

ción artificial del tiempo constituyen un excelente y fructífero campo para la investigación de los elementos meteorológicos que afectan más directamente a la humanidad. La precipitación está en el corazón de la predicción del tiempo; las transformaciones de energía que incluyen a las nubes son fundamentales para comprender y modelizar los movimientos atmosféricos.

La meteorología no puede permitirse despreciar los estudios de los procesos de la precipitación. Esto es lo que constituye la física de nubes, la ciencia de la modificación artificial del tiempo.

Agradecimiento

Muchas de las ideas aquí expuestas se discutieron en un cursillo práctico de la American Meteorological Society en Park City, Utah (EE.UU.), en mayo de 1984. Se halla en prensa una monografía de las comunicaciones presentadas a este cursillo. El autor reconoce agradecido el beneficio que ha obtenido de sus discusiones con los participantes y con los que han colaborado en la monografía. Sin embargo, este artículo representa sus propios puntos de vista, y no necesariamente los de sus colegas, ni los de la National Science Foundation, entidad que concedió la subvención con cargo a la cual se ha preparado este artículo.

REFERENCIAS

- CHANGNON, S.A., Jr. (1981)(Ed.): *METROMEX: A review and summary*. AMS Meteor. Monograph 40, Boston; 181 pp.
- COOPER, W. A. and LAWSON, R.P. (1984): *Physical interpretation of results from the HIPLEX-1 experiment*. *J. Climate Appl. Meteor.* 23 pp. 523-540.
- DENNIS, A. S. (1980): *Weather modification by cloud seeding*. Academic Press, New York; 267 pp.
- GAGIN, A. (1981): *The israeli rainfall enhancement experiment: A physical overview*. *J. Wea. Mod.* 31 pp. 108-120.
- GAGIN, A. and NEUMANN, J. (1974): *Rain stimulation and cloud physics in israel. Weather and climate modification*; W. N. HESS (Ed.) J. Wiley and Sons, New York; pp. 454-494.
- (1981): The second Israeli randomized cloud seeding experiment: Evaluation of the result. *J. Appl. Meteor.* 20 pp. 1301-1311.
- GAGIN, A., ROSEFELD, D., WOODLEY, W. L. and LOPEZ, R. E. (1986): Results of seeding for dynamic effects on rain cell properties in FACE-II. *J. Climate. Appl. Meteor.* 25 pp. 1-12.
- HESS, W. N. (1974)(Ed.): *Weather and climate modifications*. H. Wiley and Sons, New York; 842 pp.
- MIELKE, P. W. Jr., BERRY, K. J., DENNIS, J. R., Jr. and SILVERMAN, B. A. (1984): HIPLEX-1: Statistical evaluation. *J. Climate Appl. Meteor.* 23 pp. 513-522.
- SIMPSON, J., BRIER, G.W. and SIMPSON, H.R. (1967): analysis and main results. *J. Atmos. Sci.* 24 pp. 508-521.

EL SISTEMA CLIMATICO MUNDIAL EN 1985

La variabilidad del tiempo y del clima regionales es un resultado de las fluctuaciones en el sistema climático mundial. Todavía no hay modelos cohesivos del sistema climático interactivo (que comprendan la atmósfera, los océanos, las superficies continentales y la criosfera), aunque recientemente se ha progresado mucho en este campo, por ejemplo, aumentando nuestro conocimiento en la comprensión de las interacciones entre la atmósfera y los océanos. Quizá la conclusión más importante que se ha obtenido en los últimos años es que las fuentes tropicales diabáticas de calor (y los océanos tropicales) desempeñan una función importante en la modulación de la circulación general mundial. Aunque, por sí mismo, este no sea un descubrimiento sorprendente, refleja un cambio en el enfoque de la investigación me-

teorológica. El informe siguiente intenta relacionar las anomalías regionales del tiempo con fases o estados del sistema climático mundial y, por ello, suministra información para su aplicación en el futuro. Se da especial importancia a las características a gran escala del sistema climático. Se pueden encontrar detalles mucho más completos acerca del clima mundial en 1985 en la publicación del PMDC *The global climate system – Annual summary for 1985* (El sistema climático mundial – Resumen anual para 1985).

En el año que se está analizando (de diciembre de 1984 a noviembre de 1985) el sistema climático estuvo caracterizado por una variabilidad considerable y por anomalías significativas. Sin embargo, al contrario que últimamente, las anomalías observadas no persistieron durante periodos cronológicos largos. En la publicación del PMDC (*The global climate system – A critical review for the period 1982-1984*). (El sistema climático mundial – Un análisis crítico del periodo 1982-1984) se da una descripción completa del periodo 1982-1984 que estuvo dominado por el notable episodio de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).

Los trópicos

Las características más destacadas en el sistema climático tropical fueron:

- Una fase “Contra-ENOS” generalmente con anomalía negativa de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en la zona ecuatorial del Pacífico central y oriental (a lo largo de la zona entre 10° N y 10° S) y anomalías positivas en el Pacífico occidental y en el Atlántico.
- Una mitigación de la prolongada sequía en la mayor parte de África oriental y meridional, con condiciones normales o próximas a las normales en la mayoría de los lugares, excepto en Botswana y precipitaciones mejores en África occidental.
- Marcada actividad ciclónica tropical en el trópico del Pacífico oriental y del Atlántico occidental.
- Oscilaciones intra-estacionales de 30 a 60 días, acentuadas, que se propagaron hacia el este en el Océano Índico y en el Pacífico occidental y central.
- Un monzón de verano más débil que el normal, en las regiones occidentales de la India.

