

ALPEX-EL EXPERIMENTO ALPINO

Por J.P. KUETTNER*

El último experimento de campo importante del GARP surgió de su subprograma sobre el Flujo del Aire Sobre las Montañas y sus Alrededores. Conocido como ALPEX, este experimento fue proyectado y aprobado por el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Como su nombre indica, el ALPEX tendrá lugar en la zona de los Alpes, y la época elegida para el período de observación primario es marzo y abril de 1982.

Exposición

Se sabe que los complejos montañosos extensos influyen directamente sobre la atmósfera desviando vertical y horizontalmente el flujo incidente —retardándolo y acelerándolo en diferentes lugares y niveles— e, indirectamente, aportando elevadas fuentes de calor sensible y latente. Estos efectos se producen a, prácticamente, todas las escalas.



El Dr. Joachim P. Kuettner, presidente del Grupo de Trabajo del Comité Científico Mixto para el ALPEX

Incluso las cordilleras de dimensiones moderadas (menores que 1000 km) excitan y modifican el movimiento a escala planetaria ($\sim 10^4$ km), afectando de este modo a la circulación atmosférica global. Los mecanismos físicos responsables de los efectos orográficos a esta escala, tales como las situaciones de “bloqueo”, no están claros en absoluto (Kasahara (1980)).

Las ondas planetarias pueden interactuar con las de escala sinóptica ($\sim 10^3$ km) para producir fuertes efectos orográficos tales como la ciclogénesis a sotavento. En los países europeos que rodean a los Alpes es un problema notorio la predicción del “ciclón de Génova”, al sur de los Alpes, que tiene gran importancia meteorológica por producir a menudo vientos fuertes, inundaciones y mareas de temporal. Existen pocas dudas de que los desarrollos subsinópticos juegan también un papel importante en las etapas iniciales de la ciclogénesis a sotavento.

Los modelos y métodos de predicción numéricos del desarrollo (o no desarrollo) de la ciclogénesis a sotavento han resultado ser singularmente difíciles (Tibaldi (1979)). Las retículas de cálculo son generalmente demasiado anchas. Existen problemas de análisis, inicialización y asimilación de datos, y la representación correcta de las montañas en los modelos numéricos sigue siendo una cuestión muy discutida. De hecho, el impulso origi-

* Centro Nacional de Investigación Atmosférica, Boulder (EE.UU.)

nal al ALPEX —como a muchos de los subprogramas del GARP— procede principalmente del sector numérico de la ciencia de la atmósfera.

A escalas sinóptica y subsinóptica (10-100 km), entra en juego otro grupo de fenómenos orográficos. Nunca se ha determinado por completo la resistencia que ofrece al aire el conjunto de una cordillera y sus diversos elementos componentes. Mientras los factores que intervienen se conocen bastante bien en principio (por ejemplo, el bloqueo contra corriente, el transporte de la cantidad de movimiento por las ondas de gravedad o la división del flujo), no se dispone de medidas cuantitativas simultáneas de los diversos componentes ni de la resistencia total (Smith (1979)). La importancia de la resistencia

