas cálidas, introduciéndose sobre el continente Norteamericano o se deslizan a través de aguas más frescas hacia el norte sobre el océano, privándoles por consiguiente de este aporte energético, éstos se degeneran con rapidez, convirtiéndose en perturbaciones extratropicales del frente polar, o se disipan gastando un enorme potencial energético en producir los meteoros violentos que les caracterizan, tales como tormentas, chubascos, aguaceros torrenciales, rachas atemporaladas, incluso tornados (LIMBERT, D.W.S., 1995). En espacios litorales de llanura los efectos devastadores son onerosos, con marejadas que elevan el nivel marino a más de 4 metros.

En el Atlántico Norte, los huracanes tras una primera fase de su trayectoria Este-Oeste, suelen cambiar de rumbo rolando al SW, con una configuración parabólica en su trayectoria, por el efecto de Coriolis, típicamente anticiclónica. Algunos ciclones prosiguen su vida y actividad, fuera del dominio Intertropical y son encauzados por la corriente Zonal

del anillo Templado. Bien reactivando perturbaciones extratropicales viejas, o incluso engranándose en el sector cálido de una perturbación del Frente Polar, convirtiéndose con frecuencia en un ciclón noruego, con un esquema clásico de la nubosidad de tipo ondulatorio —frentes cálido y frío— con depresión fría en altura, y un aporte pluviométrico efectivo en las costas atlánticas de Canadá y Europa; en definitiva actúan como elementos de engranaje y de compensación de la circulación general atmosférica, cuando se dilatan y aumentan en intensidad los Alisios surgen los ciclones tropicales, que engrosan los Ponientes (Westerlies) de las capas altas de la atmósfera. Los ciclones tropicales mantienen en equilibrio la circulación de los vientos del oeste por encima de los 32°N (TRZPIT, 1977) actuando presumiblemente como elementos compensadores de la circulación, variando anualmente su número, en la medida necesaria, en cada caso, para el equilibrio de la circulación general atmosférica.

Hemos llevado a cabo una búsqueda, cartografiando sobre el Atlántico Norte las perturbaciones tropicales a las 00 h. en sus momentos de nacimiento, desarrollo y disipación, indicando trayectorias y duración durante el bienio 1994-1995, utilizando como base la cartografía sinóptica que aparece en «Europäischer Wetterbericht» de Frankfurt, tanto en superficie como a 500 hPa.

ESTACIÓN DE HURACANES, 1994

La estación de 1994 comenzó tardíamente, caracterizada, por el escaso número de perturbaciones tropicales, 7 en total, frente a una media anual de 9,7 para el período 1968-1989. De los cuales tres alcanzaron la intensidad de ciclón tropical (vientos superiores a 63 nudos) y el resto, el estado de tormenta tropical (vientos de 34 a 64 nudos). La primera perturbación con categoría de tormenta tropical «Alberto» se forma el 1 de julio y la última «Gordon» (ciclón tropical) el 9 de noviembre. La tormenta tropical «Alberto» se identifica por satélite el 30 de junio como depresión tropical, entre Cuba y Península del Yucatán, alcanzando los vientos intensidad de tormenta tropical el 1 de julio en el Golfo de México (MET-MAR, 1995); atravesando los estados de Georgia, Alabama y Florida, deja una estela de destrucción provocando la muerte a 32 personas en Georgia, con más de 50.000 dannificados. La tormenta tropical «Beryl» ocasionó numerosas inundaciones en la región noroccidental de Florida y en Georgia. De todos ellos «Beryl», «Chris» y «Florence» se convierten en depresiones del Frente Polar, perdiendo sus características tropicales originarias. El huracán «Florence» se convierte en perturbación ciclónica del Frente Polar el día 8 de noviembre, alcanzando las costas canadienses de Terranova, para dirigirse velozmente hacia las costas occidentales de Europa. El huracán «Gordon» detectado por satélite sobre Nicaragua el día 9 de noviembre, se mostró singularmente destructivo; afecta a Jamaica, sureste de Cuba y Haití, en este último país provocó lluvias catastróficas, con 500 muertos. Posteriormente inundó amplios espacios de Florida, ocho personas perdieron la vida y resultaron muy dañados los cultivos de invierno. «Gordon», luego de seguir una trayectoria muy errática, afectó gravemente a los estados de Carolina del Norte y Virginia.

El promedio de duración es elevado, 6,5 días. Se mostró especialmente longevo el huracán «Gordon» con 13 días (9-21 de noviembre).

