

¿Por qué el verano no se debe a estar más cerca del Sol?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 012 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Cuando es verano en el hemisferio norte, es invierno en el hemisferio sur. Ambos pertenecen a la misma Tierra, esencialmente a la misma distancia del Sol. Esta comparación sencilla ya descarta un cambio de la distancia global de la Tierra como explicación principal de sus estaciones opuestas.

La distancia sí afecta a la luz solar. El error no consiste en creer que los objetos más cercanos pueden recibir más energía radiante. Consiste en aplicar ese principio correcto al patrón equivocado. Para explicar las estaciones, debemos explicar por qué los cambios anuales se invierten entre hemisferios y por qué cambian conjuntamente la altura del Sol al mediodía y la duración de la luz diurna.

1. Qué cambia el eje inclinado

La Tierra gira alrededor de un eje inclinado respecto a la perpendicular a su plano orbital. A lo largo de un año, su dirección permanece aproximadamente fija respecto a las estrellas lejanas. En consecuencia, el hemisferio norte está orientado más hacia el Sol durante una parte de la órbita, y el hemisferio sur durante la parte opuesta [1].

La expresión «hacia» puede confundir. El beneficio principal no es la diminuta reducción de la distancia entre la superficie y el Sol. La inclinación cambia el ángulo con el que la luz solar llega a un área horizontal y cuánto tiempo permanece iluminada durante cada rotación. Son cambios en la energía recibida por unidad de superficie y por día.

En el ecuador, el patrón anual difiere de la descripción familiar de cuatro estaciones de las latitudes templadas. Cerca de los polos, la geometría puede producir luz diurna u oscuridad continuas durante parte del año. Por tanto, las estaciones no son un calendario local universal con curvas de temperatura idénticas en todas partes. Una causa geométrica global genera patrones diferentes a distintas latitudes.

2. El mismo haz puede repartirse sobre más suelo

Imaginemos un haz con potencia F por unidad de superficie medida sobre un plano perpendicular a su dirección. Si un área receptora horizontal está inclinada respecto a ese haz de modo que el ángulo cenital del Sol sea z , la potencia incidente por unidad de superficie horizontal es $F \cos z$. El ángulo cenital se mide desde la vertical hacia arriba: la luz del Sol situado justo encima tiene $z = 0$.

El coseno es un factor de proyección. No significa que cada fotón se vuelva intrínsecamente más débil cuando el Sol está más bajo. El mismo haz se reparte sobre una superficie horizontal mayor. La absorción atmosférica, la dispersión y las nubes pueden modificar después lo que llega a la superficie, pero la proyección geométrica existe antes de introducir esas complicaciones.

Para una latitud ilustrativa de 45° norte y una inclinación del eje elegida de $23,5^\circ$, los ángulos cenitales ideales del mediodía solar en los dos solsticios son $21,5^\circ$ y $68,5^\circ$. Sus factores coseno son aproximadamente 0,930 y 0,367. Con un flujo entrante idéntico y sin efectos atmosféricos, el valor del mediodía de verano es unas 2,54 veces el del mediodía de invierno.

Este cálculo es deliberadamente local e instantáneo. No predice que la temperatura del aire en verano sea 2,54 veces la de invierno. La temperatura depende del almacenamiento y la transferencia de energía y, en cualquier caso, las razones sobre la escala Celsius serían físicamente inadecuadas para esa afirmación. Lo que establece el cálculo es la magnitud de una diferencia geométrica en la potencia recibida.

3. El Sol también permanece más tiempo sobre el horizonte

Sean φ la latitud y δ la declinación del Sol, su posición angular al norte o al sur del ecuador celeste. Para una Tierra esférica y un Sol puntual, el ángulo horario al amanecer o al atardecer satisface $\cos H = -\tan \varphi \tan \delta$. Ignorando la refracción y el tamaño aparente finito del Sol, la duración de la luz diurna es $24H/\pi$ horas cuando H se expresa en radianes.

A 45° norte, utilizar $\delta = +23,5^\circ$ da unas 15,4 horas de luz. Con $\delta = -23,5^\circ$, el resultado es unas 8,6 horas. Así, la estación con el Sol más alto al mediodía también proporciona un intervalo mayor durante el que puede llegar energía solar. Integrar el factor de proyección variable durante las horas de luz da la exposición diaria; multiplicar la potencia del mediodía por la duración del día sería solo un atajo aproximado.

