

- daily central England temperature series, 1772-1991. *Int. J. Climatol.*, 12, 317-342.
- PARKER, D. E., M. GORDON, D. P. N. CULLUM, D. M. H. SEXTON, C. K. FOLLAND and N. RAYNER, 1997: A new daily central England temperature data base and recent temperature trends. *Gheophys. Res. Lett.*, 24, 1499-1502
- PETERSON, T. C., H. DAAN and P. D. JONES, 1997: Initial selection of a GCOS surface network. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 78, 2145-2152.
- RAYNER, N. A., E. B. HORTON, D. E. PARKER, C. K. FOLLAND and R. B. HACKETT, 1996: *Version 2.2 of the global sea-ice and sea surface temperature data set, 1903-1994*. Hadley Centre Climate Research Technical Note 74. Available from the National Meteorological Library, Met. Office, Bracknell, Berkshire RG12 2SZ.
- RAYNER, N. A., D. E. PARKER, P. FRICH, E. B. HORTON, C. K. FOLLAND and L. V. ALEXANDER, 1999: SST and sea-ice fields for ERA40. *Proceedings of the 2nd International Conference on reanalysis, 23-27 August 1999*.
- REYNOLDS, R. W., C. K. FOLLAND and D. E. PARKER, 1989: Biases in satellite-derived sea-surface-temperature trends. *Nature*, 341, 728-732.
- REYNOLDS, R. W., 1993: Impact of Mount Pinatubo aerosols on satellite-derived sea surface temperatures. *J. Climate*, 6, 768-774.
- SHEN, S. S., T. M. SMITH, C. F. ROPELEWSKI and R. E. LIVEZEY, 1998: An optimal regional averaging method with error estimates and a test using tropical Pacific SST data. *J. Climate*, 11, 2340-2350.
- SMITH, T. M., R. W. REYNOLDS, R. E. LIVEZEY and D. C. STOKES, 1996: Reconstruction of historical sea surface temperatures using empirical orthogonal functions. *J. Climate*, 9, 1403-1420.
- UNEP, 1998: *Convention on Climate Change* UNEP Information Unit on Conventions, 30 pages.
- WMO, 1993: *The Climate Agenda. Intergovernmental Meeting on the World Climate Programme*, Geneva, 14-16 April 1993. The Meeting and Statement Report.
- WMO, 1998: *First WCRP International Conference on Reanalysis*, Silver Spring Maryland, October 1997. WCRP 104. WMO TD/876. 461 pages. + 19 pages.
- WMO, 1999: *GCOS Baseline Upper-air Network (GUAN)*. List and map on the GCOS home-page: <http://www.wmo.ch/>

Breitling Orbiter 3: Aspectos meteorológicos de la vuelta al mundo en globo



Por Pierre Eckert* and Luc Trullemans**

Durante los últimos años, el vuelo ininterrumpido de un globo alrededor del mundo ha levantado pasiones, lo que se ha dado en llamar "la última aventura aeronáutica del siglo". Las reglas para este vuelo han sido diseñadas por la Fédération aéronautique internationale (<http://www.fai.org/ballooning/rtw2-98.htm>). En particular, estipulan que hay que volver a cruzar por segunda vez el meridiano de partida y que hay que cubrir una distancia mínima de unos 28.000 km, para

Este artículo apareció por primera vez en el Boletín N° 84 del CEPPM (verano de 1999). Ha sido ligeramente modificado para el Boletín de la OMM.

evitar vuelos cortos cerca de los Polos.

En 1993 tuvo lugar una carrera trasatlántica de globos y la ganó un equipo compuesto por el piloto belga Wim Verstraten y por el piloto suizo Bertrand Piccard. El Real Instituto de Meteorología de Bélgica suministró la asistencia meteorológica para el vuelo bajo la dirección de uno de los autores de este artículo (Luc Trullemans).