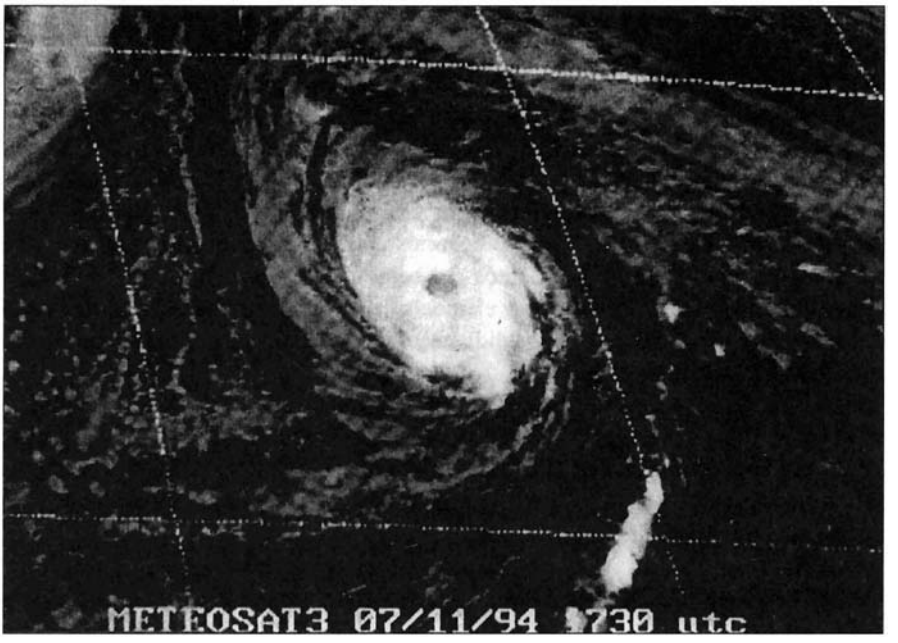


FIGURA 3. La perturbación tropical «Florence» en el estadio de huracán, visto desde el satélite meteorológico METEOSAT 3, a las 17 h. 30 UTC (7/XI-1994).

Las regiones aerológicas más propicias para la formalización de estas perturbaciones fueron por importancia, las longitudes comprendidas entre los meridianos 80" y 100°W, correspondiéndose con el Golfo de México y sector occidental del Mar de las Antillas, con tres casos. Le sigue la longitudes extendidas entre los 60" y O°W (Atlántico central); las regiones menos afectadas por este tipo de meteoros las constituyen las áreas caribeñas entre 60" y 80" W con tan sólo un caso.

Nombres			Presión mínima (hPa)	Velocidad máxima del viento sostenido (nudos)
1. «Alberto»	1-3-VI1	(tormenta)	993	50
2. «Beryl»	15-16-VI11	(tormenta)	1.001	45
3. «Chris»	17-23-VI11	(ciclón)	987	65
4. «Debby»	10-11-IX	(tormenta)	1.004	40
5. «Ernesto»	24-IX	(tormenta)	1.000	45
6. «Florence»	4-8-XI	(ciclón)	972	85
7. «Gordon»	9-21-XI	(ciclón)	980	70

