



Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

ISSN: 0325-2957

actabioq@fbpba.org.ar

Federación Bioquímica de la Provincia de
Buenos Aires
Argentina

LAS NUBES Y EL CICLO DE LA ENERGÍA

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, núm. 3, 2012, pp. 35-39

Federación Bioquímica de la Provincia de Buenos Aires

Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53559383004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

LAS NUBES Y EL CICLO DE LA ENERGÍA

Las nubes pueden calentar o enfriar la superficie según sea la combinación de varios factores como la altura de la nube, su tamaño y la distribución de las partículas que la forman. El balance entre el enfriamiento y el calentamiento producido por las nubes es muy preciso y, en general, predomina el enfriamiento.

La localización y las características de las nubes son fundamentales para entender el cambio climático. Las nubes

bajas y gruesas reflejan la radiación solar y contribuyen al enfriamiento de la superficie de la Tierra. Las nubes altas y delgadas transmiten la radiación solar hacia la superficie de la Tierra y, al mismo tiempo, atrapan parte de la radiación infrarroja (IR) emitida por la Tierra y la radian nuevamente hacia abajo contribuyendo al calentamiento de la Tierra.

El sistema climático de la Tierra tiende a mantener el equilibrio entre la energía solar que llega a la Tierra y la energía

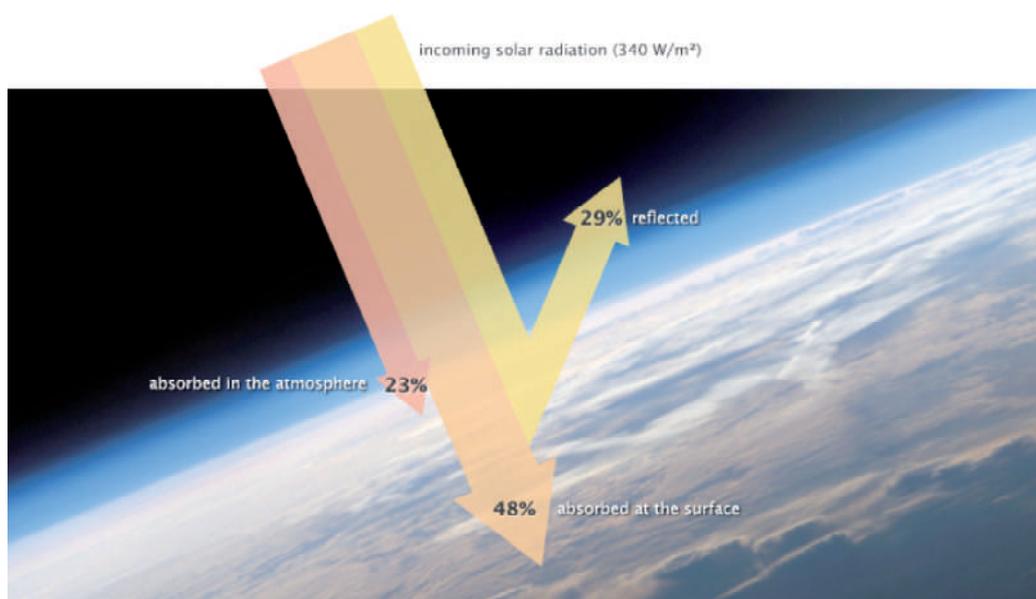


Figura 36: De los $1340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ de energía solar que llega a la Tierra, el 29 % es reflejado nuevamente al espacio sobre todo por las nubes pero también por otras superficies brillantes y por la propia atmósfera. Alrededor del 23% de la energía que llega es absorbida por los gases atmosféricos, el polvo y otras partículas. El 48% restante es absorbido en la superficie de la Tierra (NASA Earth Observatory, ilustración de Robert Simmon sobre una fotografía espacial).



que sale de ésta al espacio exterior. Este equilibrio se denomina “balance energético”. La superficie del planeta, la atmósfera y las nubes son componentes del sistema que contribuyen a mantener el balance energético. La energía solar que llega a la superficie de la Tierra es energía de “onda corta” porque la mayor parte proviene de las ondas de longitud de onda más cortas (y mayor frecuencia) del espectro de radiación electromagnética y es la responsable de la luz visible que detectan nuestros ojos. Tanto la cantidad de energía como las longitudes de onda a las cuales un sistema emite energía dependen de la temperatura media de las superficies radiantes del sistema. La temperatura de la superficie radiante del Sol (fotosfera) es superior a 5500 °C. No toda la energía solar viene a la Tierra ya que el Sol emite energía en todas direcciones y sólo una fracción muy pequeña es interceptada por nuestro planeta (Fig. 36).

