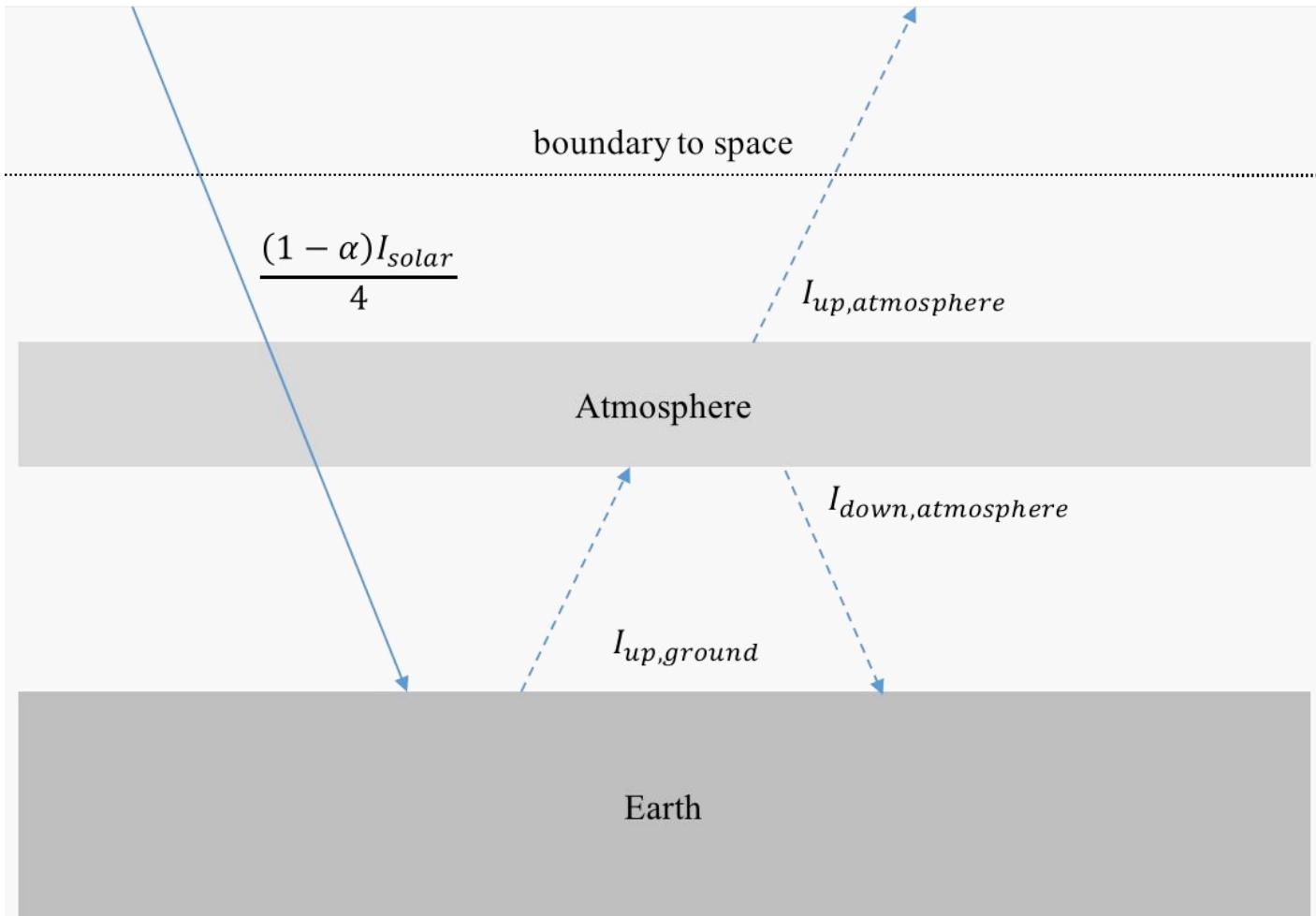


Balance energético en la atmósfera planetaria



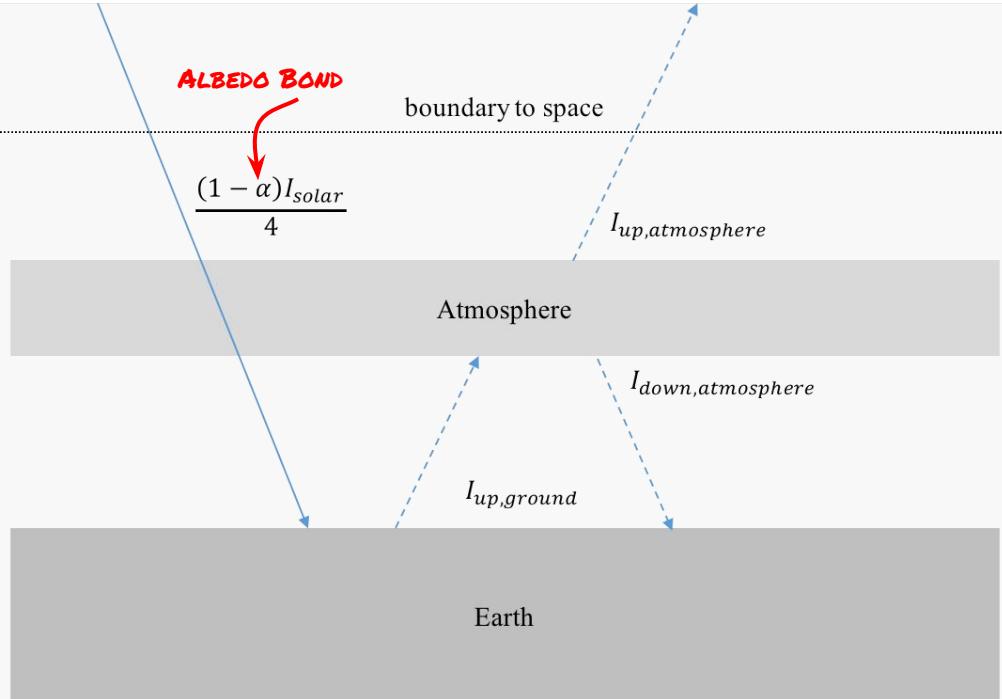
Es posible estimar la magnitud del efecto invernadero en una atmósfera planetaria con un modelo simplificado de la atmósfera
Modelo atmosférico de capa única

