

# REFUERZO DE LA RED DE SONDEOS METEOROLÓGICOS EN EL ESTE DEL PACÍFICO TROPICAL Y EN LA AMÉRICA INTERTROPICAL

Por Michael W. DOUGLAS<sup>1</sup> y Walter FERNÁNDEZ<sup>2</sup>

## Introducción

El programa federal estadounidense Estudios Panamericanos del Clima (PACS), que se llevará a cabo en el decenio 1995-2004, tiene por objeto mejorar la calidad de la predicción operativa del clima de América a las escalas cronológicas estacional hasta interanual, haciendo especial hincapié en la precipitación (PACS, 1994). Los PACS se financian con aportaciones de los Institutos Cooperativos y los Laboratorios de Investigación Ambiental de la NOAA, así como de un programa de subvenciones de la NOAA administrado por la Oficina de Programas Mundiales de la NOAA.

Los autores son los investigadores principales de un proyecto de los PACS titulado "Refuerzo de la red de sondeos meteorológicos en el este del Pacífico tropical y en la América intertropical", que se describe en este artículo. Este proyecto se debió al hecho de que la red actual de sondeos atmosféricos de América Central y del norte de Sudamérica no refleja fielmente la estructura de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) en la región. En el este del Pacífico tropical no se hacen sondeos de forma regular, excepto en una de las islas Galápagos, en la que se han reanudado recientemente. Por consiguiente, la variabilidad diaria, estacional e interanual de la ZCIT en gran parte del área de los PACS, sólo se puede describir a partir de la información procedente de satélites. Además, la mayoría de las actuales estaciones de radiosondeo de América Central y del norte de Sudamérica están situadas junto a núcleos urbanos, a gran altitud y rodeadas de montañas, por lo que apenas pueden tomar muestras del flujo de la troposfera inferior por encima del litoral del este del Pacífico.

Durante el verano boreal, la ZCIT parece estar

situada sobre partes de América Central, o muy próximas a ellas (Sadier y col., 1987). Las variaciones de posición e intensidad de la nubosidad y de la precipitación se han utilizado para explicar en parte la variabilidad de la lluvia de la estación cálida en América Central y el sur de México, aunque las observaciones de apoyo, en especial los sondeos meteorológicos, no han respaldado esas afirmaciones. Análogamente, la ZCIT se ha asociado a la formación de tormentas tropicales; y los períodos de ciclogénesis tropical frecuente se han asociado a una ZCIT "activa".

El este del Pacífico tropical es una región cuyos campos meteorológicos por encima de la superficie se conocen mal, debido en gran parte a la falta de islas habitadas en las que instalar estaciones de sondeos atmosféricos. La circulación atmosférica que hay por encima de la región se deduce mezclando observaciones de superficie procedentes de buques, los vientos obtenidos tras observar desde satélites las trayectorias de las nubes (sobre todo en la troposfera inferior y superior) y de informes de aviones comerciales, poco frecuentes. Estas observaciones, junto con los sondeos desde satélites que suministran sólo información limitada acerca del espesor tropical, se asimilan en los modelos mundiales de predicción para elaborar lo que se considera que son las representaciones más fidedignas del flujo troposférico por encima de la región. Por desgracia, se sabe que cuando faltan datos esas representaciones dependen mucho de las características del modelo de asimilación (Lambert, 1988; Trenberth y Guillemot, 1995) y, con demasiada frecuencia, las observaciones que se desvían sustancialmente de la primera estimación del modelo, se eliminan del ciclo de análisis. Por lo tanto, puede que no se asimilen correctamente las observaciones, infrecuentes y muy separadas, incluso cuando se disponga de ellas.

## Objetivos del proyecto

Nuestro trabajo implica dos tareas principales. La primera es implantar en una parte del área de los PACS

<sup>1</sup> Laboratorio Nacional de Temporales Violentos, Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera, Norman, Oklahoma 73069, EE. UU.

