

1. Defina los siguientes conceptos abordados: Radiación electromagnética, cuerpo negro.
 - a. Describa qué sucede cuando la radiación electromagnética es absorbida por un cuerpo negro.
 - b. Establezca una comparación entre la radiación de onda corta y larga. Mencione ejemplos de cuerpos emisores para cada una.

2. (*) Calcule la temperatura de cuerpo negro equivalente T_E de la fotosfera del sol (es decir, la capa exterior visible del sol) basada en la siguiente información. La densidad de flujo de radiación solar que llega a la Tierra, S , es de 1368 W/m^2 y el flujo en la capa exterior es de $6.28 \times 10^7 \text{ W/m}^2$.
 - a. Obtenga la longitud de onda asociado al máximo de su espectro.
 - b. Calcule la temperatura de cuerpo negro equivalente de la Tierra, como se muestra en la Fig.1, asumiendo un albedo planetario (es decir, la fracción de la radiación solar incidente que se refleja de vuelta al espacio sin ser absorbida) de 0.30. Supón que la Tierra está en equilibrio radiativo, es decir, que no experimenta ganancia ni pérdida neta de energía debido a la transferencia radiativa.

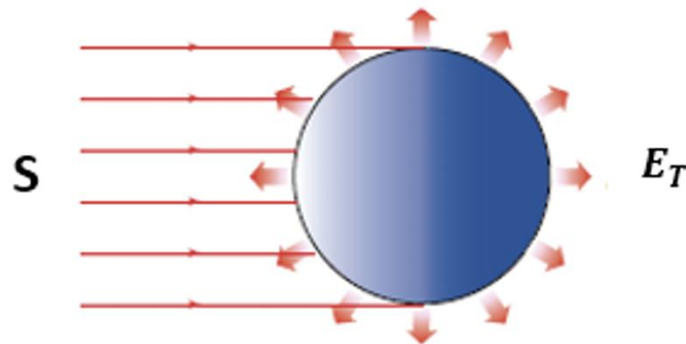


Figura 1. Problema 2

3. Un avión que vuela sobre una nube de cirros mide un flujo de radiación de onda larga ascendente de 252 W/m^2 . La temperatura de la nube es de 220 K. La temperatura de la superficie es de 295 K. Suponga que no hay absorción o emisión de radiación de onda larga en la atmósfera de cielo claro, por lo que el flujo de radiación de onda larga ascendente sobre la nube proviene solo de la nube y de la superficie. ¿Cuál es la emisividad de la nube?

4. (*) Defina la constante solar (S) para la Tierra.
 - a. Calcule la constante solar y la temperatura de equilibrio radiativo para los siguientes planetas: i. Venus y ii. Marte.
 - b. Si la temperatura de equilibrio de Mercurio es 169°C , ¿cuál es su albedo planetario?

5. Sea "A" la absorptividad de onda corta de la atmósfera, "a" la reflectividad de onda corta de la atmósfera y la superficie, y S la constante solar (es decir, $S = 1368 \text{ W/m}^2$). El flujo de onda corta reflejado al espacio es $aS/4$, y la energía de onda corta absorbida en la atmósfera (principalmente por moléculas de ozono y vapor de agua, además de las nubes) es $AS/4$. Suponga que la superficie de la Tierra es un radiador de cuerpo negro (es decir, tiene $\varepsilon = 1$).
 - a. Calcula SWs, la energía de onda corta absorbida en el suelo en términos de S, A, y a. (Pista: la suma de SW (absorbido en la superficie) + SW (reflejado al espacio) + SW (absorbido en la atmósfera) debe ser igual a $S/4$).
 - b. Utiliza el resumen del balance energético global para estimar a, y A, si se sabe que la radiación solar promedio global entrante es igual a 343 W/m^2 .

6. Modifica el modelo de atmósfera opaca de una capa para permitir una absorptividad solar A en la atmósfera. Refiera la temperatura de la superficie como T_s , la temperatura atmosférica como T_a , y la emisividad atmosférica como ε ($\varepsilon = 0.94$). Deriva una ecuación para el balance energético de la atmósfera. (Nota "atmósfera" no significa "parte superior de la atmósfera", y la misma no puede emitir energía de onda corta).
 - a. Deriva una ecuación para el balance energético de la superficie.
 - b. Resuelve las ecuaciones derivadas en anteriormente para T_s , en términos de A, a y ε .
 - c. Usa los valores de a, A, y ε para calcular la temperatura de la superficie T_s . La temperatura media real de la superficie global es 288 K. ¿Cuál es el error en la predicción de T_s para este modelo?