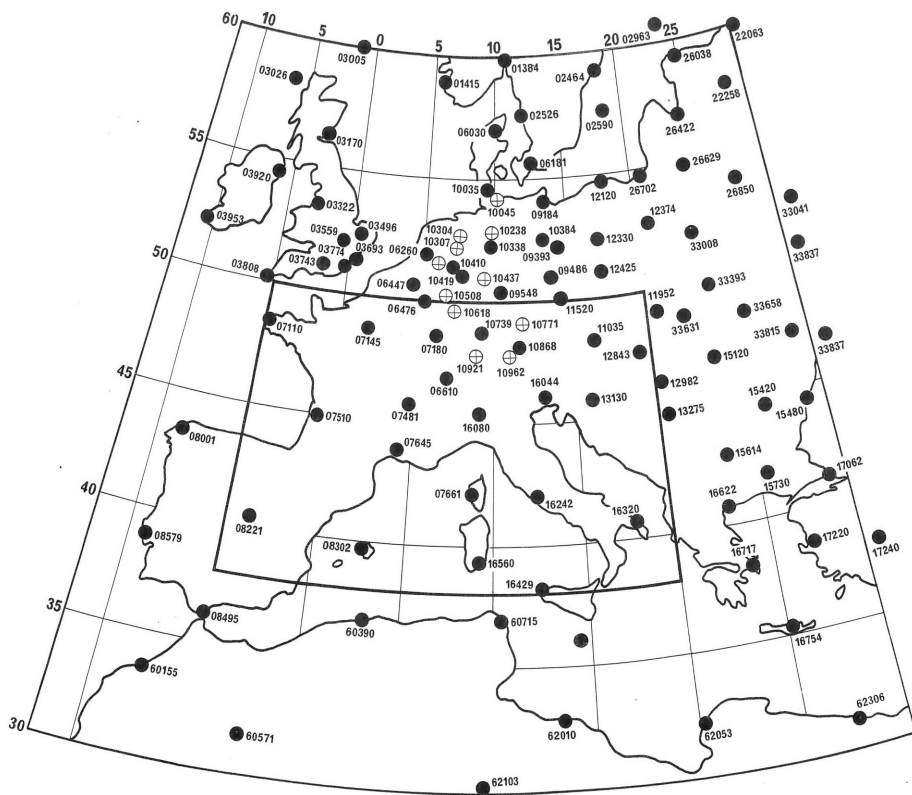


Figura 1— Zona experimental interna del ALPEX en la que se muestran los emplazamientos de las estaciones de radiosonda/radioviento. Las estaciones señaladas con un aspa no funcionan sobre una base regular.

de las montañas tiene varios aspectos. Por ejemplo, es una medida de la pérdida de cantidad de movimiento de la atmósfera, así como del carácter ageostrófico del flujo sobre las zonas montañosas y sus alrededores. También está íntimamente relacionada con el fenómeno de los fuertes vientos descendentes.

Estos vientos de sotavento, a menudo destructivos, que se conocen con distintos nombres en diversas partes del mundo —el “Chinook” de las Montañas Rocosas, el “Foehn” y el “Mistral” de los Alpes, o el “Bora” de las montañas costeras de Yugoslavia— todavía desafían la predicción exacta, y el mecanismo físico que los gobierna es actualmente tema de vivas discusiones científicas.

El hecho de que en los Alpes tienen lugar todos los fenómenos mencionados y el de que la frecuencia de la ciclogénesis en la zona del Mediterráneo al sur de los Alpes está entre las más altas del mundo, fueron los factores que contribuyeron a la elección de este macizo como campo de operaciones para el subprograma del GARP sobre las montañas. Otras ventajas son sus dimensiones (desde escala sinóptica a mesoescala) y las grandes series de observaciones detalladas disponibles. Finalmente, la meteorología alpina y los problemas de predicción con ella relacionados son de gran interés para la mayoría de los países europeos.

Trabajos científicos del ALPEX

Para el ALPEX se han definido los siguientes trabajos científicos, refrendados por acuerdo internacional:

- Determinar las características, en diversas condiciones sinópticas, del flujo de aire y la masa y campo de humedad por encima del complejo orográfico alpino y alrededor de él;
- Estudiar los procesos físicos que conducen a la formación de ciclones a sotavento de la barrera de las montañas alpinas, y el mecanismo de su ulterior desarrollo, poniendo especial interés en la naturaleza subsinóptica de los procesos asociados;
- Determinar:
 - la resistencia que un complejo orográfico ejerce sobre el aire,
 - el transporte vertical de cantidad de movimiento horizontal en función de la altura en las proximidades de una cordillera, y
 - la disipación de la energía gravitatoria-inercial de la onda por encima de y corriente abajo de la cordillera.
- Estudiar los vientos orográficos (tales como el foehn, el bora y el mistral) y los posibles efectos corriente arriba de las montañas;
- Estudiar el papel que juega el flujo de calor sensible y latente sobre el Mar Mediterráneo y su significación en la ciclogénesis a sotavento;
- Estudiar los efectos del calentamiento diferencial por radiación originado por la cadena de los Alpes debido a la elevación, las características topográficas y el albedo;
- Estudiar el efecto que tienen los complejos orográficos sobre la precipitación;
- Investigar los procesos físicos responsables del desarrollo de grandes inundaciones, vientos y mareas de temporal en la región de los Alpes, con objeto de perfeccionar su predicción.

Proyecto del experimento

El Comité Científico Conjunto (CCC) OMM/CIUC ha adoptado una propuesta de proyecto del experimento. A continuación se descubren sus principales características.

Zona experimental – El proyecto prevé una zona experimental central (*Figura 1*) centrada sobre los Alpes, en la que se instalarán todos los sistemas especiales de observación dedicados al ALPEX. Esta zona está rodeada por otra zona experimental mucho mayor, que sirve para el estudio del flujo a gran escala en que está incluido el aire perturbado por la orografía.