<https://bit.ly/3B8batR>

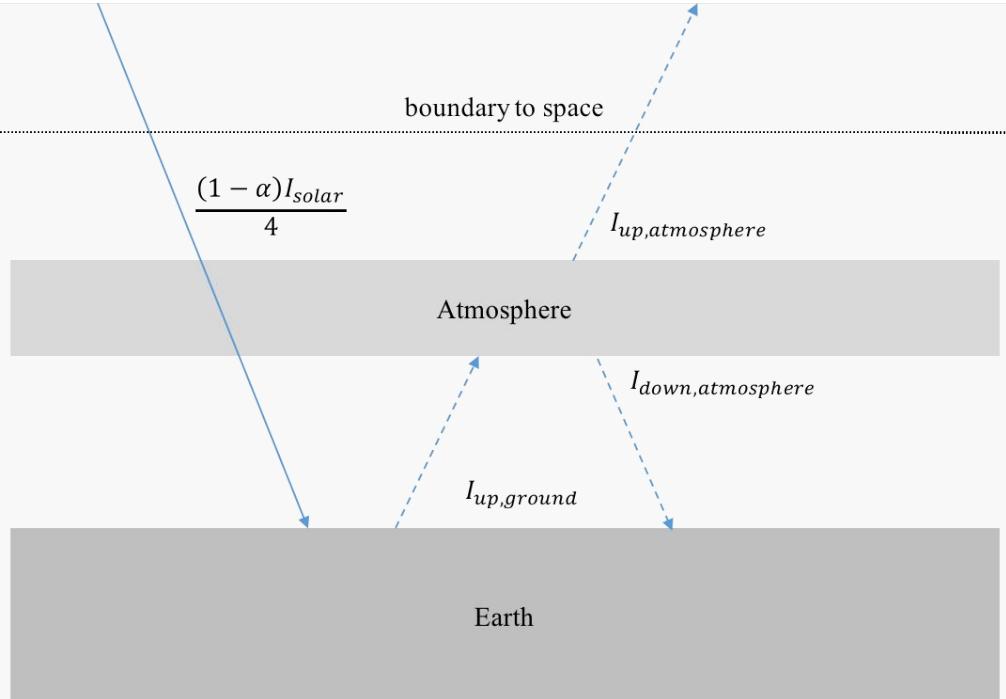
Balance energético en la atmósfera planetaria

BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$



Balance energético en la atmósfera planetaria



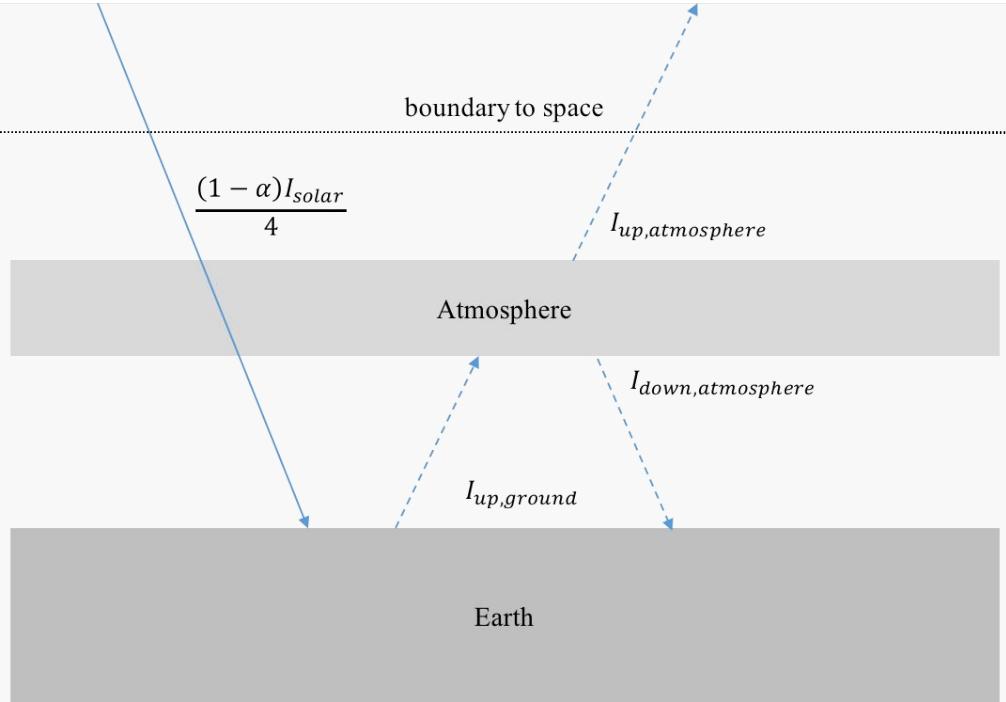
BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