- d. ¿Qué predice tu modelo para T_s si $A = 0$? ¿La inclusión de un valor distinto de cero para A mejora o empeora la concordancia con el T_s observado?
7. (*) Considere que la atmósfera del planeta Tierra es completamente transparente a la radiación solar pero opaco a la radiación de LW que emite la superficie.
- Calcule la temperatura de equilibrio (TE) radiativo de la superficie de la tierra y su atmósfera. Asuma un albedo de 30%.
 - ¿Cuál sería la temperatura de equilibrio radiativo de la superficie terrestre si la atmósfera en lugar de ser completamente opaca a la radiación terrestre absorbiera el 95 % de lo que emite la Tierra?
 - ¿Cuál sería la temperatura de equilibrio radiativo de la superficie de la Tierra si la atmósfera absorbe el 23 % de la energía que llega de Sol y además es totalmente opaca a la radiación emitida por la superficie terrestre (no hay ventana atmosférica)?
 - ¿Con qué factor se vería modificada la temperatura de la superficie si, bajo el mismo caso que en el apartado “c” disminuye la distancia Tierra – Sol un 50 %?
8. La radiación de onda corta procedente del Sol fundamentalmente pertenece a las franjas del ultravioleta, visible e infrarrojo cercano; mientras que la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre pertenece al infrarrojo lejano. Considerando el modelo de balance radiativo de una sola capa visto en clase (ver Figura 2), calcule la temperatura de emisión de la superficie terrestre si la atmósfera es opaca a la radiación de onda larga emitida por la superficie del planeta y a la ultravioleta del Sol. Esto quiere decir que la atmósfera no sólo absorbe la radiación emitida por la superficie, sino que también la parte que nos llega del sol que pertenece al ultravioleta. Para poder resolverlo, suponga que la radiación ultravioleta que absorbe la atmósfera representa el 10% de la radiación solar total que penetra en la atmósfera. A su vez considere que no existe ventana atmosférica.

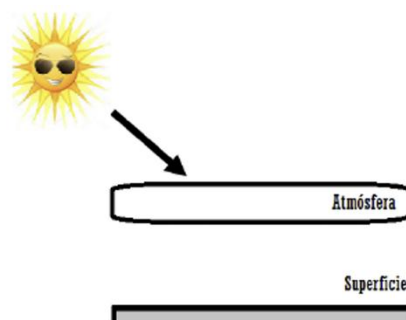


Figura 2. Ejercicio 8

9. (*) En la Figura 2 aparece esquemáticamente representado el balance de energía en el Sistema Climático. Verifique que se cumple efectivamente el balance de energía en la superficie, atmósfera y en el tope de la atmósfera. Explique brevemente que fenómenos y/o procesos físicos que interactúan en cada balance de energía.

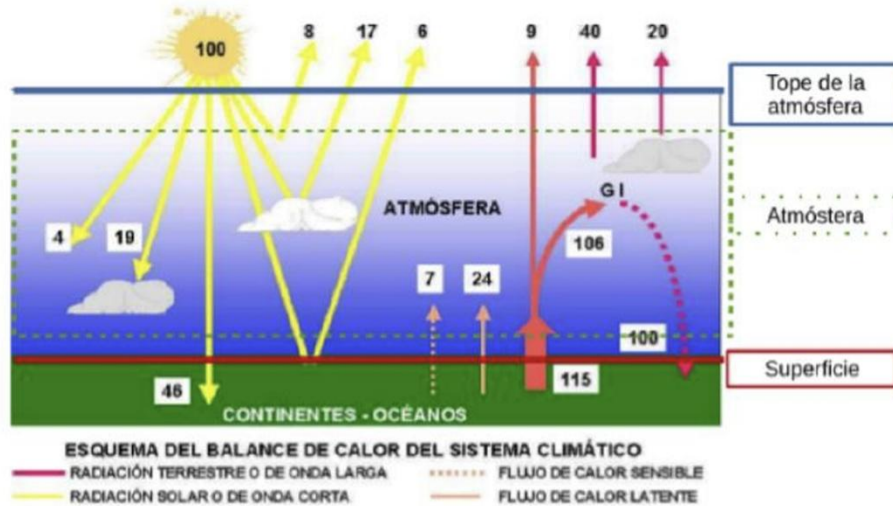


Figura 3. Modelo de balance de energía en el Sistema Climático

10. En las Figuras 4 y 5 se representan los flujos netos de radiación solar y de onda larga en superficie, respectivamente. Responda a las siguientes cuestiones sobre la Figura 4:
- ¿A qué se deben el mínimo relativo observado en el ecuador?
 - ¿A qué se deben los máximos observados en los trópicos? ¿Podría argumentar por qué estos se encuentran del lado este de las cuencas?
 - ¿A qué podría deberse la diferencia del flujo neto radiativo de onda corta entre las zonas oceánicas y continentales?