El Instituto de Meteorología Suizo se ha ganado, con la ayuda del segundo autor de este artículo (Pierre Eckert), una sólida reputación en la tarea de establecer rutas para las regatas de veleros, principalmente tres carreras Whitbread alrededor del mundo. Fue, por lo tanto, bastante natural para Bertrand Piccard y Wim

* Instituto Suizo de Meteorología; e-mail: pek@sma.ch

** Real Instituto Meteorológico de Bélgica; e-mail: luc.trullemans@skynet.be

Chateau-d Oex 46.3° N 7.5° E 1851M
 ECMWF Forecast from 26 February 1999 12 UTC
 Nearest land grid point (T319)

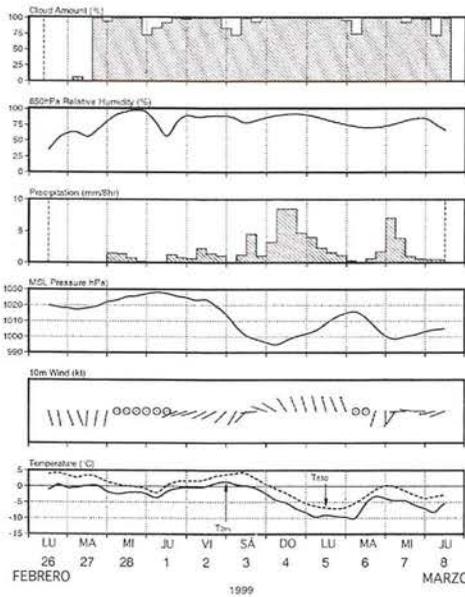


Figura 1 — El meteograma que cubre el periodo de lanzamiento. Se puede ver la pequeña "ventana" prevista sin precipitación durante la mañana del 1 de marzo de 1999; realmente la ventana fue un poco más grande y el cielo estaba menos cubierto de nubes.

Verstraten venir a vernos en 1995 para sopesar las posibilidades meteorológicas de emprender el desafío de una vuelta al mundo en globo. Un estudio climatológico mostró que la mejor estación es el invierno, para sacar provecho de la regularidad de la corriente en chorro subtropical que sopla a una latitud de unos 35° N. También es importante ser capaz de cambiar frecuentemente de altitud para aprovechar las variaciones de la dirección del viento con la altura, para poder dirigir el globo en la dirección deseada. Si, además, se quiere que el vuelo no dure demasiado y evitar los sistemas de circulación cerrados que a menudo se dan en altitudes bajas, es esencial tener la capacidad de volar a alturas por encima de 10 000 m o incluso de 12 000 m. Todo esto llevó a la construcción de un globo de tipo Rozier cuya sustentación básica estaba asegurada por una gran cantidad de helio que mantenía una altitud constante por el día, con un cono de aire calentado por propano que proporcionaba sustentación adicional (especialmente necesaria por la noche). También hubo que construir una cápsula presurizada que permitiera una duración de más de 20 días. Tanto el globo como la cápsula constituían importantes proezas tecnológicas; fueron diseñados y contruidos por la compañía británica Cameron

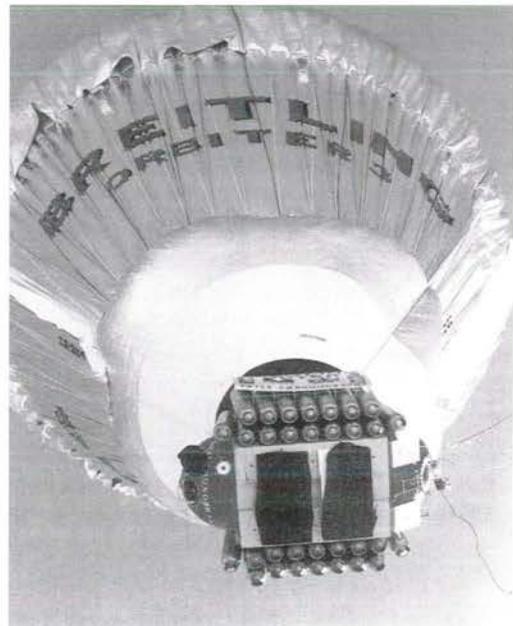


Piere Eckert (izquierda) y Luc Trullemans (fotografías: Regula Eckert)

Balloons. Los aspectos técnicos del proyecto están descritos en la página de Internet www.breitlingorbiter.ch.