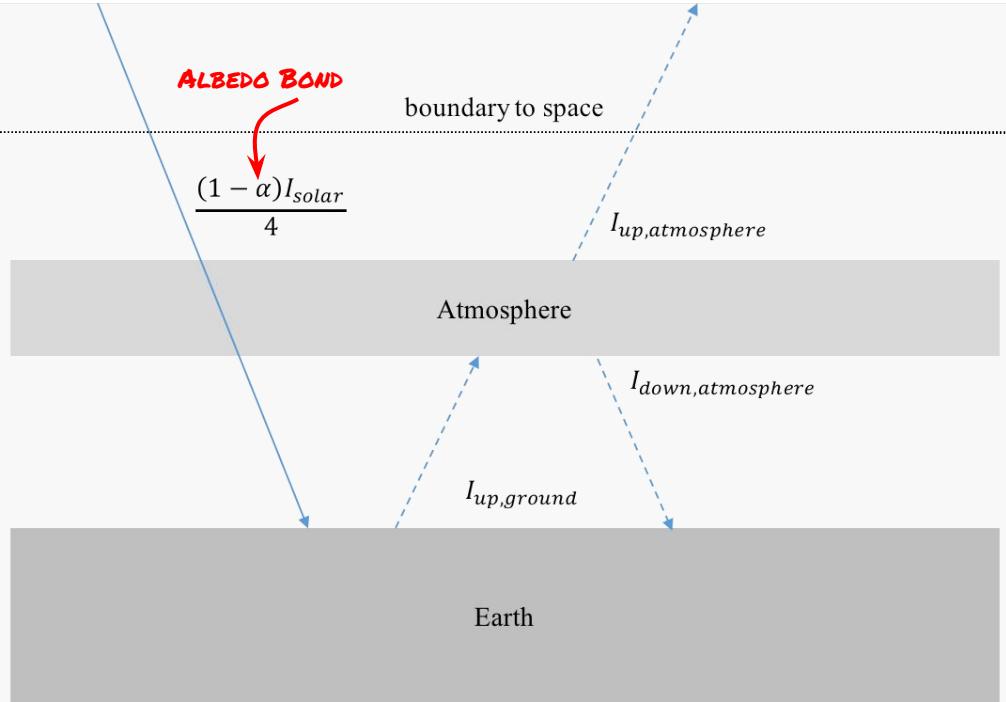
$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

$$I = \sigma T_{\text{eq}}^4$$

LEY DE STEFAN DEL
CUERPO NEGRO

$$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$$

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

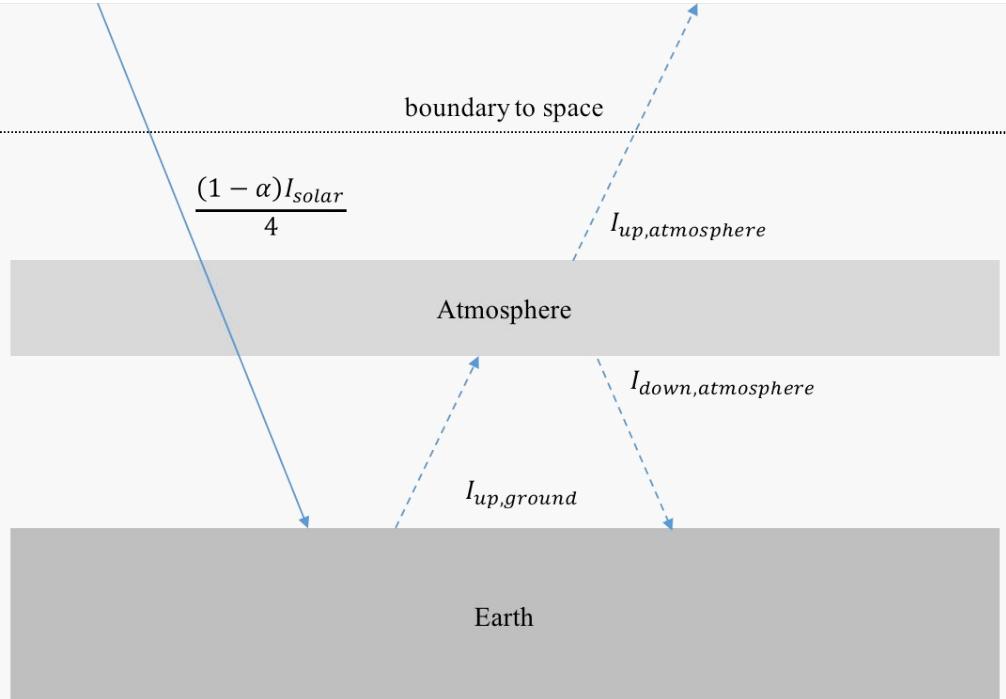
$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

$$I = \sigma T_{eq}^4$$

LEY DE STEFAN DEL
CUERPO NEGRO

$$\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$$

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

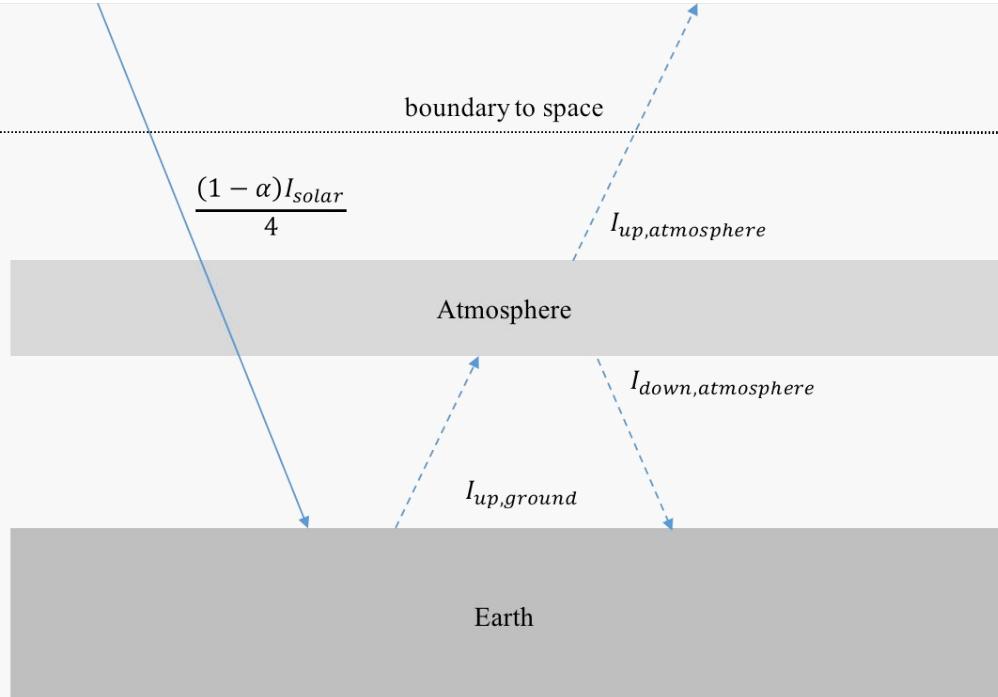
EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

