

# INVESTIGACION RECIENTE SOBRE LOS MONZONES BASADA EN EL ANALISIS DE LAS OBSERVACIONES

Uno de los objetivos principales del Experimento Meteorológico Mundial del GARP (1978-1979) era el de obtener un conjunto de datos mundiales para todo un año, que pudieran utilizarse para comprobar las predicciones de los modelos numéricos. Dentro de la estructura del experimento en conjunto estaban (a) los experimentos de los monzones de Asia (MONEX), de los que el MONEX de invierno se realizó desde diciembre de 1978 hasta febrero de 1979 y el MONEX de verano desde mayo hasta julio de 1979, y (b) el experimento del monzón del oeste de Africa (WAMEX) desde mayo hasta agosto de 1979. Actualmente, los modelos de predicción numérica del tiempo que se emplean en los centros meteorológicos avanzados se han desarrollado hasta un nivel en el que pueden proporcionar predicciones mundiales hasta con cinco días de antelación con una resolución espacial de unos 100 km.

Los datos del Experimento Meteorológico Mundial se han utilizado ampliamente para estudiar las simulaciones mediante modelos de los monzones asiáticos por parte de los grupos de investigación de, por ejemplo, la Universidad del Estado de Florida (EE.UU.), el CEPMPM y la Meteorological Office del Reino Unido. Muchos grupos de investigación han analizado los propios datos del MONEX para estudiar la estructura y los mecanismos de ambos monzones, el de verano y el de invierno.

Los datos del MONEX de verano indican que la génesis comprende dos fases distintas: primera, una acumulación de humedad sobre el mar Arábigo durante un período de entre uno y dos meses; segunda, una intensificación rápida de toda la circulación del monzón en tan sólo una semana, más o menos, especialmente patente en los inviernos del oeste que arrecian en los niveles bajos sobre el mar Arábigo. La velocidad con la que se produce la segunda fase está de acuerdo con un proceso de realimentación, que comprende la liberación del calor latente asociado con los vientos que arrecian en los niveles bajos y con un flujo de humedad en la superficie sobre una zona

extensa del océano Indico. En 1979, durante la segunda fase, se desarrolló un vórtice frente a la costa oeste de la India, fenómeno observado otros años en que la génesis había sido rápida, pero que no es algo que ocurra todos los años. Los datos recopilados después de la génesis han aclarado considerablemente otro fenómeno de los trópicos, la oscilación de 30-60 días. Esta variabilidad en la actividad convectiva afecta a toda la región tropical, desde el océano Indico hasta el Pacífico central y se manifiesta en el monzón asiático de verano mediante las "interrupciones" del monzón.

En el caso del monzón de invierno de Asia (que es el monzón de verano en Australia), se obtuvieron muchos resultados nuevos a partir del conjunto de datos del MONEX de invierno. En muchos casos éstos relacionan a las pulsaciones del viento y de la presión asociados a los niveles bajos, con las oleadas fuertes de aire frío del anticiclón siberiano. Los datos del MONEX de invierno permitieron que se pudiera seguir a estas oleadas desde la latitud de 25°N, aproximadamente, hasta el Ecuador. Su velocidad de propagación, de unos 30 ms<sup>-1</sup>, es varias veces mayor que la de los vientos asociados y, por lo tanto, puede constituir una especie de onda gravitatoria inercial. No todas estas oleadas tienen nubes y precipitación asociadas a ellas, pero algunas veces desencadenan la formación de sistemas convectivos a mesoescala.

En lo que se refiere al monzón del oeste de Africa, la génesis en 1979 se ha visto que estaba asociada con una extensión hacia el norte del anticiclón en los niveles altos del hemisferio sur cerca de Brasil. Se demostró que toda la humedad transportada por el flujo monzónico procedía del hemisferio sur, y había señales de una cierta periodicidad en las irrupciones del flujo. Los resultados de los estudios del WAMEX pueden encontrarse en el Atlas WAMEX que está editando como el n°35 de la serie de informes sobre la investigación de la meteorología tropical.

