



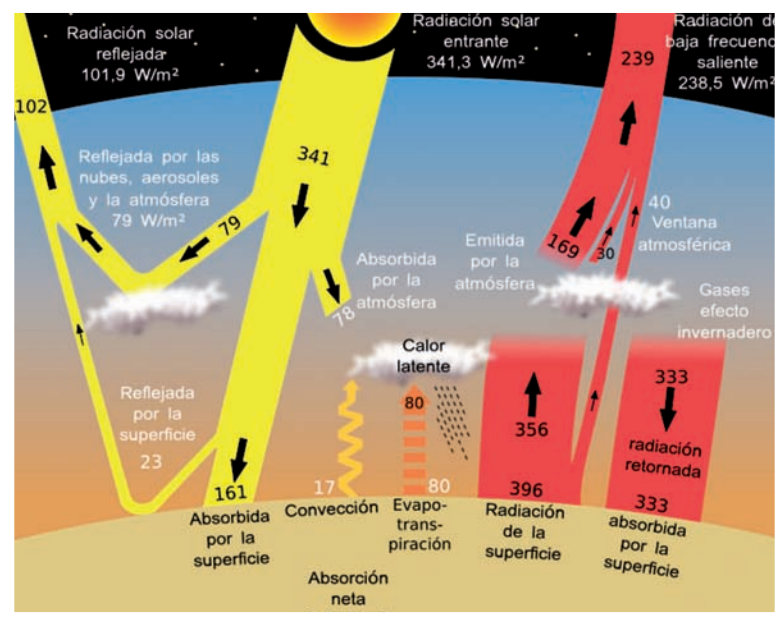
meteo

La máquina atmosférica

Texto: **José Miguel Viñas** • Fotos: **Autor, salvo indicado**

El 70% de la energía que nos llega del sol es empleada para poner en marcha el sistema climático, siendo parte de esa energía el “combustible” que necesita la máquina atmosférica para funcionar. Debido a que su reparto no es uniforme en toda la Tierra, la búsqueda permanente de un equilibrio fuerza al aire a desplazarse de unas zonas a otras, lo que junto al movimiento de rotación del planeta, los elementos del relieve y los contrastes tierra-mar que se dan en la superficie terrestre, dan origen al esquema clásico de la circulación general de la atmósfera.

Balance anual de energía de la Tierra desarrollado por Trenberth, Fasullo y Kiehl de la NCAR en 2008. Basado en datos del periodo Marzo de 2000 - Mayo de 2004.



La incesante actividad que tiene lugar en la atmósfera es posible gracias a la enorme cantidad de energía que constantemente nos llega del sol. Si nuestra estrella se apagara de repente, comprobaríamos cómo en apenas una semana el aire se encalmaría por completo, dejarían de visitarnos frentes y borrascas, no se formarían tormentas y la temperatura iniciaría un vertiginoso descenso. La superficie marina se iría convirtiendo en una balsa de aceite, antes de comenzar a enfriarse y terminar congelada. En definitiva, la vida en la Tierra, tal y como la conocemos actualmente, se vería seriamente amenazada.

Por suerte, al sol le queda aún mucho combustible por quemar, por lo que seguirá alumbrándonos y calentándonos de manera parecida a como lo hace ahora, al menos durante los próximos 5.000 millones de años. Si bien nuestra estrella atraviesa períodos de mayor y menor actividad, y de vez en cuando también acontecen en su superficie violentas explosiones ("tormentas solares") que lanzan al espacio enormes chorros energéticos, que cuando alcanzan la Tierra afectan a las telecomunicaciones, para el estudio del balance de energía terrestre podemos considerar constante el flujo de energía solar que permanentemente llega al tope de nuestra atmósfera, gracias al cuál la máquina atmosférica está en marcha.

