

Vuelo a vela térmico

Por W. GEORGII

(De *Luffahrtforschung*, 25-10-1934)

Introducción

Las tres condiciones previas para el desarrollo del vuelo sin motor, que son: conocimiento de las posibilidades atmosféricas, aviones adecuados y capacidad aviatoria del piloto, muestran bien a las claras su directa influencia sobre el mejoramiento de las performances de los veleros. Los primeros prototipos de veleros térmicos: el *Blaue Maus*, de Klemperer, y el *Wampyr*, de Madelung, fueron la condición previa para el éxito que ha tenido en su desarrollo el vuelo sin motor. La capacidad aviatoria agotó todas las posibilidades del vuelo en pendiente y elevó sus performances hasta llegar a trayectos de 100 kilóme-

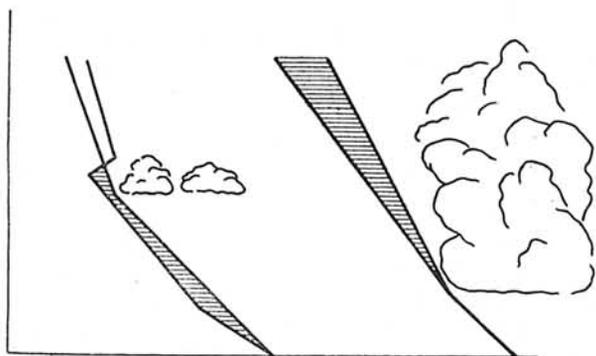


Fig. 1. — A la izquierda: Emagrama representativo de la *térmica de radiación* por recalentamiento del suelo; cúmulos de buen tiempo. Se presenta muy entrada la mañana y pasado el medio día. — A la derecha: Emagrama de la *anemotérmica* producida por masas tropicales lábiles de aire húmedo marino; vías de cúmulos y láminas nubosas. Se presenta en las primeras horas de la mañana y a media tarde.

tros. La investigación meteorológica mostró al vuelo sin motor las posibilidades del vuelo térmico, liberándolo así de la esclavitud de la montaña. Esto trajo consigo la necesidad de crear métodos de despegue propios para ser utilizados en el llano, tales como el remolque por avión y por cabrestante móvil. Con el conocimiento del vuelo a vela térmico, que hasta ahora comprende el vuelo con nubes, el vuelo con frentes y el vuelo térmico puro, es decir, el vuelo sin nubes, abarcamos todas las posibilidades de vuelo a vela que tienen realmente importancia práctica. No obstante, esto no quiere decir que esté ya cerrado el gran ciclo evolutivo que hace unos años ha comenzado con el descubrimiento del vuelo a vela térmico; precisamente han demostrado lo contrario las elevadas performances realizadas en el último Concurso de Vuelo a Vela en la Rhön (1934). Estas performances nos han mostrado el camino a seguir para alcanzar nuevos éxitos, para lo cual no cuentan tan sólo el perfeccionamiento de los veleros y la ampliación de la capacidad aviatoria de los pilotos. Una comprobación de este aserto la suministra el hecho de la gran diversidad de tipos de veleros y la multitud de volovelistas que en el último Concurso han alcanzado aproximadamente las mismas performances. En consecuencia, es indudable que el vuelo a vela térmico ofrece todavía posibilidades que hasta ahora no han sido aviatoriamente valorizadas, o que no han sido conquistadas aún para el vuelo sin motor por la investigación científica.

Como aclaración del problema daremos los fundamentos físicos de los movimientos térmicos verticales de la atmósfera. Los movimientos térmicos verticales presuponen, excepto en el

caso de un sobrecalentamiento local, una atmósfera lábil, es decir, una caída vertical de temperatura mayor que el gradiente adiabático húmedo o seco. Esta labilidad puede ser producida por la irradiación solar diurna, o sea por el calentamiento de las capas inferiores de la atmósfera; pero también puede ser originada por enfriamiento en la altura. También este enfriamiento en la altura puede tener su origen en procesos de radiación. Ahora bien, para el presente problema son más importantes los procesos por los cuales se produce el enfriamiento en la altura a causa de la advección del aire frío. Así como la advección de masas de aire frías puede dar lugar a una atmósfera lábil, también las masas de aire calientes procedentes de las latitudes australes pueden dar el mismo resultado, convirtiendo de este modo en movimientos térmicos verticales la energía térmica tomada por ellas en dichas latitudes.