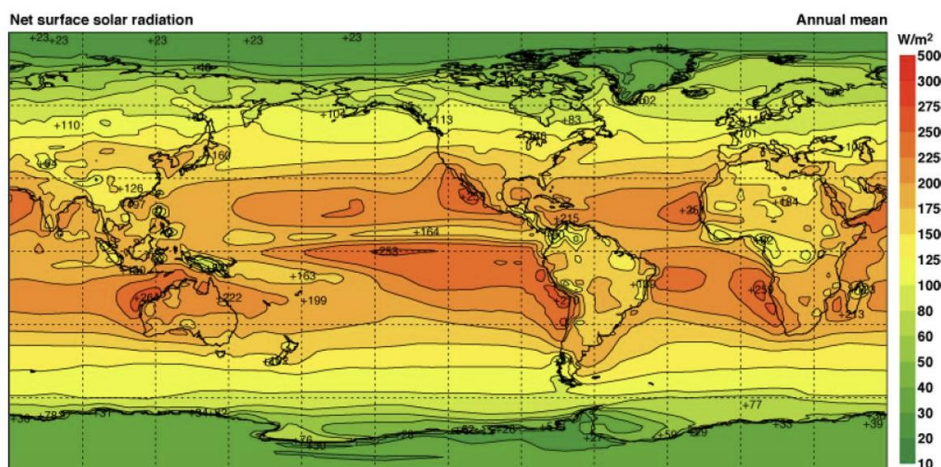


Figura 4. Flujo neto de radiación solar

Responda a las siguientes cuestiones sobre la Figura 5:

- d) ¿A qué pueden ser debidos los mínimos en el flujo neto radiativo de onda larga?
- e) ¿Cómo argumentaría la diferencia que se observa en el flujo radiativo de onda larga entre un punto ubicado en el Desierto del Sahara y el Congo? Es decir, ¿por qué la pérdida de radiación de onda larga es mayor sobre la zona desértica que sobre la parte ecuatorial oeste de África?

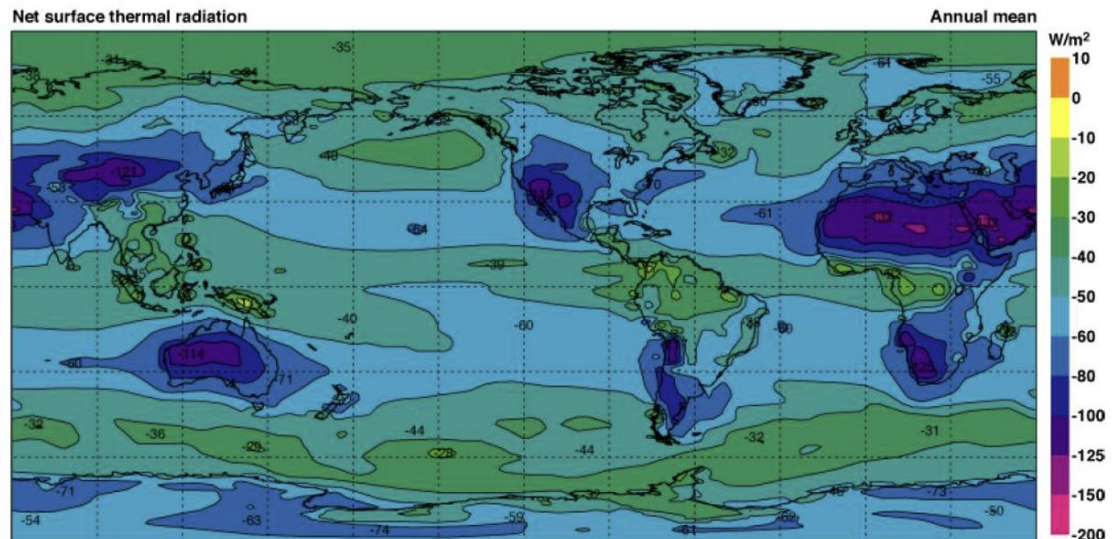


Figura 5. Flujo neto de radiación de onda larga

$$d_{\text{Tierra-Sol}} = 1.50 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$d_{\text{Venus-Sol}} = 1.08 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$d_{\text{Marte-Sol}} = 228 \times 10^6 \text{ km}$$

$$d_{\text{Mercurio-Sol}} = 5.8 \times 10^{10} \text{ km}$$

Radio de la fotosfera solar, R_s , es de $7.00 \times 10^8 \text{ m}$.

Albedo de Venus, $a_{\text{Venus}} = 71\%$

Albedo de Marte, $a_{\text{Marte}} = 17\%$

Constante de Stefan – Boltzmann: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Luminosidad: $L_0 = 3.9 \times 10^{26} \text{ W}$