

LA FASE DE CAMPO DEL ALPEX - MARZO/ABRIL DE 1982

Por J.P. KUETTNER*

En el *Boletín de la OMM* 30 (2) págs. 97-104, se describían los planes del ALPEX tal y como estaban enfocados hace aproximadamente año y medio. Desde entonces, se han concretado el diseño del experimento y el plan de operaciones (cuyos diversos aspectos se exponen en la serie de informes GARP-ALPEX) y se ha realizado la fase real de campo. El presente artículo se refiere al Período de Observaciones Especiales (marzo/abril de 1982), aunque puede ser de interés, sin embargo, recordar algunos de los hechos que condujeron al experimento de campo.

A pesar de las dificultades económicas que actualmente existen en el mundo, el interés de las 20 naciones participantes en el proyecto fue lo suficientemente alto como para permitir la instalación de un importante sistema combinado de observaciones (incluyendo una notable componente oceanográfica), ajustado casi exactamente al diseño original del experimento. En consecuencia, había grandes esperanzas de que, si la Naturaleza colaboraba, se iban a poder cumplir los objetivos científicos del ALPEX. Estos objetivos ya se relacionaron en el primer artículo, pero es conveniente resumirlos aquí. Había un objetivo general más cierto número de misiones específicas.

El objetivo general— Determinar el flujo de aire y el campo de masa por encima del complejo orográfico y alrededor de él en diversas condiciones sinópticas.

Misiones específicas

- Investigar el mecanismo de la ciclogénesis a sotavento de las montañas;
- Estudiar los fenómenos de los vientos orográficos locales como el foehn, el mistral y el bora;
- Determinar el frenado total por rozamiento de un complejo orográfico;
- Medir el flujo vertical de la cantidad de movimiento horizontal en las ondas de sotavento;
- Observar las influencias orográficas sobre la precipitación, las inundaciones y el balance térmico.

Hay que mencionar asimismo los objetivos científicos del programa oceanográfico del ALPEX, denominado MED-ALPEX, que se centran en las circulaciones producidas por el viento, entre las que se encuentran las mareas de temporal del Adriático y del Mediterráneo occidental.

El sistema integrado de observación del ALPEX

En la Tabla I se resumen los sistemas especiales de observación facilitados por las naciones participantes. Sirvieron para complementar de manera importante la red existente de la Vigilancia Meteorológica Mundial y fueron ajustados especialmente para cubrir los objetivos del ALPEX. Todos los sistemas adicionales de observación se instalaron en la zona experimental interna, que estaba incluida dentro de otra mucho mayor

* El Dr. Kuettner es el Director Científico del ALPEX

(figura 1a) que sirvió para determinar la corriente principal que incide sobre los Alpes.

La red especial de radiosondeos que se muestra en la figura 1b, consistente en 23 estaciones adicionales más 11 estaciones móviles, realizó unos 5000 sondeos adicionales. Los puntos críticos en el Mediterráneo fueron ocupados por barcos soviéticos y mediante radiosondas con paracaídas desde aviones norteamericanos.

La figura 2 muestra la localización de los microbarógrafos en las laderas de las secciones de los macizos Gotthard y Brenner de los Alpes y de la sección Bora de los Alpes Dináricos en Yugoslavia. Las medidas realizadas con ellos, junto con las de los aviones que sobrevolaron estas zonas, permitieron una estimación interesante del frenado por rozamiento de las montañas y del flujo vertical de la cantidad de movimiento.

Participantes en el ALPEX		
<i>Países</i>		
Alemania, Rep. Fed. de	EE.UU.	Polonia
Austria	Francia	Rumania
Bélgica	Grecia	Suiza
Canadá	Hungría	URSS
Checoslovaquia	Italia	Yugoslavia
España	Países Bajos	
También contribuyeron: Israel, Portugal, Turquía		
<i>Organismos internacionales</i>		
Agencia Espacial Europea (ESA) Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Plazo Medio (CEPMPM)		
<i>Participantes en el MED-ALPEX (oceanografía)</i>		
Bélgica	Italia	URSS
España	Mónaco	Yugoslavia
Francia		

Entre los 17 aviones que participaron en el ALPEX había unos, con base en Ginebra, bien dotados de equipo instrumental y de alcance medio o largo, y otros aviones más ligeros y motoplaneadores también provistos de instrumentos. Todos operaban desde distintas bases, pero de manera coordinada.