De estos fundamentos físicos se puede deducir un sistema de posibilidades de vuelo a vela térmico que nos muestra los caminos que todavía pueden ser ensayados para el desarrollo volovelístico.

Posibilidades de vuelo a vela térmico

a) *Térmica solar o térmica de radiación.*—La térmica solar o la térmica de radiación dan lugar a las corrientes ascendentes normales, familiares a todo volovelista, y características de los días calmos de verano. Se produce por sobrecalentamiento de las capas bajas de la atmósfera, y por lo tanto, depende mucho de las características locales del terreno, es decir, de la repartición de descampado, bosques y campos húmedos, etc. La distribución de las zonas de corrientes ascendentes y descendentes es irregular, dependiendo de la constitución del terreno. Existen posibilidades de aprovechamiento de esta térmica para el vuelo a vela desde las nueve a las diez y ocho horas. La mayoría de los vuelos a vela térmicos han sido realizados en estas condiciones.

La figura 1 contiene las curvas de estado de la atmósfera con térmica de radiación en forma de emagramas: la curva de la izquierda da el estado de temperatura del aire en reposo, y la de la derecha el curso de la temperatura en una partícula de aire que asciende desde el suelo. La parte rayada de las gráficas representa la labilidad de la atmósfera, de la cual dependen

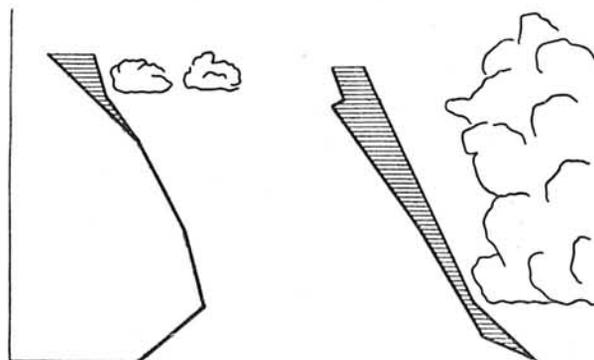


Fig. 2. — A la derecha: Emagrama de la *térmica oceánica* producida por la diferencia de temperatura entre el aire y el agua; vías de cúmulos y láminas nubosas. Se presenta a la noche y a media mañana. — A la izquierda: *Térmica de altitud* producida por enfriamiento en la altura; alto-cúmulos. Se presenta independientemente de la hora del día y de la estación del año.

la velocidad vertical y la altura alcanzable por el aire ascendente.

b) *Térmica nocturna.* —La térmica nocturna ha sido repeti-

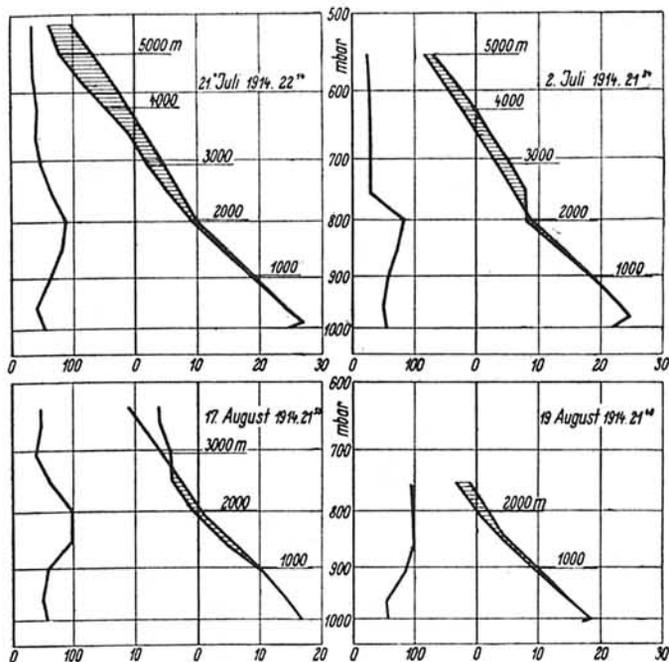


Fig. 3. — Emagramas de la *térmica nocturna* correspondientes a los días del año indicados en los mismos. Se aprecia bien claramente que el estado de labilidad de la atmósfera no comienza sino a partir de los 1.000 metros de altura.

