

que creé en 1974, a no más de dos kilómetros. Acudo ahí todas las semanas a las discusiones de los mapas con alumnos y profesores de la Universidad, y hago algún trabajo de investigación en casa, basado en los datos que obtengo del IMD. Recientemente se publicaron dos artículos en *Mausam* y otro, sobre las características del monzón de verano asiático, está en preparación. Soy examinador del M.Sc. e imparto cursos para el Ph.D. en varias universidades, también asisto a conferencias científicas y técnicas, si se me invita. Así, en el anochecer de mi vida, todavía estoy ocupado ayudando en un trabajo que creo de gran utilidad para el pueblo de la India y para el mundo.

H.T.—Para terminar, ¿Qué consejo daría a un joven sobre convertirse en un meteorólogo profesional?

P.K.—El único consejo que doy a mis estudiantes aquí, en la universidad de Andhra, es que se dediquen a la ciencia y traten de emular a distinguidos alumnos como T.N. Krishnamurti, D.B. Rao, T.S.N. Murty, P. Krishna Rao o G.V. Rao que se han distinguido en América, o gente como R. Ramanadham, I. Subbaramiah, Bh. V. Ramana Murthi, P. S. Pant, E. V. Chelam o B. Padmanabhamurthi que han hecho buenos trabajos en la India o en las misiones de la OMM en otros lugares. Sin el persistente esfuerzo humano la ciencia no puede progresar ni el mundo evolucionar.

H.T.—**Muchísimas gracias por esta altamente ilustradora entrevista, Doctor Koteswaram. Espero que continúe durante muchos años todavía inbuyendo a sus jóvenes aspirantes a científico con su propio entusiasmo y habilidad.**

PREDICCIÓN DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA CIRCULACION DE LOS MONZONES

Como resultado del proyecto del Océano Tropical y la Atmósfera Mundial (TOGA), en los últimos años se han producido avances importantes en el conocimiento de la variabilidad interanual del sistema conjunto de la atmósfera y el océano en el Océano Pacífico tropical, que está asociada con los fenómenos El Niño/Oscilación del Sur (ENSO). Parece que se han realizado menos progresos en el conocimiento de la variabilidad interanual de la atmósfera en otras regiones. Sin embargo, actualmente se han emprendido varios estudios de la variabilidad climática, especialmente en las regiones de los océanos Índico y Atlántico y estos estudios, junto con una diversidad creciente de resultados de la modelización numérica, apuntan a diversos factores que podrían influir en circulaciones regionales concretas tales como los monzones.

La importancia de la modulación en superficie

Una de las influencias más importantes que se han encontrado es la de las condiciones límite en la superficie. En este caso, la distribución de la temperatura de la superficie del mar (SST), la

humedad del suelo y la cobertura de nieve. Se conoce el potencial, pero sólo la experimentación con los modelos de la circulación atmosférica mundial ha empezado a producir resultados concluyentes. Por ejemplo, en una serie de experimentos patrocinados por el Grupo de Trabajo CCA/CCM sobre Experimentación Numérica para investigar la sensibilidad de la circulación atmosférica a las anomalías regionales de la SST causadas por el Niño, que se simularon mediante modelos atmosféricos, se encontró un gran impacto, similar al observado realmente, en los promedios cronológicos de la circulación y la precipitación en los trópicos¹.

La predicción de la precipitación en el Sahel

Algunas integraciones han revelado también una respuesta específica de las regiones tropicales a las anomalías mundiales de la SST. Por ejemplo, en la *figura 1* se muestran los resultados de la simulación de la precipitación del Sahel realizada mediante el modelo de la circulación general de la Meteorological Office del Reino Unido con campos observados de las