Desde el sistema Tierra la energía vuelve al espacio por reflexión o por emisión. Una parte de la energía solar que viene a la Tierra es reflejada nuevamente hacia el espacio en la misma onda corta en que llegó a la Tierra. Esta fracción de la energía solar que es reflejada hacia el espacio se llama albedo. Las diversas partes de la Tierra tienen diferentes albedos. Por ejemplo, la superficie del océano y la selva lluviosa tienen bajos albedos, lo que significa que reflejan una pequeña porción de la energía solar solamente. Los desiertos y las nubes, en cambio, tienen albedos altos porque reflejan una gran porción de la energía solar. La superficie total de la Tierra refleja alrededor del 30% de la energía solar que recibe. Dado que una nube tiene generalmente un albedo más alto que la superficie que está debajo, la nube refleja más radiación de onda corta hacia el espacio que la que reflejaría la superficie sin la cubierta de nubes. Esto reduce la cantidad de energía solar disponible para calentar la superficie y la atmósfera. Por consiguiente, esta fuerza del “albedo de las nubes” tiende a causar enfriamiento actuando como una “fuerza negativa” en el clima de la Tierra (Fig. 37).

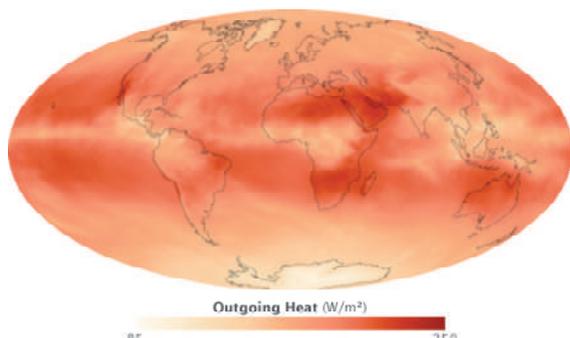


Figura 37: Esta imagen muestra la cantidad media de calor (en $W \cdot m^{-2}$) que fue emitida desde la Tierra al espacio un día del mes de septiembre de 2008. Los colores rojizos muestran donde había mayor calor y se emitía más radiación que salía por el tope de la atmósfera. Los colores con más blanco muestran los valores más bajos (NASA Earth Observatory, mapa por Robert Simmon).

Otra parte de la energía que vuelve al espacio desde la Tierra es la radiación electromagnética emitida por la Tierra. La radiación solar absorbida por la tierra calienta el planeta hasta el punto en que éste emite hacia el espacio tanta energía como la que absorbe del Sol. Debido a que la Tierra absorbe una pequeña fracción de la energía del Sol, se mantiene más fría que éste y, por consiguiente, emite mucha menos radiación. La mayor parte de esa radiación tiene mayor longitud de onda que la radiación solar. A diferencia de ésta, que se emite a longitudes de onda más cortas visibles al ojo humano, la radiación de onda larga de la Tierra es emitida principalmente como infrarrojo (IR), que es invisible al ojo humano. Cuando una nube absorbe radiación de onda larga emitida por la superficie de la Tierra, la nube reemite una parte de la energía al espacio exterior y otra parte nuevamente hacia la superficie. La intensidad de la emisión de una nube varía directamente con su temperatura y depende también de varios otros factores como el grosor de la nube y la organización de las partículas que la forman.

La parte superior de la nube está habitualmente más fría que la superficie de la Tierra. Por consiguiente, si se introduce una nube en un cielo previamente claro, la cara superior fría de la nube reducirá la emisión de onda larga hacia el espacio y (a despecho del albedo de la nube en ese momento) la energía será atrapada debajo de la cara superior de la nube. Esta energía atrapada aumentará la temperatura de la superficie de la Tierra y la atmósfera hasta que la emisión de onda larga al espacio vuelva a balancear la energía de onda corta absorbida. Este proceso se llama “poder de invernadero de las nubes” y tiende a causar calentamiento por lo que es una “fuerza positiva” del clima de la Tierra. Por lo común, cuanto más alta en la atmósfera se encuentra una nube más fría es su superficie superior y mayor es su fuerza de invernadero.