Los estudios de los datos del Experimento Meteorológico Mundial y los análisis de las

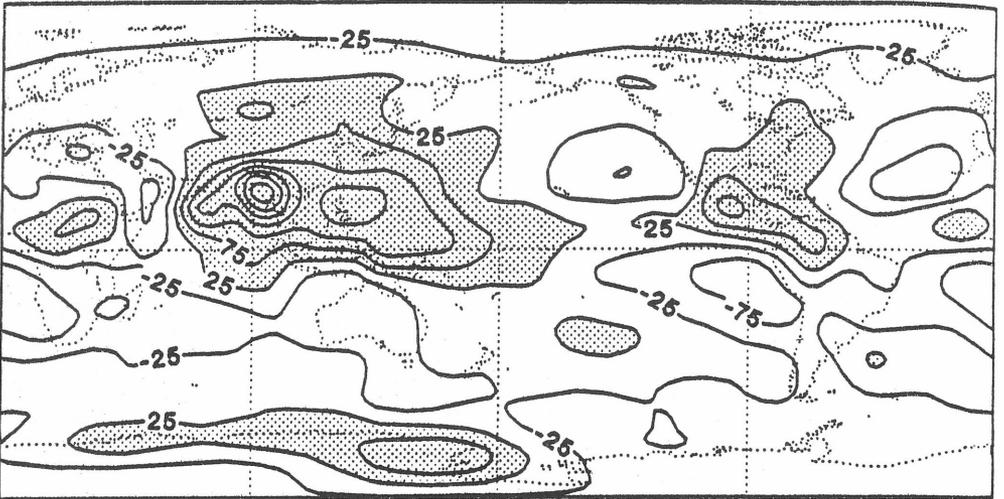
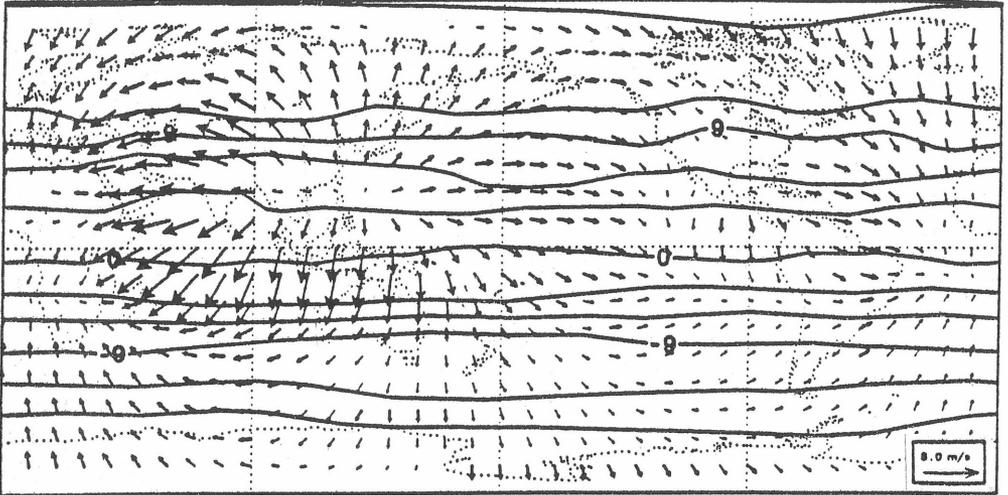


Figura 1 - (Arriba): La vorticidad absoluta a 150 hPa promediada a lo largo de seis años (1984-1989) durante los meses de junio a agosto inclusive. Las isopletas están trazadas a intervalos de  $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ . Las flechas son los vectores divergencia del viento.

(Debajo): El calentamiento integrado verticalmente y suavizado espacialmente, en  $\text{Wm}^{-2}$ , promediado para el mismo período. Las isopletas están trazadas a intervalos de  $50 \text{ Wm}^{-2}$ , y aparecen sombreados los valores por encima de  $25 \text{ Wm}^{-2}$ .  
Según Hoskins y col.

observaciones rutinarias que se utilizan en la predicción operativa han aclarado en forma considerable la relación entre los manantiales y sumideros de calor a gran escala y la circulación general atmosférica<sup>1</sup>. Al principio, el flujo monzónico entre los dos hemisferios se explicaba en función de las subversiones bidimensionales meridionales y zonales de las células de Hadley y de Walker, pero ahora se puede expresar dicho flujo generalizándolo a

tres dimensiones mediante el uso del concepto del potencial de velocidad. La estructura de las circulaciones acopladas del nivel superior e inferior y las variaciones que implican se pueden estudiar como un todo.