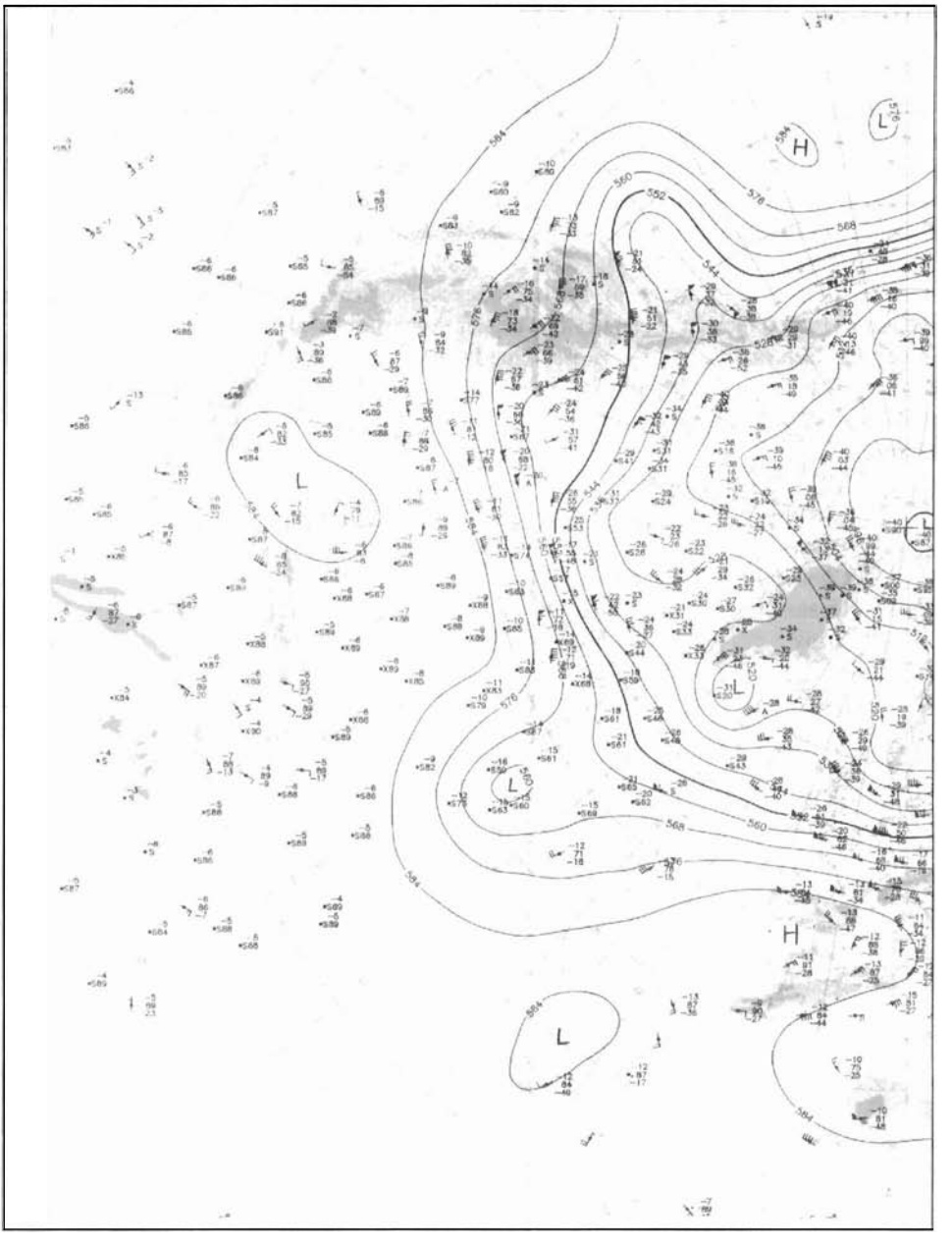


FIGURA 4. Mapa de 500 hPa, a las 12 h. UTC, del 15-XI-1994. Huracán «Gordon» centrado al sur de Florida. Se puede apreciar la estructura del ciclón tropical en altura: las temperaturas aumentan radialmente desde la periferia hacia el centro (ojo cálido), situado sobre la vertical de Miami (con -4°C), mientras que en la periferia sobre Progreso «Yucatán», Jamaica, Berniudas y Georgia se observan temperaturas más bajas, -5°C. -8°C. -6°C y -7°C. respectivamente.

ESTACIÓN DE HURACANES, 1995

La estación de 1995 comenzó tardíamente, singularizada por el gran número de perturbaciones tropicales. De las 19 que se anotaron, 13 alcanzan la intensidad de huracán y 6 el estado de tormenta tropical. La primera perturbación con categoría de ciclón tropical «Allison» se forma el 3 de julio y la última «Tanya» el 27 de octubre. De todos ellos sólo cuatro, «Chantal», «Humberto», «Luis» y «Tanya» se convierten en su fase final en ciclones del Frente Polar Atlántico, alcanzando el espacio sinóptico del Atlántico Norte. El promedio de duración, con 5,3 días, destaca el ciclón tropical «Félix» de gran longevidad con 14 días (9-22 de julio). Las regiones aerológicas para la formalización de estos meteoros fueron por importancia los espacios marítimos al este del meridiano 60°W (Atlántico Central) con 12 casos. Le sigue la región del Golfo de México y sector Oeste del Mar de las Antillas. Mientras que el Caribe entre 60° y 80°W sólo anotó dos casos. La mayor parte de los ciclones en el Atlántico Tropical exhibieron movimiento hacia el Oeste.