das veces observada por los volovelistas sin que hasta ahora se haya hallado su explicación. Las correspondientes curvas de estado de la figura 3 (2 de julio, 21 de julio, 17 de agosto y 19 de agosto de 1934) aclaran estas corrientes térmicas ascendentes que se presentan después de la puesta del sol. En el caso de la *térmica nocturna* se trata de una *térmica residual* que existe todavía en la altura a consecuencia del calentamiento diurno. Mientras las capas inferiores de la atmósfera, cercanas al suelo,

bajo la influencia de la irradiación que se establece al llegar la noche quedan frías y por tanto muy estables y libres de movimientos verticales (2-7 y 19-8, inversión al nivel del suelo), en cambio en todos los ejemplos se ve que a alturas mayores de 1.000 metros aumenta la labilidad de la atmósfera. Por lo tanto, a alturas superiores a 1.000 metros se pueden todavía encontrar, bajo las condiciones antes citadas, movimientos verticales libres de la atmósfera aun cuando ya esté muy entrada la noche. Pero la labilidad de la atmósfera así como los movimientos verticales libres del aire presuponen *disgregación*, es decir, las partículas de aire han de ser sacadas por algún proceso del equilibrio térmico en que se encuentran en su estado de reposo. Estos procesos de *disgregación* son: la *disgregación orográfica*, o sea el forzado empuje que sufren las partículas de aire al chocar contra los obstáculos de la superficie; la *disgregación por diferencias de aspereza de la superficie terráquea* (paso de la corriente de aire desde mar a tierra o desde un descampado al bosque); o la *disgregación turbulenta* en la zona de contacto entre dos masas de aire que se mueven con velocidades diferentes. Durante el día, la *disgregación del movimiento térmico vertical* se verifica generalmente al nivel del suelo donde la diversa configuración del terreno ofrece gran número de posibilidades de *disgregación*. En el caso de la *térmica nocturna* la *disgregación* no puede ocurrir al nivel del suelo llano, pues sobre él yace la capa enfriada de la atmósfera, que es muy estable. La *disgregación de la estabilidad superior* sólo puede ser producida por montañas que alcancen la altura de la zona lábil superior impidiendo la circulación de la corriente de aire. En consecuencia, con la excepción del caso de la *disgregación turbulenta*, la *térmica nocturna* no puede ser utilizada para el vuelo a vela sino a partir de zonas montañosas. Algunos vuelos realizados en los concursos de la Rhön y que se caracterizaron precisamente por un vuelo tranquilo a gran altura durante las horas del anochecer se explican muy bien por esta *térmica nocturna*.

c) *Anemotérmica.* —La denominada «anemotérmica» ha permitido la realización de los grandes vuelos verificados en el Concurso de la Rhön de este año. En la figura 4 se consignan los vuelos superiores a 300 kilómetros de longitud realizados el