Si la Tierra no tuviera atmósfera, una temperatura de superficie muy inferior al punto de congelación emitiría suficiente radiación para balancear la energía solar absorbida. Pero la atmósfera calienta el planeta y lo hace habitable. El aire limpio es ampliamente transparente a la radiación solar de onda corta y por consiguiente la transmite a la superficie de la Tierra. Sin embargo, una fracción importante de la energía de onda larga emitida por la superficie es absorbida por el aire. Esto calienta el aire haciéndole radiar energía tanto hacia el espacio como hacia la superficie de la Tierra. La energía nuevamente radiada a la superficie la calienta más y con ello emite energía suficiente para balancear la energía adicional que recibe del aire. Este efecto de calentamiento de la superficie por parte del aire, que se llama “efecto invernadero atmosférico”, se debe al vapor de agua contenido en el aire pero también es aumentado por el dióxido de carbono, metano y otros gases que absorben la energía infrarroja (Tabla II).



Tabla II. Principales tipos de nubes según la altura y la región geográfica en la que se encuentran (Datos del Servicio Meteorológico Nacional, de la NOAA).

Regiones polares (m)	Regiones templadas (m)	Regiones tropicales (m)	Tipos de altura	Tipos de nubes
7.500 a 3.000	13.500 a 4.800	18.000 a 6.000	Altas (A)	<i>Cirrus, Cirrostratos, Cirrocúmulos</i>
3.900 a 1.950	6.900 a 1.950	6.900 a 1.950	Medias (M)	<i>Altostratos, Altiocúmulos, Nimboestratos</i>
< 1.950 m	< 1.950 m	< 1.950 m	Bajas (B)	<i>Stratus, Stratocumulus, Cúmulos, Cumulonimbos</i>

Las nubes altas

Las nubes altas y delgadas llamadas *cirrus* actúan de un modo similar al aire limpio, porque son muy transparentes a la radiación de onda corta (su albedo es muy pequeño), pero absorben la radiación de onda larga que va al espacio. Las nubes *cirrus* absorben, como el aire limpio, la radiación de la Tierra y luego emiten radiación infrarroja de onda larga tanto hacia el espacio como hacia la superficie de la Tierra. Dado que las

nubes *cirrus* son altas y, por consiguiente, frías, la energía radiada al espacio exterior es más baja de lo que sería sin nubes (la fuerza de invernadero de las nubes es grande). La parte de la radiación así atrapada y devuelta a la Tierra se suma a la energía de onda corta del Sol y a la de onda larga del aire que llegan a la superficie. La energía así agregada causa un calentamiento en la superficie y en la atmósfera. El efecto general de las nubes altas y delgadas (*cirrus*) es aumentar el calentamiento de la Tierra por invernadero (Fig. 38).



Figura 38: Nubes cirrus, (a, arriba izquierda) nubes en forma de filamentos, líneas y ganchos, (b, arriba derecha) densas, en parches, (c, abajo izquierda) más densas, y (d, abajo derecha) en filamentos y gancho con densidad creciente (Imágenes de NOAA).



Las nubes bajas

En contraste con el efecto de calentamiento de las nubes más altas, los *stratocumulus* más bajos enfrían al sistema Tierra. Debido a que las nubes bajas son mucho más gruesas que los *cirrus* altos, no son transparentes: no dejan pasar tanta energía solar hasta la superficie de la Tierra. Reflejan, en cambio, gran parte de la energía solar hacia el espacio (su fuerza de albedo es grande). Aunque las nubes *stratocumulus* también emiten radiación de onda larga hacia el espacio y hacia la superficie de la Tierra, están cerca de la superficie y casi a la misma temperatura de la superficie. De este modo radian casi a la misma intensidad que la superficie y no afectan demasiado a la radiación infrarroja emitida al espacio (su fuerza de invernadero es pequeña a escala planetaria). Por otro lado, la radiación de onda corta emitida hacia abajo desde la base de los *stratocumulus* tiende a calentar la superficie y la fina capa de aire entre ésta y la nube, pero la fuerza preponderante del albedo protege la superficie eliminando suficiente radiación solar como para que el efecto neto de estas nubes sea un enfriamiento de la superficie (Fig. 39).