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación Atmosférica y Planetaria, DFAOP/Escuela de Física y Centro de Investigación Geofísica, Universidad de Costa Rica, San José 2060, Costa Rica

un prototipo especial de red de sondeos meteorológicos que se centre en analizar qué configuración presenta la ZCIT en el extremo oriental del Pacífico tropical y en las zonas de tierra firme circundantes. La segunda tarea es utilizar las observaciones para responder a preguntas relativas a la precisión de los análisis operativos y de la red actual de observación, así como otros aspectos de la variabilidad intraestacional en la región. Más concretamente, los datos se utilizarán para responder a las preguntas siguientes:

- ¿cómo son de grandes los errores en los análisis habituales que el Centro Meteorológico Nacional (CMN) y el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Plazo Medio (CEPMPM) hacen de esta región, que tiene tan poca densidad de datos? ¿Cuánto se parece la estructura media observada de la ZCIT a la que analizan habitualmente los centros operativos?
- la red actual de radiosondeos de América Central, ¿ofrece una descripción precisa del flujo en la troposfera inferior en esta región?
- ¿qué condiciones meteorológicas de gran escala están asociadas a períodos secos y húmedos en América Central durante la estación de las lluvias, de mayo a noviembre?

Entre otras preguntas a las que se puede dar respuesta con las observaciones especiales del proyecto están las siguientes:

- ¿qué relaciones hay entre las condiciones meteorológicas mensuales medias (vientos, vortici­dad, divergencia) que se medirán con la red de sondeos reforzada y las estimaciones de la precipitación y de la nubosidad en la misma región que se obtienen a partir de satélites?
- ¿cuál es el ciclo anual del espesor de la capa límite y del flujo de humedad hacia el norte en el este del Pacífico tropical? ¿Cómo se comparan estos flujos observados con los flujos que se analizan actualmente?
- los cambios de dirección de los vientos que cruzan el ecuador, ¿están asociados al comienzo de temporales tropicales en el Pacífico nororiental?
- ¿qué fluctuaciones de la fuerza de la circulación de la ZCIT están asociadas a períodos prolongados de ciclogénesis tropical en el este del Pacífico?

Además, las observaciones deberían servir también para fines predictivos y para estudiar sistemas meteorológicos concretos, como los temporales de

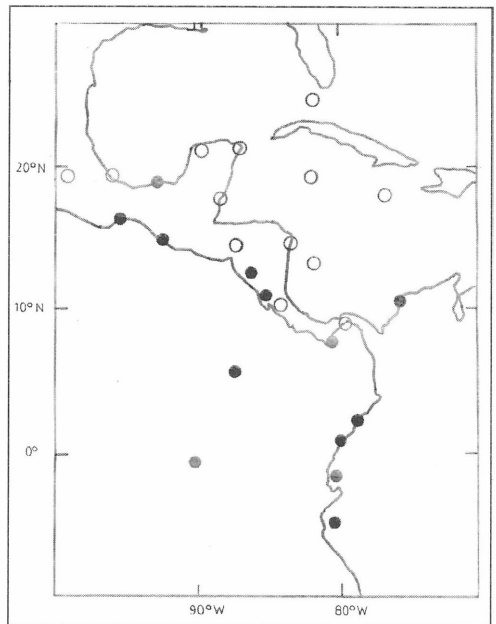
América Central (Fernández, 1996a, 1996b; Galo y col., 1996a, 1996b) y como las oleadas frías asociadas a chorros de viento por encima de los golfos de Tehuantepec, Papagayo y Panamá (Schultz y col., 1997a, 1997b).

Finalmente, si la red demuestra que puede funcionar indefinidamente, se podrá dar respuesta a multitud de preguntas relativas a la variabilidad interanual del flujo atmosférico sobre el este del Pacífico tropical y a su relación con la lluvia caída en América del Sur, Central y del Norte.

### La red de sondeos atmosféricos

En la figura se muestra la red de sondeos del proyecto, y en el cuadro se relacionan las estaciones. en todas ellas se realizan observaciones con globos piloto 2 veces al día (por la mañana y por la tarde), excepto en la isla del Coco, en la que se hace un radiosondeo por la mañana y una observación con globo piloto por la tarde.

Actualmente, la cobertura de radiosondeos en la región occidental del Caribe y en América Central es moderadamente buena. Las estaciones de radiosondeos de la isla de San Andrés, de Kingston, de Gran Caimán y de Belice permiten describir razonablemente bien las condiciones de la zona caribeña de América Central. Esto contrasta con la carencia casi completa de estaciones en el Pacífico, lo que hace que las estaciones de radiosondeo de América



Ubicación de las estaciones de radiosondeo actuales (círculos blancos) y de las estaciones de sondeos del proyecto (círculos negros) alrededor de América Central