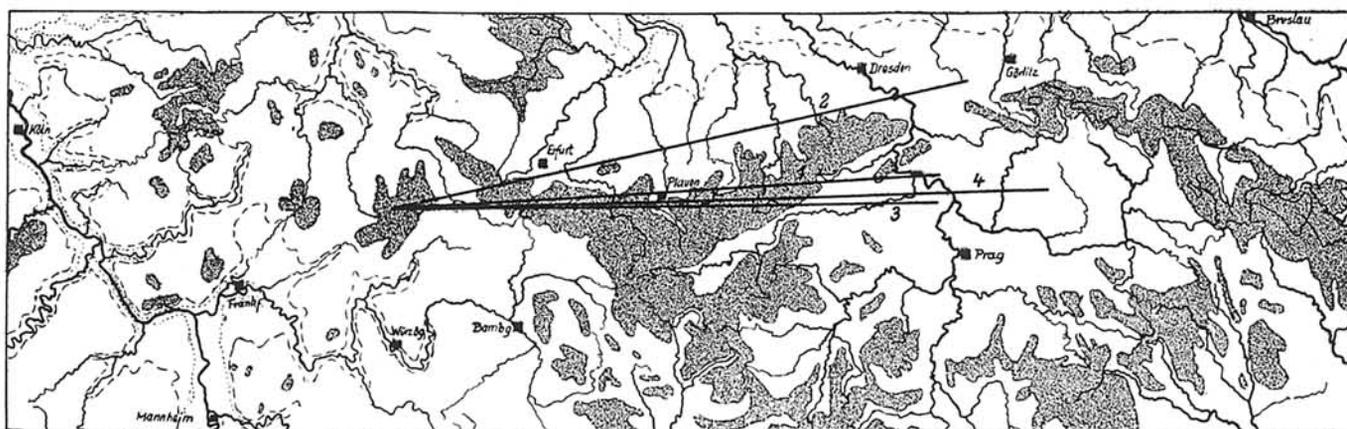


Fig. 4. — Los vuelos de más de 300 kilómetros en línea recta verificados en el Concurso de Vuelo a Vela en la Rhön 1934.

Día	PILOTO	AVIÓN	Salida	Aterrizaje	Duración	Trayecto en kilómetros	Velocidad de vuelo Kms./h.	Viento entre 1.000 y 2.000 metros de altura en kms./h.	Vuelo
26-7	Hofmann.....	« <i>Idgr. Baden</i> »	11 h. 18 m.	16 h. 55 m.	5 h. 38 m.	310	56	45	1
	Hirth.....	« <i>Moazagott</i> »	11 h. 19 m.	17 h. 30 m.	6 h. 11 m.	351	56,5		2
27-7	Wiegmeier.....	« <i>Präsident</i> ».....	11 h. 33 m.	16 h. 45 m.	5 h. 12 m.	315	60,5	49,5	3
	Dittmar	« <i>São Paulo</i> ».....	11 h. 53 m.	17 h. 30 m.	5 h. 37 m.	375	67		4

26 y 27 de julio de 1934. El gran número de vuelos realizados sobre diferentes tipos de aparatos por distintos pilotos en dos días seguidos nos indica que tales performances han sido facilitadas por especiales circunstancias atmosféricas. La combinación de una buena térmica con grandes velocidades de viento dió por resultado una gran velocidad de ruta de los veleros, haciendo así posible la realización de tan largos trayectos. La denominación «anemotérmica» caracteriza las condiciones especiales que en aquellos días reinaron. Es sorprendente que en años anteriores no hayan sido utilizadas las mismas circunstancias para la realización de grandes vuelos; pero es natural que en el período de cada concurso no se presenten todas las posibilidades favorables al vuelo. Tampoco los frentes tormentosos

ca reinante en la atmósfera, combinada con una gran velocidad del viento se resuelve, en su mayor parte, en *láminas* de aire ordenadas con cierta regularidad. Estas *láminas* cuyos ejes coinciden con la dirección del viento forman extensas *vías* de nubes, que para el volovelista representan *vías ascensionales* a lo largo de las cuales puede volar sin detenerse con condiciones de viento ascensional bastante regularizadas y sin perder altura. Así se explica también la gran velocidad de crucero de los veleros que volaron el 26 y 27 de julio. Estas condiciones resaltan de un modo excepcional en el barograma del vuelo de Heini Dittmar sobre el *São Paulo* verificado el 27 de julio (véase la figura 5).

