

Un meteorólogo y un piloto de avión son, probablemente, las dos personas que mejor conocen el cielo y todos los fenómenos que allí suceden y cómo nos afectan, estemos con los pies en el suelo, o dentro de un avión. Francesc Mauri, meteorólogo y hombre del tiempo de TV3, y Jordi Martín, piloto de avión y fotógrafo desde las alturas, nos acercarán al cielo desde una ventana privilegiada como es la cabina de un avión, veremos tormentas y entenderemos mejor en qué consiste una turbulencia. Desde esta nueva perspectiva podremos conocer mejor el mundo que nos rodea: cómo afecta el cambio climático a nuestro paisaje, la contaminación lumínica o las nuevas fuentes de energía. Un libro ameno, divertido y con unas espectaculares fotografías tomadas desde la cabina de un avión. *El tiempo visto desde el cielo* nos permite conocer los fenómenos meteorológicos incorporando explicaciones y anécdotas de un piloto que nos relata cómo afectan estos fenómenos cuando uno va dentro de un avión. Explicaciones reveladoras que cambiarán tu manera de mirar al cielo y subir a un avión. ¿Qué relación hay entre la temperatura ambiental y que tu maleta se pierda en el aeropuerto? ¿Por qué se nos pega a la piel la cortina de la ducha? Son algunas preguntas que se responden a través de fenómenos meteorológicos en este libro. La meteorología vista y explicada como nunca antes se había hecho: el tiempo visto desde el cielo.



EL TIEMPO VISTO DESDE EL CIELO

EL TIEMPO VISTO DESDE EL CIELO

Francesc Mauri

Jordi Martín



www.lunwerg.com

LUNWERG
EDITORES

LUNWERG
EDITORES

An aerial photograph showing a vast, dense forest canopy from a high altitude. The trees form a textured, greenish-brown surface that stretches across the entire frame. In the lower right quadrant, a small, light-colored building with a dark roof is visible, surrounded by trees. The sky is a pale, hazy blue, suggesting a clear day.

EL TIEMPO VISTO DESDE EL CIELO

EL TIEMPO VISTO DESDE EL CIELO

Francesc Mauri
Jordi Martín

© De las fotografías: Jordi Martin, excepto:
Album: E. Viader/Prisma: 11 izquierda; Universal Images Group/Universal
History Archive: 11 derecha
Keystone/Getty Images: 17
The Bridgeman Art Library/Photoaia: 15
The Granger Collection/Age fotostock: 13
© De los textos: Francesc Mauri y Jordi Martin, 2013

Creación y realización: Lunwerg, 2013

ISBN: 978-84-9785-966-0
Depósito Legal: B-32505-2012
Imprime: Egedsa

© Editorial Planeta, S.A., 2013
Lunwerg es un sello editorial de Editorial Planeta, S.A.
Avenida Diagonal, 662-664 – 08034 BARCELONA
Paseo de Recoletos, 4 – 28001 MADRID
lunwerg@lunwerg.com
www.lunwerg.com
www.facebook.com/lunwerg
http://twitter.com/Lunwergfoto

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Impreso en España

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como papel ecológico.



sumario

A Noa por iluminarme cada día con su carita, a Ana por acompañarme en este viaje que es la vida y a mi MADRE (permitan que lo haga en mayúsculas porque las madres no se merecen menos) por todo, todo y todo.

No podía dejar de dedicar el libro a todos aquellos a quienes la aviación os ha llevado a continuar volando entre nubes eternamente y me habéis enseñado tanto, por supuesto a los compañeros que seguís por aquí compartiendo vuelos conmigo. A los aficionados y profesionales de la meteorología (Fernando, Josep María, Rosana, Jordi, Luis Miguel, Francesc, Toni, Alfred...) por disfrutar de las fotos, obligándome a mejorar cada día.

Gracias a todos,

Jordi

A Maite que, desde el primer día de este proyecto ha estado a mi lado. Pese a que han existido algunos días grises ha conseguido que al final haya salido el sol. A Pol que hizo unas propuestas de títulos para el libro con mucho entusiasmo. A toda mi familia y, en especial, a mi madre, que por muy pocos meses no ha podido ver este libro.

Muchas gracias a Jordi y a los compañeros de Lunwerg por haberme invitado a la cabina y poder volar muy alto.

Francesc

AVIACIÓN Y METEOROLOGÍA	8
TORMENTAS Y PRECIPITACIONES	18
Cómo se forman las tormentas	20
Fases de una tormenta. ¿Cuál es su duración?	27
Lluvias sin tormenta	30
Las tormentas alrededor del ecuador	34
Estelas de condesación	38
VIENTO Y TURBULENCIA	54
Por qué se produce el viento	56
«Jet stream» o corriente en chorro	65
Turbulencias	70
Qué nubes son sinónimo de viento	76
¿Cómo obtenemos información del viento?	77
BAJA VISIBILIDAD	92
Nieblas, cuándo, dónde y por qué	94
Tipos de niebla	95
Diferencia entre niebla, neblina, bruma y calima	99
Cenizas volcánicas	100
TEMPERATURAS EXTREMAS	126
Las nevadas	128
¿Tanto afecta el calor?	129
MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO	158
El dióxido de carbono no para de aumentar	161
Los factores naturales que provocan cambios en el clima	162
Evolución de la temperatura media planetaria (1850-2012)	163
Adónde vamos	164
Qué podemos hacer	170
VISTAS DESDE EL CIELO	186