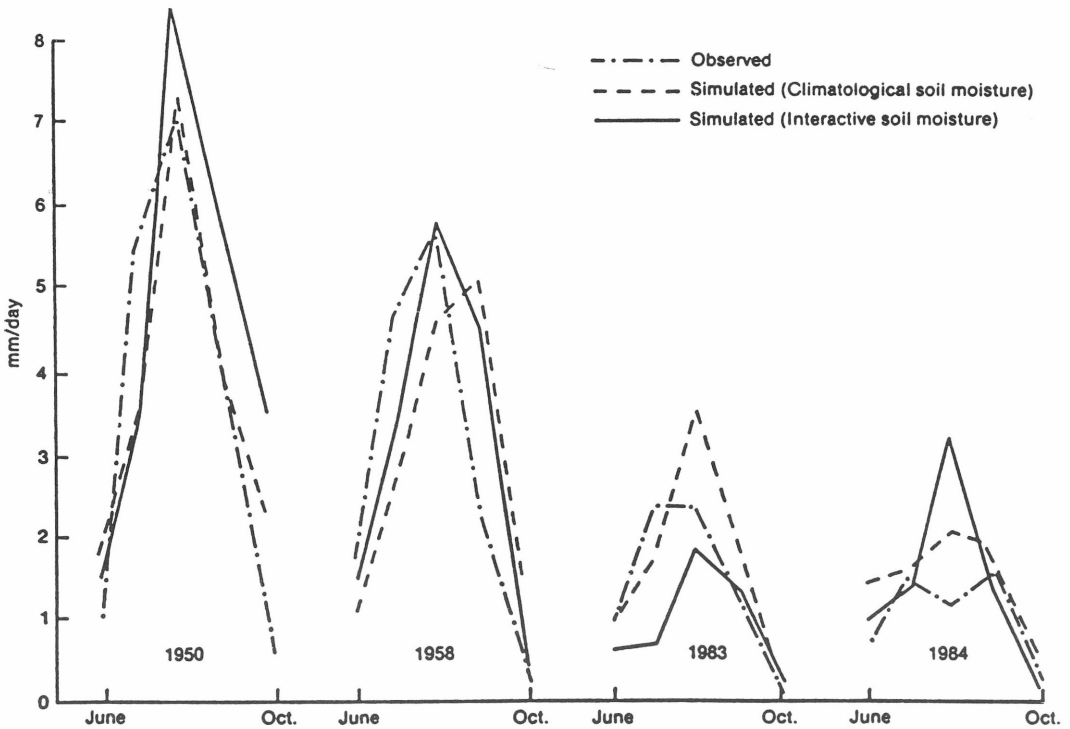


Figura 1 – La precipitación simulada y la observada en el Sahel en 1950, 1958, 1983 y 1984. Las simulaciones se hicieron utilizando una versión del modelo de la circulación general de la Meteorological Office del Reino Unido con las temperaturas observadas de la superficie del mar.

Según Folland y col.

SST mundiales en 1950, 1958, 1983 y 1984². Cada año se realizaron dos experimentos, uno con valores fijos (climatológicos) de la humedad del suelo y otro en el que la humedad del suelo variaba de acuerdo con la parametrización (interactiva) del modelo de la hidrología de la superficie. Estos resultados indican una posible relación entre la variabilidad de la precipitación del monzón de África y la variabilidad de las distribuciones a gran escala de la SST en una escala cronológica de decenios. En la *figura 2* se muestra la diferencia de la SST promediada entre cinco años relativamente húmedos (en los años 50) y cinco años relativamente secos (en los años 70 y 80) en el Sahel. En el Atlántico se puede ver una configuración distintiva dipolar interhemisférica, mientras que en el Pacífico es clara la huella de El Niño. Basándose en esta evidencia de la modulación producida por las SST, se ha intentado ampliar las predicciones al plazo estacional para la región del Sahel, en Bracknell, en donde las anomalías de la SST observadas al comienzo de la predicción se mantenían durante toda la integración. Las predicciones, que comienzan

en abril, tienen una habilidad predictiva relativamente mala; las que comienzan en mayo son algo mejores y parece posible una habilidad notable en las integraciones que comienzan en junio³.

El monzón asiático

Se han hecho estudios de una naturaleza similar sobre la predictibilidad del monzón de verano asiático. Se integró una versión del modelo de la Meteorological Office del Reino Unido a partir de las mismas condiciones (marzo de 1984) pero con las SST observadas para (a) 1984 (un año con un monzón débil) y (b) 1988 (un año con un buen monzón). Los resultados indicaban las diferencias de precipitación entre los dos años. Otros grupos han utilizado sus modelos para estudiar las conexiones entre los episodios de El Niño y la precipitación del monzón. Por ejemplo, al procesar en ordenador un modelo climático aplicado a un conjunto de datos de 15 años, en el que las SST de la cuenca del Pacífico se ajustaban a las observadas y a la climatología de otra parte,

los campos del modelo compuestos para la media del período junio-agosto, durante los períodos de calor mostraron vientos del oeste anómalos sobre la mayor parte de los trópicos en el nivel de 200 hPa y una disminución de la precipitación sobre las regiones del monzón asiático⁴.