$$T_{ground} = 2^{1/4} T_{atmosphere}$$

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

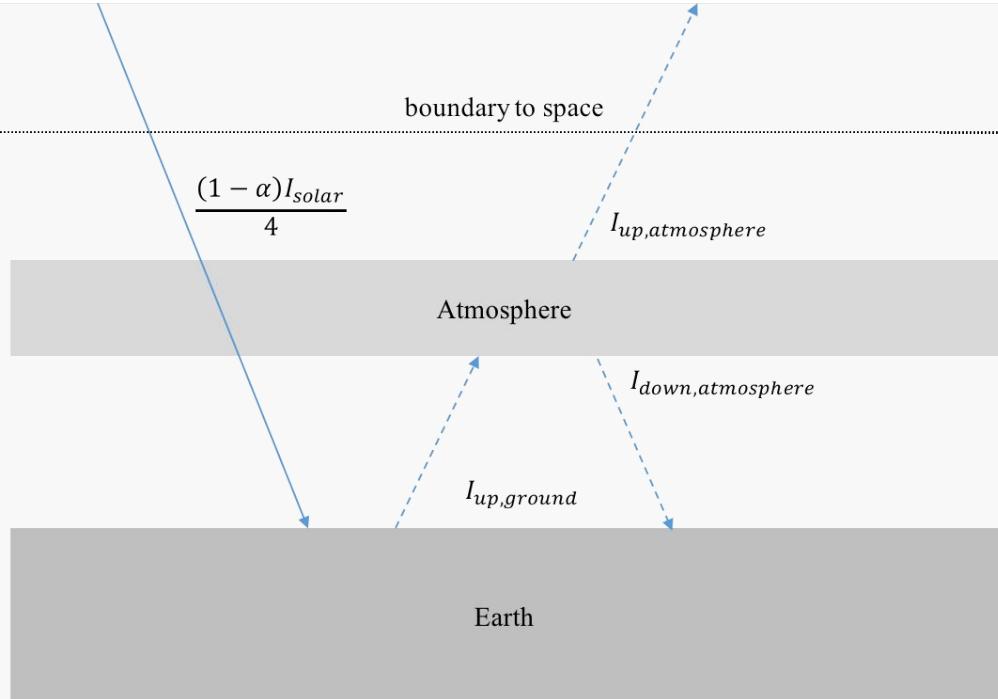
$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

$$T_{ground} = 2^{1/4} T_{atmosphere}$$

LA MISMA ENERGÍA QUE LLEGA DEBE SER LA QUE
SALE DE MODO QUE $T_{atm} = T_{eq}$

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO
PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

$$T_{ground} = 2^{1/4} T_{atmosphere}$$

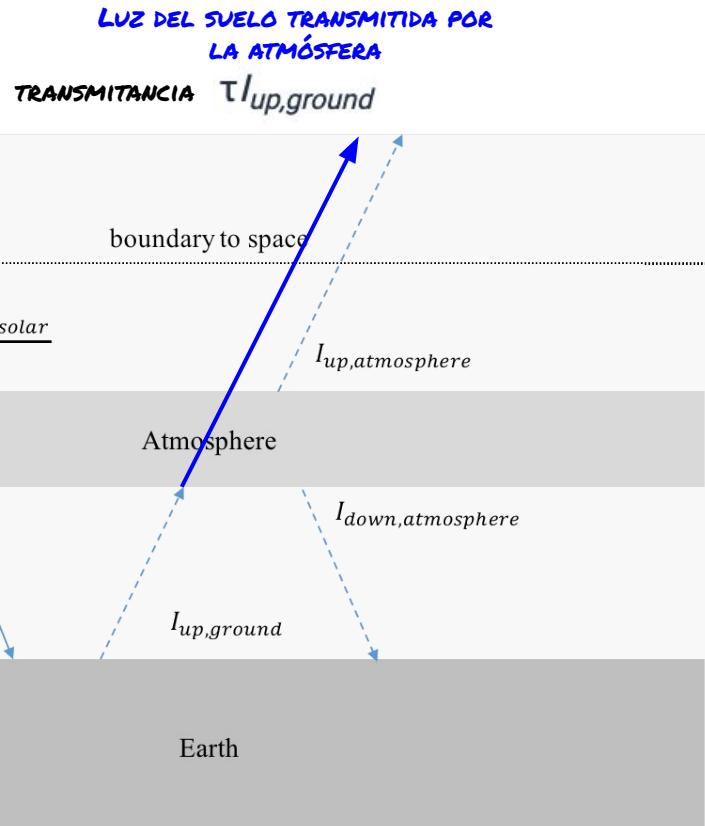
LA MISMA ENERGÍA QUE LLEGA DEBE SER LA QUE
SALE DE MODO QUE $T_{atm} = T_{eq}$

Tierra:

$$T_{atm} = 257 K, T_{ground} = 2^{1/4} T_{atm} = 305 K = 32 C$$

TOO MUCH!