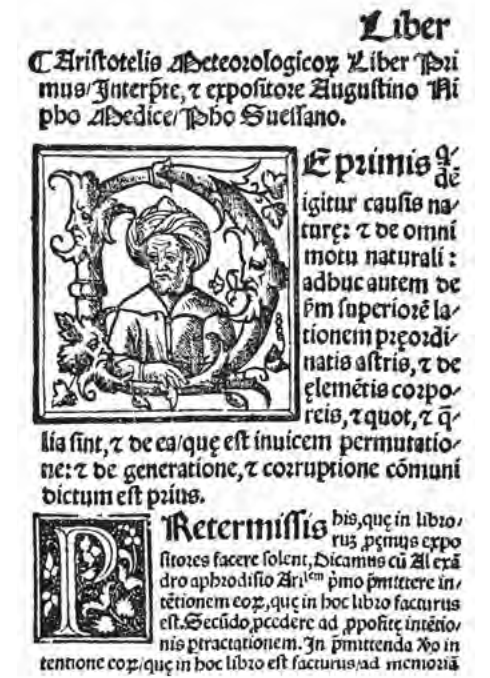


AVIACIÓN Y METEOROLOGÍA

Sin duda alguna, sobre todo en su fase inicial, el desarrollo de la aviación ha estado ligado a la meteorología. El ser humano siempre ha estudiado o, mejor dicho, siempre se ha interesado por los fenómenos meteorológicos que nos envuelven y su evolución. Los dioses eran la explicación que las civilizaciones antiguas utilizaban para prever los cambios. A nivel del planeta, allá por el año 1300 a.C., en China se iniciaron las observaciones continuas del tiempo (la lluvia, la nieve y el viento). Sobre el año 400 a.C., en la India se realizaron las primeras medidas de lluvia. Aristóteles, en el 334 a.C. escribe *Meteorológica* donde, entre otros, se explica el proceso de evaporación y de condensación. Sobre el año 250 a.C., Filón de Bizancio construye un aparato sensible a la temperatura pero sin graduación. En el 100 a.C., en Atenas, se erige la Torre de los Vientos coronada por una vela. Si bien el mundo árabe ya había desarrollado técnicas de riego, prueba de su interés por la meteorología, no se conoce la construcción ni la concepción de instrumental antes del año 1000. Numerosos trabajos sobre astrología e incluso un tratado sobre lluvias del siglo XIII, escrito en árabe y de autor desconocido, son la única luz durante la oscura, desde el punto de vista cultural y científico, Edad Media. En China, sin embargo, hacia 1200 se instala un pluviómetro en cada distrito. El siglo XVI, con el Renacimiento y, después de los descubrimientos geográficos, inunda Europa con leyes y teorías atmosféricas hasta principios del siglo XX. Los descubrimientos geográficos aportan datos de los grandes navegantes al cruzar los diferentes mares y océanos y, especialmente, las zonas ecuatoriales. Copérnico, entre los siglos XV y XVI, formula la teoría de que la Tierra giraba una vez al día sobre su eje y una vez al año alrededor del Sol y con ella sentó las bases para conocer las estaciones del año con sus solsticios y equinoccios. Leonardo da Vinci, en la misma época, idea un higrómetro para la medida de la humedad y unos años después, a finales del siglo XVI y principios del XVII, inventa el termoscopio, hoy en día llamado termómetro. Torricelli trabajó con la presión atmosférica con el primer barómetro que él mismo construyó, en este caso de mercurio, dentro de una columna de cristal de un metro de altura. De los partes meteorológicos seguro que les suena que la presión atmosférica es, por ejemplo, de 1.020 milibares o hectopascales: el científico Pascal fue quien trabajó la presión atmosférica y llegó a la conclusión de que guardaba relación directa con los cambios en el tiempo. En Florencia, allá por el año 1657, Fernando II de Médicis funda la Academia de los Experimentos. Se mejoraron diversos aparatos de medida construidos hasta el momento y se creó la primera red de observaciones meteorológicas. Si bien en

China, como hemos apuntado más arriba, ya se había creado hacia 1200 la primera red de pluviometría en cada distrito, en Florencia se diseñó una red de observación más completa que mide viento, presión, humedad, temperatura y lluvia. Esta red se componía de los observatorios de Florencia, Pisa, Bolonia, Parma, Vallombrosa, Curtigliano, Varsovia, París, Milán, Innsbruck y Osnabrück.

El envío de los datos tardaba semanas y la academia terminó cerrando al cabo de diez años. La primera escala termométrica fue creada por Fahrenheit, quien calibró, por ejemplo, el punto de congelación a 32 °F o la temperatura del cuerpo humano alrededor de los 96 °F. Pocos años después, en 1742, Celsius, situó los 0 °C en el punto de ebullición y los 100 °C en el punto de congelación. Sí, sí, lo ha leído bien. La escala era invertida respecto a la actual para que no aparecieran temperaturas negativas en invierno. A pesar de conservar el nombre de escala Celsius, la escala que actualmente se utiliza en gran parte del mundo con el 0 en el punto de congelación y los 100 en el de ebullición se debe a Linnaeus. A finales del siglo XVIII llegaron los higrómetros más fiables para medir la humedad, contruidos con cabellos humanos por su sensibilidad



Primera página de *Meteorologicis Commetaria*, de Aristóteles, Venecia, 1531.

Vista parcial de las ruinas de la columnata de la antigua ágora romana de Atenas. Al fondo la Torre de los Vientos, construida en el siglo I a.C. por Andrónico Cyrrhus.

a la humedad. Más de un lector estará pensando en cómo cambia su pelo de un día a otro por el cambio de tiempo... Esos cambios se deben, principalmente, al grado de humedad. Y como los cabellos más sensibles a los cambios de humedad son los cabellos de mujeres rubias, gran parte de los higrómetros se componían con ellos.