Para el conjunto del planeta, ese *input* de entrada es del orden de 340 W/m² (ver figura 2). Dicha cantidad es la cuarta parte de la llamada "constante solar", que sería la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y de superficie, medida en el tope de la atmósfera en un plano perpendicular al de incidencia de los rayos de sol. Para que nuestro planeta mantenga sus actuales condiciones de habitabilidad, su temperatura superficial ha de

mantenerse constante (o a lo sumo fluctuar dentro de un estrecho margen de variación), lo que se consigue siempre y cuando el planeta emita hacia el espacio la misma cantidad de energía que recibe. Si retuviera más de lo que emite, entonces se iría calentando progresivamente; sin embargo, podemos considerar a la Tierra como un planeta en equilibrio energético, con una temperatura media superficial de 15 °C (temperatura ISA al nivel del mar).

Mientras que la energía entrante (procedente del sol) podemos considerarla de onda corta, la saliente (emitida por la Tierra) sería de onda larga, al ser mucho menos energética que la solar. En la figura 2 aparece representado cómo sería el balance energético terrestre. Comprobamos, por un lado, cómo la energía entrante (341 W/m²) es igual a la saliente (102 + 239). Esta última es el resultado de sumar la fracción de radiación solar (de onda corta) reflejada por la Tierra (102 W/m²) y de la radiación terrestre (de onda larga) emitida hacia el espacio por nuestro planeta (239 W/m²).

Si usamos números redondos e identificamos a los aproximadamente 340 W/m² que llegan al tope de la atmósfera con 100 unidades de energía, entonces, 50 unidades serían absorbidas por la superficie terrestre (los 161 W/m² que aparecen en la figura 2), 20 serían absorbidas por la atmósfera (78 W/m²) y las 30 restantes

serían devueltas al espacio (102 W/m²), lo que constituye el albedo terrestre. Por definición, el albedo es la relación entre la radiación que refleja una superficie y la radiación que incide sobre ella, expresándose en porcentaje. En el caso de la Tierra, su albedo es aproximadamente del 30%, mucho mayor que el de la luna, que apenas es del 7%. La Tierra vista desde la luna es mucho más brillante que la luna vista desde la Tierra, lo que pudieron certificar los astronautas que visitaron nuestro satélite natural hace 40 años, destacándolo unánimemente como algo muy llamativo y de extraordinaria belleza.

A la vista de los anteriores datos, comprobamos cómo el 70% de la energía que nos llega del sol es empleada para poner en marcha el sistema climático, siendo parte de esa energía el "combustible" que necesita la máquina atmosférica para funcionar. Debido a que su reparto no es uniforme en toda la Tierra, la búsqueda permanente de un equilibrio fuerza al aire a desplazarse de unas zonas a otras, lo que junto al movimiento de rotación del planeta, los elementos del relieve y los contrastes tierra-mar que se dan en la superficie terrestre, dan origen al esquema clásico de la circulación general de la atmósfera (CGA), cuyas principales características describiremos en lo que resta de artículo.

Nubes canadienses en una atmósfera agitada. Fotografía ganadora del concurso Ubuntu 9.04 Free Culture Showcase.