### Lista de estaciones de sondeo del proyecto

Estación	Nación	Latitud	Longitud
Frontera	México	18°31'N	92°39'W
Salina Cruz	México	16°10'N	95°11'W
Puerto Madero	México	14°42'N	92°24'W
Managua	Nicaragua	12°09'N	86°10'W
Liberia	Costa Rica	10°36'N	85°32'W
Isla del Coco	Costa Rica	5°30'N	87°00'W
Los Santos	Panamá	7°56'N	80°25'W
Cartagena	Colombia	10°26'N	75°34'W
Tumaco	Colombia	1°48'N	78°47'W
Esmeraldas	Ecuador	0°58'N	79°38'W
Galápagos	Ecuador	0°54'S	89°37'W
Guayaquil	Ecuador	2°09'S	79°58'W
Piura	Perú	5°10'S	80°30'W

Central resulten fundamentales para estimar las condiciones en el este del Pacífico, al menos cerca de América Central. Por desgracia, como se dijo anteriormente, la mayoría de las actuales estaciones de radiosondeo de América Central y del norte de Sudamérica están rodeadas de montañas, por lo que apenas pueden tomar muestras del flujo de la troposfera inferior sobre el litoral del este del Pacífico. Esto afecta especialmente a las estaciones de Bogotá (Colombia), San José de Costa Rica y Tegucigalpa (Honduras). La ciudad de Panamá es la única a la que le afecta poco la topografía circundante. Así, en la costa del Pacífico comprendida entre Acapulco (México) y Lima (Perú) sólo hay una estación de radiosondeo que no esté afectada por efectos topográficos locales. A todas ellas les afectan las fuertes brisas de tierra y brisas marinas cerca de la superficie.

Para intentar obtener una estimación mejor del campo de vientos en América Central y en la parte oriental del Pacífico próxima a tierra, se han instalado estaciones de globos piloto en lugares en los que los efectos topográficos locales sobre los vientos sean mínimos. Estos emplazamientos están a poca altitud sobre el nivel del mar, en zonas relativamente llanas y a cierta distancia de montañas altas; los de América Central deberían describir bien el flujo del sudoeste a niveles bajos que llega a esta región durante el verano boreal. Cuando hay un flujo del sudoeste mayor, asociado a un movimiento de la ZCIT hacia el norte, suele ir unido con frecuencia a períodos de lluvias intensas en la zona de América Central próxima al Pacífico.

Hay varias razones por las que emplear globos piloto para medir el campo de viento en la troposfera media a inferior, en vez de utilizar otros sistemas de observación (Douglas, 1991); el coste es la primera

consideración. Además, el sistema en su conjunto es robusto, no necesita corriente eléctrica, se puede transportar fácilmente y requiere relativamente poca formación específica para los operadores. El principal inconveniente de emplear globos piloto es que las nubes hacen que se pierdan datos, pero en el proyecto hemos intentado reducir esto situando las estaciones en zonas en las que la nubosidad baja sea mínima.

El siguiente paso importante para realizar el proyecto fue la instalación de un sistema de radiosondas en la isla del Coco. El primer sondeo se hizo el 28 de abril de 1997 a las 20h35 TU.

En el proyecto participan muchas instituciones de diversos países, como son: el Laboratorio Nacional de Temporales Violentos de la NOAA (EE. UU.); la Armada de México; el Instituto Nacional de Estudios Territoriales, de Nicaragua; por parte de Costa Rica, su Instituto Meteorológico Nacional, la Universidad de Costa Rica y el Área de Conservación Marina Isla del Coco; por Panamá, el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación; por parte de Colombia, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas y el Centro de Contaminación del Pacífico; por Ecuador, la Escuela Superior Politécnica del Litoral y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; y por Perú, la Universidad de Piura. Se espera que los predictores y científicos de dichos países utilicen los datos tanto para fines de predicción como de investigación.

### Duración del proyecto y difusión de los datos

La red de observación estará en funcionamiento durante 6 meses, hasta finales de octubre de 1997, excepto las observaciones de la isla del Coco, que continuarán hasta mayo de 1998.

