

miliarizarse con distintas actividades, pues el papel del meteorólogo es ayudar al desarrollo económico de su país.

H.T.— ¿A qué se dedica en la actualidad?

R.H.R.— Participo en las actividades de la *Académie malgache* asistiendo a sus reuniones. La redacción de mis comunicaciones absorbe una buena parte de mi tiempo. Por otro lado, antes de jubilarme descubrí que había muchos temas muy interesantes que estudiar y ahora tengo tiempo para hacerlo. El estudio es uno de mis pasatiempos favoritos.

H.T.— Gracias, Sr. Ranaivoson, por haber respondido con tanta franqueza y honestidad a mis preguntas. Deseo de todo corazón que goce de buena salud y que prosiga sus estudios en sus campos de interés durante muchos años más, pues estoy convencido que será un beneficio para la comunidad.

EL OBSERVATORIO MAS ALTO DE EUROPA

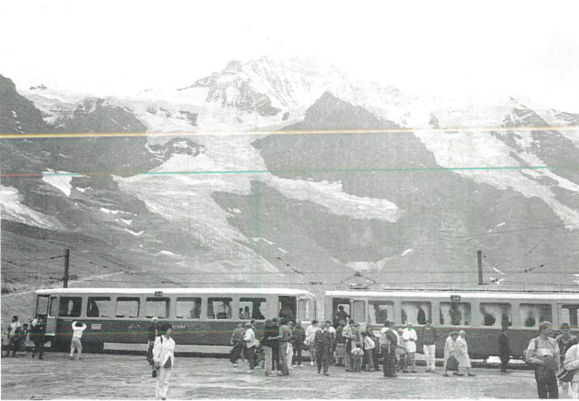
Historia

Entre las montañas del Oberland bernés, en Suiza, se encuentra una formidable triada que sirve de telón de fondo de muchas postales. Sus nombres son el Eiger, el Mönch y el Jungfrau, respectivamente, con 3970, 4099 y 4158 metros sobre el nivel del mar. A principios del siglo diecinueve los turistas más arriesgados ya se alejaban del valle del Aare, con sus lagos y el punto de encuentro de Interlaken, para acercarse a las nieves perpetuas. Durante la segunda mitad del siglo se hicieron más accesibles las zonas más elevadas gracias a la construcción de ferrocarriles de montaña desde Interlaken a Grindelwald y a Lauterbrunnen. Posteriormente se decidió convertir estas líneas en un circuito cerrado mediante la construcción de líneas desde estos pueblos hasta Kleine Scheidegg, a 2060 m sobre el nivel del mar. Animados por el éxito de esta empresa, los ingenieros suizos decidieron emprender un audaz proyecto: construir un ferrocarril desde Kleine Scheidegg hasta Jungfrau-joch, un puerto a 3475 m entre el Mönch y el Jungfrau.

Se empezó el trabajo en 1896, y no debe de sorprender que en la construcción de la línea se empleasen un total de 15 años. Kleine Scheidegg está en las laderas noroccidentales del macizo donde las praderas alpinas ya abren paso a precipicios y glaciares con desniveles de unos 2500 m, de manera que más de siete de los nueve kilómetros de vía, incluyendo la terminal en la cima, discurren por un túnel abierto en la roca. Cuando los trenes empezaron a circular en 1912, los turistas acudían en gran número al hotel construido en la cara sur del montículo que se eleva en una cima rocosa llamada la Esfinge y que está a unos 100 m sobre el puerto. La vista hacia el sur da sobre una vasta extensión de nieve granulada que desciende suavemente hacia abajo para convertirse en el glaciar Aletsch, de 22 km de longitud, el mayor de los Alpes. Además del hotel, los planes incluían un observatorio científico, aunque debido al comienzo de la Primera Guerra Mundial y sus consecuencias, los científicos tuvieron que conformarse y hacerlo lo mejor posible con los medios existentes durante varios años. Las medidas glaciológicas comenzaron antes del final de la década.