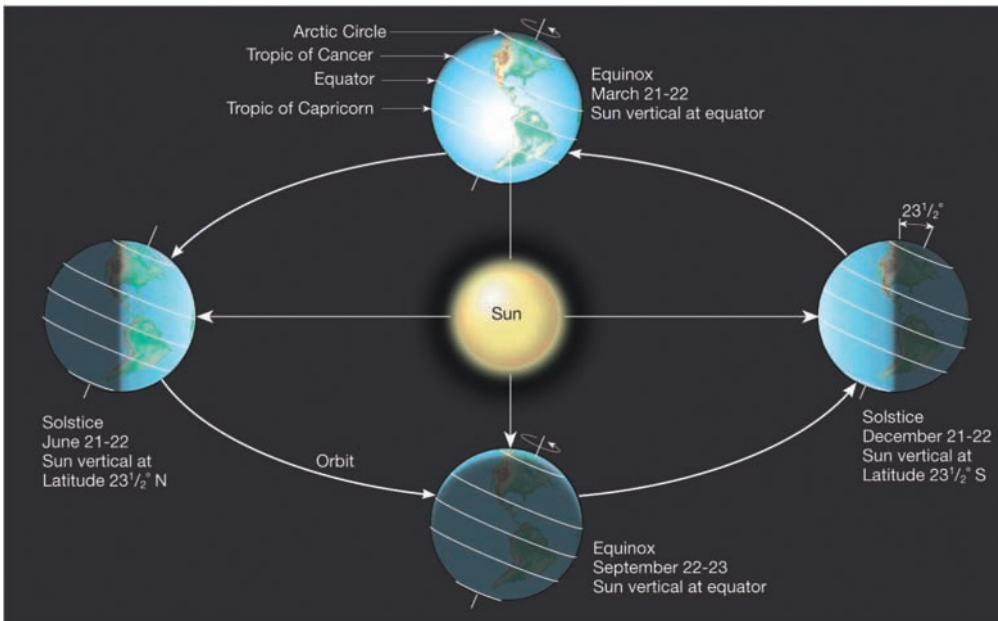
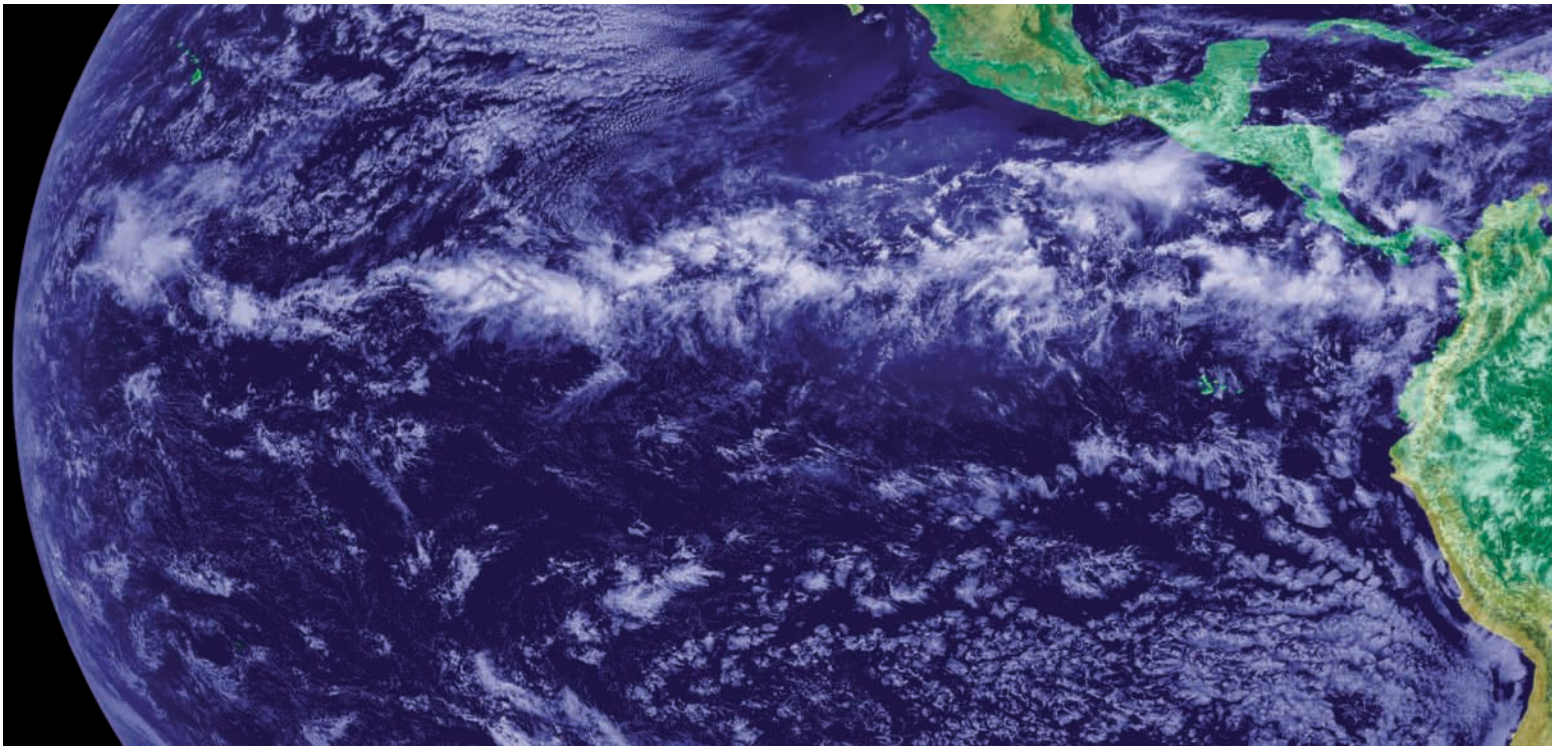