Se eligió como punto de partida para el vuelo la estación alpina de Château-d'Oex, en Suiza, situada a 1 000 m sobre el nivel del mar. Este lugar es famoso por sus muchas actividades relacionadas con el deporte de los globos aerostáticos, incluyendo la organización de una reunión internacional que se celebra normalmente en enero. La ventaja de Château-d'Oex es que se puede controlar el viento satisfactoriamente en el fondo del valle; se necesitaron unas seis pacientes horas para inflar el globo. El inconveniente es la salida desde una latitud bastante alta para alcanzar la corriente en chorro subtropical, pero las simulaciones climatológicas mostraron que esto se podía conseguir con frecuencia.

Nuestro equipo intentó el proyecto sin éxito en 1997 y en 1998; alrededor de 20 participantes más tam-



El Breitling Orbiter 3 (Fotografía: Regula Eckert)

bién lo hicieron. Se volvió a considerar el invierno de 1998/1999 como un comienzo probable. Los dos pilotos elegidos para este intento fueron Bertrand Piccard (Suiza) y Brian Jones (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte). También había que satisfacer una importante restricción geopolítica, que era cruzar China al sur de la latitud 26° N (también disponíamos de otra ventana al norte de los 43° N, pero no la tomamos en consideración). Desde noviembre de 1998, nos concentramos en situaciones con viento del noroeste sobre los Alpes, que podrían primero llevarnos a Egipto y después al sur del Himalaya. Para hacer esto, calculamos trayectorias basadas en el modelo de las 12:00 UTC del Centro Europeo de Predicción de Plazo Medio (CEPPM) y en el modelo de predicción de plazo medio (MRF) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los EE.UU. También, se hizo una predicción de las condiciones de tiempo local (precipitación, nubosidad y viento) a medio plazo y sus probabilidades se evaluaron con la ayuda de las predicciones por conjuntos del CEPPM.

Sábado 27 de Febrero 1999 12z, t+ 42 VT: Lunes 1 de Marzo 06z

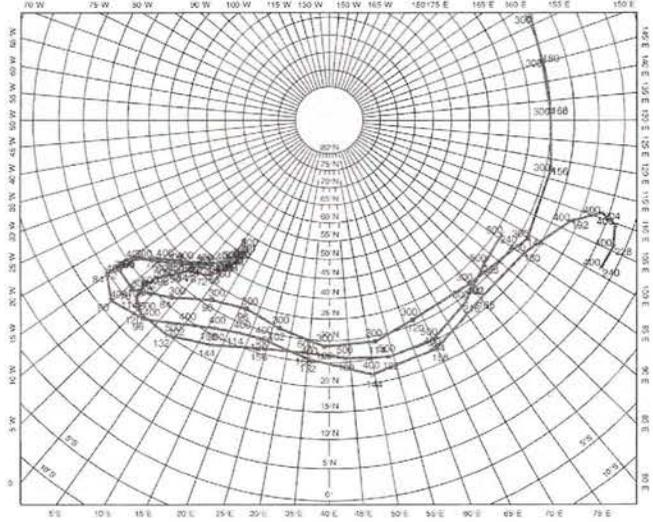


Figura 2 – Las trayectorias que teníamos a nuestra disposición cuando tomamos la decisión final de comenzar. Los números por encima de las trayectorias son los niveles de presión en hPa. Los números de debajo son el tiempo (horas) pasado desde la hora de inicialización de la predicción (las 12:00 UTC del 27 de febrero de 1999). Elegimos volar a alturas de entre 500 y 400 hPa para alcanzar Omán.

Nos dimos cuenta de que las situaciones de vientos fuertes del noroeste llevarían al globo rápidamente a latitudes de unos 30° N. Sin embargo, como estos vientos estaban generados normalmente por una baja al este del Mediterráneo, rolaban sistemáticamente hacia la región del Mar Caspio. La única solución era

partir con una situación de vientos del norte (o incluso del noreste) con la posibilidad de que la depresión pudiera moverse hacia el este o disiparse. Se dio tal situación en la mañana del 1 de marzo de 1999. La ventana era muy pequeña, entre aproximadamente las 00:00 UTC y las 12:00 UTC, y en la ruta inicial había que evitar una altitud demasiado alta (Figuras 1 y 2)

El comienzo fue según lo planeado; el globo cruzó el sur de Francia, las Islas Baleares y Marruecos. Después de una desviación de 17° de longitud en dirección contraria, giró al este sobre Mauritania, entrando en la corriente en chorro subtropical. Los vientos sobre África soplaban todavía en una dirección que hacía imposible volar por encima de los 6 000 m, de lo contrario existía el riesgo de ser llevados al norte del Himalaya (Figura 3).