En 1922, la Sociedad de Ciencias Naturales suiza creó una Comisión para el Jungfrau-joch, y comenzaron a realizarse observaciones astronómicas de forma regular desde la terraza del hotel. Las observaciones meteorológicas se iniciaron el 1.º de noviembre del mismo año, de manera que allí estaba la estación más alta de Europa atendida permanente-

mente por el hombre. El aire era tan claro que una mañana el Profesor A. de Quervain, presidente de la comisión del Jungfrauoch, llamó la atención sobre el hecho de que las estrellas aún permanecían visibles por encima de la ya soleada cumbre del Jungfrau. La aviación ya estaba alejándose del suelo y las observaciones procedentes de esta plataforma, excepcionalmente situada, eran extremadamente valiosas para los vuelos sobre los Alpes.



El tren del Jungfrauoch en la localidad de Kleine Scheidegg. Puede verse la Esfinge sobre la colina nevada, a 1.500 m por encima.

Fotografía: R. M. P.

El interés por las posibilidades que ofrecían los observatorios situados a gran altura y fácilmente accesibles se extendió más allá de Suiza, y en 1930 la *Internationale Stiftung Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch* * fue establecida para mantener las estaciones de investigación en los Alpes altos. El mismo año se firmó un contrato para la construcción de la estación de investigación científica en Jungfrauoch, y en 1937 se construyó un observatorio en la Esfinge a 3573 m, unido al resto de la estación mediante un túnel y un ascensor. Desde entonces, se hicieron allí las observaciones meteorológicas.

La Segunda Guerra Mundial supuso un freno transitorio para el desarrollo del observatorio. En 1950 la Unesco donó una cúpula astronómica y fue instalado un espectrógrafo solar por la Universidad de Lieja (Bélgica). Al año siguiente la Universidad de Manchester (Reino Unido) montó una cámara de nubes Wilson de 14 toneladas para el estudio de los rayos cósmicos. En 1958 se sustituyó el espectrógrafo belga por otro mejorado con celostato, y la Universidad de Ginebra instaló un telescopio de 40 cm en 1960, que se cambió cinco años después por una unidad de 76 cm. En 1967 se construyó una nueva cúpula astronómica.

Desde 1969, el observatorio de Jungfrauoch ha estado bajo la dirección del Dr. Hermann Debrunner, profesor de física de la Universidad de Berna. En 1973 el Profesor Debrunner también fue nombrado presidente de la Fundación Internacional para Estaciones de Investigación en los Alpes altos y de la Comisión suiza del Jungfrauoch. En la actualidad, el mayor uso de la estación de Jungfrauoch corre a cargo del Instituto de Astrofísica de la Universidad de Lieja, bajo la dirección del Profesor L. Delbouille. Los últimos traba-

* En la actualidad los miembros de la Fundación son el Fondo Nacional de Investigación Científica (Bélgica); la Sociedad Max Planck para el Avance de la Ciencia (República Federal de Alemania); el Centro Nacional de Investigación Científica (Francia); la Sociedad Real (Reino Unido); el Consejo Nacional de Investigación (Italia); la Academia de Ciencias (Austria); la Sociedad de Ciencias Naturales y las compañías de ferrocarriles Jungfrauoch y Gornergrat (Suiza).

jos incluyen comparaciones de los análisis espectrales realizados al principio (en 1951) y los realizados hoy: por ejemplo, se ha encontrado un marcado aumento de la absorción en las longitudes de onda correspondientes al CF_2Cl_2 (CFC-12). A pesar de que la mayor parte de la investigación en Jungfraujoch se realiza en los campos de la astronomía y de la astrofísica, un número considerable de científicos en los campos de la medicina y de la biología encuentran las condiciones ideales para sus investigaciones experimentales. En cuanto a estudios medioambientales, se realizan medidas continuas de los compuestos de azufre y de partículas en la atmósfera. Como se explicará más adelante, la Universidad de Berna está iniciando un programa a largo plazo para controlar las diversas especies en trazas de la atmósfera. El glaciar Aletsch ha demostrado ser una fuente valiosa para el estudio del clima y de la composición de la atmósfera en el pasado.