Además de los diferentes aparatos, durante el siglo XVIII aparecen diversas redes de observación meteorológica. En Francia, Alemania e Inglaterra se instalan las primeras, pero también hay algunas en Norteamérica, Siberia y la India. El problema de estas redes es que no podían comunicarse al instante. Los datos tardaban semanas e incluso meses en llegar a las sedes centrales.

Los primeros mapas meteorológicos son ideados por Heinrich Brandes en una universidad polaca. Brandes ordena los datos de una red alemana sobre el papel a partir de 1816. Aquellas anotaciones solo servían para saber el tiempo que había hecho en un momento dado. En 1830 Samuel Morse inventa el telégrafo. Unos años después, hacia 1848, se construye la primera red en Estados Unidos. La guerra de Crimea de 1854 acelera las cosas en el continente europeo. Una potente borrasca destrozó las naves anglo-francesas. Napoleón, enojado, encargó a uno de sus científicos de confianza, Urbain le Verrier, un estudio del fenómeno. Gracias a las redes meteorológicas y al telégrafo se podía haber previsto horas antes el movimiento de la borrasca, observando otros puntos por donde había transitado. Nacían así los primeros pronósticos. Ese mismo año en el Reino Unido, Robert Fitz Roy dirigió el Departamento de Meteorología de la Cámara de Comercio. Equipó a los barcos con un barómetro y empezó a avisar a los barcos de posibles temporales. Aquello fue un éxito, pero acabó asfixiado por la presión popular por los errores que había cometido en uno u otro pronóstico y acabó suicidándose. A partir de 1860, por todo el mundo, proliferaron servicios meteorológicos bajo el paraguas de diferentes estados.

En 1873 se funda la OMI (Organización Meteorológica Mundial) propiciada por Matthew Fontaine Maury. Este estadounidense dibuja mapas del viento y de las corrientes marinas que facilitan un salto cualitativo en la navegación marítima. Se reduce el tiempo de duración de los viajes oceánicos un 30% de media. Los primeros globos sonda para medir la temperatura y la presión en altura son de 1892.

La escuela noruega de Bergen, bonita ciudad costera de este país escandinavo, albergó la llamada Escuela de Bergen, encabezada por Vilhelm Bjerknes



entre 1918 y 1923. Desarrollaron toda la teoría relativa a las fronteras entre masas de aire cálidas y frías: acababa de terminar la primera guerra mundial y a esas masas de aire las llamaron frentes. Más adelante, el sueco Rossby, discípulo de Bjerknes, desarrolló gran parte de su carrera profesional en Estados Unidos y ha sido uno de los meteorólogos más importantes del siglo XX: estudió la circulación atmosférica general y formuló su teoría sobre las ondulaciones, hoy llamadas «ondas de Rossby»; sentó las bases sobre los modelos matemáticos y los primeros modelos numéricos de predicción, e intuyó la presencia de las corrientes en chorro de forma coetánea con un meteorólogo japonés del que

Cuenca del norte del océano Atlántico, placa grabada de la primera edición de *The Physical Geography of the Sea*, de Matthew Fontaine Maury, 1855.

hablaremos a continuación. Si nos centramos en la aviación, desde el primer vuelo de los hermanos Wright en 1903 hasta el inicio de la primera guerra mundial, en 1914, los intentos de volar fueron múltiples. Al final de la contienda, en 1918, tras el impulso de la guerra a los avances tecnológicos, los aviones ya eran capaces de transportar dos tripulantes y algo de carga. Cabe destacar que los vuelos estaban condicionados por una meteorología, cada día más estudiada, pero muy desconocida en aquella época.

Hacia 1920 un meteorólogo japonés llamado Wasaburo Oishi experimentó con globos lanzados desde el famoso monte Fuji y llegó a la conclusión de que a unos ocho a diez kilómetros de altura había un flujo de vientos del oeste que soplaban de forma más o menos continua y con velocidades próximas a los 200 km/h. Su trabajo no se conocía fuera del Japón al considerarse secreto militar. En 1933 el piloto estadounidense Wiley Post hizo el primer vuelo en solitario alrededor del planeta y advirtió la presencia de la corriente en chorro o Jet Stream. En 1939 el meteorólogo del observatorio naval alemán Heinrich Seilkopf bautizó este fenómeno y terminó siendo considerado su descubridor.

A pesar de todo, otra guerra, como casi siempre en la historia de la humanidad, sirvió para avanzar en el conocimiento de la corriente en chorro y el desarrollo aún mayor de la aviación. Durante la segunda guerra mundial, Japón desarrolló en estudios secretos un sistema de miles de globos incendiarios a diez kilómetros de altura aproximadamente. Un dispositivo de control de presión atmosférica los mantenía en esa cota. Salían desde la vertical del país nipón y llegaban al oeste de Estados Unidos para bombardearlo. A pesar de la gran cantidad de globos, únicamente se contabilizaron seis muertos. Los pilotos estadounidenses nunca pudieron llegar a Japón, pues los vientos de cara de ninguna manera favorecían volar muy al oeste del continente americano.

Esta corriente en chorro y otras que existen alrededor del planeta han condicionado las rutas aéreas.