Miércoles 3 de Marzo de 1999 12z, t+ 24 VT: Jueves 4 de Marzo de 1999 12z

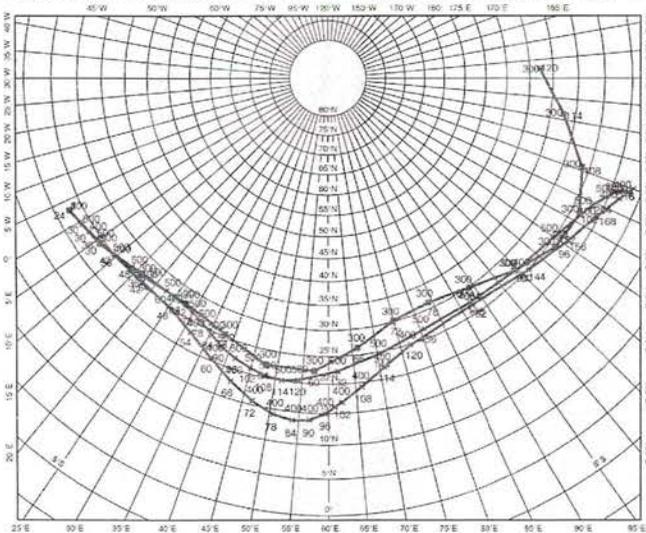
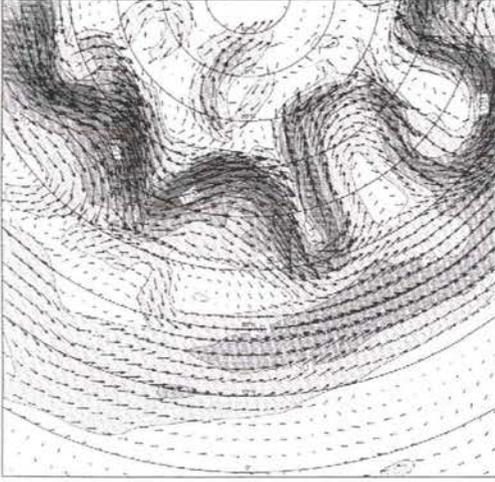
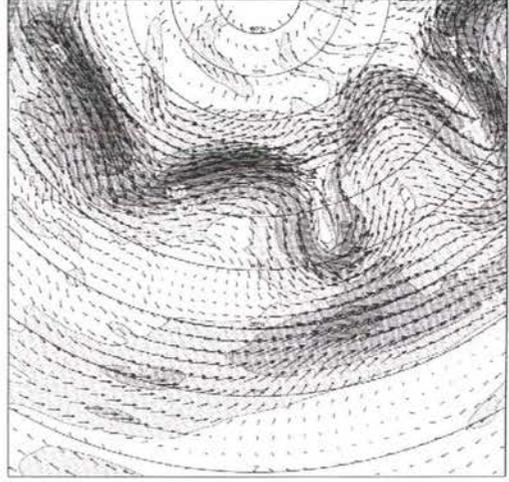


Figura 3 – Trayectorias a 500 hPa (5 500 m), 400 hPa (7 000 m) y 300 hPa (9.000 m) empezando al norte de Mali. Se puede ver que volar demasiado alto (9.000 m) hubiera llevado a una trayectoria al norte del Himalaya (contraviniendo el espacio libre de vuelo dado por las autoridades chinas). En consecuencia, entre África e India elegimos una trayectoria entre 500 y 400 hPa.