Los datos, que se reciben por varios medios, se someten a controles de calidad, que no retrasan su difusión. Ésta se realiza simultáneamente con la supervisión de los datos. Al contrario de lo que suele ocurrir en los proyectos de investigación, los datos se ponen a la disposición gratuita de la comunidad científica, tan pronto como es posible, en la dirección de Internet siguiente (accesible más fácilmente con Netscape): [http://www.nssl.noaa.gov/pena/public\\_html/p©sspan.html](http://www.nssl.noaa.gov/pena/public_html/p©sspan.html)

### Agradecimientos

*El proyecto descrito es parte de los PACS y está financiado por la Oficina de Programas Mundiales de la NOAA, con la que los autores están especialmente en deuda. Se agradece profundamente la colaboración internacional de las instituciones participantes*

de diversos países que se han mencionado, puesto que ellas constituyen el marco en el que se está ejecutando el proyecto. La relación de las personas que han ayudado a que este proyecto se lleve a la práctica es demasiado larga para citarlas a todas, pero los autores desean expresar su reconocimiento a cada una de ellas por su inestimable ayuda. Debemos hacer extensivo un agradecimiento especial a José Meitín, Malaquías Peña y Rosario Douglas, de los EE. UU.; al Almirante Alejandro Maldonado y al Teniente Jorge V. Zárate, de México; a Mauricio Rosales y Freddy Picado, de Nicaragua; a Hugo Hidalgo, Alejandro Gutiérrez, Joaquín Alvarado, Felipe Rivera y Juan Manuel Monge, de Costa Rica; a Claudia Candanedo y David Farnum, de Panamá; al Capitán Carlos Andrade y al Capitán Edgar E. Cabrera, de Colombia; a José Luis Santos y Enrique Palacios, de Ecuador; y a Rodolfo Rodríguez y Luis Alberto Flores, de Perú.

### Referencias

DOUGLAS, M.W., 1991: Cost-effective upper wind observing networks for developing countries. The SWAMP example. In preprint volume for *Lower tropospheric profiling. Needs and technologies*, Boulder, Colorado, 10-13 September 1991.

FERNÁNDEZ, W., 1996a: The Central American temporal: A long-lived tropical rain-producing system. *Top. Meteor. Oceanogr.*, **3**, 73-88.

FERNÁNDEZ, W., 1996b: A comparative study of hurricanes *Fifi* (1974) and *Greta* (1978) and their associated rainfall distributions over Central America. *Top. Meteor. Oceanogr.*, **3**, 89-106.

GALO, E.R., FERNÁNDEZ, W. and ZÁRATE E., 1996a:

Aspectos sinópticos y dinámicos del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.*, **3**, 107-123.

GALO, E.R., FERNÁNDEZ, W. and ZÁRATE E., 1996b: Efectos de mesoescala del temporal del 29 de octubre al 3 de noviembre de 1985 sobre Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanogr.*, **3**, 125-139.

LAMBERT, S.J., 1988: A comparison of operational global analyses from the European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) and the National Meteorological Center (NMC). *Tellus*, **40A**, 272-284.

PACS, 1994: *Pan American Climate Studies: A Scientific Prospectus*. NOAA Office of Global Programs, Silver Spring, Maryland, 27 pp.

SADLER, J.C., M.A. LANDER, A.M. HORI and L.K. ODA, 1987: *Tropical Marine Climatic Atlas*, **2**; *Pacific Ocean*. Dept. of Meteorology, Atlas UHMET 87<sup>TM</sup>02, University of Hawaii, 27 pp.

SCHULTZ, D.M., W.E. BRACKEN, L.F. BOSART, G.J. HAKIM, M.A. BEDRICK, M.J. DICKINSON and K.R. TYLE, 1997a: The 1993 superstorm cold surge: Frontal structure, gap flow, and tropical impact. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 5-39.

SCHULTZ, D.M., W.E. BRACKEN and L.F. BOSART, 1997b: Planetary—and synoptic—scale signatures associated with Central American cold surges. (Submitted to *Mon. Wea. Rev.*).

TRENBERTH, K.E. and C.J. GUILLEMOT, 1995: Evaluation of the global atmospheric moisture budget as seen from analyses. *Jour. Climate*, **8**, 2 255-2 272.

# IMPACTOS HUMANOS Y ECONÓMICOS DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EN 1996

Por S.G. CORNFORD<sup>1</sup>

### Introducción

El tiempo acarrea grandes beneficios y produce grandes pérdidas a la humanidad. En 1995, durante el

Simpósio de la OMM sobre Enseñanza y Formación Profesional, celebrado en Toulouse, Spangler [1] resaltaba que las pérdidas debidas a las catástrofes naturales, en los **EE.UU.**, rondaban los 1 000 millones de dólares por semana y de ellas en el 85 al 90 por ciento de los casos estaba implicado el tiempo. Dichas pérdidas de 45 000 millones de dólares al

<sup>1</sup> Antiguo Director (Misiones Especiales) en la Oficina del Secretario General de la OMM