Fase Contra-ENOS – El periodo 1982-1984 estuvo dominado por el episodio ENOS más intenso del siglo, caracterizado por una relativamente estable y persistente anomalía en la circulación general mundial que alteró substancialmente la distribución regional del tiempo.

Se obtuvieron pruebas que sugieren que, durante 1984, hubo un reajuste atmosférico hacia un estado más normal. Así se ha incluido a 1985 en una “fase anti-ENOS”. Las presiones al nivel del mar en Darwin y Tahití fueron casi normales, así como el Índice de Oscilación del Sur (IOS) (*Figura 1*). Las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en el Océano Pacífico ecuatorial fueron generalmente negativas en la mayor parte del año, como muestra la configuración de la *Figura 2*. Asociadas con estas anomalías negativas hubo algunas pruebas de las características de una circulación contra-ENOS.

Durante 1985, la subversión este-oeste de las células de circulación en los trópicos (determinada principalmente por los centros más importantes de actividad convectiva sobre el sureste de Asia y el Pacífico occidental, así como sobre las regiones del Amazonas y del Congo) fueron de configuración casi normal.

La sequía africana – Aunque no se han establecido en forma completa las relaciones físicas con la sequía africana, la lluvia de 1985 en la mayor parte de Africa o volvió a ser casi normal o fue substancialmente mayor que durante el período de sequía 1982-1984. La *figura 3* muestra la serie cronológica de un índice pluviométrico calculado a partir de varias observaciones de Africa occidental. Se ha sugerido que la persistencia de la lluvia, por debajo de lo normal en el Africa occidental, está asociada de alguna manera con las temperaturas cálidas de la superficie del mar en el Atlántico Sur ecuatorial. Las anomalías positivas (TSM)

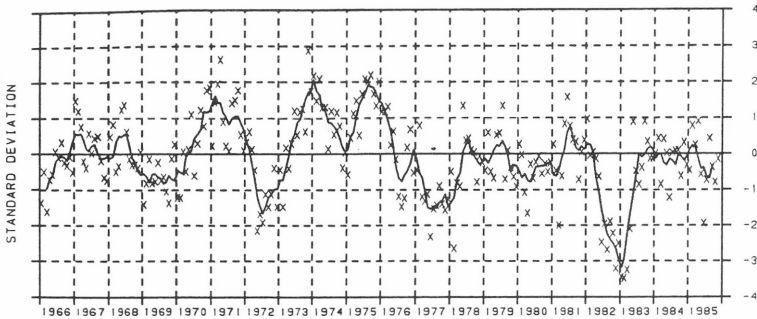


Figura 1 – Medias móviles de 5 meses del Índice de Oscilación del Sur representado por las anomalías de la presión reducida al nivel del mar en Tahití menos la de Darwin. Las cruces son los valores medios mensuales individuales.

Figuras reproducidas con permiso del NOAA Climate Analysis Center.

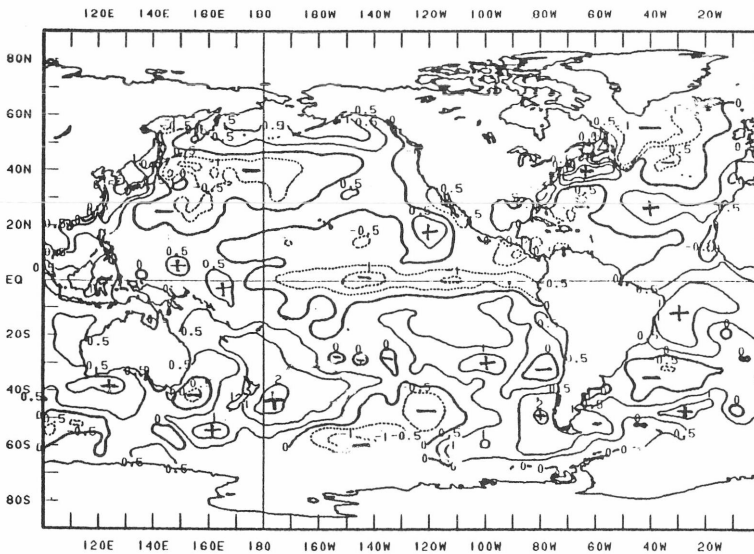


Figura 2 – Anomalías de la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacifico ecuatorial para la estación de invierno de 1985 en el hemisferio norte (diciembre de 1984 a febrero de 1985).

allí (véase la *figura 2*), que persistieron durante 1985, contribuyeron al gradiente térmico débil de bajo nivel que hubo sobre Africa occidental y ello pudo originar menos líneas de turbonada, que son los sistemas productores de lluvia más importantes de la región. Los gradientes térmicos cercanos a la superficie son, por supuesto, sólo uno de los muchos factores que esencialmente determinan la lluvia en esta región. Las características de la circulación general que parecen influir sobre la lluvia en Africa occidental son los chorros del este en la troposfera superior (que por su parte están ligados con el monzón asiático), *El*

Niño y el chorro africano del este en la troposfera más baja, cerca de los 700 hPa. Los cambios en los procesos de reciclado de la humedad local (por ejemplo, la reducción de la cubierta vegetal) y los cambios en el albedo de la superficie y en la rugosidad de la superficie, también desempeñan una función por intermedio de la realimentación atmosférica. También se cree que las anomalías positivas (TSM) en el Atlántico Sur están asociadas con lluvias superiores a las normales sobre las regiones del este y del noreste de América del Sur.