Diferenciándose notablemente de los barogramas normales

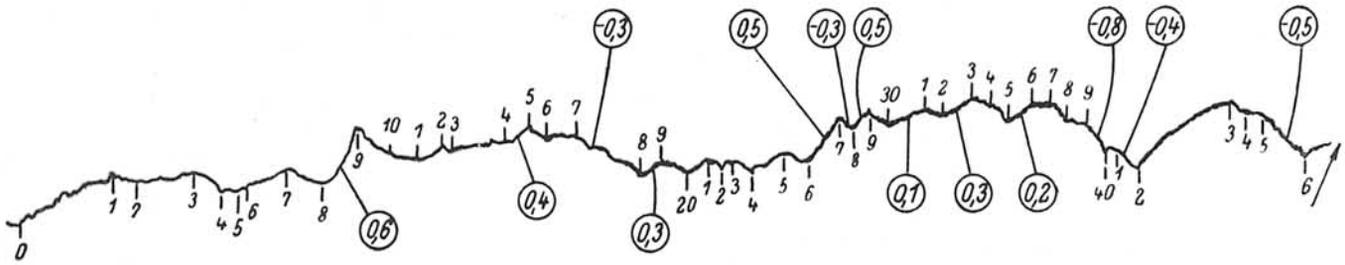


Fig. 5. — Barograma del vuelo realizado el 27-7-34 sobre velero «*São Paulo*» pilotado por H. Dittmar. El despegue se verificó a las once cincuenta y tres y el aterrizaje a las diez y siete treinta. El trayecto fué desde la *Wasserkuppe* hasta *Liban* (Checoslovaquia), con una distancia en línea recta de 375 kilómetros. El barógrafo utilizado ha sido un *Luffl 5117, 5000 m., seis horas*. Los números incluidos en un círculo representan las velocidades (en metros por segundo) verticales del viento. Los números pequeños representan distancias (en miriámetros) en función del tiempo (recorrido real). En el punto señalado con una flecha el barógrafo dejó de funcionar.

pueden ser utilizados en esa época todos los años. A esto hay que añadir todavía que con cierto fundamento venía imperando la creencia de que una buena térmica está ligada a pequeñas velocidades de viento. Basándonos en los fundamentos físicos de la térmica expuestos al principio de este artículo podemos dar una explicación de la anemotérmica. La combinación de una buena térmica con grandes velocidades de viento nos indica que las condiciones térmicas favorables de la atmósfera no se originan localmente, es decir, por irradiación solar local, sino por advección de grandes masas de aire húmedo y caliente. El estudio de los citados vuelos nos ha mostrado que se trata de masas tropicales de aire húmedo y caliente, las cuales en los días en cuestión (26 y 27 de julio) soplaban hacia Europa procedentes de la región del Atlántico aproximadamente situada al Sur de las Azores. Estas masas de aire aportaban de aquellas latitudes tropicales la energía calórica que en nuestra región se tradujo en la intensa térmica observada. El proceso de disgregación de estas masas de aire lábiles es característico y de gran importancia para el vuelo a vela. Mientras en la térmica de radiación de origen local las corrientes ascendentes y descendentes están distribuidas de un modo irregular, en cambio las masas compactas lábiles muestran una cierta regularidad en la distribución de las corrientes ascendentes. La labilidad térmica

del vuelo a vela térmico los cuales muestran grandes desniveles de altura; el del citado vuelo de Heini Dittmar se caracteriza por mostrar un nivel de altura casi constante. En el vuelo se han podido utilizar las múltiples *vías* de nubes que se ofrecían al piloto sin tener que estacionarse trazando círculo tras círculo en las zonas de ascendencia de distribución arbitraria. La expedición alemana de vuelo a vela a Suramérica ha traído de allí muy curiosos barogramas referentes a los vuelos de Peter Riedel sobre el *Fafnir*. Estos vuelos, como los del 26 y 27 de julio en la *Wasserkuppe*, fueron realizados con masas de aire tropicales lábiles y homogéneas caracterizadas por su elevado grado de humedad y temperatura. En las regiones del Brasil y la Argentina escogidas por la expedición alemana, las posibilidades para el vuelo a vela no son en esencia diferentes de las de nuestro país. Normalmente también predomina allí una térmica de radiación provocada por un sobrecalentamiento local. El record de altura de Dittmar (4.300 metros) conquistado el día 17 de febrero de 1934 en el Campo dos Affonsos, cerca de Río de Janeiro, fué realizado en presencia de perturbaciones meteorológicas.

En este día se extendieron sobre la parte Norte del Continente masas de aire ecuatoriales húmedas. En consecuencia, se revela una íntima relación entre los dos vuelos de record de Dittmar:

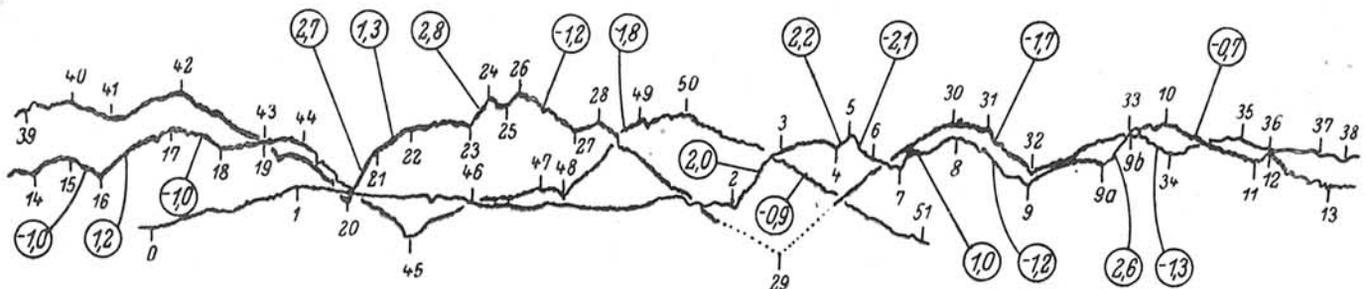


Fig. 6. — Barograma del vuelo realizado el 27-7-34 sobre el velero «*Präsident*» pilotado por E. Wigmeyer. El despegue se verificó a las once treinta y tres y el aterrizaje a las diez y seis cuarenta y cinco. El trayecto fué desde la *Wasserkuppe* hasta *Raudnitz* (Checoslovaquia). El barógrafo utilizado ha sido un *Luffl 5410, 5000 m., dos horas*.

el vuelo del record de altura en el Brasil y el vuelo del record de distancia en la Wasserkuppe. Ambos vuelos han sido realizados con el auxilio de la anemotérmica; en ambos casos fueron utilizadas las favorables condiciones características de las masas de aire húmedas tropicales procedentes de bajas latitudes. También el 20 de agosto de 1934 fué realizado por Ziegler en Hesselberg, cerca de Ansbach, un vuelo de 330 kilómetros sobre el velero *Milán*. El estudio de las condiciones en que ha sido realizado este vuelo, nos demuestra que han concurrido en él las mismas circunstancias que en los anteriormente citados, lo cual demuestra que de hecho la anemotérmica puede ser considerada como la más favorable condición para la realización de vuelos de gran distancia. La anemotérmica puede ser definida como la transformación de la energía potencial de masas de aire lábiles procedentes de latitudes tropicales en energía cinética de circulación de aire.

d) *Térmica oceánica*. — Las observaciones verificadas en la expedición a Sudamérica nos permiten asegurar que sobre la parte tropical del Océano existen condiciones muy favorables para el vuelo a vela. Las condiciones para la formación de la

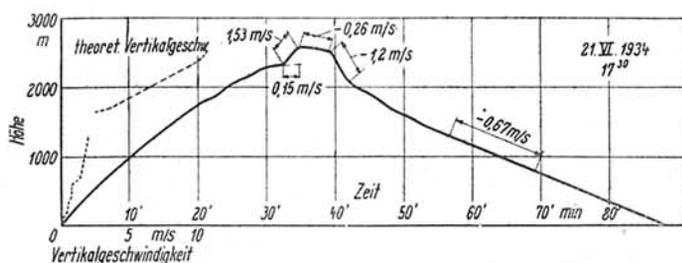


Fig. 7. — Curva altura-tiempo del velero «Präsident». Sobre el eje de las abscisas están los tiempos en minutos, y bajo el mismo las velocidades verticales en metros por segundo. La parte punteada de la curva representa la velocidad vertical teórica. Las alturas (ordenadas) están expresadas en metros.

térmica sobre el agua son distintas de las de tierra. A consecuencia de la inercia térmica del agua dependen menos de la radiación diurna del Sol que de la temperatura del agua en relación con la del aire. En cualquier parte del Océano donde la temperatura del agua sea más elevada que la del aire que sobre ella yace pueden ser originadas corrientes térmicas ascendentes. Para la formación de una buena térmica oceánica bastan diferencias de temperatura relativamente pequeñas. En la figura 2 se da también la curva de estado de la atmósfera para la térmica oceánica. En la capa más baja de la atmósfera, situada sobre la superficie del agua, que posee más calor que aquélla, se establece una caída de temperatura lábil a consecuencia de la cual y por la acción del calor de condensación liberado se puede originar una gran labilidad de la atmósfera. A causa de la regularidad y homogeneidad de la superficie del Océano los procesos de disgregación realizados sobre la superficie del mar son más regulares que los que se verifican sobre la superficie de la tierra calentada con irregularidad. De modo análogo, pero todavía con más regularidad que en la anemotérmica sobre tierra firme, se presentan las corrientes térmicas ascendentes sobre el Océano acompañadas de láminas de estratificación que forman vías de una gran extensión y extraordinaria regularidad sobre la inmensidad oceánica.