Pese a tales resultados, hay indicios de que estos modelos predicen la precipitación del monzón de verano de la India peor que la del de África. Por ejemplo, en las predicciones mensuales del CEPMPM y en las predicciones estacionales de la Meteorological Office del Reino Unido, la precipitación predicha parece ser sensible a las condiciones iniciales exactas seleccionadas y la consecuencia es que en estas predicciones la circulación monzónica depende (aleatoriamente) de la dinámica atmosférica interna más que de la modulación externa.

El papel de la superficie del terreno

Se cree que las variaciones en las características de la superficie del terreno (tales como las anomalías de la cobertura de nieve o de la humedad del suelo) puede que tengan una influencia importante sobre la intensidad de las circulaciones monzónicas. Se ha demostrado⁵ que, en un experimento de un modelo del clima, una capa mayor de nieve durante la primavera euroasiática da lugar a un flujo monzónico más débil durante el verano, asociado con una baja térmica menos intensa sobre el continente asiático (véase la *figura 3*).

Utilizando el modelo del CEPMPM se ha encontrado que, al incluir una superficie terrestre saturada sobre la India, mejoraba la simulación del flujo monzónico sobre el océano Indico. Sin embargo, las perturbaciones de la superficie terrestre utilizadas en estos experimentos de la sensibilidad fueron grandes y se necesitan experimentos adicionales en condiciones más realistas. Además, en términos cuantitativos las perturbaciones de la superficie del terreno se conocen poco comparadas con las anomalías de la SST.

La necesidad de desarrollar un modelo

Basándose en los resultados obtenidos, parecería que merece la pena explorar ampliamente el potencial de las predicciones estacionales de las circulaciones monzónicas, la intensidad de la precipitación asociada y la respuesta a las diversas modulaciones de la atmósfera y de la superficie. Sin embargo, para las predicciones que comienzan mucho antes de la irrupción de las circulaciones monzónicas, probablemente se necesitará que se desarrollen modelos en los que se pueda predecir la evolución de la SST (por ejemplo, que tengan en cuenta, al menos, la capa superior del océano). Además, las predicciones cuantitativas de la precipitación puede que dependan de que se elaboren modelos interactivos más complejos que la superficie del terreno, en los que se incluyan todas las realimentaciones entre la precipitación, el albedo, la capacidad del suelo para contener humedad y la rugosidad de la superficie. También son necesarios esfuerzos

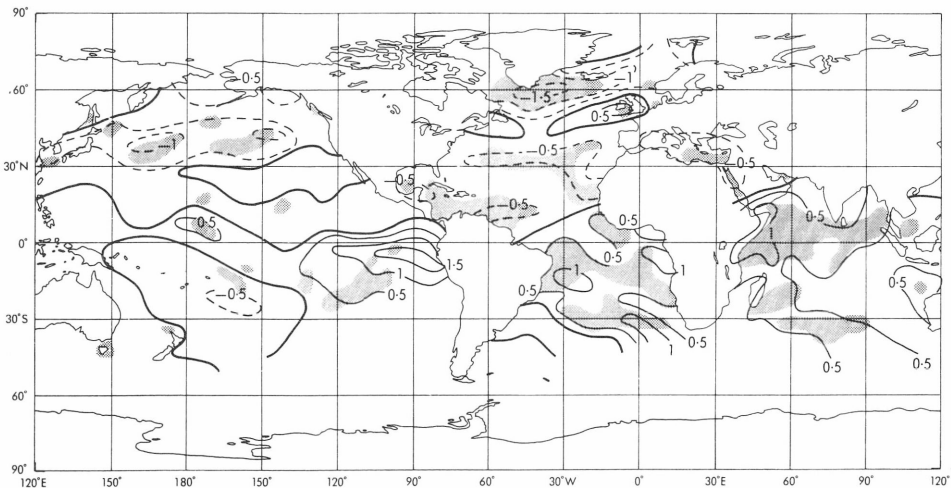


Figura 2 – Mapa que muestra la diferencia entre el promedio de las temperaturas de la superficie del mar de junio a septiembre asociadas a los años secos del Sahel (1972, 1973, 1982, 1983 y 1984) y a los años húmedos (1950, 1952, 1953, 1954 y 1958). Las unidades son kelvins y años secos menos años húmedos. Las áreas sombreadas son diferentes desde el cero hasta el diez por ciento de nivel de significación.

para superar las deficiencias sistemáticas graves que se encontraron en las predicciones y simulaciones tropicales que utilizan los modelos actuales de la circulación atmosférica. Entre los errores se cuentan una estructura vertical débil de la célula de Hadley, la tendencia hacia una temperatura baja en la troposfera tropical, un flujo del este excesivo en la alta troposfera tropical y una representación inadecuada de los alisios y de las circulaciones monzónicas. Estos errores, así como las predicciones de la precipitación, se ha visto que son muy sensibles a la parametrización utilizada para una convección atmosférica profunda.