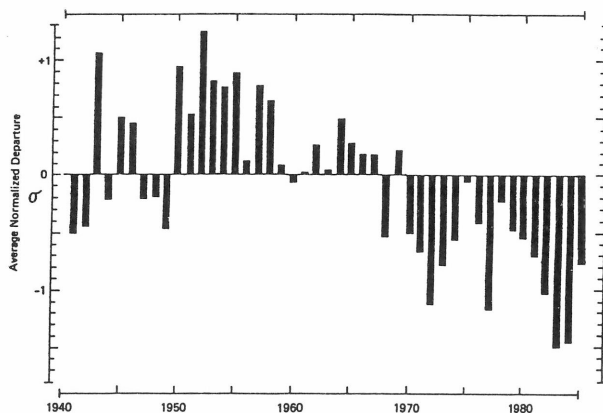


Figura 3 – Índice pluviométrico de Lamb para África occidental para un período de más de 4 decenios. Las ordenadas están graduadas en décimas de la desviación normal.

La actividad ciclónica tropical – Dicha actividad muestra una sensibilidad considerable a la modulación entre la circulación general mundial y los períodos de ENOS y sin ENOS. Por ejemplo, en los años de *El Niño*, se desplaza la célula de Walker del Pacífico (inversión de la circulación zonal), estando la rama ascendente, en fase con el máximo de TSM (y de anomalía de TSM). Esto conduce a un cambio mundial de la posición del tren de las células de la zona intertropical, con cambios locales en la troposfera situada sobre los océanos tropicales y una supresión de la actividad ciclónica tropical en zonas normalmente activas. La mayor parte, si no todos, de los años con ENOS han estado asociados con baja actividad ciclónica tropical en el Atlántico (medida por el número de días con huracán). Lo opuesto es generalmente cierto durante los años sin ENOS. Así, 1983 se caracterizó por una actividad ciclónica muy baja, en 1984 fue casi normal y en 1985 fue especialmente alta. Análogamente la actividad ciclónica tropical fue alta en el este del Pacífico ecuatorial durante 1985.

Las oscilaciones tropicales de 30 a 60 días – Las oscilaciones intraestacionales de 30 a 60 días, que se propagan hacia el este, fueron descubiertas hace varios años, pero nunca habían sido registradas tan intensamente como en 1984 y 1985. Estas oscilaciones estuvieron particularmente bien definidas durante enero y febrero, mayo y junio y octubre y noviembre de 1985, y se ha supuesto que los cambios en la actividad convectiva sobre la zona del Pacífico occidental podían estar relacionados con las fluctuaciones en la circulación de las latitudes medias. Por ejemplo, los períodos de oscilaciones de 30 a 60 días particularmente acentuadas coinciden aproximadamente con los períodos, sean de bloqueo amplificado o de sistemas de vaguada y dorsal amplificada, con flujo meridional fuerte. Los intentos para explicar la dinámica de esta relación se apoyan parcialmente en los procesos físicos atmosféricos que se cree tienen lugar durante los episodios ENOS, cuando el centro convectivo tropical predominante, situado normalmente sobre el Pacífico occidental, se desplaza hacia el Pacífico central y oriental. Durante un episodio ENOS, el calentamiento atmosférico anómalo en el Pacífico central conduce a una configuración característica de la anomalía de la presión en las latitudes medias, de alta-baja-alta o a un tren de ondas, que altera la posición de la corriente en chorro del oeste. Análogamente, se supone que cuando las oscilaciones son fuertes, la propagación de zonas convectivas anómalas en el Pacífico central podría con-