El observatorio en la Esfinge

Los medios e instalaciones

El hotel de Jungfraujoch fue destruido por un incendio en 1972 por lo que los visitantes ya no pueden hacer noche. Sin embargo, tanto en sentido literal como figurado, el hacer una excursión allí durante el día sigue siendo una obligación para aquellos que pasan sus vacaciones en Interlaken. El viaje desde Interlaken, con dos cambios de tren, supone un poco más de dos horas y cuarto tanto vía Grindelwald como vía Lauterbrunnen, pero la prudencia hace que se tarde un poco más en el descenso. Aunque los últimos 40 minutos del viaje transcurren dentro del túnel, hay dos paradas intermedias en las que se permite a los pasajeros admirar las vistas a través de las amplias ventanas hechas en la roca: la primera en la siniestra pared norte del Eiger, desafío irrisistible para los montañeros de élite, y la segunda hacia el este sobre parte del glaciar Fiesch, con un caos de bloques del glaciar.

El ferrocarril de Jungfraujoch funciona todo el año; el servicio sólo se interrumpe cuando hay ventiscas especialmente graves que hacen imposible mantener la vía limpia de nieve o cuando existe un gran peligro de avalanchas. En el caso de cardíacos, u otras emergencias, la víctima puede ser evacuada mediante helicóptero; si el tiempo en el puerto es demasiado malo para esto, siempre hay un tren de reserva que puede trasladar al paciente a través del túnel hasta Eigergletscher, a 2320 m, donde generalmente las condiciones son mejores.

En el laberinto de túneles del complejo de la cima, una verja deslizante disuade a los turistas de adentrarse en el interior de la estación de investigación. Esta dispone de un ascensor que enlaza los alojamientos de los científicos, la vivienda del guarda y los laboratorios. El calor, los agradables paneles de madera y las ventanas al mundo exterior son muy bien acogidas tras la fría desnudez de las rocas de los túneles. Hay 15 dormitorios individuales para los científicos visitantes, además de una cocina totalmente equipada, un comedor, una sala de estar y una bien dotada biblioteca que también puede servir como sala de conferencias. Durante la mayor parte del día los investigadores pueden, si lo desean, hacer uso de la cafetería pública. Las provisiones pueden encargarse por teléfono a los almacenes de Grindelwald o de Wengen y los pedidos son enviados por tren al día siguiente.

La mayoría de las medidas astronómicas y geofísicas se realizan desde el observatorio de la Esfinge. Este es el mejor mirador y el público tiene acceso a una plataforma a nivel del suelo, pero el ascensor no es muy amplio y en un día agradable los turistas a menudo tienen que hacer cola durante una hora o más en el húmedo túnel antes de que les llegue su turno para poder admirar un panorama generalmente reservado a los alpinistas que suben por el camino más duro.

Meteorología

Desde 1980 el Jungfrauoch ha sido equipado con una sofisticada estación meteorológica automática que puede medir hasta 30 variables. Un ordenador situado en la sede de Zurich del Instituto Meteorológico suizo interroga la estación cada diez minutos mediante una línea telefónica alquilada, recopila los datos y, cuando se considera oportuno, genera partes SYNOP. Durante cinco horas sinópticas diurnas, los partes se completan con observaciones visuales de la nubosidad, visibilidad y tiempo presente; estas observaciones se cifran y se introducen en el sistema automático por el personal de guardia en la estación de investigación.

No todo el mundo tiene la constitución física y el temperamento para adaptarse a esta vida. La presión media del aire en Jungfrauoch es de 653 hPa y hay un 35 por ciento menos de oxígeno que al nivel del mar. Cada tarde el personal del ferrocarril y los proveedores bajan a Eigergletscher o a lugares más bajos, dejando al guarda, a su mujer y a los científicos que están en la estación de investigación en un completo aislamiento hasta que llega el primer tren de la mañana siguiente. Esta situación puede inducir en la mente de algunas personas una necesidad imperiosa de libertad, pero el individuo debe de recordar que él o ella están limitados al recinto de la estación debido al peligro de las grietas de los campos nevados.

