

Nota sobre el esquema conceptual básico de la Circulación General Atmosférica

JOSÉ ANTONIO LÓPEZ-DÍAZ

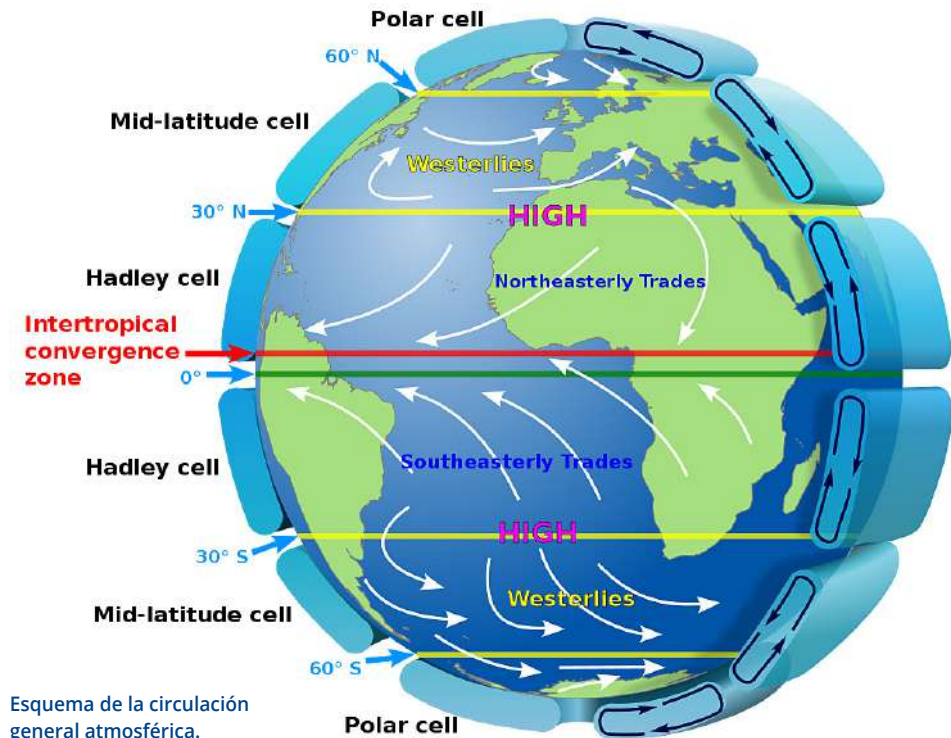
La circulación general (CG) de la atmósfera, que trata de los movimientos a gran escala de la atmósfera, es un tema de gran complejidad si se pretende analizarlo con toda profundidad. Pero como es muy importante para cualquier interesado en la Meteorología entender sus fundamentos, se utilizan distintos esquemas o modelos conceptuales más o menos simplificados. En una primera aproximación al problema, hay dos afirmaciones básicas:

a) el motor último de la CG es el Sol, y factores físicos relacionados con la órbita y rotación de la Tierra, y su forma cuasi-esférica, hacen que la cantidad de energía solar recibida en promedio temporal tenga un máximo en las zonas tropicales y un mínimo en los polos

b) al gradiente meridional de temperatura (promediada zonalmente) provocado por el Sol, la atmósfera (y océanos) reacciona tendiendo a disminuirlo redistribuyendo la energía solar, lo que da lugar a tres células: la de Hadley (la principal) en los trópicos, la de Ferrel en latitudes medias y la polar (la más débil)¹.

Por tanto queda claro el origen energético de la CG, y para clarificar este, en un esquema un poco más detallado que las ideas anteriores, se suele introducir el balance energético de la Tierra. Este a su vez, en primera aproximación, se compone de la energía solar incidente neta (tras restar la parte reflejada debido al albedo) y de la energía infrarroja (IR) saliente. Entonces se explica que en los trópicos hay un superávit energético (más energía solar entrante que IR saliente), y al revés en latitudes medias y altas (el límite está alrededor de 35° de latitud). Sería este desequilibrio el que daría lugar a la CG con los movimientos medios meridionales de atmósfera y océanos para compensarlo².

Pero este esquema no es correcto a mi entender, pues no es el desequilibrio energético el que provoca la CG, sino más bien la CG la que provoca el equilibrio energé-



Esquema de la circulación general atmosférica.

Fuente: NASA vía Wikimedia Commons

tico. Para convencerse de ello hagamos el experimento mental consistente en suponer que uno de los dos desaparece. Si suponemos que el desequilibrio energético desapareciese por un instante (calentando la zona de superávit tropical hasta que emitiera en IR lo mismo que recibe del Sol, es decir, hasta que alcanzara su temperatura de equilibrio radiativo, y enfriando correlativamente la zona deficitaria), en caso de ser este desequilibrio el que causa la CG esta debería obviamente desaparecer. Pero el ingente desequilibrio térmico en la atmósfera entre trópicos y latitudes más altas desencadenaría una CG de gran intensidad meridiana que acabaría restaurando el desequilibrio energético radiativo actual. Por el contrario, si lo que suponemos es que el transporte meridiano de la CG se parara (p.ej. instalando barreras en círculos de latitud para impedir movimientos meridianos por aire o mar) lo que sucedería es que el desequilibrio energético también desaparecería, y al igual que en planetas

sin capa fluida como Marte, la temperatura sería la de equilibrio radiativo.

Queda claro, a mi modo de ver, que entonces no es correcto decir que el desequilibrio energético induce (“drives” en inglés) un transporte meridiano por la CG que trata de compensarlo, con lo que se da a entender que la CG sería la parte pasiva. Más bien es el transporte meridiano de energía provocado por la CG (cuya causa es el desequilibrio térmico provocado por la desigual distribución de la radiación solar) el que da lugar a un desequilibrio energético entre radiación de onda corta entrante y de onda larga saliente como el observado.

Podemos decir de forma sintética, ordenando en una escala causa-efecto los tres factores radiación solar, CG y radiación IR, que la radiación solar incidente es pura causa (actúa sobre el sistema terrestre sin que este actúe sobre ella)³, la radiación IR emitida es básicamente un efecto de los otros dos, y la CG estaría en esta escala en una posición intermedia.

¹ Las células de Hadley en los trópicos y la polar son termodinámicamente directas, es decir, con ascensos en la zona cálida y descensos en la fría, con lo cual transforman energía térmica en energía mecánica (potencial y cinética), mientras que la de Ferrel en latitudes medias es indirecta, y aparece fundamentalmente por arrastre de las otras.

² El desequilibrio máximo en promedio anual es de unos 6 PW entre la franja entre las latitudes 35° N y S y el resto del planeta (esto supone, repartido por la superficie de cada zona, aproximadamente unos 12 W/m² de exceso o defecto respectivamente, del orden de un 5% de toda la energía solar neta absorbida por la Tierra). La atmósfera transporta meridionalmente un máximo de unos 5 PW en 40° de latitud, y el océano un máximo de unos 2 PW alrededor de 10° de latitud en ambos hemisferios.

³ En cambio la radiación solar neta, diferencia entre incidente y reflejada, depende también de la CG a través del albedo terrestre, el cual depende de los detalles de la cobertura nubosa.