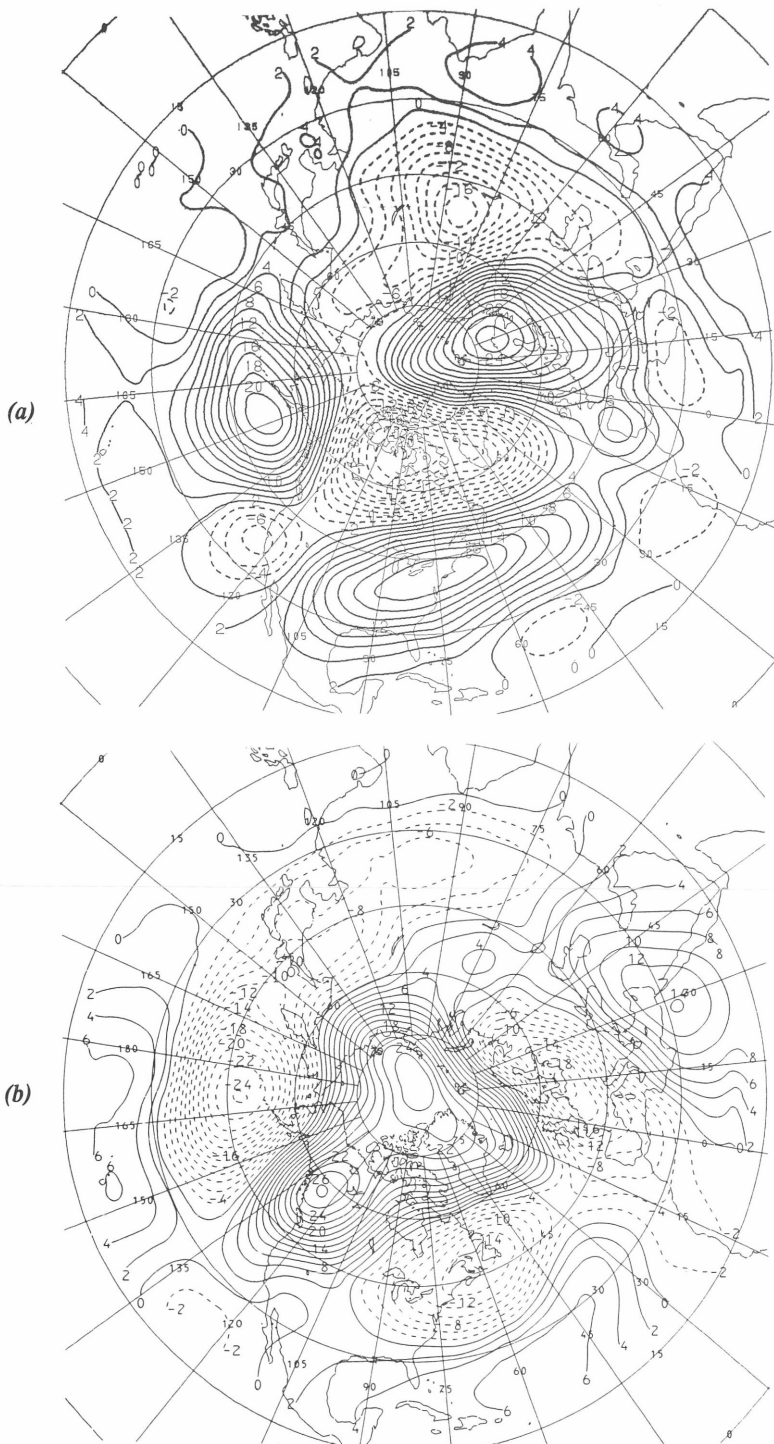


Figura 4 – Hemisferio norte. Desviaciones de las alturas geopotenciales del valor medio de 1955 a 1978 para la superficie de 200 hPa: (a) en diciembre de 1984, y (b) en enero de 1985. Las isopletas se dibujan a intervalos de 2 dam y en líneas a trazos las de cotas negativas.

ducir a una tendencia a un tren de ondas alta-baja-alta en los campos de circulación (anomalía) de las latitudes medias. Es probable que la localización del tren de ondas se pueda determinar a partir de la posición actual y de la intensidad de la zona de convección anómala. Debe observarse que, al contrario que en los ENOS, no parece haber ningún proceso de realimentación entre el océano y la atmósfera en las oscilaciones de 30 a 60 días.

Se ha propuesto una hipótesis análoga a partir de las fluctuaciones de la lluvia en la región del Amazonas. En este caso la zona convectiva está fija geográficamente, al contrario que la fuente de calor del Pacífico occidental que, fundamentalmente, es una respuesta móvil a las anomalías TSM. Los cambios en el régimen pluviométrico de la cuenca del Amazonas (y por ello los cambios en el suministro de calor diabático a la atmósfera tropical) se sugiere que están ligados dinámicamente con la circulación sobre el Atlántico Norte. Extrapolando sobre esta posible teleconexión, los cambios en el anticiclón del Atlántico Norte podrían causar cambios en los vientos en superficie, en las TSM atlánticas y por ello en las precipitaciones en las masas terrestres continentales que le rodean (África occidental y el nordeste y el este de América del Sur). Esta cuestión está actualmente en estudio.

El hemisferio norte

Durante 1985, las regiones extratropicales del hemisferio norte estuvieron caracterizadas por:

- Una actividad de bloqueo acentuada en las latitudes medias durante el invierno y dorsales y vaguadas acentuadas, con flujo meridional marcado, desde septiembre hasta fin de año;
- En diciembre, enero y noviembre tiempo anormalmente frío sobre zonas de los EE. UU. y de Europa, con una inversión brusca de las anomalías de la temperatura de superficie sobre los EE. UU. y Europa occidental desde diciembre a enero y febrero;
- La ausencia de bloqueo durante la mayor parte de la primavera y una dorsal subtropical más intensa que lo normal desde el Japón a través del Pacífico hasta el Atlántico central, tiempo relativamente seco y cálido en los subtrópicos y en las latitudes medias;
- La actividad moderada de bloqueo durante el verano y vaguadas y dorsales fuertemente amplificadas durante el otoño, con temperaturas por debajo de lo normal en zonas de América del Norte y de Europa.

El bloqueo acentuado en el hemisferio norte durante diciembre de 1984 se representa en la *figura 4 (a)* y comparando con la *figura 4 (b)* se ve la brusca inversión en la configuración de la anomalía entre diciembre y enero. En diciembre se registraron temperaturas bajas en el noroeste y en el sur de los EE. UU. y hubo condiciones excepcionalmente templadas en el este de los EE. UU. y en la mayor parte de Europa. En enero se desarrolló una intensa baja aleutiana que forzó la dorsal hacia el este, a la costa oeste de América del Norte, donde alcanzó un valor de +3 y una vaguada profunda (de unos -3) se desarrolló en el Atlántico occidental, acompañada por el colapso hacia el sur de la dorsal subtropical que había predominado anteriormente. Con el bloqueo polar, que alcanzó su máximo en enero, la posición media de la corriente en chorro del oeste sobre gran parte del hemisferio norte estuvo desplazada claramente hacia el sur, permitiendo la penetración del aire frío hacia las latitudes más bajas. El este de los EE. UU. estuvo anormalmente frío, así como gran parte de Europa, mientras que el tiempo fue excepcionalmente templado en Alaska y en Canadá central y occidental. Las temperaturas extremadamente bajas volvieron a Europa como consecuencia de un nuevo bloqueo. En el invierno 1984/85, la duración media del bloqueo fue de 17 días (en comparación con 12 en 1983/84 y 10 en 1982/83) y el máximo para un