Esto se muestra en las figuras 1 a 3. Es de especial interés la diferencia entre los manantiales de calor de un año a otro, según se muestra en las distribuciones de anomalías en las figuras 2 y 3. Son del mismo orden de

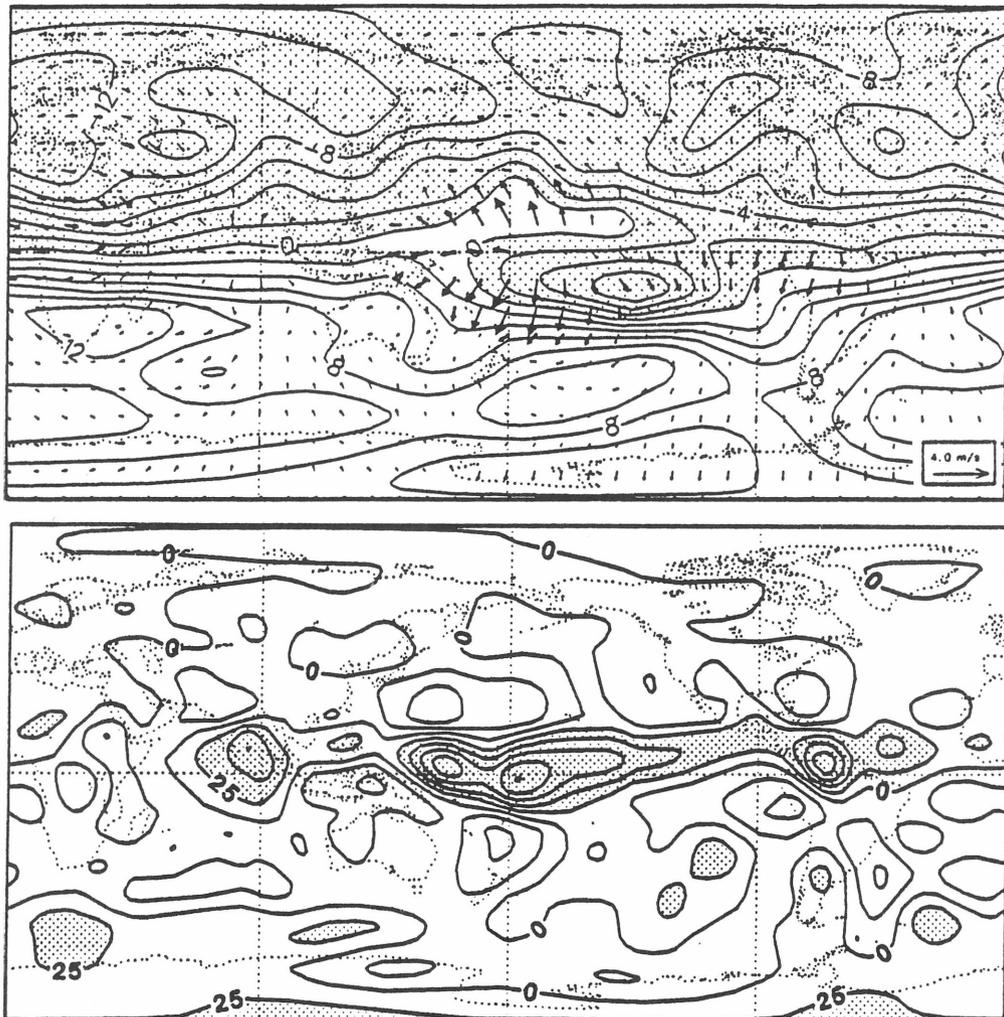


Figura 2 – Igual que en la figura 1, pero mostrando la desviación de 1987 respecto del promedio de los seis años.

magnitud que los manantiales y sumideros promediados en seis años y demuestran el alto grado de variabilidad de la atmósfera tropical y su sensibilidad a los cambios en las condiciones en superficie.

Otro método para estudiar las circulaciones de tipo monzónico a escala planetaria supone utilizar el concepto de vorticidad potencial, magnitud que puede considerarse conservativa sobre las superficies de temperatura potencial constante, al menos en una escala cronológica de algunos días en las latitudes medias. Todavía se tiene que demostrar su utilidad en los trópicos, pero hay síntomas alentadores de su valía en los estudios del fenómeno de irrupción del monzón y en los intercambios

entre la troposfera y la estratosfera.

