

Auroras Boreales

Un viaje hacia las luces del norte



Adventure
Greenland

La aurora polar es uno de los espectáculos naturales más asombrosos que se pueden ver en la atmósfera. Recibe su nombre de la diosa romana del amanecer, Aurora (diosa griega Eos), hermana del sol y de la luna. Sobrevolaba el cielo nocturno para anunciar la llegada del sol.



Es un fenómeno atmosférico complejo y turbulento causado por la interacción del viento solar con el campo magnético y la atmósfera terrestres. Sigue siendo un misterio para la ciencia moderna, aunque ya disponemos de explicaciones más elaboradas que las puramente mitológicas. ¡Tan sólo un poco!

“Algunas” explicaciones sobre el origen de las auroras

“Representación maligna”

Los esquimales de Point Barrow Eskimos son el único grupo de esquimales que consideran a la aurora como una representación de lo maligno. Portaban cuchillos para apartarla de ellos.

“Profecía de guerra”

Los indios “Zorros” (Wisconsin – EEUU), consideraban la luz como profecía del guerra y la pestilencia. Tomaban las luces por espíritus de los enemigos abatidos que trataban de levantarse para cobrarse venganza.

“Espíritus danzantes”

Los indios Saltaeus (este de Canadá) y los Kwakiutl y Tlingit (sudeste de Alaska) interpretaban las luces como espíritus humanos en danza. Los esquimales que vivieron en el bajo Yukón creían que los espíritus pertenecían a animales en danza: ciervos, focas, salmones y belugas.

“Juego de fútbol”

La mayoría de los pueblos esquimales consideraron que las auroras eran espíritus de los muertos jugando al fútbol con la cabeza o calavera de una morsa. Los esquimales de Nunivak creían lo contrario: morsas jugando al fútbol con una cabeza humana.

“Espíritus de niños”

Los esquimales del este de Groenlandia creían que las auroras eran espíritus de niños muertos al nacer. Las danzas de los infantes eran la causa de los continuos remolinos.

“Fuegos en el norte”

Los indios Makah (estado de Washington) pensaban que se trataba de fuegos en el norte lejano con los que una tribu de enanos (de la mitad de altura de una pala de canoa y con la fuerza para pescar ballenas con la mano) cocinaban grasa de ballenas.

“Cocina al vapor”

Los indios Mandan (Dakota del norte) explicaban las auroras como grandes fuegos sobre los que los chamanes y guerreros de las naciones del norte cocinaban al vapor a sus enemigos muertos. Los indios Menominee (Wisconsin) creían que las luces provenían de las antorchas que unos amigables gigantes del norte utilizaban para pescar durante la noche.

“Recuerdos del creador”

Una leyenda Algonquina cuenta cómo Nanahbozho, creador de la tierra, terminó su tarea y viajó hacia el norte para quedarse allí. Las auroras son los reflejos de los grandes fuegos que encendió para recordar a su gente que todavía se acuerda de ellos.