A petición del ALPEX, la Agencia Espacial Europea (ESA) hizo funcionar el METEOSAT-2 en el modo de barrido para la determinación de los vientos utilizando el desplazamiento de las nubes. El Instituto Geográfico de la Universidad de Berna transmitió excelentes imágenes de alta resolución, tomadas por satélites en órbita polar. De Washington, D.C. se recibieron, con fines científicos, mapas de ozono procedentes del satélite Nimbus.

Se dispuso de muchos más sistemas de observación, tales como los datos AIDS

de alta resolución tomados para el ALPEX por la Compañía Swissair en sus vuelos sobre Europa, los sistemas de seguimiento de globos, etc.

El Centro de Operaciones ALPEX en Ginebra

Gran parte del éxito logrado por el ALPEX fue debido al buen funcionamiento del Centro de Operaciones ALPEX de Ginebra, del que fue Director de Operaciones

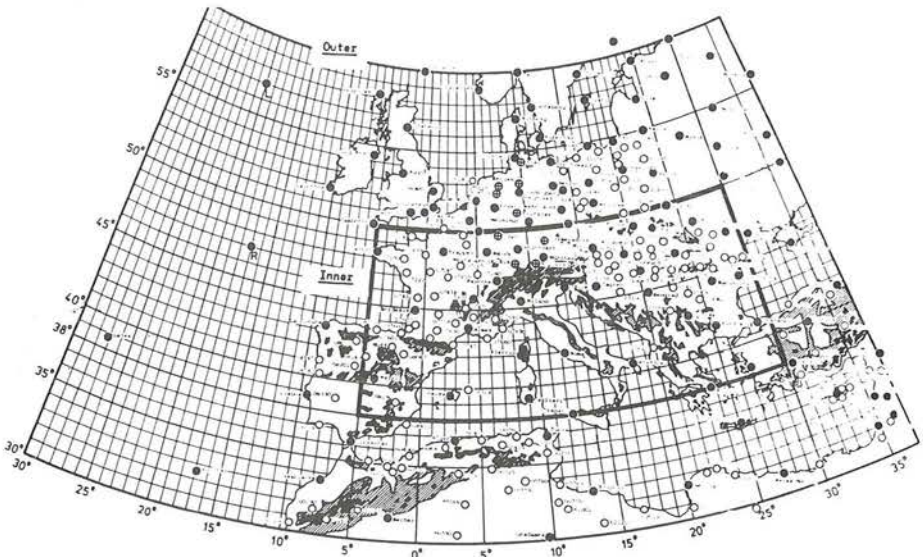


Figura 1a Las zonas exteriores e interiores del ALPEX
 ● Estaciones de radiovientosondas (observaciones regulares)
 ⊕ Otras estaciones de radiovientosondas
 ○ Estaciones con globos pilotos (observaciones regulares)