Imagen de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) captada por el satélite GOES-11 el 12 de julio de 2000, donde se aprecia el cinturón de tormentas que permanentemente crecen en torno al Ecuador. CRÉDITO: GOES Project Science Office.

Posiciones de la Tierra en su órbita alrededor del sol durante los equinoccios de primavera y otoño y los solsticios de invierno y verano.

En su movimiento orbital alrededor del sol, debido a que el eje terrestre está inclinado un ángulo de $23,5^\circ$ con respecto al plano de la eclíptica (el plano en el que se inscribe la órbita terrestre), la cantidad de radiación solar que incide sobre las distintas franjas latitudinales varía a lo largo del año. Las zonas polares, si bien reciben idéntica cantidad anual que el Ecuador, lo distribuyen en un área mucho mayor, al incidir los rayos solares con mucha menor elevación que en latitudes más bajas. En consecuencia, en los polos hay siempre un déficit energético, potenciado por la presencia permanente de hielo (albedo superior al 90%), mientras que en la zona ecuatorial al cabo del año entra más energía de la que sale, provocando dicho superávit la presencia permanente

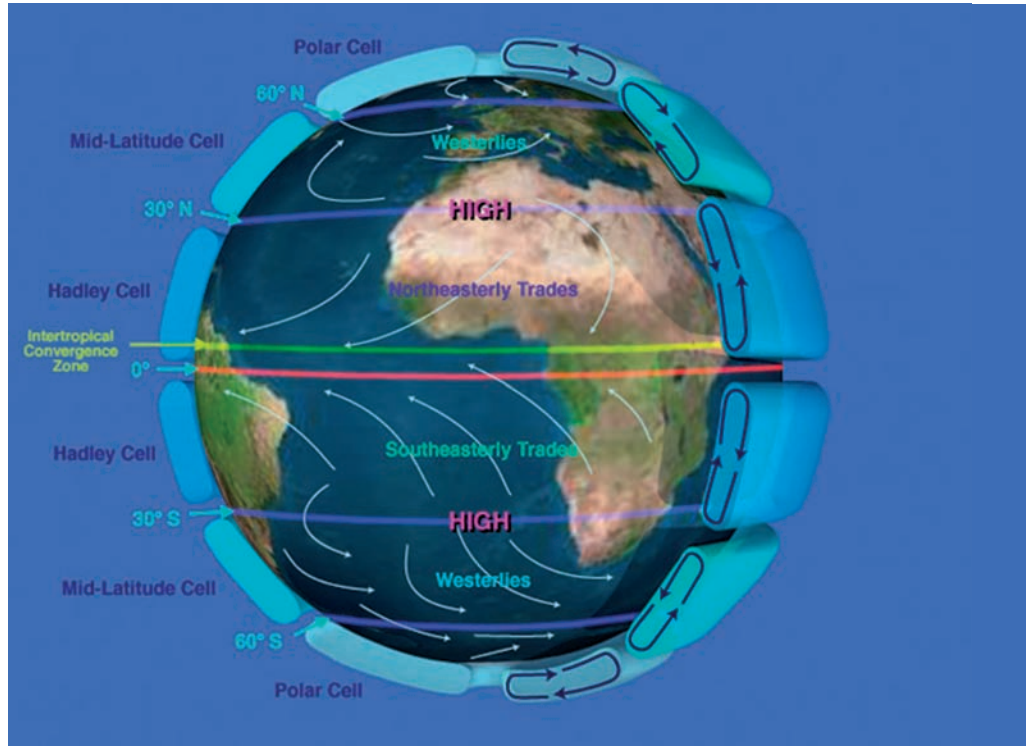
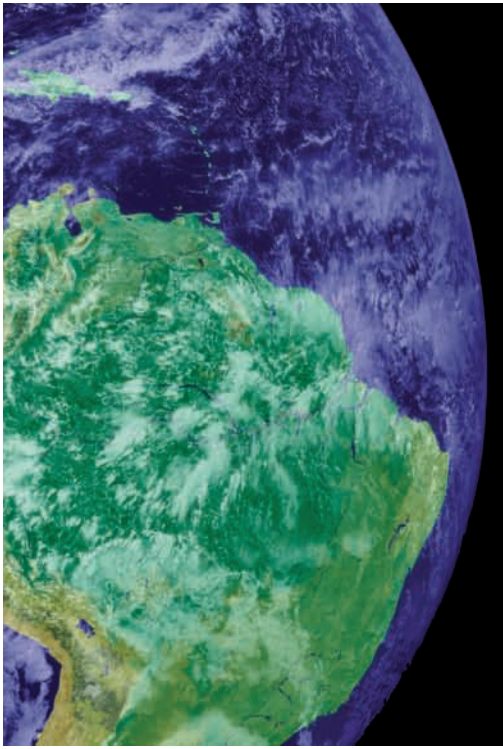
de aire cálido. Esta última circunstancia es uno de los principales motores de la CGA, que engloba el sistema de vientos dominantes en las distintas regiones de la Tierra.