Sistemas de observación – Lo mismo que en los proyectos anteriores del GARP, el plan de observaciones del ALPEX prevé un sistema de observación compuesto, que consiste en una red ampliada de estaciones de radiosondeo y de plataformas especiales tales como barcos, aviones, satélites, globos, radares y redes de microbarógrafos. La base del sistema de observación será la red de la Vigilancia Meteorológica Mundial. Durante el Período de Observaciones especiales, para muchas de las estaciones de radiosondeo está previsto efectuar cuatro o más lanzamientos al día (véase más abajo). Se espera que varios de los barcos y aviones de investigación asignados al ALPEX dispondrán de sistemas "Navaid" de radiosondeo (véase el *Boletín de la OMM 27* (4) pág. 339).

Se confía en disponer de tres aviones de investigación con radios de acción grande y medio, para los cuales se han planeado las rutas que se muestran en las *Figuras 2 y 3*. Las de la *figura 2* servirán principalmente a las dos primeras misiones científicas antes enumeradas (masa y campo de humedad; ciclogénesis a sotavento). Efectuarán lanzamientos de sondas con paracaídas sobre el Mediterráneo. Las trayectorias que se representan en la *figura 3* están planeadas para cumplir la tercera y cuarta de las misiones científicas (resistencia de las montañas, flujo de la cantidad de movimiento y vientos descendentes. Son las rutas, distribuidas verticalmente, que seguirán los aviones simultáneamente a lo largo de secciones que disponen de estaciones microbarográficas situadas en las cordilleras (el macizo de San Gotardo, el Paso de Brenner y las montañas costeras del Adriático)

Se dará especial atención a la recopilación de datos del llamado AIDS (Sistema Integrado de Datos de Aviones) instalado a bordo de muchas aeronaves de línea que atraviesan las zonas exterior e interior del experimento. Dos barcos de la NAOS del Atlántico oriental (las estaciones R y L) prestarán probablemente su colaboración con sondeos especiales. Los satélites, especialmente el METEOSAT geoestacionario, desempeñarán un papel esencial en el programa científico ALPEX.

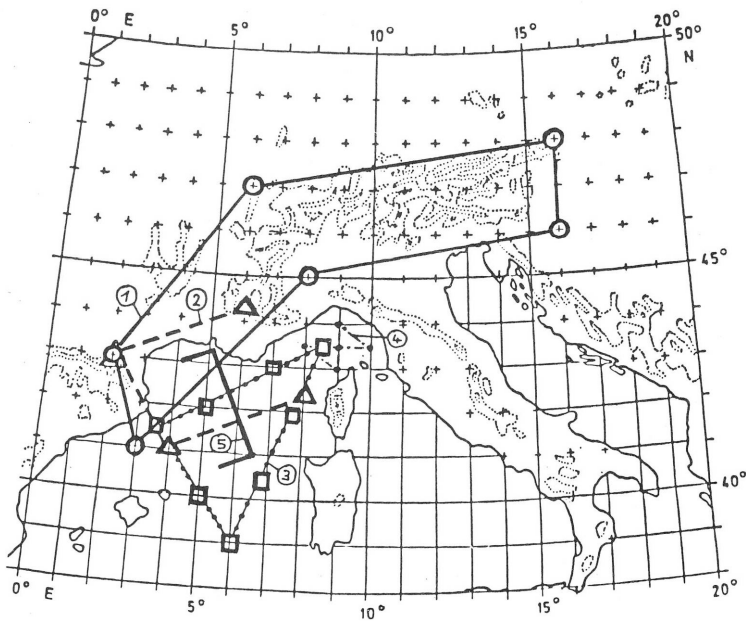


Figura 2— Trayectorias planeadas para los vuelos, de largo y medio alcance, que realizarán los aviones del ALPEX:

1. Circular, a 500/700 hPa
2. Corriente en chorro en los niveles altos, a 300/500 hPa
3. Radioviento con paracaídas en las depresiones de sotavento, a unos 6 km. aproximadamente.
4. "Mariposa" en las depresiones de sotavento, a unos 6 km. aproximadamente
5. Capa límite de las depresiones de sotavento, a 188-300 m.

MED - ALPEX — Durante el ALPEX, prestarán servicio en el Mediterráneo unos seis barcos de investigación, así como numerosas boyas, que atenderán juntamente a los programas atmosférico y oceanográfico. Este último, llamado MED-ALPEX, se desarrolla actualmente por el COI y el SCOR, con múltiples objetivos científicos del programa de in-

vestigación oceanográfica del Mediterráneo, a cargo del *Comité Internacional para la Exploración científica del Mar Mediterráneo*. Mediante el programa meteorológico del ALPEX, los oceanógrafos dispondrán de las medidas atmosféricas especiales.