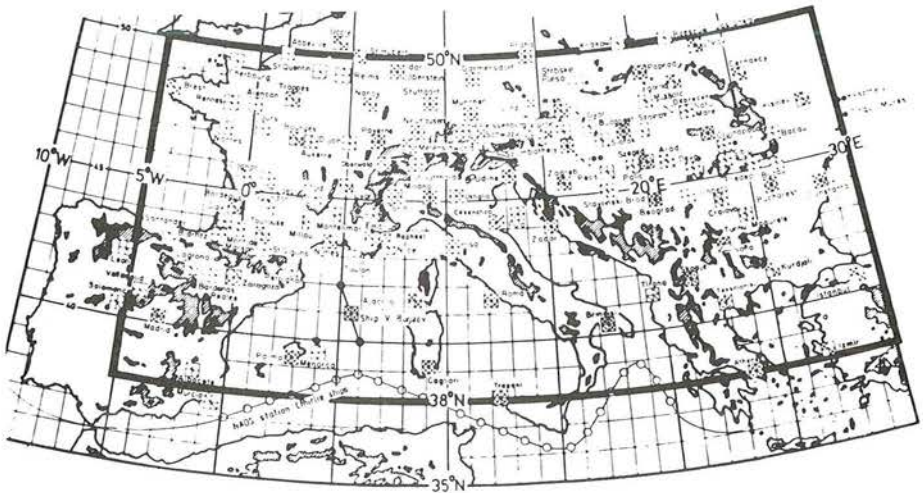


Figura 1b Estaciones aerológicas en la zona interior del ALPEX
 Clave (h TMG) ⊞ Observaciones P,T,U ⊞ vientos
 ⊞ P,T,U +vientos

el Dr. Gutermann, director de investigación del Instituto Meteorológico Suizo. Se eligió a Ginebra como base principal del ALPEX debido a sus excelentes instalaciones y al espíritu de cooperación de sus autoridades. El centro dispuso de comunicaciones en ambos sentidos con la mayor parte de los subcentros ALPEX de Europa, y estaba

TABLA 1

Sistemas de observaciones especiales del ALPEX

<i>Tierra</i>	34 estaciones de sondeo adicionales (11 de ellas provisionales) 60 microbarógrafos instalados en las laderas de las montañas 24 radares (a disposición del ALPEX).
<i>Aire</i>	17 aviones
<i>Mar</i>	11 barcos 28 boyas 35 mareógrafos
<i>Espacio</i>	Satélite geoestacionario METEOSAT-2 Satélite en órbita polar TIROS-N Satélite en órbita polar Nimbus (ozono)

preparado para recibir información de observaciones, análisis, predicciones y datos de satélites de diversos organismos e institutos europeos y americanos, como ayuda para la dirección científica del proyecto y para la interpretación de los resultados.



Figura 2 Red de superficie de estaciones con microbarógrafos situadas debajo de las rutas de los aviones de investigación que sobrevolaron los Alpes y la costa dalmata.

En el Centro trabajaban un total de 170 personas, entre científicos, tripulantes de los aviones, predictores, técnicos y administrativos. Los aviones de largo y medio alcance tenían su base en el aeropuerto de Ginebra/Cointrin. Todas las misiones se planificaron conjuntamente por los científicos con la colaboración de un equipo internacional de predictores de Austria, Canadá, República Federal de Alemania y Suiza. El Centro estableció alrededor de 20 "períodos de observación intensiva", durante los cuales se doblaba la frecuencia de las observaciones. Una parte importante del proyecto de campo resultó ser el intercambio de ideas entre científicos de muchos países. Durante los dos meses se celebraron 22 seminarios científicos. La contribución del país anfitrión al funcionamiento del Centro de Operaciones ALPEX fue extraordinaria.

Fenómenos meteorológicos durante el Período de Observaciones Especiales

Desde el comienzo mismo del proyecto de campo, la Naturaleza colaboró presentando muchas de las situaciones sinópticas necesarias para cubrir los objetivos científicos del ALPEX. Los cálculos previos, basados en las estadísticas climatológicas, daban gran probabilidad de que durante marzo y abril tuvieran lugar dos casos de ciclogénesis a sotavento, y en este año hubo seis. El flujo predominante del noroeste durante casi todo marzo favoreció también la aparición del mistral, los pasos frecuentes de frentes fríos y, en relación con los ciclones a sotavento, la persistencia de las condiciones de bora en las montañas costeras de Yugoslavia. Este tipo de corriente impidió, sin embargo, la ocurrencia de fuerte foehn meridional y de ondas de sotavento. Pero, para compensar en parte, sobre los Alpes se observó foehn débil o moderado del norte o del noreste y también se observaron en los Pirineos ondas de sotavento más pronunciadas.

Después de una situación de ciclogénesis a sotavento se desarrolló una de "bloqueo", que duró desde finales de marzo y durante gran parte de abril, con vientos flojos del norte o del este en la región alpina, pero con una buena corriente del bora en los Alpes Dináricos. A finales de abril se desarrolló de nuevo la situación de ciclogénesis a sotavento en el norte del Mediterráneo.