La elevada insolación que tenemos en el Ecuador es la responsable de que allí dominen las bajas presiones de origen térmico, calentándose mucho el aire en las cercanías de la superficie terrestre, lo que da lugar a destacadas ascendencias. Dichos ascensos culminan en muchos casos con la formación de gigantes sistemas tormentosos, constituidos por racimos de cumulonimbos que llegan a alcanzar hasta los 18 km de altura. Estos torreones nubosos son infranqueables para los aviones comerciales, que deben conformarse con rodearlos, buscando

pasillos entre ellos aptos para el vuelo. Esas tormentas forman una especie de cinturón que permanentemente rodea la Tierra en el entorno del ecuador y que se conoce en Climatología como la ITCZ (siglas inglesas de la llamada "Zona de Convergencia Intertropical").

La ITCZ se ve sometida a una basculación estacional no uniforme, situándose toda ella por encima de la línea ecuatorial en verano -con grandes diferencias de unas longitudes terrestres a otras-, y gran parte por debajo durante el invierno, lo que está íntimamente ligado con el régimen monzónico, el de los vientos alisios y con la actividad ciclónica en el ámbito tropical.

El aire que asciende en la zona ecuatorial, como si de una gigantesca chimenea se tratase, al llegar a la estratosfera se expande lateralmente hacia el norte y sur, en dirección a los Polos, pero debido a los distintos factores que actúan de forma permanente sobre el medio atmosférico, y que antes enumeramos de forma somera, las ramas descendentes de ese par de gigantes "ríos de aire" no descienden en los polos, sino que lo hacen en torno a los 30° de latitud en ambos hemisferios. Quedan así constituidas las conocidas como *células de Hadley*, llamadas así en honor al abogado inglés y aficionado a la Meteorología George Hadley (1685-1768), que postuló su existencia para justificar la presencia de los vientos alisios.



Si en el Ecuador dominan las bajas presiones -como consecuencia de la presencia junto al suelo de aire cálido, con un elevado grado de humedad-, en los polos ocurre justo lo contrario. La presencia allí de aire frío y seco conforma sendas áreas de alta presión (anticiclones polares), sobre las que tiene lugar un descenso permanente de aire que constituye, para cada polo, la rama descendente de una célula polar, cuya rama ascendente localizamos en torno al paralelo 60 (*Polar cell* en la figura 5). La CGA se completa con las llamadas *células de Ferrel*, que situaríamos entre las polares y las de Hadley, entre los 30 y los 60 grados de latitud en cada hemisferio.