Períodos del experimento – El Período de Observación del ALPEX (AOP) de baja intensidad, de aproximadamente un año de duración, está proyectado actualmente para desarrollarse de septiembre de 1981 a octubre de 1982*. El Período de Observaciones Especiales de alta intensidad (SOP) está programado para marzo y abril de 1982. La mayoría de los fenómenos a estudiar durante el ALPEX, tales como la ciclogénesis a sotavento y los vientos locales fuertes, tienen dos máximos de frecuencia durante el año por noviembre y abril. El AOP pretende cubrir ambos máximos y un ciclo anual completo. Para el SOP se prefiere el último máximo de invierno/primavera mejor que el de otoño/comienzos del invierno, debido a que ofrece, entre otras cosas, condiciones operativas más favorables para los aviones (menos nieblas y más horas de día). De acuerdo con la estadística climatológica, es necesario un período de dos meses para disponer de la probabilidad suficientemente alta para encontrar por lo menos dos casos de ciclogénesis a sotavento. Por otra parte, se sabe que en noviembre y en febrero suelen ocurrir ciclogénesis muy intensas, por lo que aun se está estudiando la posibilidad de ligeros ajustes en el SOP.

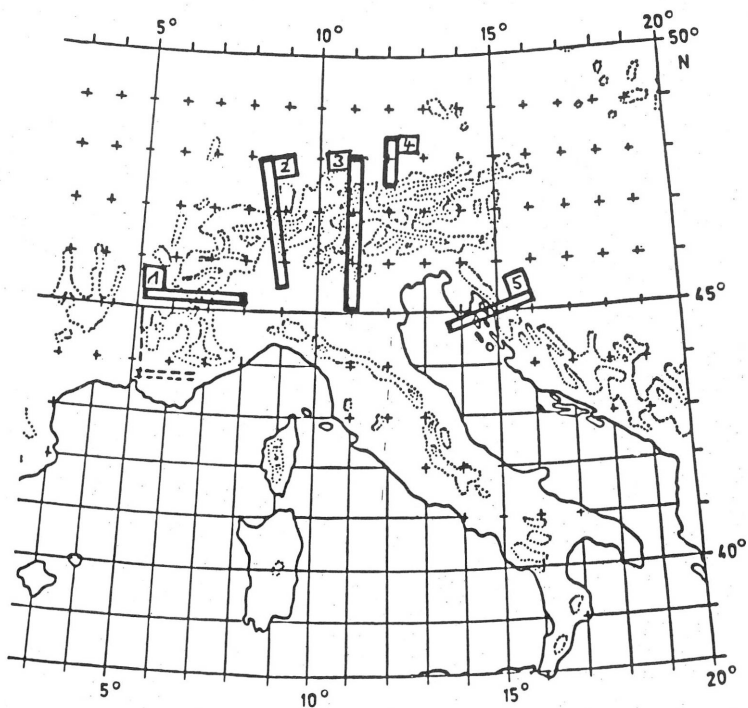


Figura 3— Recorridos de corto alcance planeados durante el ALPEX:

1. Sección transversal de Pelvoux
2. Sección transversal de Gotthard
3. Sección transversal de Innsbruck
4. Sección de Rosenheim
5. Sección transversal de los Alpes Dináricos

* Estas fechas aun no son definitivas.

Naciones participantes

Las siguientes naciones participarán activamente en el ALPEX instalando sistemas especiales de observación y aportando otros recursos: Alemania (República Federal de), Austria, Bélgica. EE. UU., Francia, Holanda, Hungría, Italia, Polonia, Suiza, U.R.S.S. y Yugoslavia.

Se espera la adhesión de más países. En la tabla se relacionan los compromisos "en firme" y "probables" contraídos hasta la fecha.