1. «Allison»	3-5-VI1	(ciclón)
2. «Barry»	8-9-VI1	(tormenta)
3. «Chantal»	14-20-VI11	(ciclón)
4. «Dean»	29-31-VI1	(tormenta)
5. «Erin»	31-VII a 4-VI11	(tormenta)
6. «Félix»	9-22-VI11	(ciclón)
7. «Gabrielle»	1o-11-VIII	(tormenta)
8. «Humberto»	23-31-VIII	(ciclón)
9. «Iris»	23-VI11 a 4-IX	(ciclón)
10. «Jerry»	25-VI11	(tormenta)
11. «Karem»	29-VI11 a 2-IX	(ciclón)
12. «Luis»	29-VI11 a 10-IX	(ciclón)
13. «Marilyn»	13-22-IX	(ciclón)
14. «Noel»	27-IX a 6-X	(ciclón)
15. «Opal»	5-1O-X	(ciclón)
16. «Pablo»	5-7-X	(tormenta)
17. «Roxanne»	9-19-X	(ciclón)
18. «Sebastien»	21-23-X	(tormenta)
19. «Tanya»	27-X a 1-XI	(ciclón)

CONCLUSIONES

Con la aparición hace algo más de tres décadas de los satélites meteorológicos, la investigación sobre ciclones y tormentas tropicales ha tomado un nuevo impulso. Con anterioridad la trayectoria y ocasionalmente la propia existencia de una perturbación podría ser aleatoria. En el Atlántico Norte, para el período 1968-1989 (MET-MAR, 1995) el promedio de perturbaciones tropicales es de 9,7, de las que 5,4 alcanzan el estado de ciclón tropical y 4,3 el de tormenta tropical. Resalta la gran variabilidad interanual. Así el

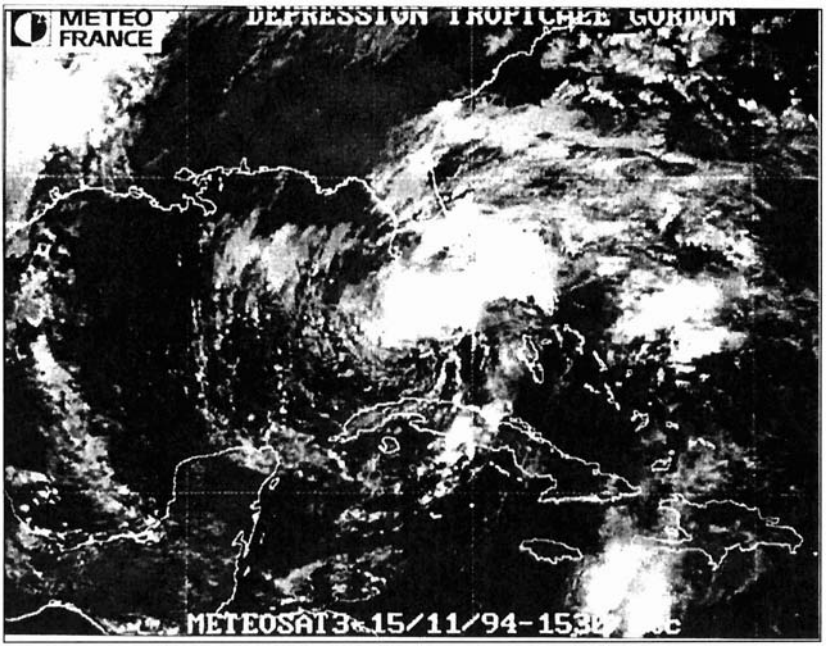
año 1984 tan sólo conoció 4 perturbaciones (3 huracanes y 1 tormenta tropical), en cambio el año 1988 mostró 19 perturbaciones, de las que sólo 5 alcanzaron la categoría de huracán. Septiembre y, sobre todo su primera quincena, es la época del año más propicia en el Océano Atlántico para este tipo de perturbaciones del mundo tropical.

Nº de perturbaciones tropicales en el Atlántico Norte, 1984-1995

Año	Huracanes y tormentas tropicales	Sólo huracanes
1984	4	3
1985	11	7
1986	6	4
1987	7	3
1988	12	6
1989	11	7
1990	14	8
1991	8	4
1992	6	4
1993	8	3
1994	7	3
1995	19	12

Los huracanes tras una primera fase de su recorrido Este-Oeste, con ligera componente Sureste, suelen cambiar de rumbo rolando al Sur-Suroeste con una configuración parabólica, tipicamente anticiclónica. En el bienio 1994-1995 sobre el Océano Atlántico algunos de ellos nacieron y se disiparon en el Océano («Alberto», «Debby», «Ernesto», «Gabrielle», «Iris», «Noel», «Pablo» y «Sebastien»), otros, en cambio originándose en el Océano morían por debilitamiento, al adentrarse en territorio continental americano («Beryl», «Gordon», «Allison», «Dean», «Erin», «Jerry», «Opal»). Excepcional, por su recorrido y trayectoria fue el ciclón «Félix» de gran longevidad (9-22 julio de 1995).