Gracias a este esquema conceptual de las distintas células de circulación (Figura 5) es fácil de entender el tipo de tiempo que domina en los distintos lugares de la Tierra. En latitudes medias dominan las corrientes del Oeste (los llamados *Westerlies*), de ahí

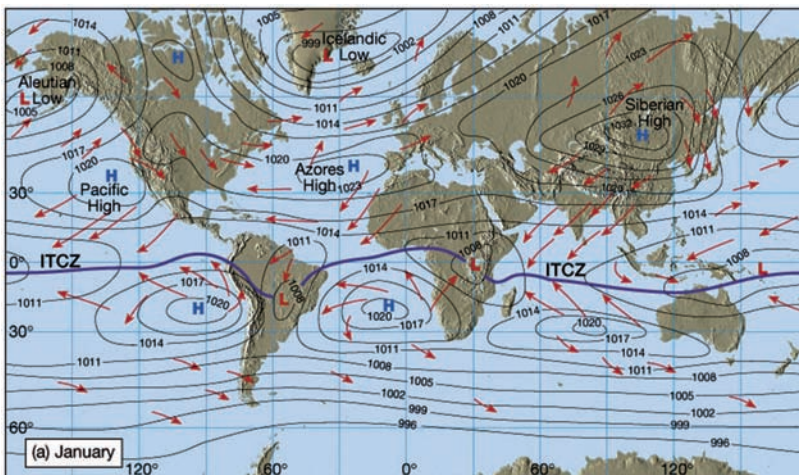
que las borrascas siempre nos lleguen por el Atlántico. En Canarias (ámbito subtropical), el régimen de vientos típico es el de los alisios, al situarse el archipiélago en el flanco sur de las altas presiones subtropicales (del famoso anticiclón de las Azores). En verano, la zona de influencia de esas altas presiones engloba también a la Península Ibérica, de ahí que la menor presencia de frentes y el dominio de cielos poco nubosos o despejados que caracteriza a la estación veraniega en España. En invierno, al llegar menos radiación solar al Hemisferio Norte, el aire frío de origen polar se extiende hacia el sur, circulando las borrascas por latitudes más bajas.

Si bien las figuras que ilustran el presente artículo sirven para entender cuáles son las principales características que presenta la CGA, la variabilidad es tan grande que de unos años a otros el tiempo en un mismo lugar y estación puede ser radicalmente

distinto. Tenemos aún fresco en nuestra memoria el riguroso invierno que hemos tenido y que, como apuntaba nuestro director -Jorge Penalba- en su editorial (Plan de Vuelo) del pasado número de la revista, "ha hecho que las horas voladas se hayan reducido a mínimos históricos". El invierno fue excepcional, no ya sólo por las abundantes lluvias o las nevadas, sino por la cantidad de situaciones de tiempo adverso que tuvimos, como consecuencia de una circulación casi continua de borrascas por latitudes más bajas de lo normal. El último invierno contrasta claramente con los de los años inmediatamente anteriores, donde si algo nos llamó la atención fue su suavidad -salvo episodios puntuales de intenso frío- y la ausencia de precipitaciones durante largos períodos de tiempo. Cada año, cada estación, cada día... es singular, si bien la CGA nos permite entender porqué se forman en la zona ecuatorial las mayores tormentas de la Tierra, porqué los vientos alisios son tan frecuentes en Canarias, por qué en la Península Ibérica recibimos la visita periódica de borrascas atlánticas, principalmente en invierno, o porqué tenemos huracanes en el Atlántico Norte durante el verano y el otoño. ■

Arriba Esquema de la Circulación General Atmosférica. FUENTE: NASA/JPL.

Abaixo Distribución global de la presión a nivel del mar y del régimen de vientos en el mes de enero.



Para aclarar cualquier duda meteorológica que tengas y si quieres ver también publicadas en la revista tus fotografías de los cielos y de los fenómenos meteorológicos captados en tus travesías, puedes ponerte en contacto con nosotros a través del correo electrónico:

info@divulgameteo.es