Las predicciones meteorológicas mejoraron vertiginosamente cuando Lewis Fry Richardson planteó la primera predicción mediante procesos numéricos a veinticuatro horas vista; el problema es que tardó meses en llevar a cabo los cálculos. En 1950, Neumann realizó con éxito la primera predicción numérica gracias al ENIAC, unos de los primeros ordenadores. En la actualidad, son los ordenadores la base del éxito en los pronósticos numéricos ya que su velocidad de cálculo de millones de operaciones por segundo posibilitan el tratamien-



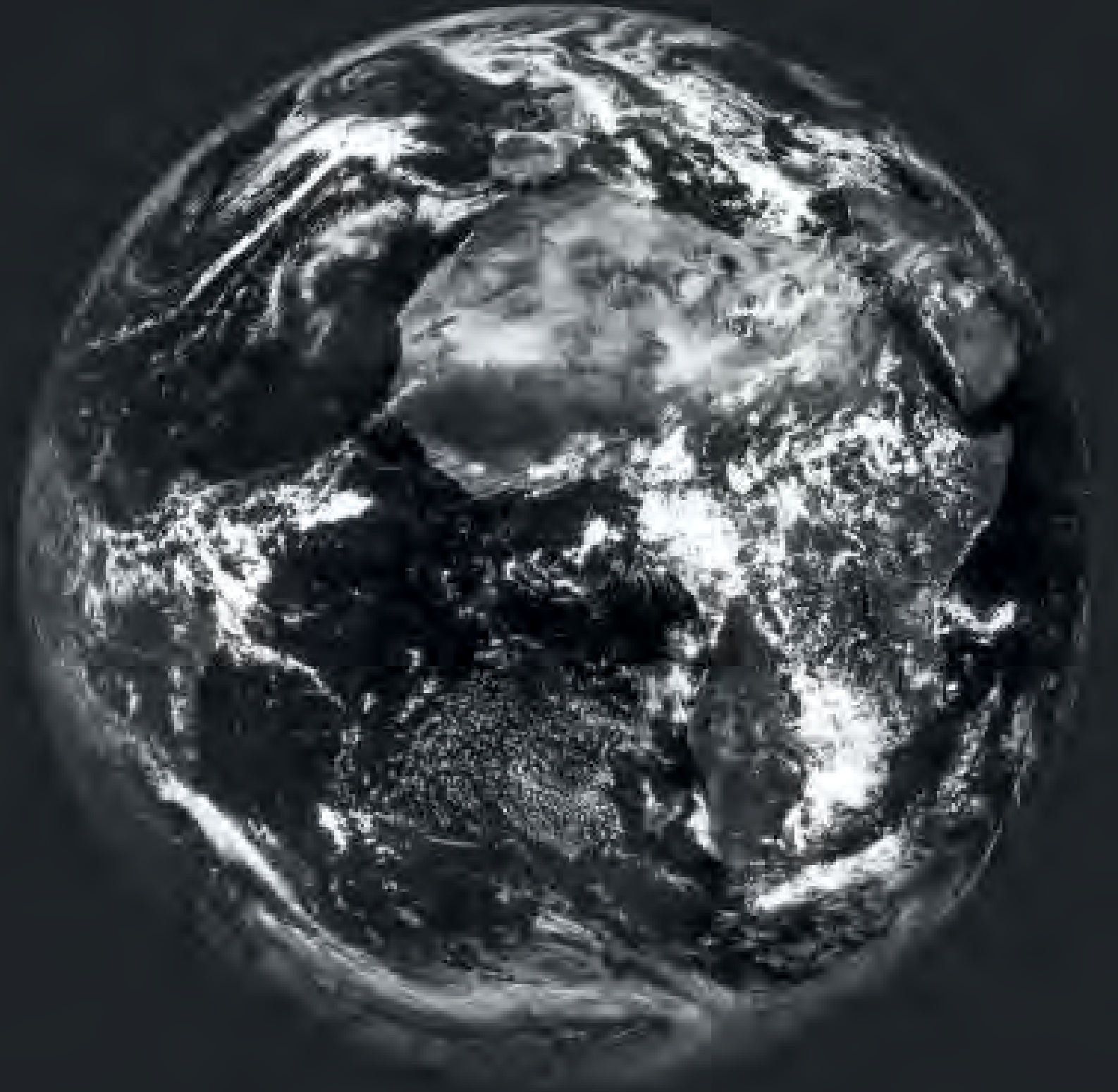
Wiley Post, en su vuelta triunfante a EE.UU., 1933. Post dio la vuelta alrededor del mundo en el *Winnie Mae* en 7 días, 18 horas y 49 minutos.

to de millones de datos y cálculos en pocas horas y ya no se corre el peligro que corrió Richardson de tardar en elaborar un pronóstico a veinticuatro horas, días o meses después de empezarlo.

En 1950, la OMI pasa a denominarse Organización Meteorológica Mundial (OMM, en inglés WMO) bajo los auspicios de Naciones Unidas. Años más tarde, llegan los satélites meteorológicos. El primero, Tiros, fue lanzado al espacio en 1960. El satélite europeo Meteosat llegó en 1977 y nos proporcionó las mejores fotografías de Europa y África hasta el momento. En los años sesenta del siglo pasado, llega la red de observación meteorológica mundial formada por ciento cincuenta países que informan simultáneamente del tiempo. La piedra angular de las actividades de la OMM es el programa «Vigilancia Meteorológica Mundial», un programa que ofrece información de última hora sobre el estado mundial del tiempo mediante sistemas de observación y conexiones de telecomunicación operadas por diversos estados miembros y territorios mediante dieciséis satélites, tres mil aviones, diez mil estaciones terrestres de observación, siete mil trescientas estaciones a bordo de buques y novecientas boyas fijas y a la deriva con estaciones meteorológicas. Todos los días se transmiten datos y mapas del tiempo por conexiones de alta velocidad a través de tres centros meteorológicos mundiales, ubicados en Melbourne, Moscú y Washington, 34 regionales y 187 nacionales, que cooperan en la preparación de análisis y predicciones del tiempo. Gracias a ello, los buques y aviones, los investigadores científicos, los medios de comunicación y el público en general reciben una corriente de información constante y actualizada.