episodio individual fue de unos 49 días en la región del Pacífico y América del Norte. En julio, dorsales muy intensas (+2) sobre el oeste de América del Norte y el sur de Europa ocasionaron tiempo cálido. La anomalía del Pacífico y América del Norte se invirtió en agosto, desarrollándose una dorsal al sur de las Aleutianas (de unos +2). La formación de dorsales continuó sobre Europa meridional, mientras que se desarrolló una intensa vaguada (-2) al oeste de las Islas Británicas. Análogamente, el verano de 1985 estuvo caracterizado por una alta actividad de bloqueo que ocasionó largos períodos de tiempo cálido/frío o seco/lluvioso. No se comprenden todavía en forma completa las razones precisas para este estado de la circulación general. Se están investigando las relaciones con las fluctuaciones de las fuentes tropicales de calor.

De octubre a diciembre hubo una serie de vaguadas y dorsales muy amplificadas desde el Pacífico occidental al Atlántico oriental. Hubo vaguadas profundas sobre el Pacífico occidental, el oeste de América del Norte y el Atlántico central, mientras predominaron dorsales intensas sobre el Pacífico oriental, el este de América del Norte y el oeste de Europa. La mayor parte de estas características (que fueron notablemente persistentes durante el otoño) tuvieron anomalías de entre el doble y el triple de la desviación normal. Como consecuencia, el otoño fue, en medio siglo, el más frío en las regiones del noroeste de los EE. UU. y el más cálido en el sector del sureste. Durante dicha estación, la vaguada amplificada del Atlántico occidental condujo a varios sistemas tropicales en el Golfo y en las costas atlánticas de los EE. UU. En noviembre, hubo condiciones invernales en el oeste de Canadá, los EE. UU. y la mayor parte de Europa, con temperaturas bastante más bajas que las normales, intensas nevadas y "blizzard". Ello fue debido a la orientación de los intensos sistemas de dorsales al oeste de estas regiones.

El hemisferio sur

Las características principales de las regiones extratropicales del hemisferio sur fueron:

- La variabilidad cronológica relativamente alta;
- La presencia de una configuración de circulación contra-ENOS durante el verano del hemisferio sur, con anomalías de altura negativas en las latitudes medias y bajas, en la troposfera superior, que persistieron a lo largo de mayo (esto fue menos acentuado en los niveles más bajos);
- Las anomalías de las alturas generalmente positivas durante el invierno en las latitudes medias y bajas, evolucionando en la primavera hacia una circulación más intensa orientada según los meridianos con dorsales reforzadas del tipo de bloqueo entre los 45° y los 60° S sobre el sur del Océano Indico, el Pacífico sur y el Atlántico sur, algo al este de las zonas continentales más importantes;
- El monzón de Australia del norte débil, con una interrupción bastante prolongada.

A causa de la falta de masas continentales importantes en las regiones de las latitudes medias del hemisferio sur (20° a 60° S), la circulación atmosférica a gran escala es sensiblemente diferente de la del hemisferio norte. La presencia de Eurasia y América del Norte ocupando las latitudes medias y los contrastes topográficos entre la tierra y el mar, conducen a un flujo troposférico predominantemente del oeste, con ondulaciones casi estacionarias de gran amplitud. En el hemisferio sur, por el contrario, el flujo medio troposférico se desvía muy poco de la dirección oeste. Sin embargo, en ciertos días la configuración de la circulación puede tener muchas perturbaciones meteorológicas de pequeña escala que se propagan rápidamente en dirección este. A pesar de estas diferencias, la circulación en las latitudes medias de ambos hemisferios está influida por: (a) las principales fuentes de calor