La fórmula tiene límites que revelan física útil. Para algunas combinaciones de latitud y declinación, su miembro derecho queda fuera del intervalo de -1 a $+1$. Entonces no hay un amanecer o atardecer ordinario en este modelo ideal: el Sol permanece sobre el horizonte o bajo él todo el día. Es una condición geométrica, no un fallo de la trigonometría.

Ni una fecha del calendario ni la palabra verano determinan por sí solas la exposición diaria local. Importan la latitud, la posición orbital y las condiciones del horizonte. El cálculo ideal aísla dos mecanismos sólidos, el ángulo y la duración, y deja los efectos atmosféricos y geográficos para una descripción más completa.

4. La distancia es una influencia secundaria real

La órbita terrestre es ligeramente elíptica, por lo que la distancia al Sol cambia a lo largo del año. La NASA señala que la máxima aproximación ocurre alrededor de enero y la máxima distancia alrededor de julio [1]. Por tanto, el verano boreal ocurre cerca de la parte más distante de la órbita, en contra de la explicación habitual basada en la distancia.

Para una luminosidad solar fija, el flujo sobre una superficie perpendicular a los rayos varía como $1/d^2$, donde d es la distancia. Si esta aumentara un 2 % hipotético, ese flujo pasaría a ser $1/(1,02)^2$, aproximadamente 0,961 veces su valor original. Es un ejemplo de un modelo, no una afirmación de que el cambio anual real de distancia terrestre sea exactamente del 2 %.

Un cambio de distancia orbital afecta al flujo entrante en ambos hemisferios a la vez. La inclinación del eje redistribuye la exposición entre ellos. Ambos efectos pueden actuar simultáneamente, pero dejan huellas geográficas diferentes. Las estaciones opuestas identifican la redistribución como esencial; no demuestran que el efecto del inverso del cuadrado sea cero.

Los cambios de geometría orbital a más largo plazo también pueden alterar los patrones de exposición. Es una escala temporal distinta de la secuencia anual considerada aquí. No debe convertirse una explicación de las estaciones ordinarias en la afirmación de que la órbita terrestre carece de relevancia para el clima en otras escalas temporales.

5. Por qué el día más cálido no sigue sin más al Sol más alto

La atmósfera, el suelo y el océano almacenan e intercambian energía. Sus temperaturas responden al balance entre energía entrante y saliente, con transporte entre regiones. Una superficie puede seguir calentándose después del máximo anual de luz solar entrante si sus ganancias de energía todavía superan sus pérdidas.

Esta es la razón física de que un máximo de temperatura no tenga por qué coincidir con el solsticio. El retraso y la magnitud exactos dependen del sistema medido. Una capa superficial de suelo, el aire sobre un continente y una gran masa de agua no tienen por qué responder igual. Las nubes, la circulación y la evaporación afectan además al registro estacional de temperatura.

El tiempo atmosférico es una variación a más corto plazo superpuesta a ese marco anual. Un día frío de verano no refuta el mecanismo de la inclinación, del mismo modo que una tarde de invierno inusualmente cálida no establece una geometría orbital distinta. Una comparación significativa utiliza observaciones repetidas y distingue el patrón estacional regular de la variabilidad a su alrededor.

6. Qué podemos establecer sin un modelo climático

Las observaciones de la longitud de las sombras y de la duración de la luz diurna a lo largo del año ponen directamente a prueba las predicciones geométricas. Comparar lugares en hemisferios opuestos pone a prueba su inversión. Las mediciones de la distancia Tierra-Sol permiten después contrastar la explicación alternativa de la distancia con los tiempos que realmente predice.

La causa básica de las estaciones opuestas de ambos hemisferios está bien establecida. Predecir la temperatura o la lluvia exactas en un lugar es un problema mayor, que requiere procesos atmosféricos y de superficie. Una explicación geométrica correcta no pretende resolver todo ese problema.

El verano llega principalmente porque un hemisferio recibe luz solar con ángulos más favorables y durante una parte mayor de cada día. La distancia modifica la cantidad disponible, pero no puede explicar por sí sola el patrón anual opuesto. El error habitual consiste en responder «¿qué haría más intensa la luz solar?» antes de preguntar «¿qué patrón espacial y estacional debe reproducir la explicación?».

Referencias

[1] NASA Space Place. What Causes the Seasons? <https://spaceplace.nasa.gov/seasons/en/> (consulta: 5 de octubre de 2026).