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

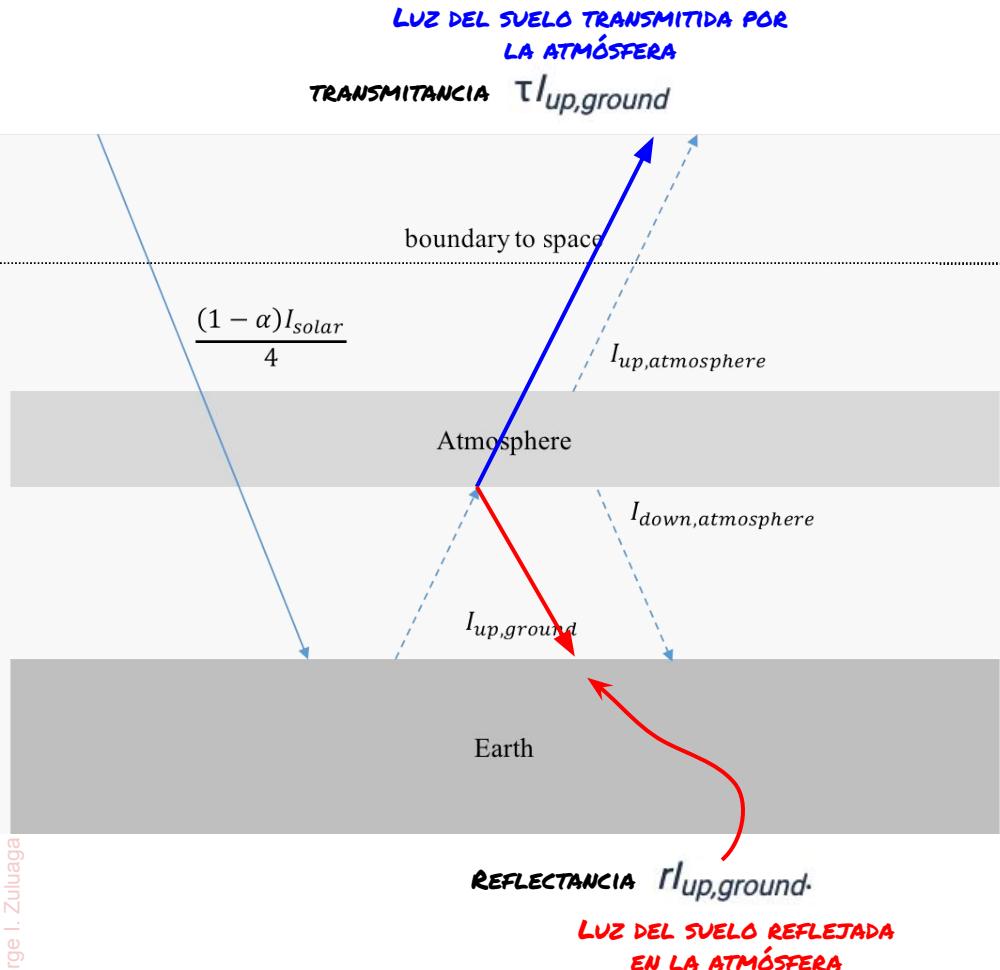
$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

$$T_{ground} = 2^{1/4} T_{atmosphere}$$

PERO EN REALIDAD PARTE DE LA LUZ DEL SUELO ES TRANSMITIDA A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA

Balance energético en la atmósfera planetaria



BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,atmosphere} + I_{down,atmosphere} = I_{up,ground}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,atmosphere} = I_{down,atmosphere}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