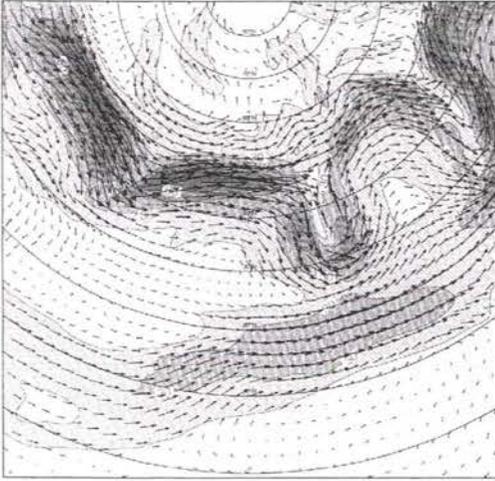
a) Lunes 8 de Marzo de 1999 12UTC ECMWF Forecast t+168
VT: Lunes 15 de Marzo de 1999 12UTC - 300 hPa winds



b) Viernes 12 de Marzo de 1999 12UTC ECMWF Forecast t+ 72
VT: Lunes 15 de Marzo de 1999 12UTC - 300 hPa winds



c) ECMWF Analysis VT: Lunes 15 de Marzo de 1999 12UTC
300 hPa winds



d) ECMWF Analysis VT: Viernes 12 de Marzo de 1999 12UTC
300 hPa winds

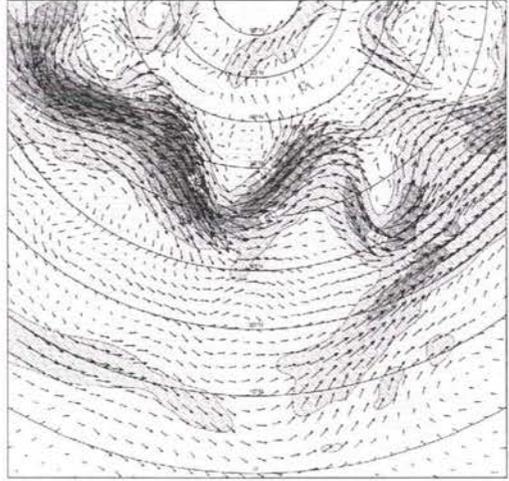


Figura 4 - Análisis y predicciones de la corriente en chorro subtropical a 300 hPa al sur de Hawai y hacia México; el globo tomó la corriente en chorro el 15 de marzo a 9° N: (a) El pronóstico a siete días; (b) el pronóstico a tres días; y (c) el análisis de las 12:00 UTC del 15 de marzo (la buena predicción fue una ayuda considerable para evitar la corriente en chorro polar); (d) El análisis tres días antes, el día que tomamos la decisión de ir hacia el sur; en ese momento, la corriente en chorro tenía aproximadamente la mitad de la fuerza que alcanzó tres días después.

Con el paso sobre Omán a 17° N se alcanzó nuestro primer objetivo intermedio, y se emprendió la ruta hacia India y Bangladesh a una altitud de 6 000 m. La entrada en el espacio aéreo chino a 25°15' N, y el paso del globo a lo largo de una trayectoria de más de 2 000 km entre los paralelos 25 y 26 (acercándose a menos de 40 km a la zona de vuelo prohibida) muestran el grado de precisión meteorológica que se alcanzó durante esta fase del vuelo (Figura 4).

Después de atravesar un tercio del Pacífico surgió una decisión crucial: o volar a unos 7 000 m y tomar una rama de la corriente en chorro polar o volar a más

de 9 000 m con la intención de coger la corriente en chorro subtropical que se estaba formando al sur de Hawai a unos 10° N. Decidimos rechazar la primera opción no sólo porque hubiera llevado al globo a zonas de turbulencia y engelamiento, sino también porque hubiera habido una probabilidad bastante grande de cruzar el Atlántico Norte dentro de una segunda zona de vuelo no permitido, prohibido a causa del volumen del tráfico aéreo civil. La opción sur nos merecía confianza; nuestros dos modelos habían previsto que en algún momento aparecería una corriente fuerte desde el sur de Hawai hacia Méxi-

co (Figuras 5 y 6). Además, los modelos de predicción no daban demasiada actividad tormentosa en estas latitudes, que están bastante próximas al Ecuador.