Resumen de las instalaciones de superficie con que contribuirán los distintos países al Período de Observaciones Especiales del ALPEX

(Compromisos en firme y probables en 31 de diciembre de 1980)

Alemania, República Federal de

- * 2 estaciones aerológicas fijas
- 4 estaciones aerológicas fijas
- 1 avión
- 3 planeadores con motor
- 1 estación de radar (+ 1 probable)
- 5 microbarógrafos (probable)
- Sondeos baja altitud (probable)
- 10 estaciones de radiación (+ 3 probable)

- Sondeos de baja altitud
- Hasta tres sondas acústicas
- 3 barcos oceanográficos
- 2 estaciones de obs. en ferrys (probable)
- 3-6 microbarógrafos
- 5 boyas ancladas
- 2 plataformas oceánicas
- 10 boyas a la deriva (probable)
- * 30 mareógrafos (probable)

Austria

- * 4 estaciones aerológicas fijas
- 1 estación aerológica móvil
- 1 estación de radar
- Globos cautivos (probable)

Polonia

- * 1 estación aerológica fija
- Globo cautivo y observaciones piloto
- Microbarógrafos

Bélgica

- * 2 estaciones aerológicas fijas
- * 1 barco obs. met. y ocean.¹
- * Boya anclada¹
- Observaciones de superficie¹

Suiza

- * 2 estaciones aerológicas fijas
- 1 estación aerológica móvil
- 1 planeador con motor
- * 50 estaciones met. automáticas
- AIDS alta densidad (para 7 meses)
- 3 estaciones de radar
- Globos de nivel constante
- 1 sonda acústica
- 6-7 microbarógrafos
- 10 microbarovariógrafos³

EE.UU.

- 1 avión gran radio de acción (probable)

Francia

- * 7 estaciones aerológicas fijas
- 2 estaciones aerológicas fijas
- 2 aviones
- 3 boyas ancladas
- 4 estaciones radar (+ 4 probable)

URSS

- 1 barco de investigación (probable)

Hungría

- * 2 estaciones aerológicas fijas
- 1 estación móvil (probable)
- 2 estaciones de radar

Yugoslavia

- * 2 estaciones aerológicas fijas (+ 2 probable)
- 2 estaciones aerológicas fijas
- 1 barco (durante 15 días)
- 2 estaciones de radar
- 8 microbarógrafos
- 50-80 ombrógrafos

Italia

- * 6 estaciones aerológicas fijas hasta otras 6 (probable)²
- 4 estaciones de radar (+ 1 probable)

Notas

- * Para todo el Período de Observación. ALPEX
- 1 En las proximidades de Calvi (Córcega)
- 2 Pendiente de disponibilidad de equipo Navaid
- 3 Dan los datos analógicos de presión con resolución de tres segundos.

Infraestructura de la organización

La responsabilidad de los aspectos internacionales de la ejecución del ALPEX recae en la Dirección Conjunta de Planificación (JPS) establecida en la sede de la OMM en Ginebra. Su organismo supervisor, el Comité Científico Conjunto (CCC) de la OMM/CIUC, controla todos los asuntos científicos internacionales del ALPEX. El CCC formó un Grupo de Trabajo internacional para el ALPEX, que ha realizado la planificación previa y la propuesta del experimento a que antes nos hemos referido. El proyecto tendrá un director científico internacional.

Cada uno de los países participantes ha designado a una persona, llamada "punto focal", que representa a su país en todos los asuntos relacionados con el ALPEX. Aparte de esto, se ha formado un Grupo Intergubernamental de Planificación, que, en su primera reunión, en octubre de 1980 en Ginebra, aprobó o modificó los planes trazados por el Grupo de Trabajo del ALPEX. La labor de planificación que están realizando estos grupos continúa a ritmo rápido. La mayoría de los países tienen su propia organización para el proyecto, y muchos de ellos tienen la intención de emprender un programa nacional para complementar el proyecto internacional.

En el trabajo monográfico *Orographic effects in planetary flows* (OMM/CIUC (1980)), publicado recientemente por R. Hide y P. W. White (Serie de Publicaciones del GARP Núm. 23), se expone un resumen de los conocimientos actuales sobre los efectos de la orografía sobre la atmósfera, que constituye un excelente análisis de los problemas de que va a tratar el ALPEX.

Centros de operaciones del ALPEX

Después de un estudio de varios posibles emplazamientos en Europa, se decidió que la base principal de operaciones para el ALPEX estará situada en el aeropuerto internacional de Ginebra (Cointrin). El de Venecia (Marco Polo), servirá de base secundaria. También las naciones participantes establecerán centros nacionales de operaciones, por ejemplo, uno en los montes Tatra de Polonia, otro en las estribaciones de los Alpes en la República Federal de Alemania, otro en el valle del Ródano en Francia y otro en la zona de Innsbruck en Austria. Para coordinar la planificación de sus actividades, se formó un grupo de trabajo sobre los centros de operaciones del ALPEX.