Volviendo la mirada a esos dos meses del POE, se puede decir que se presentaron notables oportunidades para el estudio de la ciclogénesis a sotavento y de los fenómenos con ella relacionados, así como para el bora. También surgieron buenas oportunidades para la investigación del mistral, de los pasos de frentes y de la corriente alrededor de las montañas. En cambio, defraudaron las condiciones para el foehn y los fenómenos relacionados con este viento, así como para las ondas de sotavento.

Misiones de vuelo durante el ALPEX

Una parte importante y difícil del programa fue la correcta planificación y realización de las misiones de vuelo. La flexibilidad de este tipo de plataforma constituye una ventaja especial en los proyectos de campo, debido a que pueden combinar las medidas horizontales de alta resolución con la posibilidad de efectuar sondeos verticales (radiosondas con paracaídas) en zonas de interés científico. Una buena medida del éxito alcanzado en estos programas de observación es la estimación por el jefe científico que vuela en cada una de las misiones del tanto por ciento de éxitos.

En la tabla 2 se resumen estos resultados de acuerdo con los fenómenos estudiados. El éxito calculado de esta forma comprende el desarrollo del programa de medidas, la utilidad de la trayectoria recorrida, la cooperación con otras plataformas y lo adecuado de las condiciones meteorológicas.

TABLA 2

Tanto por ciento de éxito estimado en las misiones de vuelo

	<i>Tanto por ciento</i>
Ciclogénesis a sotavento	82
Frentes y corriente alrededor de las montañas	76
Vientos orográficos	63
bora, mistral	80
foehn, ondas de sotavento	55

Los resultados obtenidos se pueden comparar favorablemente con los de proyectos anteriores, pero reflejan las dificultades que se encontraron para la observación del foehn en condiciones favorables.

Los aviones de turborreacción y de chorro que operaron desde Ginebra funcionaron casi sin interrupción. Se volaron el noventa y cuatro por ciento de las horas previstas, lo que, junto a la cuidadosa planificación, permitió obtener una buena distribución entre los diversos objetivos científicos. La cooperación entre los pilotos, científicos y controladores de vuelo de Europa fue de las mejores de todos los programas de campo del GARP, y ello a pesar de que las rutas eran muy ambiciosas. Uno de los aspectos más agradables de este proyecto fue la amistosa cooperación internacional.

También hay que mencionar algunas de las dificultades que se presentaron: por primera vez se observó una importante interferencia de radio con las señales de los radiosondas con paracaídas sobre el Mediterráneo. Algunas se pudieron eliminar con la cooperación de los gobiernos, y se desarrollaron métodos para evitarlas. Desde finales de marzo y durante abril hubo dificultades en el mecanismo de barrido del METEOSAT-2, que afectaron a los barridos requeridos por el ALPEX. Uno de los turborreactores fue alcanzado dos veces por los rayos, que le produjeron daños en la cola.

Impresiones científicas

Aunque aun es prematuro establecer conclusiones científicas definitivas, sí se pueden mencionar las primeras "impresiones", con las que están de acuerdo un grupo de destacados científicos participantes en el ALPEX.

División de la corriente – El aire frío de los niveles bajos (hasta 3 km) se las arregla, en un grado sorprendente, para rodear las montañas en vez de pasar por encima de ellas; la zona en que tiene lugar esta "división" del flujo es muy localizada y es estacionaria. Este comportamiento de la capa límite afecta a la mayoría de los fenómenos estudiados en el ALPEX, ya que influye en la frontogénesis, en la frontolisis y en la ciclogénesis a sotavento; es también un factor vital en la producción del mistral y es en parte responsable de las diferencias entre los tipos de foehn. Esta característica de la capa límite no está lo suficientemente incorporada en los modelos actuales.



Figura 3 Imágenes en el infrarrojo del TIROS-N correspondientes al 4, 5 y 6 de marzo de 1982 mostrando un caso de ciclogénesis a sotavento sobre el Golfo de Génova.

4 de marzo: Nubes frontales cubren los Alpes.

5 de marzo: Ciclogénesis entre Génova y Córcega.