Al elegir la opción sur, el Brei-
tling Orbiter 3, viajó a velocidades
de unos 30 nudos en dirección
sudeste. El 15 de marzo de 1999
alcanzó la latitud, sorprendente-
mente baja, de 9° N y viajó a veloci-
dades de unos 60 nudos. Más tarde,
dirigiéndose más al norte, hacia
México, el globo alcanzó veloci-
dades de hasta 100 nudos, muy cerca
del centro de la corriente en chorro.
Fue entonces cuando los modelos
numéricos nos defraudaron al pre-
decir una trayectoria dirigida hacia
el centro de México, Yucatán y
Cuba; en realidad el globo fue más al
sur y pasando sobre Guatemala,
Belice y la costa de Honduras.

Este hecho fue causado por un error en la dirección del viento de unos 10° solamente, pero la pérdida de tiempo se consideró crítica porque sólo quedaban cuatro de las 32 bombonas de propano.

El modelo del CEPPM fue el primero en corregir el error. Mostraba una dirección de unos 100° a 300 hPa (9 000 m), pero también mostraba que la situación podía reconducirse ascendiendo a 250 hPa (11 000 m). El globo ya estaba entonces volando a una altitud de más de 10 000 m y continuaba su progresión excesiva-

mente hacia el sur. A través de una llamada telefónica a los pilotos, les sugerimos que ascendieran todo lo alto que fuera posible (hasta la máxima altura que pudiera alcanzar el globo) para volver a coger la trayectoria correcta hacia África. De hecho, fue suficiente un simple ascenso de 300 m para que la dirección cambiara de 102° a 75° (Figura 7) - ¡eso sí que es una cizalladura de viento! En ese momento, casi habíamos ganado la carrera, porque podíamos cruzar el Océano Atlántico a velocidades de entre 60 y 100 nudos.

Se cruzó la línea de meta del vuelo (9°30' W) a las 10:00 UTC del 20 de marzo de 1999 sobre Mauritania, pero como no era práctico aterrizar un globo de ese tamaño en la turbulencia vespertina creada por el calor, seguimos nuestro vuelo una noche más. Como la corriente en chorro subtropical era bastante fuerte en aquel momento y el Orbiter podía ascender a 12 000 m porque se había vuelto más ligero, se pudo cruzar todo el

Jueves 11 de Marzo de 1999 12z, + 12 VT: Viernes 12 de Marzo de 1999 00z

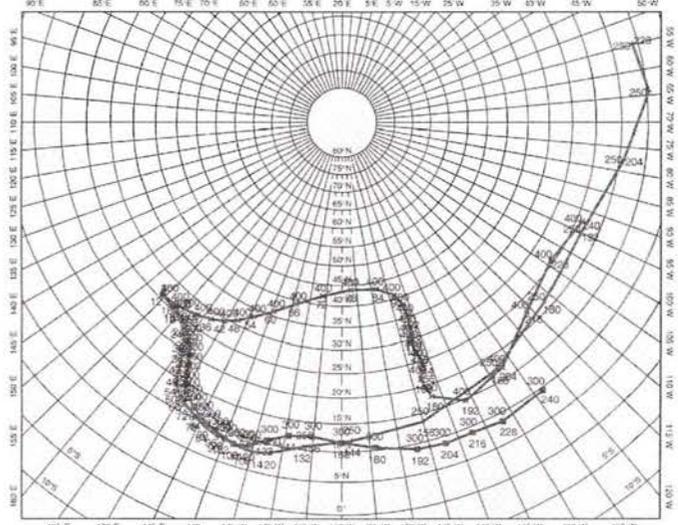


Figura 5 - Trayectorias a 400 hPa (7 000 m), 300 hPa (9 000 m) y 250 hPa (11 000 m) desde un punto al sudeste de Japón. Podemos ver la crítica que era la altura de vuelo. Una trayectoria a 7 000 m hubiera conducido al globo dentro de la corriente en chorro polar ondulante; el nivel de vuelo más alto que se siguió, condujo a un recorrido dentro de la corriente en chorro subtropical que se acababa de formar al sur de Hawái.