Destacan el Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo (ECMWF), un referente mundial en los pronósticos a medio plazo con un alcance de quince días, Servicio Meteorológico de Estados Unidos (NWS) y el británico de Bracknell. Se trata de los servicios meteorológicos más potentes del planeta.

Fotografía de la Tierra, realizada por el Meteosat, con el continente africano en primer término, 20 de abril de 1978.





TORMENTAS Y PRECIPITACIONES

Sin duda alguna, las tormentas condicionan la vida en muchas zonas del planeta. Los grandes aguaceros que suelen acompañarlas, los vientos violentos que pueden soplar en algunos sistemas tormentosos, incluso los tornados que se generan y, por descontado, la actividad eléctrica hacen de las tormentas las reinas del espectáculo meteorológico en las zonas del planeta donde se producen. Lógicamente, las instalaciones aeroportuarias que las soportan y las operaciones aéreas a su alrededor o en las diferentes rutas se ven condicionadas por este fenómeno de la naturaleza. ¡En la Tierra, en cualquier momento, se producen entre mil ochocientas y dos mil tormentas simultáneas! ¡Cada segundo en el planeta caen unos cien rayos!

Por tormenta se entiende la estructura nubosa, generalmente cumulonimbus, que produce lluvia que empieza y acaba de forma brusca, con intensidad y, sobre todo, con rayos y truenos. (Si no se produce actividad eléctrica, se trata de un chubasco.) La nube de tormenta por excelencia, la cumulonimbus, se extiende de forma vertical desde pocos centenares de metros sobre la superficie hasta los trece kilómetros de altura en el caso de las más desarrolladas. En las zonas próximas al ecuador, su techo es superior y puede alcanzar los veinte kilómetros de altura.

Se pueden generar tormentas individuales —de una sola célula—, familias de tormentas —multicelulares por ser la suma de células individuales situadas de forma contigua— y tormentas supercelulares, las más potentes, extensas y también duraderas que suelen tener forma redondeada, elíptica y de yunque en la parte superior.

Cómo se forman las tormentas

No todas las tormentas tienen el mismo origen. Hay que precisar que en las zonas más frías del planeta no encontraremos este fenómeno atmosférico. Las tormentas se sitúan en las latitudes medias, es decir, entre los 35 y los 55° N y S y en las zonas ecuatoriales y tropicales, así como entre los 0 y los 20° N y S. En las latitudes medias, se distinguen las tormentas según su origen:

- Tormentas de calor.
- Tormentas frontales.
- Tormentas de línea de turbonada.
- Tormentas de depresiones frías.



Tormentas de calor

La definición ya nos indica que solo se dan en los meses cálidos del año, de abril a septiembre y, especialmente, entre junio y agosto. Las tormentas de calor se producen sobre tierra firme continental o insular y son más frecuentes a partir del mediodía y por la tarde. Las grandes cordilleras y montañas son su hábitat preferido.

Si bien acostumbran a tener poca extensión horizontal, asociadas a las grandes cordilleras, suelen ser más extensas. Algunas que apenas alcanzan el kilómetro horizontal pueden formar enormes torres. A pesar de ser aisladas y no muy extensas, pueden ser igualmente violentas y contener granizo e incluso piedra. Acostumbran a ser bastante estáticas, pero por más que los pronósticos adviertan su posible formación, cuesta precisar el punto exacto donde se situarán.

La caída hacia el suelo de la corriente descendente es casi siempre brusca y se caracteriza por fuertes ráfagas, razón por la que se denomina «frente de racha».



Aproximación a Barcelona. Una tormenta descarga sobre el aeropuerto y nos encontramos al norte estando a la expectativa, a que esta se desplace para poder iniciar nuestra aproximación.

Afortunadamente, las tormentas de calor son relativamente fáciles de evitar por los aviones, pues las imágenes de radar muestran pasillos y agujeros para no «pincharlas».

Tormentas frontales

Este tipo de tormentas van ligadas a los frentes fríos. Un frente frío es, literalmente, una línea fría que llega después de haber atravesado zonas de temperaturas más elevadas. Cuando nos cruza un frente frío, se producen chubascos y tormentas, bajan bruscamente las temperaturas y los vientos cambian de dirección de forma súbita. Si bien son menos frecuentes en invierno, las tormentas frontales se pueden producir en cualquier época del año. El calentamiento de las horas centrales del día puede ser un alimento adicional a su vigorosidad.

Su vínculo con los frentes fríos hace que estas tormentas también se dispongan de forma alargada. Su movimiento es del todo previsible gracias a los mapas del tiempo que nos dibujan el avance de los frentes.

No será fácil dar con un pasillo para cruzar estas tormentas frontales y el rodeo que se debe dar para evitarlas suele ser bastante amplio.