Las simulaciones numéricas, en especial la de la distribución de la precipitación, han mostrado una sensibilidad mayor en los trópicos que en las regiones extratropicales ante los procesos de la convección de los cúmulos, la radiación y la transferencia de humedad, de calor y de cantidad de movimiento en la superficie. Se ha encontrado que el comportamiento de la propia atmósfera tropical es tan sensible como los modelos de simulación y pueden diferir considerablemente las distribuciones de la precipitación, y de hecho lo hacen, de un año a otro. Aunque los modelos no tienen dificultad para generar las características de los monzones a escala

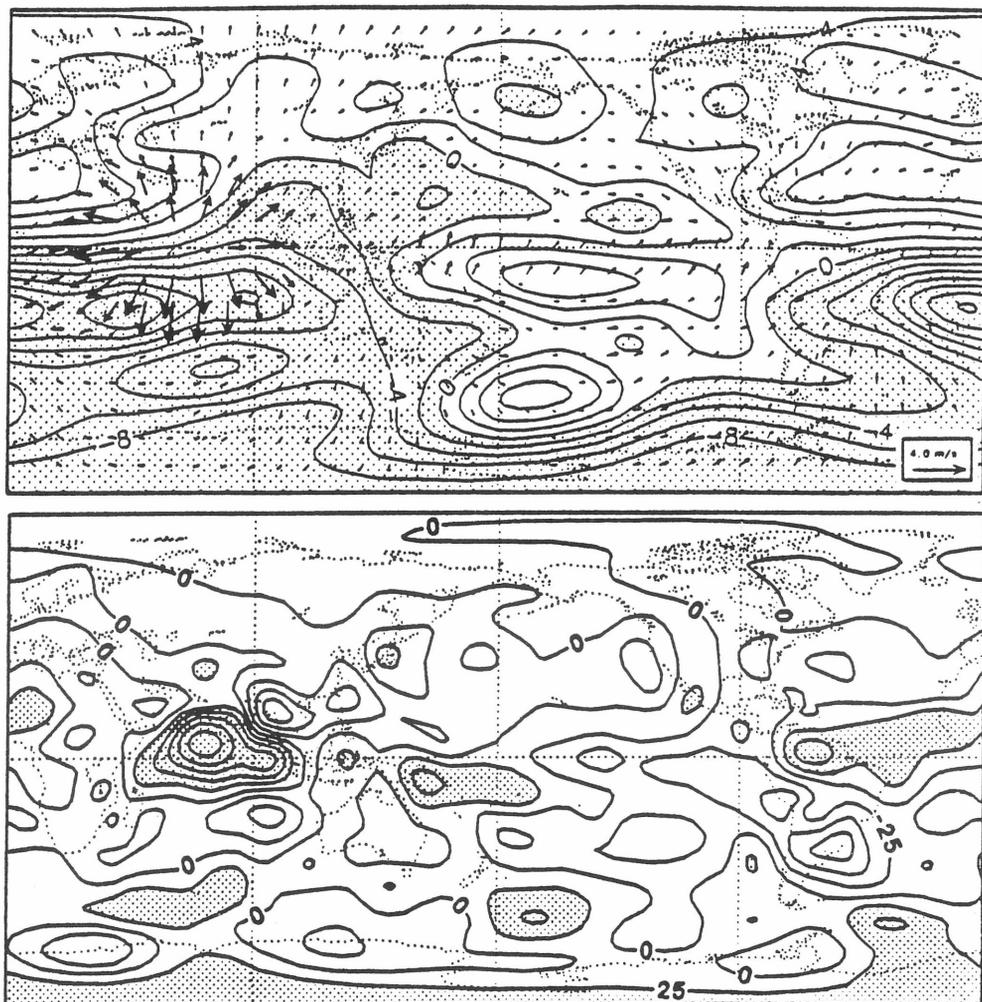


Figura 3 – Igual que en la Figura 1, pero mostrando la desviación de 1988 respecto del promedio de los seis años.

mundial, no ocurre lo mismo en cuanto a predecir la variabilidad interanual, y para continuar los estudios sobre este punto se necesitará acoplar la circulación oceánica con la de la atmósfera. También continúa siendo un reto la predicción exacta de detalles más sutiles del monzón (por ejemplo, las características de su génesis y su sincronización, y de la distribución general de la precipitación.

Para promover trabajos de investigación es esencial una mejora en la base de datos, especialmente en lo referente a la distribución de la humedad atmosférica sobre el océano Índico. Una de las labores principales de los centros OMM/CCA para el estudio de la actividad monzónica, sitios en Kuala Lumpur,

Nairobi y Nueva Delhi, es la de reunir conjuntos, de varios años, de datos de las estaciones clave para ayudar a determinar y a comprender la variabilidad interanual de los monzones.