80

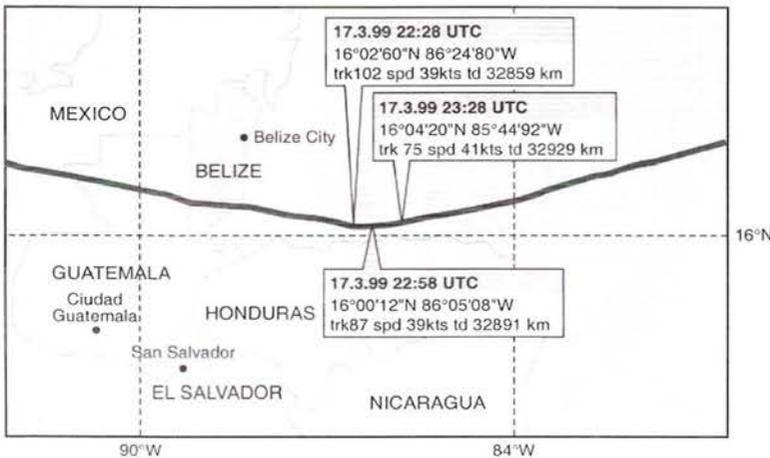


Figura 6 - La situación sobre la costa de Honduras: durante un período de una hora, entre las 22:28 UTC y las 23:28 UTC del 17 de marzo de 1999, el globo fue 300 m más alto y la trayectoria cambió de 102° (en dirección a Venezuela) a 75° (en la dirección más favorable del norte de África).

norte de África en 18 horas, y el globo aterrizó al amanecer del 21 de marzo de 1999 en el desierto egipcio.

Esta expedición fue, sobre todo, una aventura extraordinaria. En el ámbito científico, los modelos numéricos mostraron su capacidad para predecir trayectorias para períodos de tiempo relativamente largos, incluso aunque el cálculo de trayectorias tiende a aumentar las incertidumbres del pronóstico. Pero

también, fue esencial el lado humano – desde el principio se creó un espíritu de equipo y una comprensión mutua entre los constructores del globo, los pilotos y los meteorólogos. El seguimiento en los medios de comunicación de esta expedición ha tenido difusión mundial; podemos decir con toda seguridad que en esta ocasión la ciencia de la meteorología se ha revelado extremadamente positiva. □

El eclipse total solar del 11 de Agosto de 1999



Se produce un eclipse solar cuando la Luna pasa por delante del Sol, según se mira desde la Tierra, siendo sólo posible en la fase de Luna Nueva. En un eclipse total, se puede ver la corona del Sol. Esta es un halo de gas caliente (de 2.000.000 °C aproximadamente) y tenue alrededor del Sol, que hierve desde la superficie. El gas se escapa de la corona para formar el viento solar. Un eclipse solar total puede tener una duración máxima de 7,5 min. Cuando la Luna se encuentra en su punto más alejado con respecto a la Tierra, no cubre por completo la superficie del Sol, dejando visible un anillo de luz; que es lo que se conoce como eclipse anular (Véanse las fotos de la pág. 82).

Desde la Antigüedad, los eclipses han atemorizado, confundido y desconcertado al hombre. Por ejemplo, los chinos creían que un eclipse lo causaba el dragón celestial al comerse el Sol. Unas tablillas que se encontraron en el noroeste de Méjico demostraron que los Mayas



Se podían ver personas de todas partes y edades, testigos entusiastas del último eclipse solar total de este siglo y probablemente de toda su vida. Se advirtió de manera considerable sobre las precauciones que había que tomar por motivos de seguridad.

81



Mapa cortesía de Fred Espenak, Sky y Telescope (estas dos últimas son cadenas de TV británicas).

empezaron a hacer predicciones de los eclipses y se guardan archivos de hace 2 000 años. El filósofo griego Tales predijo un eclipse que ocurrió el 25 de mayo del año 585 a.C. De repente, el eclipse oscureció el cielo al atardecer, asustando a las tropas del Rey Alyattes de los Lidios y a las del rey Cyaxares de los Medas que mantenían una batalla. ¡Los soldados asustados, hicieron rápidamente las paces y se marcharon!

El diámetro del Sol es 400 veces más grande que el de la Luna, y la Luna está 400 veces más cerca de la Tierra que el Sol. El Sol y la Luna cubren apro-