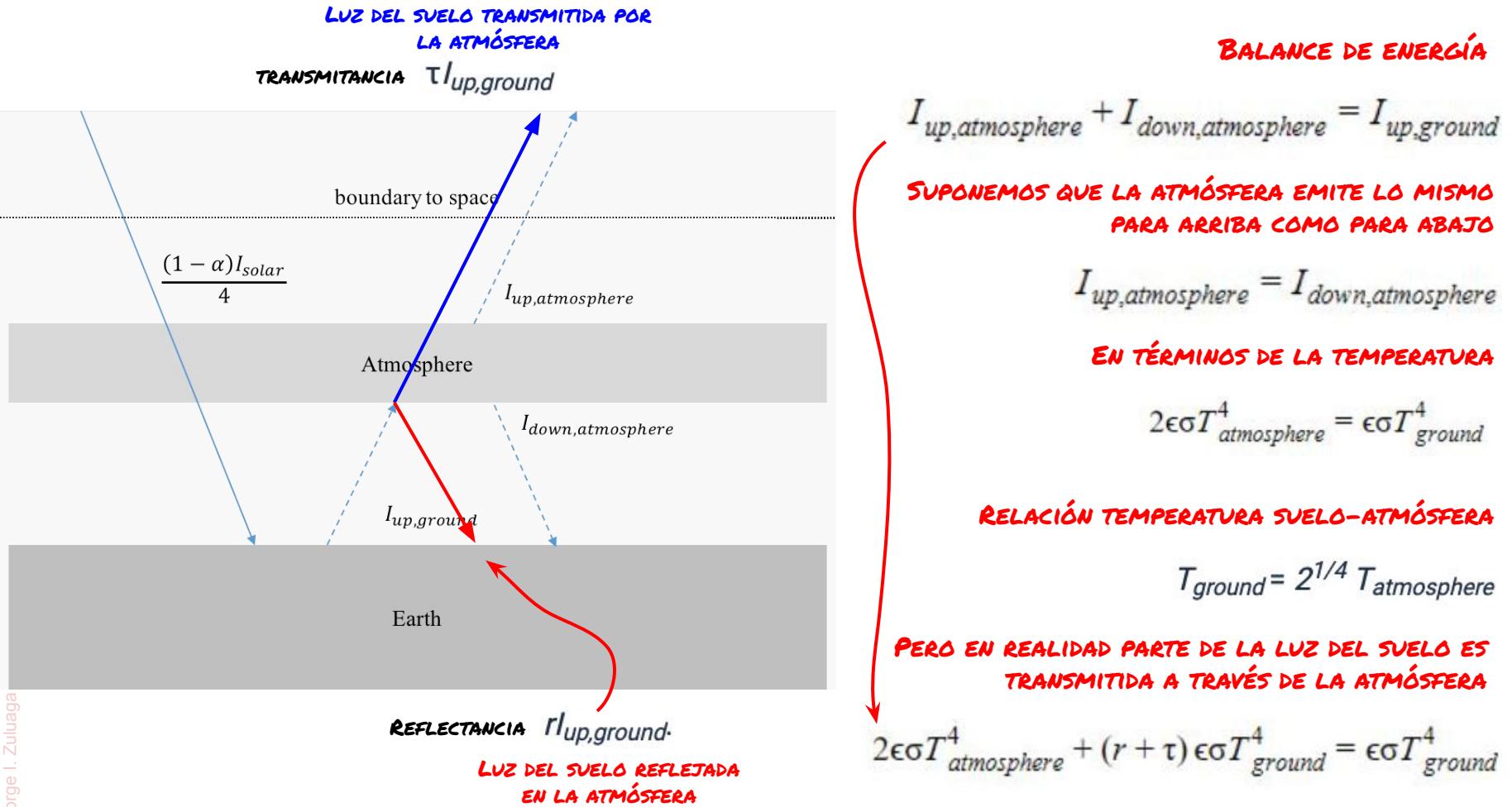
$$2\epsilon\sigma T_{atmosphere}^4 = \epsilon\sigma T_{ground}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