Tormentas de líneas de turbonada

Por su disposición alargada en bandas, las tormentas en líneas de turbonada se parecen mucho a las anteriores, pero no están siempre vinculadas a un frente frío: primero nos llegará la línea de turbonada y después el frente frío. En Canadá y Estados Unidos durante la estación cálida del año son bastante frecuentes. Acostumbran a ser de corta duración, pero especialmente severas: fuertes rachas de viento, lluvia intensa, granizo y mucho aparato eléctrico acompañan estas líneas. Si bien no es fácil prever su formación, una vez formadas, pronosticar su dirección de avance es más fácil.

Tormentas de depresiones frías

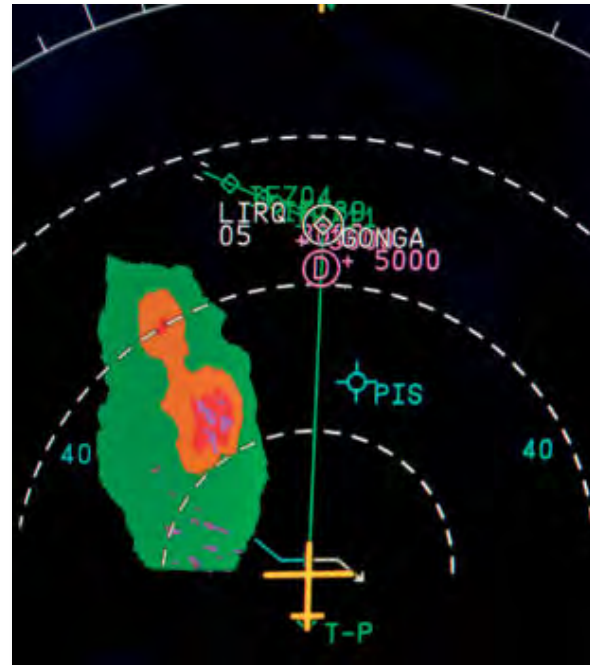
Las tormentas de depresiones frías se producen cerca de los núcleos de las borrascas y no están asociadas a los frentes fríos. En los mapas del tiempo, se



✈ Antes de subirse al avión, la tripulación recibe una serie de mapas y de previsiones del aeródromo que reflejan las diferentes posibilidades de la aparición de tormentas en una determinada área; con dicha información, la tripulación técnica, es decir, el comandante y el segundo de a bordo, junto a la tripulación auxiliar, realizan un *briefing* y comentan los distintos aspectos relativos a la seguridad y, naturalmente, entre ellos es de mención obligatoria tanto la previsión meteorológica y sus posibles efectos en el desarrollo del vuelo, uso de cinturones de seguridad y en qué momento se procederá a efectuar la distribución del catering deberán quedar claramente definidos.

En determinadas zonas hay suficiente energía de activación para crear varias tormentas en una misma área, permitiendo una generación continua de dichos fenómenos. En esta imagen observamos células en diferentes estados, mientras unas están ya disipándose, otras se están desarrollando.





✈ El radar meteorológico emite una serie de ondas electromagnéticas que rebotan en núcleos de precipitación tanto líquidos como sólidos: el tiempo que estas ondas tardan en regresar y la frecuencia de las mismas determinarán posición y tipo de eco.

Las tormentas suelen representarse con un juego de colores y formas; los colores van desde el verde al magenta, pasando por el amarillo y rojo en orden de severidad.

La antena del radar suele ir situada en el morro del avión, la identificación de ecos de precipitación se obtiene mediante barridos de derecha a izquierda. En las fases de ascenso o descenso podemos orientar su inclinación para una mejor eficiencia.

Observen la imagen: el radar nos muestra un eco muy bien definido —esta tormenta tiene un diámetro de unas cuarenta millas náuticas, aproximadamente ochenta kilómetros— y, al estar próximos a iniciar nuestro descenso y al encontrarse nuestro destino justo detrás de la tormenta, podremos evitarla con facilidad.

distinguen con una inicial mayúscula: en español, *B*; en inglés, *L*; en alemán *T*; en francés, *D*, y en portugués, *B*.

También se producen asociadas con las llamadas «gotas frías». Son las depresiones que quedan aisladas de la «autopista de depresiones frías» asociadas al Jet Stream situado en los 50° de ambos hemisferios. Crecen de forma bastante aleatoria alrededor de las zonas frías próximas al núcleo de la borrasca y apenas se desplazan. Tienen importantísimas repercusiones pluviométricas en el área mediterránea, pues son las responsables de aguaceros superiores a los 800 mm en menos de veinticuatro horas en el área de Alicante (Jávea, 870 mm), al este de España en octubre de 1957, y en el extremo sur de Francia en su extremo este de los Pirineos en octubre de 1940 (840 mm en la Central Eléctrica de la Llau al pie del Canigó). Sorprende aún más el récord en veinticuatro horas de Génova, Italia, con 948 mm en septiembre de 1970. En Génova también sorprenden los 365 mm en cuatro horas en noviembre del 2011.

El avión puede esquivar fácilmente las tormentas asociadas a estas depresiones frías o gotas frías porque suelen ser aisladas, si bien, se debe tener en cuenta su violencia.

Fases de una tormenta. ¿Cuál es su duración?

La tormenta se gesta en tres fases bien diferenciadas.

Primera fase: Se producen intensas corrientes ascendentes favorecidas por elevadas temperaturas, frentes o depresiones que elevan las corrientes de aire o por montañas que actúan como palancas y trampolines. Las nubes que aparecen tienen la forma de bolas de algodón que van creciendo. Acaban teniendo bastante crecimiento vertical y alcanzan aspecto de gran coliflor. Se llama cumulus congestus y derivará en cumulonimbo.