Parte de ellos prosiguen su vida y actividad, encauzados por la corriente Zonal del Oeste, del anillo templado. Bien reactivando perturbaciones extratropicales viejas o incluso engranándose en el sector cálido de una perturbación extratropical activa. Convirtiéndose, con frecuencia, en un ciclón noruego resurgiendo como profundas borrascas, con un esquema ondulatorio clásico de la nubosidad —frente cálido y frente frío—, con depresión fría en altura («Beryl», «Chris», «Florence», «Chantal», «Humberto», «Luis» y «Tanya»).



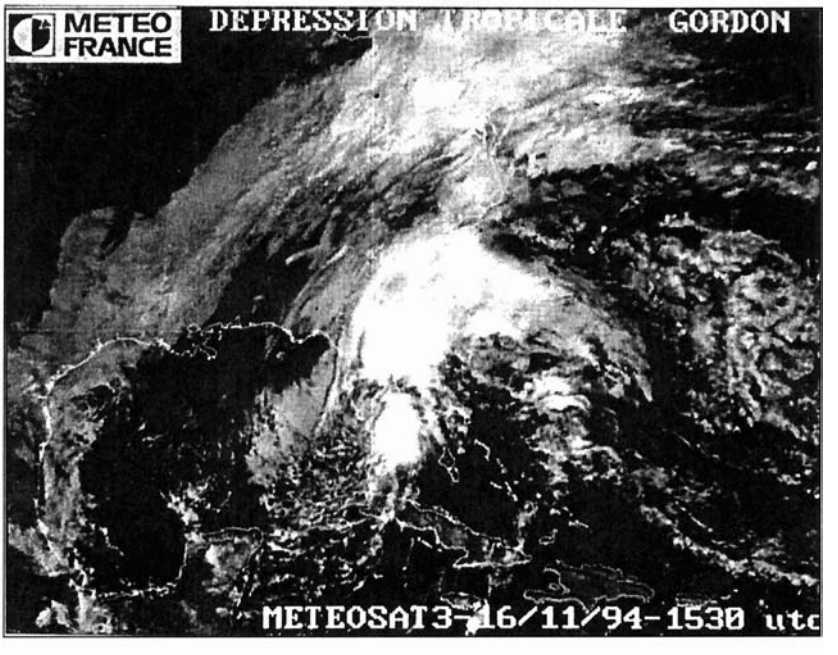


FIGURA 5. En el fotograma superior «Gordon» en el estadio de tormenta tropical, visto desde el satélite METEOSAT-3, a las 15 h. 30 UTC (15-IX-1994). En el fotograma inferior, «Gordon» visto desde el satélite METEOSAT-3 a las 15 h. 30 UTC (16-IX-1994). (Fuente: MET-MAR, nº 167).