Figura 39: Expansión y aplanamiento de las Nubes Estratocúmulo (Imágenes de NOAA).

Nubes de convección profunda

En contraste con los tipos discutidos más arriba se encuentran las nubes de convección profunda, los *cumulonimbus*. Estas nubes pueden tener varios km de espesor, con su base cerca de la superficie de la Tierra y su tope a 10 km o más. Como la parte superior es alta y fría, la energía que radian al espacio exterior es menor de la que radiaría una superficie sin nubes (su poder de invernadero es grande). Sin embargo, también

son muy gruesas y reflejan mucha energía solar al espacio (su poder de albedo es grande); por consiguiente, con la radiación de onda corta reducida para la absorción, no hay exceso de radiación para capturar. En consecuencia, el poder de invernadero y el de albedo están en equilibrio y el efecto general de las nubes *cumulonimbus* es neutro (Fig. 40).



Figura 40: Nubes *cumulonimbus*. Sin fibras (arriba) y fibrosa (abajo) (Imágenes de NOAA).

Las nubes como variables clave del cambio global

El efecto de las nubes sobre el clima depende del balance entre la reflexión de la radiación solar que entra y la absorción de la radiación infrarroja que sale de la Tierra. Las nubes bajas tienen un efecto de enfriamiento. Las nubes altas y finas (*cirrus*) tienen un efecto de calentamiento. Las nubes de convección profunda no tienen efecto de enfriamiento ni de calentamiento porque su poder de invernadero y de albedo, aunque grandes, se cancelan mutuamente.



Las misiones de la NASA para el estudio de las nubes y el ciclo de la energía

La NASA realiza misiones para estudiar las nubes y el ciclo de la energía. En el futuro se harán pequeñas misiones con objetivos específicos (las sondas terrestres) y programas para producir datos de cambio global de alta calidad usando datos de misiones anteriores y actuales (el programa “Pathfinder”). Estas iniciativas convergen en la principal iniciativa de la Misión al Planeta Tierra: la serie de satélites del sistema de observación de la Tierra (EOS) que comienza en 1998.

La serie de Satélites de Observación por Televisión Infrarroja (TIROS) permitió obtener datos diarios de la temperatura y cobertura global. La serie Nimbus permitió el primer análisis del balance de la radiación global mostrando que el albedo planetario era más bajo y la energía infrarroja era mayor de lo que se creía. El Experimento del Presupuesto de Radiación de la Tierra (ERBE) permitió un mejor análisis del presupuesto energético de la Tierra y, especialmente, las primeras observaciones de las fuerzas de albedo e invernadero de las nubes. El Satélite de Investigación de la Alta Atmósfera (UARS) supervisa la energía solar que llega a la Tierra y ofrece datos sobre química y dinámica de la atmós-

fera. El primer Spacelab/STS (Sistema de Transporte Espacial) y el Laboratorio Atmosférico de Ciencia y Aplicaciones (ATLAS) lanzados con el trasbordador espacial produjeron datos de energía solar, de las interacciones sol-atmósfera y de la química y dinámica de la alta atmósfera.

Los datos “Pathfinder”

El programa “Pathfinder” fue iniciado por la NASA para ofrecer a los investigadores del cambio global grandes conjuntos de datos de teledetección. La NASA produce datos de nubes y ciclo de energía. Fuentes importantes de datos son el Satélite Meteorológico Sincrónico, el Satélite Ambiental Geoestacionario Operativo (SMS/GOES) y el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR) de la NOAA. Sus datos permiten estudiar patrones de nubes y características a gran escala (desde uno hasta miles de km) y tiempo (desde minutos hasta años). Una sonda importante es la Misión Tropical Para la Medición de las Lluvias (TRMM), que llevará el instrumento llamado sistema de Energía Radiante de la Tierra (CERES) y el EOS Nube, que es una versión mejorada del ERBE.