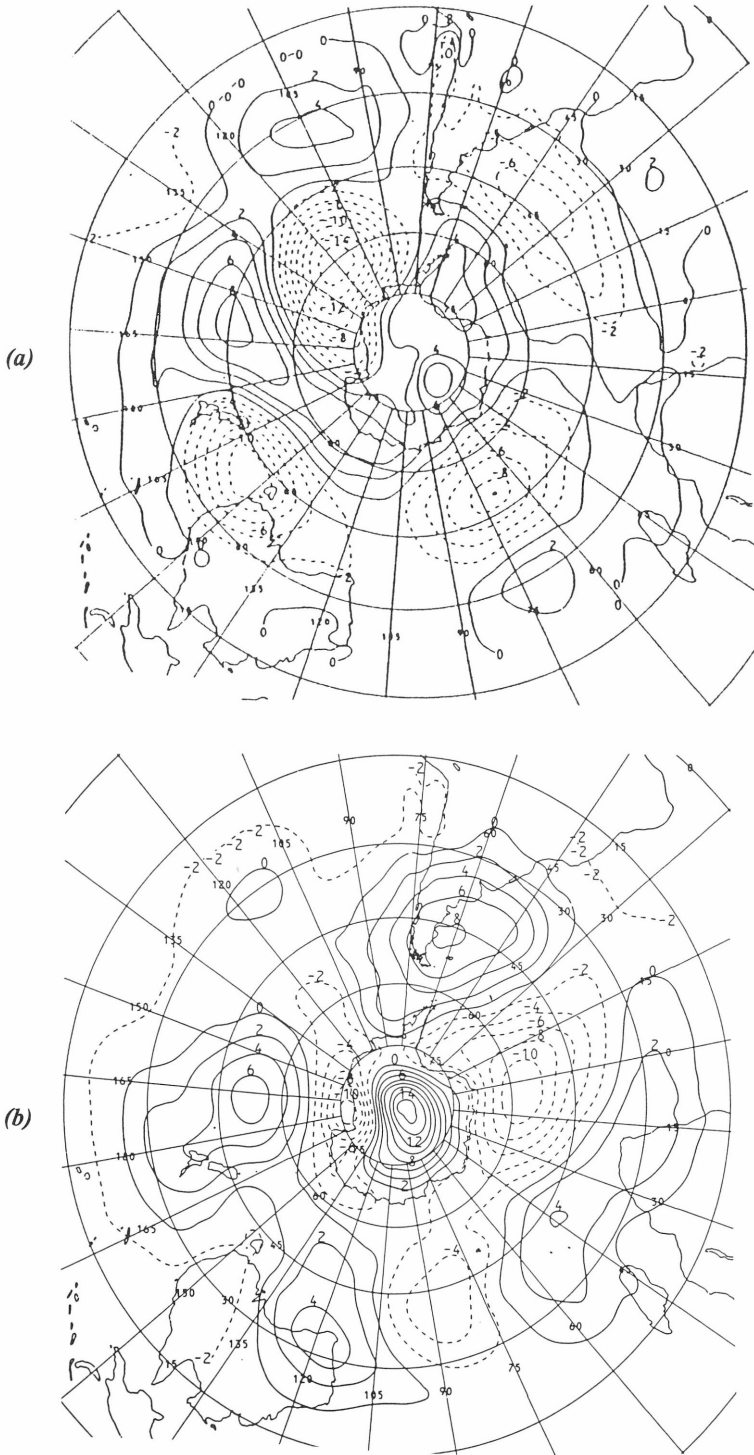


Figura 5 - Hemisferio sur. Desviaciones de las alturas geopotenciales de valor medio de 1979 a 1983 para la superficie de 200 hPa: (a) para la estación de verano (diciembre de 1984 a febrero de 1985), y (b) para la estación de invierno (julio a agosto de 1985). Las isopletas se dibujan a intervalos de 2 dam y en líneas a trazos las de cotas negativas.

tropicales (el sureste de Asia y el Pacífico occidental, la cuenca del Congo en Africa y la cuenca del Amazonas en América del Sur) y (b) la incidencia y la localización de la actividad de bloqueo en las latitudes medias.

La acción de bloqueo en el hemisferio sur produce perturbaciones meteorológicas que en su movimiento hacia el este son desviadas (hacia el norte o el sur) hacia afuera de las regiones centrales de bloqueo. Una región que está bajo la influencia directa de un anticiclón de bloqueo registra una lluvia relativamente pequeña, mientras que una región bajo la influencia de un centro de baja presión desprendido de la banda principal de los "oestes" registrará mucha lluvia. Las masas continentales más importantes del hemisferio sur reciben una parte substancial de sus lluvias de invierno y de primavera de los sistemas de baja presión desprendidos, cuyas trayectorias son típicas entre los 30° y 40° S. Las zonas de los anticiclones de bloqueo están generalmente hacia el polo en los continentes, aunque no es raro que haya una dorsal que se extienda hasta las regiones del sur del continente, causando allí un tiempo seco persistente.

De alguna manera, la configuración de anomalía en el hemisferio sur durante 1984/85, *figura 5 (a)*, fue la inversa de la del verano con ENOS de 1982/83, con anomalías de las alturas en la troposfera superior, generalmente negativas en las latitudes bajas. El establecimiento en Darwin del monzón australiano de verano, durante la segunda semana de diciembre de 1984, fue casi normal, pero la estación estuvo caracterizada por una interrupción del monzón, entre el 2 de enero y el 18 de febrero, cuando predominaron en Darwin vientos del este a bajo nivel. La lluvia estacional disminuyó en gran parte del norte de Australia.

Durante el invierno del hemisferio sur, de junio a septiembre, fueron relativamente secas las zonas comprendidas aproximadamente entre los 30° y los 40° S a causa del alineamiento de los sistemas vaguada/dorsal. La *figura 5 (b)* muestra la anomalía del campo de la altura geopotencial de 200 hPa para la estación de invierno. Obsérvense las anomalías positivas de la altura en torno a las zonas al sur de los continentes de América del Sur, Africa y Australia. Las anomalías secas de mayo a agosto fueron más persistentes en América del Sur que en Australia.

El calentamiento estratosférico

En diciembre/enero de 1984/85 un importante episodio de calentamiento repentino en el hemisferio norte estuvo asociado con la propagación hacia arriba de una onda zonal número 2. En la estratosfera, el vórtice polar del norte se dividió, hacia el 1 de enero, a causa de la fusión transpolar de los anticiclones del Pacífico y del Atlántico y no se restableció un vórtice frío circumpolar hasta mediados de febrero.

En el hemisferio sur los cambios a mayor escala en la estratosfera ocurrieron en el invierno (entre abril y noviembre). El calentamiento estratosférico gradual culminó en la inversión del gradiente de temperatura entre el Ecuador y el Polo Sur, a fines de agosto, en el nivel de 2 hPa y algunas semanas más tarde en niveles estratosféricos más bajos. En septiembre empezó un debilitamiento lento del vórtice ciclónico. Hacia fines de noviembre se estableció entre la región del Polo Sur, en los niveles estratosféricos superiores, una circulación anticiclónica en expansión asociada con "estes".