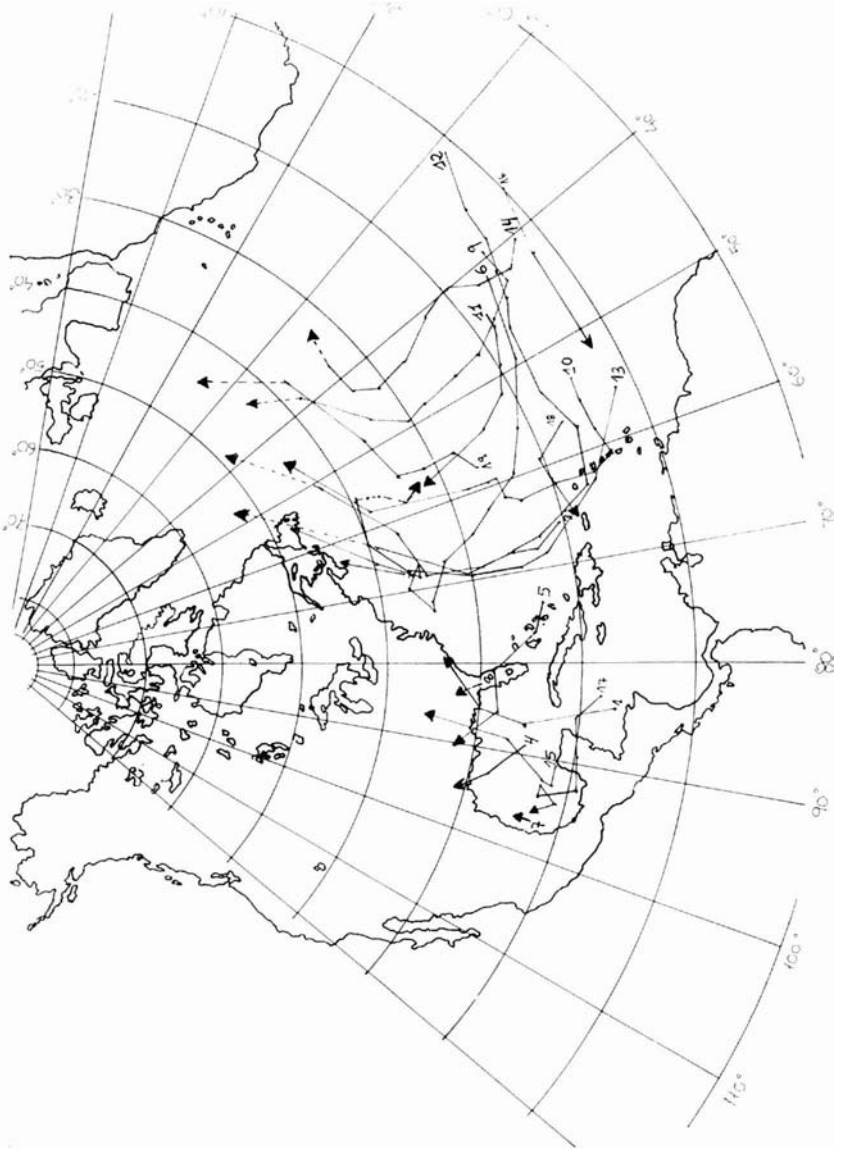


FIGURA 6. Estación 1995. Huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico Norte. 1. «Allison» 3-5-VI1 (ciclón). 2. «Barry» 8-9-VI1 (tormenta). 3. «Chantal» 14-20-VI11 (ciclón). 4. «Dean» 29-31-VII (tormenta). 5. «Erin» 31-VI1 a 4-VI11 (tormenta). 6. «Félix» 9-22-VI11 (ciclón). 7. «Gabrielle» 10-11-VIII (tormenta). 8. «Humberto» 23-31-VI11 (ciclón). 9. «Iris» 23-VI11 a 4-IX (ciclón). 10. «Jerry» 25-VI11 (tormenta). 11. «Karem» 29-VI11 a 2-IX (ciclón). 12. «Luis» 29-VI11 a 10-IX (ciclón). 13. «Marilyn» 13-22-IX (ciclón). 14. «Noel» 27-IX a 6-X (ciclón). 15. «Opal» 5-10-X (ciclón). 16. «Pablo» 5-7-X (tormenta). 17. «Roxanne» 9-19-X (ciclón). 18. «Sebastien» 21-23-X (tormenta). 19. «Tanya» 27-X a 1-XI (ciclón).