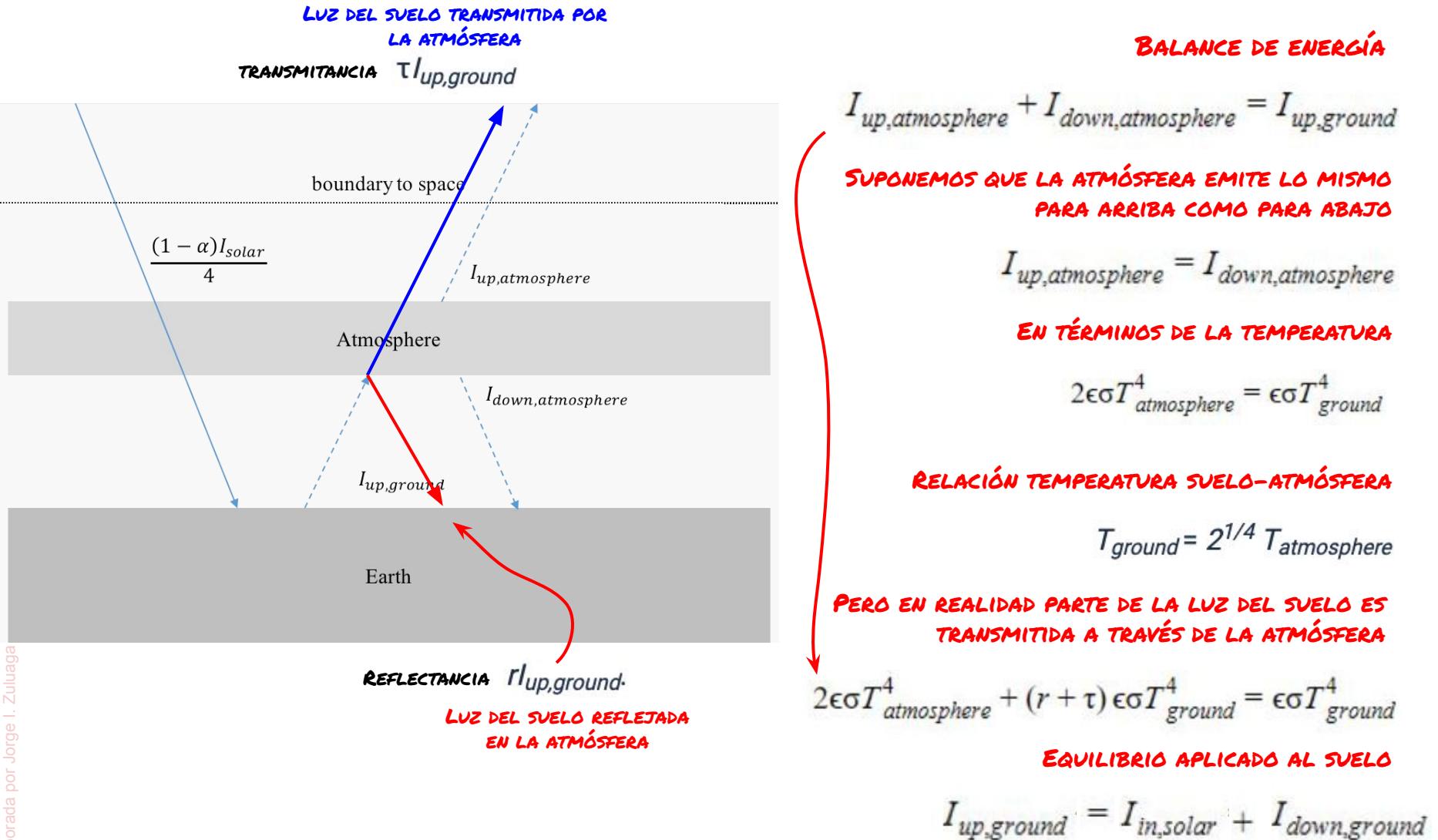
$$T_{ground} = 2^{1/4} T_{atmosphere}$$

PERO EN REALIDAD PARTE DE LA LUZ DEL SUELO ES TRANSMITIDA A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA

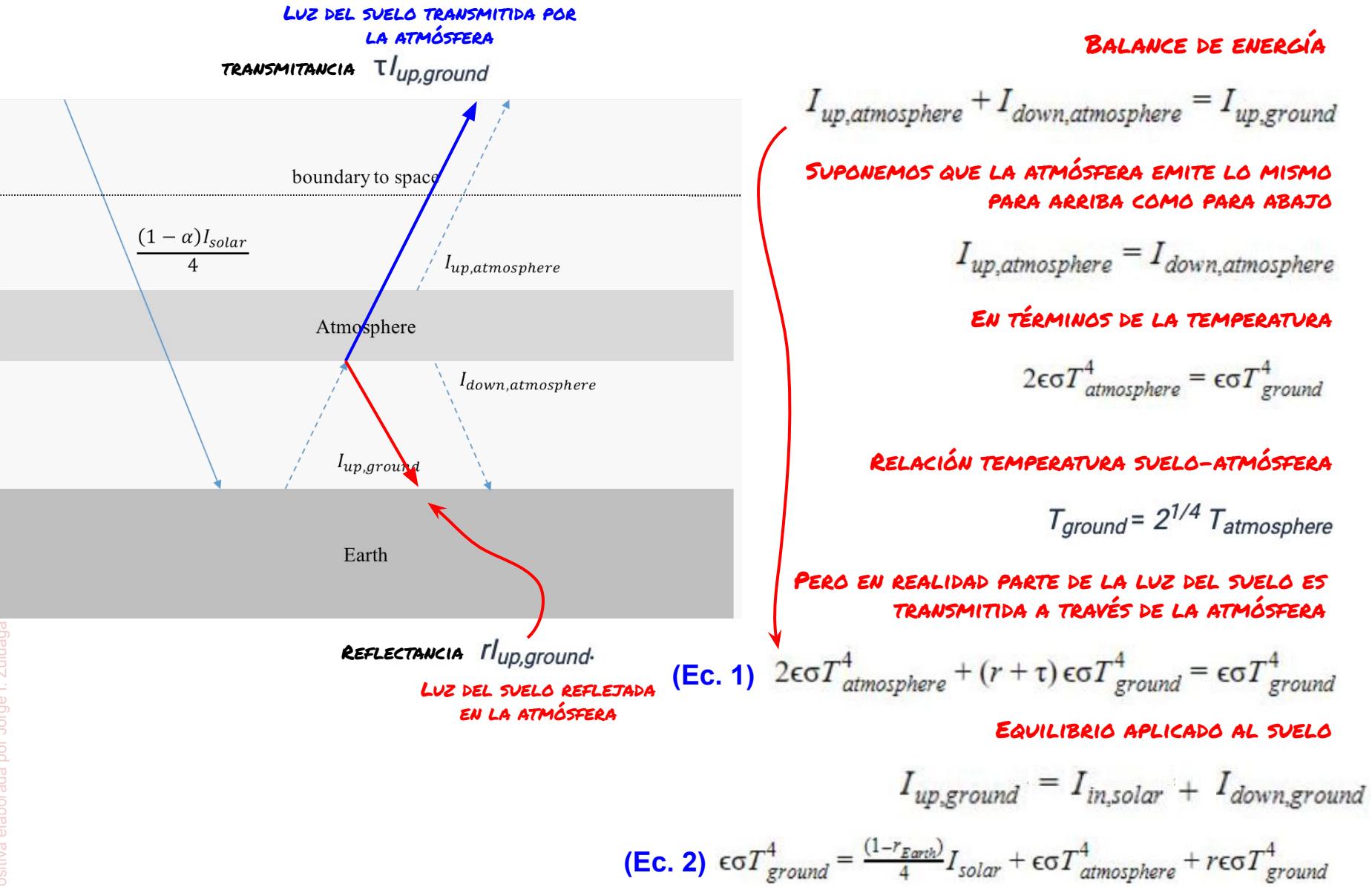
Balance energético en la atmósfera planetaria



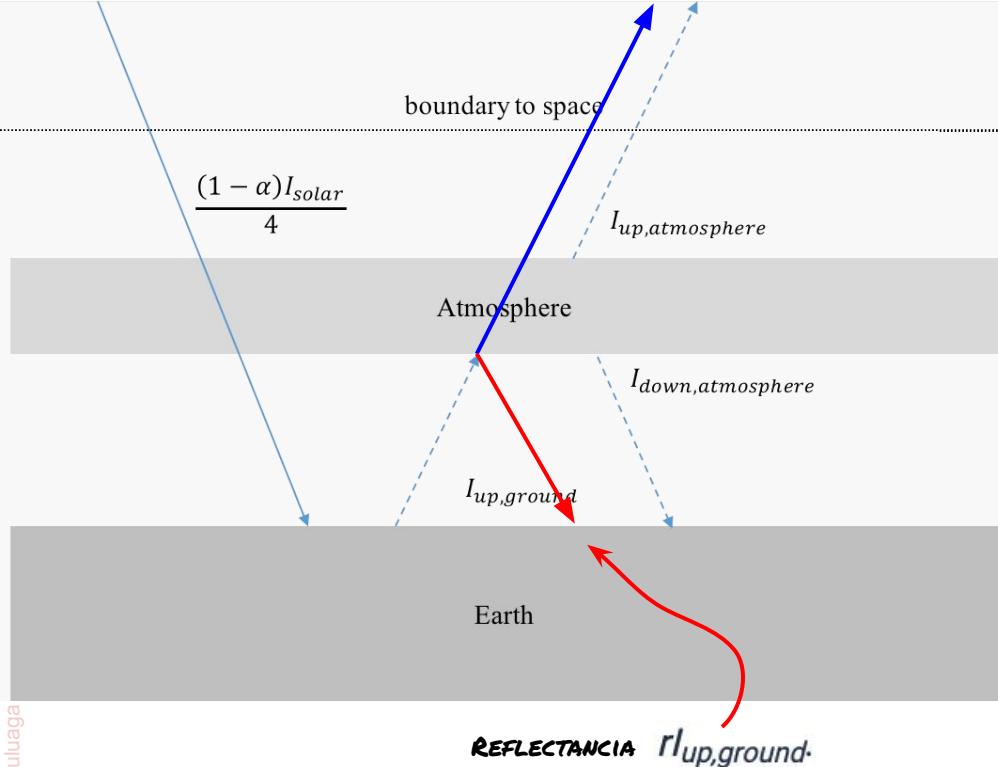
Balance energético en la atmósfera planetaria