Segunda fase: En su madurez, la tormenta ya está activa. Fuertes rachas de viento interno, ascendentes y descendentes, provocan severas turbulencias. Se producen chubascos, a veces con granizo. Se debe esquivar con el avión.





En la madurez de una nube de tormenta, coexisten las corrientes descendentes y ascendentes. La lluvia que cae, procedente del aire más frío de arriba, enfría la corriente descendente que se esparce horizontalmente sobre el terreno. Durante esta etapa, los movimientos verticales, tanto de subida

como de bajada, son muy energéticos. Una parte de la nube se eleva a gran velocidad y, al mismo tiempo, otra parte de ella, cada vez de mayor tamaño, desciende con rapidez. Aquí la tormenta alcanza su máxima precipitación ya sea de lluvia, granizo o nieve. También se incrementa el aparato eléctrico y las

ráfagas de aire en las capas cercanas al suelo. La nube ha crecido tanto que llega hasta el límite superior de la troposfera. De ahí ya no puede pasar debido a la capa de inversión de la tropopausa y se extiende hacia los lados originando el característico «yunque» del cumulonimbo.



Tercera fase: En esta fase de disipación, la tormenta se apaga. Solo se generan corrientes descendentes que tienden a desactivar completamente la nube tormentosa, el cumulonimbo.

La duración del proceso puede variar mucho, pero normalmente una tormenta dura de treinta a ciento veinte minutos, si bien en algunos casos puede alargarse.

Lluvias sin tormenta

La lluvia puede caer, lógicamente, sin tormenta, es decir, sin aparato eléctrico ni truenos. En ese caso, las nubes que la acompañan no tendrán gran dimensión vertical sino más bien horizontal. No serán cumulonimbus. Se tratará de altostratus o nimbostratus.

El proceso para la formación de lluvia es complejo. En las nubes de latitudes medias y altas, digamos que en las zonas menos cálidas del planeta, la teoría que sostiene la formación de gotas de lluvia se llama de Bergeron-Findeisen. Se basa en que las nubes de estas latitudes tienen en su interior gotas de agua en subfusión, hecho que significa que se mantienen líquidas a pesar de registrarse temperaturas negativas y también cristales de hielo. Las gotas líquidas se evaporan y se subliman (paso de líquido a gas) sobre los cristales de hielo, favoreciendo su crecimiento. Diferentes presiones de vapor facilitan el proceso. La forma geométrica estrellada de los cristales contribuye al enganche con los cristales vecinos. En su caída, arrastran gotas subfundidas que se congelan. Cuando encuentran una capa de aire suficientemente gruesa y con temperaturas positivas, funden, formándose las gotas de lluvia.

En las latitudes bajas, hacia el ecuador, no existen nubes frías y, desde la base hasta la cima, pueden tener temperaturas positivas. La teoría de la coalescencia explica que las gotitas van creciendo gracias al barrido entre unas y otras a medida que van precipitando hacia la superficie.

Con lluvia pero sin tormenta, en principio, las maniobras no son complicadas. Las turbulencias serán mínimas o inexistentes y, por tanto, a pesar de mirar por la ventanilla y estar envueltos por las nubes, no habrá grandes complicaciones. En vuelos de media y larga distancia incluso dejaremos las nubes más abajo y



Cuando las corrientes descendentes dominan a las ascendentes, se acaba la provisión de agua a la nube, decrece la intensidad de la lluvia y la nube se disuelve. Durante esta fase de disipación, en el cielo pueden quedar nubes muy repartidas que, por haber formado parte de la nube de tormenta, se llaman cumulogénitus.



El ciclo de vida de una tormenta suele durar pocas horas. Se distinguen varias fases. Durante la fase inicial, también conocida como «fase de desarrollo», el tipo de nube predominante es un cúmulo de gran tamaño llamado cumulus congestus.

volaremos con suavidad por encima de ella ya que no tienen gran dimensión vertical. Eso sí, en el ascenso y el descenso las atravesaremos seguro.

Las tormentas alrededor del ecuador

En la maquinaria meteorológica terrestre cabe destacar una importante y extensa zona que conlleva tormentas constantes y de gran dimensión vertical. Se trata de la zona ecuatorial, cuyo cinturón de tormentas es el más extenso y abraza todo el planeta, cerca de los 0 grados de latitud. Atención a la cifra que nos dice que el 50 % de la superficie terrestre se sitúa entre los 30° N y S.

De entrada cabe hablar de una zona situada encima de los continentes, básicamente África y sur de Asia, donde los denominados vientos ecuatoriales del oeste tienden a facilitar, junto el calor intenso y continuado, activas y continuadas tormentas. Por otro lado, la llamada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) favorece la actividad tormentosa continuada sobre una parte importante de los océanos en estas latitudes. Esta zona de convergencia de vientos alisios, los vientos ecuatoriales del este, se forma por el choque de los vientos alisios del Hemisferio Norte, del noreste, y los del Hemisferio Sur, del sureste. Se trata de los vientos que giran alrededor de los anticiclones que se extienden por todo el planeta, a modo de cinturón, alrededor de los 30 grados, en ambos hemisferios. Para los europeos occidentales, por ejemplo, el denominado anticiclón de las Azores, situado a menudo cerca de estas islas atlánticas, es uno de los más famosos en las partes meteorológicas de los medios de comunicación. Al oeste de Norteamérica, por ejemplo, también es habitual el anticiclón del Pacífico, conocido como anticiclón de Hawái. El homólogo del anticiclón de las Azores, se sitúa en el Atlántico Sur y se denomina de Santa Elena.