El guarda y observador meteorológico hasta finales de julio de 1988 fue el Sr. Florian Gabriel. A la respetable edad de 77 años, ha decidido finalmente retirarse al sur de Francia. Nacido en el cantón suizo de Graubunden, hijo de un hostelero, el Sr. Gabriel dirigió su propio hotel en Argelia durante 30 años hasta 1960. De vuelta a Suiza tuvo que volver a empezar, y durante cierto tiempo dirigió un hotel de montaña en Diavolezza, a 3000 m, en la región bernina de Graubunden. A la edad de 67 años, el Sr. Gabriel acepta el puesto de guarda suplente en Jungfrauoch, para convertirse luego en guarda permanente. Aunque argelina de nacimiento, la Sra. Gabrielle Gabriel no tuvo ninguna dificultad en adaptarse a las condiciones de alta montaña. Tampoco la tuvo su simpático perro.

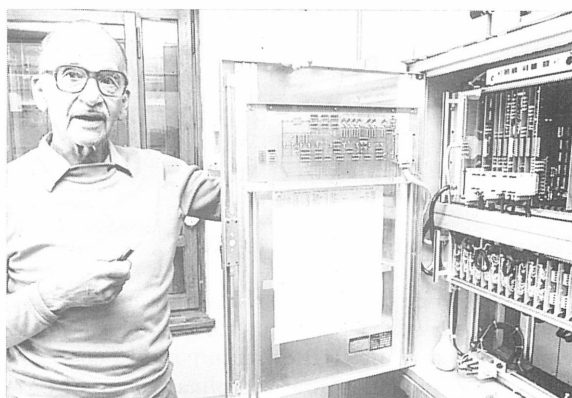
La gente que piensa emprender un viaje a Jungfrauoch, especialmente los alpinistas, tienen la costumbre de llamar a media noche para preguntar cuáles son las condiciones del tiempo. En consecuencia, con el fin de que el guarda disfrute de unas pocas horas sin ser molestado, se instaló un sistema de contestación automática. El Sr. Gabriel selecciona una

de las doce cintas pregrabadas, y que van desde visibilidad excelente y ausencia de nubosidad a visibilidad cero y nevada intensa.

El Sr. Gabriel dice que una de las características más desagradables de la vida en la estación son los episodios ocasionales de vientos persistentes del sur, durante los cuales resulta imposible abrir una ventana para renovar el suministro de oxígeno. Tiende a comentar las dificultades a la hora de realizar observaciones antes de que se instale la estación automática, pero claro entonces sólo estaba próximo a los 70 años.

El Instituto Meteorológico suizo ha proporcionado amablemente algunos datos climatológicos de Jungfraujoch. La velocidad media del viento a lo largo del año es de $7,8 \text{ ms}^{-1}$, con un valor máximo registrado de 54 ms^{-1} (hay que hacer notar que la estación está protegida por el suroeste por el Jungfrau y del noroeste por el Mönch). Febrero es el mes más frío con una temperatura media de $-14,8^\circ\text{C}$ (máxima media $-12,0$, mínima $-17,7^\circ\text{C}$). Julio y agosto tienen ambos una media de $-1,5^\circ\text{C}$, pero es el mes de octubre el que tiene la menor diferencia entre la media máxima ($-4,7^\circ\text{C}$) y la mínima ($-9,0^\circ\text{C}$). La temperatura máxima absoluta es de $10,2$ y la mínima absoluta de $-36,9^\circ\text{C}$. Resulta interesante comparar la insolación mensual media con la de niveles inferiores:

Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Año
Jungfraujoch	107	106	155	154	162	157	202	198	172	143	115	114	1785
Ginebra	54	98	167	204	236	261	287	257	189	123	61	42	1979