Balance energético en la atmósfera planetaria



Balance energético en la atmósfera planetaria



RESOLVIENDO SIMULTÁNEAMENTE

$$T_{\text{ground}} = \left[\frac{(1 - r_{\text{Earth}})}{2(1 - r + \tau) \epsilon \sigma} I_{\text{solar}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$T_{\text{atmosphere}} = \left[\frac{(1 - r - \tau)(1 - r_{\text{Earth}})}{4(1 - r + \tau) \epsilon \sigma} I_{\text{solar}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

BALANCE DE ENERGÍA

$$I_{up,\text{atmosphere}} + I_{down,\text{atmosphere}} = I_{up,\text{ground}}$$

SUPONEMOS QUE LA ATMÓSFERA EMITE LO MISMO PARA ARRIBA COMO PARA ABAJO

$$I_{up,\text{atmosphere}} = I_{down,\text{atmosphere}}$$

EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

$$2\epsilon\sigma T_{\text{atmosphere}}^4 = \epsilon\sigma T_{\text{ground}}^4$$

RELACIÓN TEMPERATURA SUELO-ATMÓSFERA

$$T_{\text{ground}} = 2^{1/4} T_{\text{atmosphere}}$$

PERO EN REALIDAD PARTE DE LA LUZ DEL SUELO ES TRANSMITIDA A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA

$$2\epsilon\sigma T_{\text{atmosphere}}^4 + (r + \tau)\epsilon\sigma T_{\text{ground}}^4 = \epsilon\sigma T_{\text{ground}}^4$$

EQUILIBRIO APLICADO AL SUELO

$$I_{up,\text{ground}} = I_{in,\text{solar}} + I_{down,\text{ground}}$$

$$\epsilon\sigma T_{\text{ground}}^4 = \frac{(1 - r_{\text{Earth}})}{4} I_{\text{solar}} + \epsilon\sigma T_{\text{atmosphere}}^4 + r\epsilon\sigma T_{\text{ground}}^4$$

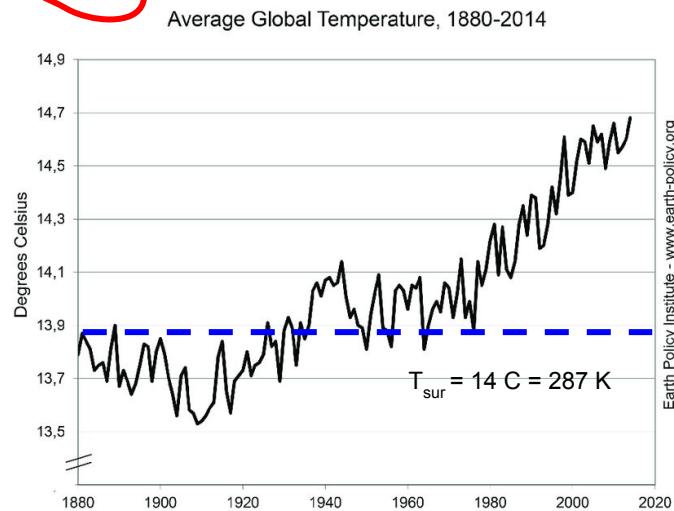
Balance energético en la atmósfera planetaria

$r \backslash \tau$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78	274.02	269.63	265.58	261.81
0.2	311.34	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78	274.02	269.63	
0.3	320.65	311.34	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78		
0.4	331.53	320.65	311.34	303.25	296.11	289.74			
0.5	344.56	331.53	320.65	311.34	303.25				
0.6	360.63	344.56	331.53	320.65					
0.7	381.32	360.63	344.56						
0.8	409.75	381.32							
0.9	453.47								

**MENOR TRANSMISIVIDAD Y MAYOR
REFLECTIVIDAD IMPLICA MAYOR
TEMPERATURA SUPERFICIAL**

Balance energético en la atmósfera planetaria

$r \backslash \tau$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78	274.02	269.63	265.58	261.81
0.2	311.34	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78	274.02	269.63	
0.3	320.65	311.34	303.25	296.11	289.74	284.00	278.78		
0.4	331.53	320.65	311.34	303.25	296.11	289.74			
0.5	344.56	331.53	320.65	311.34	303.25				
0.6	360.63	344.56	331.53	320.65					
0.7	381.32	360.63	344.56						
0.8	409.75	381.32							
0.9	453.47								



Usando las temperaturas medidas se puede estimar la reflectividad y la transmitancia “efectiva” de la atmósfera