Además de estas zonas de convergencia, también hay unas áreas de calmas ecuatoriales cercanas a la ZCIT. En función de la época del año y del día, las variaciones de posición pueden ser importantes.

En resumen, el clima tropical es complejo y lo más destacable son estas continuadas y potentes tormentas que suelen alcanzar techos de quince a veinte kilómetros. Se pueden encontrar agrupaciones de tormentas que incluso superen los mil kilómetros de extensión.

Evitar las tormentas en ruta es relativamente sencillo, como en este caso que se trata de una célula aislada; si una tormenta se encontrara en nuestra ruta tras consultar el radar solicitaremos el nuevo rumbo al Control de Tránsito Aéreo.



Una vez en el aire si necesitamos desviarnos hacia un rumbo alternativo para evitar las células tormentosas, este deberá ser confirmado por el control de tránsito aéreo ya que nuestra nueva trayectoria puede afectar la navegación de otros aviones.



✈ Durante la aproximación, aunque tengamos la pista a la vista y aseguremos el aterrizaje, todavía no habrán terminado las precauciones que se deben tomar ante este tipo de fenómenos, ya que una vez en tierra nuestra principal tarea será lograr una deceleración del avión correcta para evitar así el riesgo de hidroplaneo (*aquaplaning*) y mantener el avión en el eje de pista sin dejar que le afecte el posible viento cruzado o racheado, de manera que será fundamental mantener una velocidad adecuada.



En consecuencia, los viajes que se desarrollan cerca de los 0 grados de latitud, ya sea cruzando de un hemisferio a otro o volando por esta área geográfica, sufrirán turbulencias. El radar, situado en el morro del avión, será determinante para que el piloto siga la ruta elegida más segura y más confortable para el pasaje.

Estelas de condensación

Qué son y por qué se forman

Las estelas de condensación o Contrails, de *Condensation Trails*, son uno de los síntomas modernos que anuncian un cambio de tiempo. Igual que las nubes altas han sido uno de los indicadores tradicionales desde hace siglos, estas líneas blancas procedentes de los gases de escape de los motores de los aviones comportan pistas de cara al pronóstico más inmediato.

Para explicarlas hay que saber que el elemento vital para la formación de minúsculas gotitas de agua, que serán el origen de la lluvia, está en los denominados núcleos de condensación. Se trata de partículas microscópicas que actuarán de núcleo inicial para el crecimiento de la gotita de agua. En el aire, hay núcleos naturales, como partículas de sal o polvo en suspensión; pero también hay artificiales, como los contaminantes generados por la acción

humana. En este sentido, la emisión de humos procedentes de los diferentes medios de transporte generan estas partículas, que resultarán determinantes para la formación de las gotitas.

Las estelas de condensación son estas partículas que forman inmediatamente gotas congeladas, ya que la temperatura en estos niveles de vuelo, alrededor de los diez mil metros, pueden situarse cerca de los -50°C . El resultado es una larga «autopista blanca».

Solo se harán visibles las estelas de condensación si las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Por tanto, siempre habrá emisión de humos ya que los aviones siempre desprenden humos de escape, pero solo serán visibles si las condiciones acompañan.

La aparición de una estela de condensación, después de días de cielo despejado, nos podría estar indicando que hay un enfriamiento en altura y un cierto aumento de la humedad en esa cota, anuncio de la inminente aparición de nubes y, quizá, del acercamiento de alguna zona favorable a las nubes y las lluvias.

Una estela es la condensación del vapor de agua, producido por la combustión del carburante de los aviones.





En estas tres imágenes podemos ver el efecto del viento y como este contribuye al desarrollo del «yunque».



Cuando predominan las corrientes descendentes en la parte superior del cumulonimbo, como en este caso, la tormenta está en plena fase de disipación; sin embargo, eso no nos libra de tener que evitarlas para no sufrir los efectos de la turbulencia asociada.



Esta tormenta se encontraba en plena fase de madurez con un «Arcus» bien definido en su base, por suerte solo nos obligó a desviarnos unas millas durante la aproximación a Viena, Austria.

En esta ocasión nos encontramos al norte del aeropuerto de Roma, podemos observar cómo se desploma esta columna de aire frío perteneciente a un cumulus congestus.





Al final del día la energía de activación de las tormentas disminuye y las que estaban activas tienden a disiparse.



Esta tormenta está prácticamente desapareciendo, su «yunque» en los próximos minutos acabará convertido en una inofensiva nube estratiforme.

Cuando las tormentas se encuentran inmersas en otras nubes, es complicado distinguirlas a simple vista, y una vez más será fundamental la ayuda del radar.



La persistencia de la estela depende de la humedad del aire. Cuando el aire es muy seco la formación de estelas es prácticamente nula, pero cuando se expulsa vapor de agua a través de los gases de escape producimos un aumento de la humedad relativa hasta alcanzar el punto de condensación y formar una estela. Se llama «nivel mintra» a la altitud por debajo de la cual no se forman estelas. Este nivel no tiene ninguna importancia para la aviación civil, pero sí para la militar a fin de evitar la detección de aviones en misiones de sobrevuelo. En latitudes medias, las estelas se forman por encima de los siete mil metros en verano y cinco mil en invierno.

Páginas siguientes:

Las imágenes muestran el cruce con otro avión en ruta opuesta a la nuestra; la separación era de 1000' (300m) que es la estándar entre aviones. La iluminación que ofrecí el sol junto a la capa de nubes por debajo de nosotros permitía ver nuestra sombra y la estela del compañero.