El Sr. F. Gabriel abre la caja de control de la estación meteorológica automática del Jungfraujoch

Fotografías: Internationale Stiftung HFSJG

Análisis de la composición de la atmósfera

Las siguientes notas están basadas en un informe facilitado por el Dr. B.E. Lehmann *et al.* del Instituto de Física de la Universidad de Berna. Bajo la dirección del Profesor H. Oeschger, el Instituto ha emprendido la primera fase de un programa a gran escala para controlar los diversos componentes de la atmósfera. Esta fase inicial consiste en la medida continua del peróxido de hidrógeno y del peróxido orgánico mediante "análisis de inyección de flujo". El peróxido de hidrógeno H_2O_2 es un importante oxidante atmosférico, que juega un notable papel en la conversión del anhídrido sulfuroso en ácido sulfúrico y en los diferentes ciclos H_xO_y . También sirve como un indicador en la fotoquímica troposférica de los radicales OH que regulan las concentraciones de los gases en trazas. Además, hay alguna evidencia de que el H_2O_2 está directamente implicado en el daño causado a los bosques de las regiones alpinas.

Además de lo expuesto para el control de peróxido, se utilizará un sistema de absor-

ción óptica diferencial (DOAS) para determinar el origen de las masas de aire transportadas sobre los Alpes. El principio en el que se basa el sistema es registrar la absorción espectral entre un emisor de xenon de alta presión, de 150 vatios, situado a 3700 m en la loma oriental del Jungfrau y un receptor automático en el observatorio, a un kilómetro de distancia. Para empezar, las medidas se concentrarán en el ozono, el (NO₂), el (SO₂) y vapor de agua, extendiéndose posteriormente a otras especies tales como nitritos, el H₂CO e hidrocarburos seleccionados. Eventualmente se añadirán al programa el óxido de carbono, el anhídrido carbónico, el metano y otros gases. Se hacen medidas simultáneas de la presión, temperatura y velocidad del viento. Este trabajo se enmarca dentro de la Cooperación Científica y Técnica europea: COST-611 sobre el comportamiento físico y químico de los contaminantes atmosféricos. Se espera que la técnica DAOS dé unas medidas más precisas que las obtenidas hasta ahora mediante medios convencionales.

La Comisión Jungfrauoch aceptará de buena gana las peticiones de los grupos de investigación de cualquier país para utilizar sus alojamientos y medios de alta montaña. Las solicitudes deben dirigirse al Profesor Dr. H. Debrunner, Presidente, Internationale Stiftung HFSJG, Universidad de Berna, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Berna, Suiza.

R. M. P.

EL SISTEMA DEL CENTRO MUNDIAL DE DATOS PARA LA GEOFISICA

PARTE II – LOS CENTROS Y SUS FUNCIONES

Por STANLEY RUTTENBERG*

Centros Meteorológicos de la OMM

El CMM de Washington (EE.UU.) suministra mediante el SMT datos operativos al Centro Mundial de Datos A para la meteorología con sede en Asheville, Carolina del Norte. El CMM de Moscú (URSS) incorpora el Centro Mundial de Datos B para la meteorología, la oceanografía y otras disciplinas afines. El CMM de Melbourne (Australia) sirvió como centro de datos meteorológicos de la Antártida durante el Año Geofísico Internacional (AGI) y, además, suministró análisis para el hemisferio sur. Desde entonces, este CMM se ha dedicado en gran parte a los productos meteorológicos operativos. Estos centros han suministrado amablemente la información dada a continuación sobre algunas de sus actuales actividades.

EE.UU.

El CMD-A está situado al lado del Centro nacional de datos climáticos de la NOAA, en Asheville, el cual sirve también de centro nacional de datos meteorológicos de los EE.UU. Las funciones principales han sido el mantener archivos de datos y publicaciones de investigación aportados por países Miembros de la OMM, y mantener conjuntos de da-

* University Corporation for Atmospheric Research, Boulder (EE.UU.). El autor es presidente del Grupo del CIUC sobre los CMD.