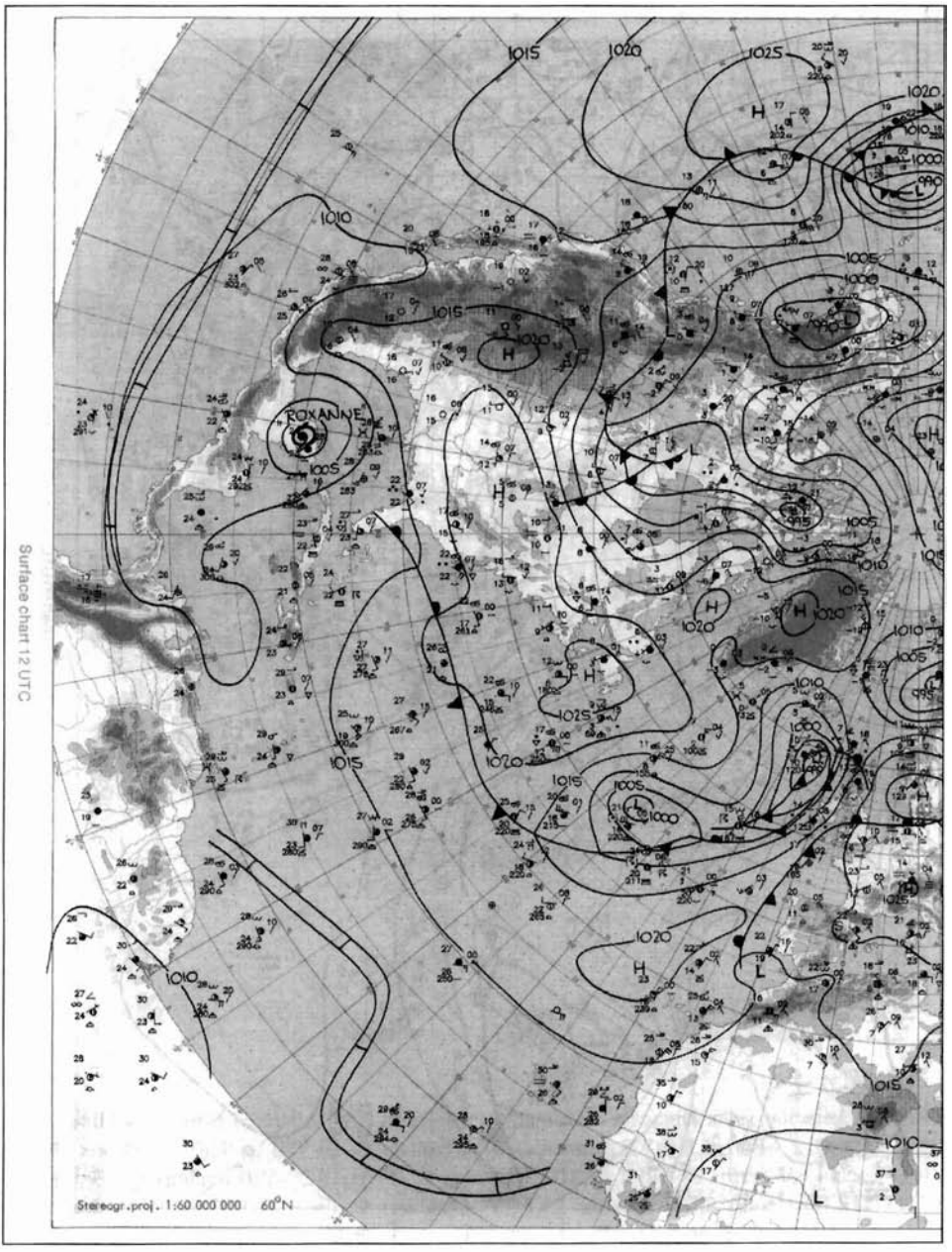


FIGURA 7. Mapa de superficie, a las 12 h. UTC, del 11-X-1995. El huracán «Roxanne», afectando a la Península de Yucatán, México.

BIBLIOGRAFÍA

ABERSON, S.D. and DEMARIA, M. (1994): «Verification of a Nested Barotropic Hurricane Track Forecast Model (VICBAR)», ***Monthly Weather Review,*** num. 122, pp. 2.804-2.815.

ANTNES, R.A. (1982): «Tropical cyclones: their evolution, structure, and effects», ***Meteorogical Monographs,*** Boston, vol. 19, núm. 41.

BENDER, M.A, ROSS, R.J., TULEYA, R.E. and KURIHARA, Y. (1993): «Improvements in tropical cyclone track and intensity forecasts using the GFDL initialization system», ***Monthly Weather Review,*** num. 121, pp. 2.046-2.061.

CAPEL MOLINA, J.J. (1988): «Las perturbaciones tropicales en en Atlántico Norte y su incidencia en Europa Occidental», ***Papeles de Geografía,*** núm. 14, pp. 9-33.

CAPEL MOLINA, J.J. (1989): «El huracán Gilberto y su evolución en el Caribe, Golfo de México y Norteamérica. (Septiembre de 1988)», ***Paralelo 37º,*** núms. 11-12, pp. 7-28.

CAPEL MOLINA, J.J. (1983): ***El clima de los Estados Unidos Mexicanos,*** Madrid, C.S.I.C.

CAPEL MOLINA, J.J. (1992): «El recorrido excepcionalmente meridional del longevo ciclón tropical «Joan» a través del Caribe, América Central y Pacífico», V ***Congreso Internacional de Meteorología,*** Madrid, Tomo II, pp. 304-314.

CHAN, J.C.L., GRAY, W. and KIDDER, D.Q. (1980): «Forecasting tropical cyclone turning motion from srrounding wind and temperature fields», ***Monthly Weather Review,*** vol. 108 (6), pp. 778-792.

DAVENPORT ALAN, G. (1989): «Análisis del riesgo de huracán. El caso del huracán Gilbert», ***Encuentro Internacional Catastrofes y Sociedad,*** Madrid, Fundación Maphre.

DING, Y. and REITER, E.R. (1981): «Large-scale circulation conditions affecting the variability in the frequency of tropical cyclone formation over the North Atlantic and yhe North Pacific oceans», ***Environmental Resarch Paper,*** num. 33

DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE. (1985): «Saison 1984 des perturbations tropicales dans l´Atlantique-Nord», ***Rev. Met-Mar.,*** num. 188, pp. 50-53.

DONG, K. and NEUMANN, C.J. (1986): «Relationship between tropical cyclone motion and environmental geostrophic flows», ***Monthly Weather Review,*** num. 114 (1), pp. 115-122.

DROPCO, K.M. (1981). «Tropical cyclone intensity: a quantitative forecasting scheme», ***Atmospheric Science Paper,*** num. 333.