A menudo, la agricultura y algunos otros sectores de las economías nacionales dependen críticamente de la precipitación del monzón, y es importante intentar mejorar la capacidad para predecir este elemento mediante un conocimiento mejor de los procesos implicados. Serían especialmente beneficiosas unas predicciones a plazo más largo de la precipitación estacional. Si dichas predicciones tienen que ser totalmente fidedignas, se necesita un estudio más detallado de la variabilidad de la precipitación

en regiones diferentes a distintas escalas cronológicas y relacionar esto con las diferentes fases del monzón. También se debe recordar que a veces, durante el monzón, se producen precipitaciones excepcionalmente intensas sobre zonas relativamente pequeñas y que producen daños importantes. Casi con seguridad, sería muy eficaz que en las zonas afectadas por el monzón se introdujesen los modelos de área limitada, que han mejorado la predicción de las perturbaciones a mesoescala en las regiones extratropicales.

La OMM, como parte de su programa de investigación de la meteorología tropical, está organizando un cursillo práctico internacional, sobre la elaboración de modelos de área limitada para regiones tropicales y extratropicales, que estará copatrocinado por el Centro Internacional de Física Teórica y que se celebrará en Trieste (Italia) del 23 de octubre al 3 de noviembre de 1990. Además, el

Departamento Meteorológico de la India acogerá el tercer cursillo práctico para Asia y Africa sobre el monzón, el cual tendrá lugar en Nueva Delhi del 4 al 8 de febrero de 1991 y en el que el interés se centrará en la formación profesional.

H.K.

## REFERENCIAS

1. SARDASHMUKH, P. D. y HOSKINS, B.J. (1988): Generation of global rotation flow by steady idealized tropical divergence. *J. Atmos. Sci.* **45** pp. 1228-1251
2. HOSKINS, B.J., HSU, H. H., JAMES, I. N., MASUTANI, M., SARDASHMUKH, P. D. y WHITE, G. H. (1989): *Diagnostic of the global atmospheric circulation based on ECMWF analyses 1979-1989*. Dept. of Meteorology, University of Reading. WCRP report series No. 28 (WMO/TD-326)

# EL SISTEMA CLIMATICO MUNDIAL EN 1989

En 1989, la temperatura mundial anual en superficie continuó siendo unos 0,23 K mayor que la media del período 1951-1980. Sin embargo, fue considerablemente menor que en 1988, 1987 y 1983. Como se muestra en la figura 1, las series cronológicas desde 1856 hasta 1989 indican una tendencia creciente

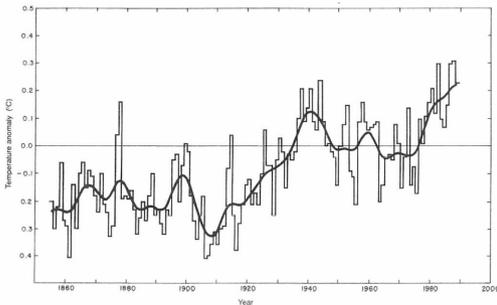


Figura 1 – Temperaturas anuales en la superficie de la Tierra en el período 1856-1989 expresadas como la desviación (en Kelvins) respecto de la media del período 1951-1980.

Según P.R. Jones, Unidad de Investigación Climática, Universidad de East Anglia.

persistente.

En las figuras 2 y 3 se representan los principales fenómenos y anomalías climáticos de 1989. Debe señalarse que no se representan las anomalías de temperatura que no excedan de 1,2 K y, de forma similar, las anomalías de la precipitación en las zonas áridas no se representan, si el total normal anual es menor de 100 mm. Para los países representados en color negro no se hicieron análisis, porque los datos eran demasiado escasos. Las anomalías más importantes se discuten en los párrafos siguientes. En los boletines mensuales del proyecto de Control del Sistema del Clima que edita la Secretaría de la OMM se puede encontrar información más detallada, incluyendo un análisis completo.

## El Niño /Oscilación del Sur

Cuando comenzó el año, se alcanzó el pico de la fase de índice alto ("anti-El Niño") de la Oscilación del Sur, la más intensa desde 1975 (véase la figura 4). Durante todo el año 1989, la fase de índice alto fue débil y en los últimos