Oscilación cuasibianual estratosférica (OCB)

Después de un período de "estes" excepcionalmente prolongado en 1984, la OCB en el viento zonal se invirtió bruscamente del este al oeste en los 30 hPa, entre octubre y di-

ciembre de 1984. Durante los años en que no hay efectos atmosféricos ENOS inducidos, el número de ciclones tropicales o de días de huracán durante la fase OCB del oeste parecen duplicarse. Esto se confirmó en 1985. La correlación es significativa, pero aún no se ha establecido la justificación dinámica que relaciona la OCB con la frecuencia de los ciclones tropicales.

Suplemento al artículo "Los fenómenos meteorológicos durante 1985 y sus consecuencias"

Los informes de cuatro países llegaron demasiado tarde para ser incluidos en el artículo que se publicó en las páginas 241-253 del número anterior. Aquí tenemos un resumen de los principales episodios.

Israel

La lluvia fue en 1985 excepcionalmente irregular. Enero y marzo fueron secos mientras que febrero y abril muy lluviosos, registrándose en algunos sitios hasta seis veces la lluvia media. Noviembre y diciembre fueron secos. Esta distribución aleatoria de la lluvia ocasionó graves daños en la producción de alimentos agrícolas, especialmente en el trigo y la cebada. La necesidad de irrigación también redujo los recursos hídricos del país.

Además en febrero hubo daños causados por vientos fuertes con rachas de hasta 40 ms^{-1} , con granizo y algunas nevadas. En mayo, el tiempo excepcionalmente cálido y seco (la temperatura alcanzó 40° C y la humedad relativa descendió hasta un diez por ciento) provocó dolencias respiratorias y daños en algunos cultivos subtropicales.

Pakistán

En 1985, los fenómenos meteorológicos no dieron lugar a víctimas ni a pérdidas económicas a gran escala. Sin embargo, 14 personas murieron en la zona de Rawalpindi e Islamabad el 8 de junio, como consecuencia de una lluvia monzónica intensa y hubo nueve muertos por causa análoga en Karachi el 18 y 19 de julio.

La anomalía más notable del año fue un pavoroso temporal de lluvia sobre Lahore en los días 9 y 10 de octubre. La lluvia media mensual de octubre para las ciudades de Lahore y Sialkot es de 9,9 y de 21,3 mm, respectivamente, esto contrasta con que en 36 horas se registraron 124 mm en Lahore y 65 mm en Sialkot. Las observaciones en Lahore empezaron hace 120 años y la lluvia máxima anterior había sido 51,8 mm el 7 de octubre de 1886.

Trinidad y Tobago

En Trinidad hubo un período de lluvias excepcionalmente intensas, del 30 de noviembre al 5 de diciembre, en el cual se registraron 315 mm de lluvia. Los 298 mm de los cinco primeros días de diciembre son el doble de la media mensual. Hubo inundaciones por todas partes y la carretera principal que une el norte con el sur de la isla, estuvo interrumpida dos días. Se ocasionaron daños graves a los cultivos y a la ganadería.

Estados Unidos de América

Ciclones tropicales

En 1985 seis huracanes llegaron al continente por las costas del Golfo de México y del Atlántico, el mayor número en un año desde 1915.

El 23 de julio el huracán incipiente *Bob* produjo 200-250 mm de lluvia en Florida y, en estado de madurez, temprano del 25 de julio, ocasionó vientos mantenidos de 41 ms^{-1} cuando asoló la costa de Carolina del Sur. Después pasó a la categoría de depresión tropical en su movimiento hacia arriba por la costa, con lluvias fuertes y marcas altas, tan al norte como los estados de Nueva Inglaterra. Un nuevo récord de lluvia en 24 horas se estableció en Newark (New Jersey). Las reclamaciones de los seguros fueron valoradas en 13 millones de dólares USA.

El huracán *Danny* llegó a la costa de Luisiana el 15 de agosto con vientos de 45 ms^{-1} y produjo 200 mm de lluvia en el valle bajo de Mississippi. Las pérdidas totales superaron los 50 millones de dólares USA. El 2 de septiembre, *Elena*, el primer huracán importante del año, cruzó la costa cerca del Gulfport (Mississippi) con vientos de 56 ms^{-1} y 300 mm de lluvia. Se estimaron unas pérdidas de un billón de dólares (*), y las reclamaciones de los seguros privados totalizaron 540 millones de dólares, que lo convierten en el cuarto huracán más costoso del registro. Los días 26 y 27 de septiembre el huracán *Gloria* afectó a la costa atlántica entre Carolina del Norte y Maine. El centro pasó sobre el Cabo Hatteras con rachas de 54 ms^{-1} y, después, el mismo día cruzó al oeste de Long Island y Bridgeport (Connecticut), acompañado de vientos con rachas de unos 40 ms^{-1} . Los daños totales y los costos de las compensaciones superaron de nuevo el billón de dólares y se estimó que los seguros privados superaron los 340 millones de dólares.