GABY, D.C. (1980): «Satellite classifications of Atlantic tropical and subtropical cyclones: a review of eight years of classifications at Miami», ***Monthly Weather Rewiew,*** num. 108 (5), pp. 587-595.

GRAY, W.M. (1984): «Atlantic seasonal hurricane frequency. Pt. 1 El niño and 30-mb quasibiennial oscillation influences», ***Monthly Weather Review,*** num. 112 (9), pp. 1.469-1.668.

HEBERT, P.J., JARRELL, J.D. and MAYFIELD, M. (1992): ***The deadliest, costliest, and most intense United States hurricanes of this century,*** Florida, NOAA Tech. Memo. NWS NHC-31, National Hurricane Center, Coral Gables, 39 pp.

HOLLAND, G.J. (1993): «Ready Reckoner», ***Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting,*** Geneva, WMO/TC-No. 560, Report No. TCP-31, World Meteorological Organization, Chapter 9.

INSTITUTO CUBANO DEL LIBRO (1973): ***Trayectoria de huracanes y de perturbacio-***

nes ciclónicas del Océano Atlántico, del Mar Caribe y del Golfo de México (1919-1969), La Habana.

JAÚREGUI, E. (1989): «Los huracanes prefieren a México», *Información Científica* y *Tecnológica,* núm. 155.

LANDSEA, C.W. (1993): «A climatology of intense (or major) Atlantic hurricanes», *Monthly Weather Review,* num. 121, pp. 1.703-1.713.

LIGHTHILL, J. y otros. (1994): «Global climate change and tropical cyclones», *Bulletin American Meteorological Society*, num. 75 (11), pp. 2.147-2.157.

LIMBERT, D.W.S. (1995): «Consecuencias humanas y económicas de los fenómenos meteorológicos durante 1994», *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial,* vol. 44, núm 4, pp. 364-375.

MEDINA, M. (1976): *Meteorología básica sinóptica,* Madrid, Ed. Paraninfo.

MERRIL, R.T. (1982): «Comparison of large and small cyclones», *Atmospheric Science Paper,* núm. 352.

NEUMANNN, CH.J. (1981): *Tropical cyclones of the Norrh Atlantic Ocean. 1871-1980,* National Weather Service, Environmental Research Labs, Asheville N.C. June 1978, rev. July 1982.

PETTERSEN (1976): *Introducción a la Meteorología,* Madrid, Ed. Espasa Calpe.

ROSERGAUS, M. y SÁNCHEZ SESMA, J. (1988): «Efectos del huracán Gilberto en la Peninsula de Yucatán», *Rev. Ingeniería Civil,* noviembre, México, D.F.

SCHROEDER, T.A. and YU, Z. (1995): «Interannual variability of central Pacific tropical cyclones», *Preprints of the 21 st Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology,* Miami, Florida, Amer. Meteor. Soc., pp. 437-439.

STERANKA, J. y otros. (1984): «Diurnal variation of the Atlantic Ocean tropical cyclone cloud distribution inferred from geostationary satellite infrared measurements», *Monthly Weather Review,* num. 114 (8), pp. 1.539-1.546.

TIANMING, L. and WANG, B. (1994): «The influence of sea surface temperature on the tropical intraseasonal oscillation: a numerical studi», *Monthly Weather Review*, num. 122 (10), pp. 2.349-2.362.

TRZPIT (1977): «Les tempêtes nord-atlantiques: Essai d'analyse géographique», *Norois*, num. 94, pp. 212-234.

VALLAUX, C. (1961): *Geografía general de los mares,* Barcelona, Ed. Juventud.

WAKIMOTO, R.M. and BLACK, P.G. (1994): «Damage survey of Hurricane Andrew and its relationship to the eyewall», *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, num. 75, pp. 189-200.

WARD, J.H. (1988): *The jirs year of operational forecasts with national moteorological center's Quasi. Lagrangian Hurricane model,* Washington, National Meteorological Center NWS/NOAA.

WILLOUGHBY, H.E. (1990): «Temporal changes of the primary circulation in tropical cyclones», *J. Atmos. Sci.,* num. 47, pp. 242-264.

ZARATE, E. y RAMÍREZ, P. (1988): *Huracán Joan. Aspectos meteorológicos de la emergencia,* San José de Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional.

ZIMMERSCHIED, W. (1949): *Acerca de la relación entre las cantidades de precipitación en la Península Ibérica y la crudeza del invierno en la Europa Central,* Madrid, Servicio Meteorológico Nacional, Serie A (Memorias), núm. 20.