Gestión de los datos

Según el programa, los planes para la gestión de los datos del ALPEX deben estar completados a principios de 1981. Los conceptos fundamentales que se han acordado están basados en la experiencia obtenida en anteriores experimentos de campo del GARP, tales como el Experimento del Atlántico Tropical, el FGGE y el Experimento sobre Montañas.

Los planes actuales exigen la confección de una serie preliminar (no verificada) de datos, para su publicación unos meses después de la fase de campo del ALPEX. A ello seguirá una serie final de datos de Nivel II-b (verificada y sometida a control de calidad), a publicar de 12 a 18 meses después del proyecto de campo. La serie preliminar deberá contener una proporción sustancial del total de los datos convencionales, incluyendo en la medida de lo posible los datos de las plataformas especiales. Permitirá comenzar casi inmediatamente el estudio previo. La serie de datos de Nivel II-b consistirá en una colección completa de datos convencionales verificados (que incluye observaciones diferidas en altura y en superficie, medidas de precipitación y de nieve, informes hidrológicos, datos agrometeorológicos, etc.), así como datos tratados por ordenador de las plataformas especiales ALPEX (por ejemplo, aviones de investigación, barcos, planeadores con mo-

tor, microbarógrafos) y datos procedentes de los satélites especializados de alta resolución (tales como sondeos verticales o vientos medidos por el desplazamiento de las nubes).

Con objeto de lograr la publicación a tiempo de estas series de datos, los planes consideran el establecimiento de un Centro Internacional de Datos del ALPEX (IADC)*, en donde se realizarán los trabajos de tratamiento centralizado y coordinación, además de cierto número de Centros Nacionales de Datos del ALPEX (NADCs) para el tratamiento de los datos de las plataformas nacionales. Finalmente, también están previstos algunos centros especializados de datos del ALPEX para ciertos tipos de datos. Por ejemplo, la ESA, el *Deutsche Forschungsund Versuchsanstalt für Luft - und Raumfahrt e.V.* (DFVLR) y la Universidad de Innsbruck proyectan coordinar sus actividades para el tratamiento de datos de alta resolución de satélites, en tanto que Holanda se ha comprometido a realizar el tratamiento de los datos AIDS de las líneas aéreas para el ALPEX.

En los próximos meses se formará un Grupo de Trabajo sobre Gestión de Datos del ALPEX para redactar un plan detallado con el objeto de asegurar una serie completa de datos que permita a los investigadores estudiar por su cuenta y lo antes posible los objetivos científicos del ALPEX.

Perspectiva futura

El proyecto del experimento estará terminado durante 1981 por el Grupo de Trabajo del ALPEX, basándose en los compromisos en firme de aportación de recursos por las naciones participantes. El programa de satélites del ALPEX, los planes de vuelo detallados, un plan completo de gestión de datos y un plan de operaciones y de ejecución, estarán a cargo de grupos de trabajo internacionales especiales. Ya es evidente la cooperación armoniosa entre los diversos grupos científicos participantes, y hay buenas razones para pensar que el ALPEX, el último programa importante de campo del GARP, tendrá tanto éxito como los anteriores.

REFERENCIAS

- KASAHARA, A. (1980): Influence of orography on the atmospheric circulation. In *Orographic effects in planetary flows*. GARP Publications Series No. 23
- SMITH, R.B. (1979): The influence of mountains on the atmosphere. In *Advances in Geophysics*, Vol. 21. Academic Press Inc., New York
- TIBALDI, S. (1979): Lee cyclongenesis and its numerical simulation, with special attention to the Alpine region: A review. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 13 pp. 25-49
- WMO/ICSU (1980): *Orographic effects in planetary flows*. GARP Publications Series No. 23.

LAS ENTREVISTAS DEL BOLETIN: Profesor E. H. Palmén

El profesor Erik Herbert Palmén nació el 31 de Agosto de 1898 en la ciudad Finlandesa de Vaasa en la costa del Golfo de Bothnia. Su padre fue juez. Cursó sus estudios en la Universidad de Helsinki, donde obtuvo en el año 1921 el "Master" en astronomía y en 1927 el Ph. D. en Meteorología. En los comienzos de su carrera científica se consagró fundamentalmente a la oceanografía y al estudio de la interacción entre la atmósfera y el mar. Comenzó entonces a interesarse por la dinámica atmosférica y por el comportamiento y la estructura de los ciclones extratropicales, en particular de los "oestes" en al-

* Probablemente en la sede del CEPMPM cerca de Reading (Reino Unido)