El plan del experimento

Dentro de la estructura del TOGA se ha constituido un Grupo de Experimentación Numérica sobre el Monzón (MONEG), para apoyar a las actividades de investigación del clima monzónico. Además de organizar los estudios de diagnóstico relacionados con el tema, se espera que el MONEG coordine y evalúe los resultados de los experimentos numéricos relacionados con las predicciones a plazo ampliado del flujo monzónico, la dinámica y la termodinámica de los fenómenos de baja frecuencia en la circulación atmosférica mundial y, en especial, la influencia de la modulación del océano y la superficie terrestre en los monzones y en el acoplamiento entre la circulación atmosférica y la oceánica.

En principio, el MONEG está creando dos proyectos. El primero es un conjunto coordinado de experimentos para estudiar en detalle el impacto de las anomalías de la SST en los monzones africano y asiático en 1987 y 1988. Este período es especialmente interesante porque hubo una variabilidad interanual considerable en los monzones: en 1987, tanto las regiones africanas como la India sufrieron graves sequías y hubo una fase cálida del fenómeno ENSO, pero en 1988 el ciclo del ENSO había evolucionado hacia la fase fría aunque existieron anomalías positivas de la SST en el sur del océano Índico. En 1988, la precipitación del monzón de la India fue superior a la media y es importante determinar si el factor más importante fueron las anomalías del ENSO en el océano Índico o en el Pacífico. Las cantidades de precipitación en el Sahel estuvieron cerca de la media en 30 años, pero la precipitación excesiva caída sobre las tierras altas de Etiopía produjo una ríada importante del río Nilo. Sería interesante ver cómo se pueden simular estas características.

En el segundo proyecto, el MONEG pretende reunir amplia información sobre la representación de las circulaciones monzónicas en las simulaciones del clima con los modelos atmosféricos actuales. Se están pidiendo a los grupos de modelizadores, diagnósticos y diverso material en forma de mapas, incluyendo datos sobre las estadísticas de las depresiones del monzón en los modelos y sobre las oscilaciones a 30 y 60 días.

En una investigación aparte, el Grupo de Trabajo CCA/CCM sobre Experimentación Numérica está investigando la predicción de los monzones a una escala cronológica de pocos días en los modelos de área limitada regionales y mundiales. Las predicciones se llevarán a cabo utilizando la base de datos de observación ampliada disponible, obtenida de las fases intensivas de campo del Experimento del Monzón Australiano (AMEX), que se realizaron a finales de 1986 y principios de 1987. Los datos del AMEX ofrecen la posibilidad de estudiar la sensibilidad de las predicciones del monzón a las parametrizaciones convectivas utilizadas.

R. L. N.

REFERENCIAS

- 1 *Modelling the sensitivity and variations of the ocean-atmosphere system*. WCRP Report. No. 15 (1988). (WMO/TD 254.)
- 2 FOLLAND, C. K., OWEN, J. A. Y MASKELL, K. (1989): Physical causes and predictability of variations in seasonal rainfall over sub-Saharan Africa: remote sensing and large-scale global processes. IAHS Publication No. 186, pp. 87-95.
- 3 OWEN, J. A. (1989): Predictability of Sahel seasonal rainfall using observed sea-surface temperatures. *WGNE research activities in atmospheric and oceanic modelling 13*.
- 4 LAU, N. C. (1985): Modeling the seasonal dependence of the atmospheric response to observed El Niño 1962-1976. *Monthly Weather Review* 113 pp. 1970-1996.
- 5 BARNETT, T. P., DUMENIL, L., SCHLESE, U., ROECKNER, E. Y LATIF, M. (1989): The effect of Eurasian snow cover on regional and global climate variations. *J. Atmos. Sci.* **46** pp. 662-685.
- 6 FOLLAND, C. K., PALMER, T. N. Y PARKER, D. E. (1986): Sahel rainfall and worldwide sea surface temperatures 1901-1985. *Nature* **320** pp. 602-607.