6 de marzo: La circulación en torno a la depresión madura cubre la mayor parte del Mediterráneo. (Fotografías: NOAA)

Ciclogénesis a sotavento — Los diversos modelos numéricos utilizados durante el ALPEX para la predicción a plazo medio dieron resultados distintos. En especial, los ciclones a sotavento de movimiento rápido y de corta vida no pudieron predecirse correctamente. Parece ser que en el desarrollo de estos ciclones desempeña un papel importante una corriente en chorro que no está en equilibrio con el campo térmico. También se obtuvieron valiosos datos para el estudio de la relación entre la ciclogénesis a sotavento y las situaciones de bloqueo (Tibaldi y Buzzi, 1982).

Bora — Se investigó ampliamente el mecanismo del bora en varios regímenes de corriente. En ciertos casos, el bora parece mostrar las características de una corriente estrictamente hidráulica, como la del agua poco profunda sobre un aliviadero.



Figura 4 Aviones Lockheed Electra y P-3 en un vuelo de calibración sobre el lago de Ginebra
(Fotografía: M.E. Reinhardt)

Gestión de los datos

El Centro Internacional de Datos del ALPEX (IADC), establecido en el CEPMPM de Reading (Inglaterra) y bajo la dirección del Dr. Joël Martellet, está reuniendo un conjunto preliminar de datos para los primeros trabajos científicos, que debe estar disponible a partir de julio de 1982.

Para la confección del conjunto final de datos, verificado, se trabaja en 14 centros nacionales del ALPEX y en 12 centros especiales en los procesos de recopilación y formatización de sus datos respectivos. El IADC tiene la intención de entregar a los Centros Mundiales de Datos el conjunto completo del Nivel II-b en el verano de 1983, si recibe a tiempo (antes del 1 de noviembre de 1982) los conjuntos de datos nacionales. En este sentido, hay que mencionar que de los 20.800 sondeos programados durante el POE en la zona del ALPEX, al poco de finalizar la fase de campo el IADC, ya había recibido 20.100 (o sea, el 96,5 por ciento). Además, todos los conjuntos de datos reunidos durante la fase de campo en el Centro de Operaciones del ALPEX ya están disponibles en microfilm.

Publicaciones y reuniones

Se tiene proyectado publicar un amplio informe sobre la fase de campo dentro de los seis meses a partir de la terminación del Período de Observaciones Especiales, al que seguirá un libro sobre los resultados científicos preliminares, en el que se incluirán trabajos de los científicos participantes, basados en los datos preliminares. También está prevista la celebración de varios simposios científicos.

Conclusión

Se puede esperar, en resumen, que el ALPEX va a producir un excelente conjunto de datos y algunos resultados científicos muy interesantes.

Con el Experimento Alpino llega a su fin una serie sin precedentes de grandes proyectos de campo internacionales desarrollados dentro del GARP, y termina también una década notable de estrecha cooperación internacional entre países, científicos y organizaciones internacionales.

REFERENCIAS

GARP-ALPEX Publications (1982), WMO, Geneva.

Volume 1 ALPEX experiment design

Volume 2 ALPEX flight programme

Volume 3 ALPEX operation centre plan

Volume 4 ALPEX data management plan

Volume 5 MED-ALPEX oceanographic contribution to ALPEX

GARP Special Report No. 39 (1981). *Report of the second session of the Inter-governmental Planning Meeting on ALPEX*. WMO, Geneva.

GARP Publication Series No. 23 (1980). *Orographic effects in planetary flows*. WMO, Geneva.

TIBALDI S., and A. BUZZI (1982): *Orographic influences on Mediterranean lee cyclogenesis and European blocking in a global numerical model*.

ECMWF Technical Report No. 29, Reading, England.

FENOMENOS METEOROLOGICOS SIGNIFICATIVOS EN 1981

Por D. W. PHILLIPS*

Introducción

Una reseña de fenómenos meteorológicos significativos anuales aparece todos los años en el *Boletín de la OMM*. Este es el décimoquinto resumen y, como en años an-

* Canadian Climate Centre, Atmospheric Environment Service.