Después de hacer sentir sus efectos durante dos días en la costa del Golfo, el huracán *Juan* llegó a tierra a unos 70 km de Nueva Orleans el 29 de octubre, pero después volvió al mar habiendo decrecido su intensidad a la categoría de tormenta tropical. Dos días más tarde entró de nuevo en tierra al oeste de Pensacola. Al menos murieron 12 personas y hubo graves inundaciones en Luisiana, que ocasionaron la mayor parte de las pérdidas cifradas en más de un billón de dólares. El 21 de noviembre el huracán *Kate* llegó a Panama City (Florida), siendo el primer huracán que penetró en tierra en los EE. UU., durante noviembre en 50 años. Previamente había azotado los Cayos de Florida con vientos de 45 ms^{-1} y ocasionó una marea de temporal de más de tres metros. Murieron cinco personas y las pérdidas se estimaron entre 250 y 500 millones de dólares.

Precipitaciones, inundaciones y sequías

El año empezó con sequía en la cuenca de Delaware, en la que gran parte de la región densamente poblada del noreste depende de ella para el suministro de agua. Durante los primeros cuatro meses de 1985 los totales de precipitación continuaron estando por debajo de los normales y en abril los embalses estaban sólo medio llenos, en algunos sitios los niveles no habían estado tan bajos en 50 años. Se retrasaron los cultivos y los trabajos agrícolas y hubo numerosos incendios forestales. Estos fueron particularmente graves en Florida, en mayo, en que ardieron más de 600 km^2 de bosque, destruyendo propiedades por valor de 33 millones de dólares. Más al norte, las lluvias de mayo fueron beneficiosas y las tormentas de junio en Florida ayudaron a extinguir los incendios. En julio los embalses del noreste se llenaron gradualmente hasta tres cuartos de su capacidad y la lluvia de los actuales o anteriores huracanes mejoraron la situación. Sin embargo, hasta el 27 de noviembre no se quitaron las restricciones de agua en la ciudad de Nueva York. El mes de diciembre fue de nuevo seco en los estados del noreste, con una precipitación menor que el 50 por ciento de la precipitación normal.

(*) A partir de ahora en el *Boletín de la OMM* el término "billón" se usará para el número 10^9 , en lugar de mil millones.

A principios de año nevó en cantidades de récord al oeste de las Rocosas, pero las precipitaciones estuvieron persistentemente por debajo de los valores medios en los estados del oeste. En abril zonas de California y de Nevada registraron menos del 25 por ciento de la lluvia normal, pero gracias a la abundante nieve fundida los caudales de los ríos fueron los adecuados. Helena (Montana) tuvo el junio más seco de los 106 años de registro y a primeros de julio los incendios destruyeron más de 1.000 km² de terreno. En agosto las condiciones de la sequía se describieron como extremas. Finalmente, las primeras lluvias intensas se registraron en septiembre, ocasionando corrimientos de tierra en varios sitios, que mataron a tres personas. Sobre el conjunto del año, en el noroeste y el suroeste de los EE. UU. se registró en promedio menos del 75 por ciento de la precipitación normal, con porciones en que hubo menos del 50 por ciento.

La precipitación en el Medio Oeste, incluyendo gran parte de Texas, fue generalmente abundante y allí las cosechas fueron grandes. Sin embargo, hubo daños por inundaciones y temporales, en abril las pérdidas en los seguros se estimaron en unos 200 millones de dólares. En la estela del huracán *Juan*, el aire que se elevó sobre los Montes Alleghany produjo lluvias excepcionalmente intensas los días 2 al 5 de noviembre, con totales que superaron los 450 mm. Las inundaciones ocasionaron 43 muertos y los daños en Virginia, West Virginia y Pennsylvania se estimaron en más de un billón de dólares.

Temporales y tornados

Durante el año hubo en el país 683 tornados, inundaciones e inundaciones repentinas. El 31 de mayo los tornados causaron 76 muertos en Ohio y Pennsylvania y ocasionaron muchos daños; estuvieron asociados con un sistema depresionario que se movió rápidamente y que produjo vientos fuertes y tormentas violentas en la zona de Kansas a Nueva York. Se estimaron en más de 231 millones de dólares las reclamaciones a los seguros. En agosto una serie de tormentas sobre Cheyenne (Wyoming) produjo la mitad de la precipitación anual (es decir, 165 mm) en dos horas y el granizo persistió varias horas, en algunos sitios se acumuló en profundidades superiores a un metro. Hubo 12 muertos y los daños fueron de 22 millones de dólares. En octubre, los temporales causaron graves inundaciones y corrimientos de tierras en Puerto Rico donde hubo unos 120 muertos.

LA ENERGIA SOLAR

EL ENFOQUE DE LA INVESTIGACION TEORICA Y APLICADA EN FRANCIA

Muchos lectores conservarán aún un penoso recuerdo de la brusca y gran subida del precio del petróleo a principios de los años 70. Pero esto fue también una medida saludable, ya que se impusieron fuertes restricciones a las importaciones de combustibles fósiles y se ofreció una seria atención a las fuentes alternativas de energía. Incluso con anterioridad, se había expresado preocupación sobre los estragos causados en el medio ambiente por los gases emitidos al quemar dichos combustibles, así como por el hecho de que las reservas planetarias de petróleo fuesen finitas. Sin embargo, fue en primer lugar el incentivo financiero añadido lo que condujo a que surgiera el interés en fuentes de energía "naturales" o "renovables" tales como el Sol, el viento y el calor originado en la corteza terrestre.

Tras algo más de un decenio, parece oportuno hacer inventario de hasta donde hemos llegado en la búsqueda de la utilización de esas fuentes renovables de energía. Hacer un estudio mundial sería demasiado gravoso para que se encargara la OMM, pero parece útil considerar con cierto detalle las actividades y los logros de un país, en particular, respecto a una