La expedición a Suramérica ha fotografiado estas vías de nubes que en forma muy definida atravesaban de horizonte a horizonte cruzando la totalidad del cielo visible. Como la diferencia de temperatura entre el aire y el agua se acentúa por la noche y en las primeras horas de la mañana, resulta naturalmente que es entonces cuando la térmica oceánica se presenta con más intensidad. Fundándose en sus observaciones, la

expedición a Suramérica ha sacado la impresión de que sobre la parte tropical del Océano pueden ser realizados vuelos a vela. Como el oleaje en estas regiones es normalmente moderado, el despegue y amaraje no ofrecerían excepcionales peligros. Como forma de despegue la primera que se presenta a nuestra consideración es el remolque por avión. El avión remolcador cumpliría al mismo tiempo la misión de escoltar al velero para llevarlo al buque nodriza una vez que hubiese amarrado. De esta forma pueden ser realizados vuelos de distancia de más de 100 kilómetros. Sería un magnífico lauro para el vuelo a vela alemán el establecer estos vuelos con térmica oceánica en colaboración con la base móvil *Schwabenland*, que precisamente se halla situada en la parte del Océano favorable a tales vuelos.

Hasta ahora el vuelo a vela estaba limitado a las horas diurnas y a la estación calurosa del año, pues los veleros sólo utilizaban la térmica procedente de la radiación solar. Los fundamentos físicos de las corrientes térmicas ascendentes antes expuestos han demostrado que la inestabilidad térmica del aire y por consiguiente las corrientes térmicas ascendentes pueden originarse independientemente de la radiación solar.

e) *Térmica de altitud*. — La curva de estado de la atmósfera para la térmica de altitud se encuentra en la figura 2. Las capas inferiores de la atmósfera son muy estables, y por la noche, y en el invierno, pueden mostrar inversión al nivel del suelo. La labilidad del aire se presenta tan sólo al partir de alturas de 2.000 metros provocada por la acentuación de la caída de temperatura a consecuencia del aporte de aire frío hacia arriba. El campo de corrientes ascendentes en esta altura está señalado en la figura 2, para la térmica de altitud, por medio del rayado. Los primeros experimentos para el estudio de la térmica de altura fueron realizados por el D. F. S. en el verano del presente año. La figura 7 muestra la curva altura-tiempo del vuelo realizado el 21 de junio de 1934, a las diez y siete horas y treinta minutos, por Hanna Reitsch, pilotando el velero *Präsident*. El velero fué remolcado a 2.600 metros de altura. Durante el vuelo remolcado se observó que al llegar a los 2.400 metros aumentó repentinamente la velocidad ascensional. El velero una vez desligado de su remolcador conservó durante algún tiempo la altura a que había sido remolcado. De la curva altura-tiempo se deduce que entre 2.400 y 2.500 metros reinaban corrientes ascendentes de velocidad aproximada de 1,4 metros por segundo y en el techo de unos 0,5 metros por segundo. Estos resultados animan sin duda a continuar experimentando en este sentido. Como la térmica de altura es independiente de la radiación solar, su estudio y aprovechamiento abre posibilidades de vuelo a vela durante la noche y en los meses de invierno. Ahora bien: para realizar esto, además de contar con las adecuadas condiciones atmosféricas, es necesario remolcar el velero hasta una altura comprendida entre 2.500 y 3.000 metros. Las situaciones meteorológicas favorables para el vuelo a vela de altura están caracterizadas por la presencia de alto-cúmulos.

RESUMEN

Si se pasa revista a las posibilidades de vuelo a vela térmico se llega a la conclusión de que hasta ahora sólo están bien estudiadas para su aprovechamiento volovelístico las formas más sencillas de corrientes ascendentes térmicas, es decir, la térmica solar o de radiación. De la anemotérmica todavía se pueden esperar grandes progresos para el vuelo a vela en el sentido de aumentar las distancias de vuelo y la velocidad de los veleros. La térmica nocturna, la térmica oceánica y la térmica de altitud están todavía en período de investigación y aun no puede ser prevista su trascendencia para el vuelo sin motor.