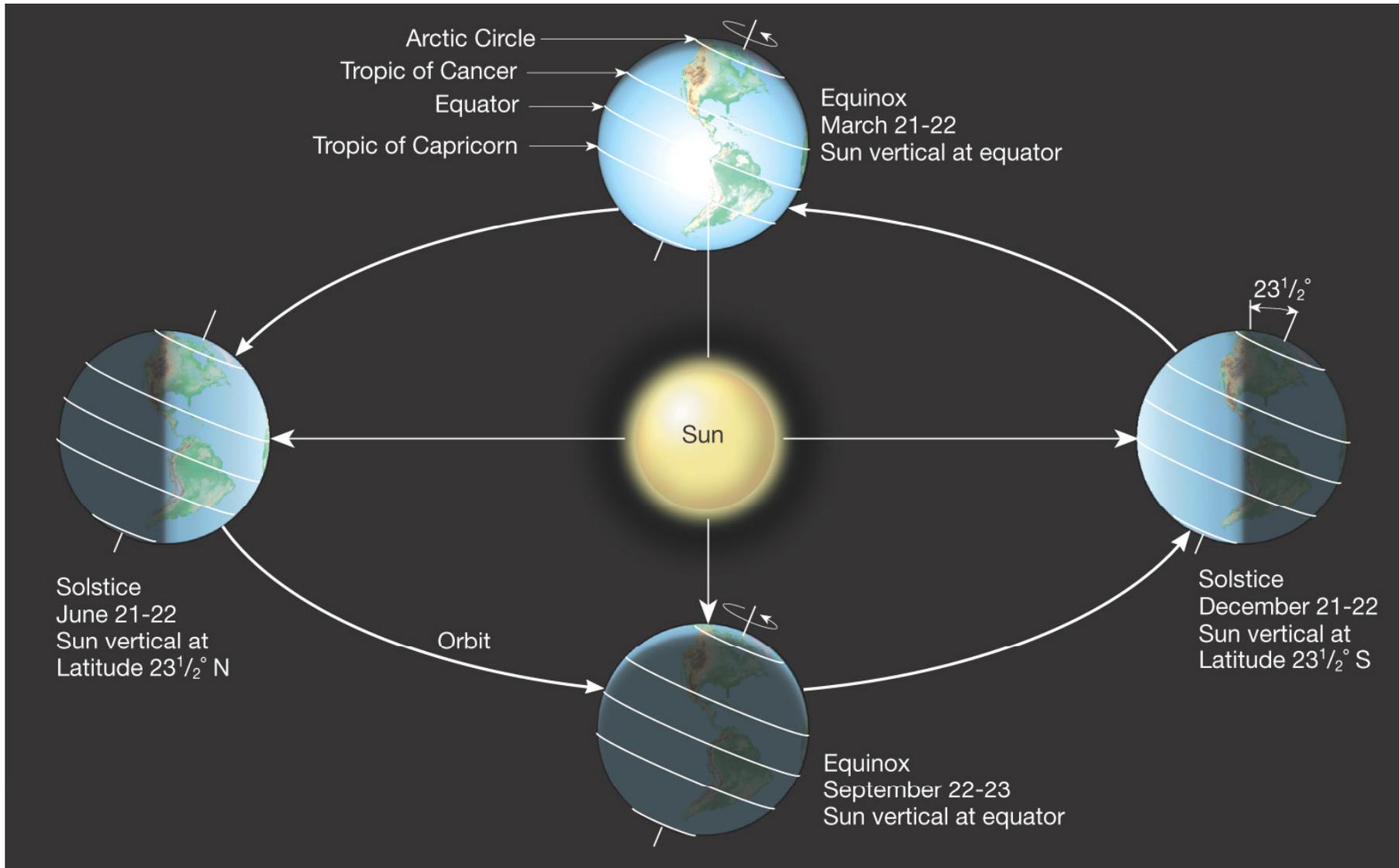
El sistema Tierra - Sol

La Tierra	
Diámetro ecuatorial	12.756,28 km
Diámetro Polar	12.713,50 km
Diámetro Medio	12.742,00 km
Superficie	510.065.284,702 km ²
Masa	5,974 × 10 ²⁴ kg
Densidad media	5,515 g/cm ³
Gravedad superficial	9,78 m/s ²

El Sol	
Diámetro	1 392 000 km (~1,4·10 ⁹ m)
Superficie	6,09·10 ¹⁸ m ²
Masa	1,9891·10 ³⁰ kg
Masa relativa a la de la Tierra	333400x
Densidad	1411 kg/m ³
Densidad relativa a la de la Tierra	0,26x
Gravedad en la superficie	274 m/s ² (27,9 g)
Temperatura de la superficie	5780 K
Temperatura de la corona	5·10 ⁶ K
Temperatura del núcleo	~1,36·10 ⁷ K



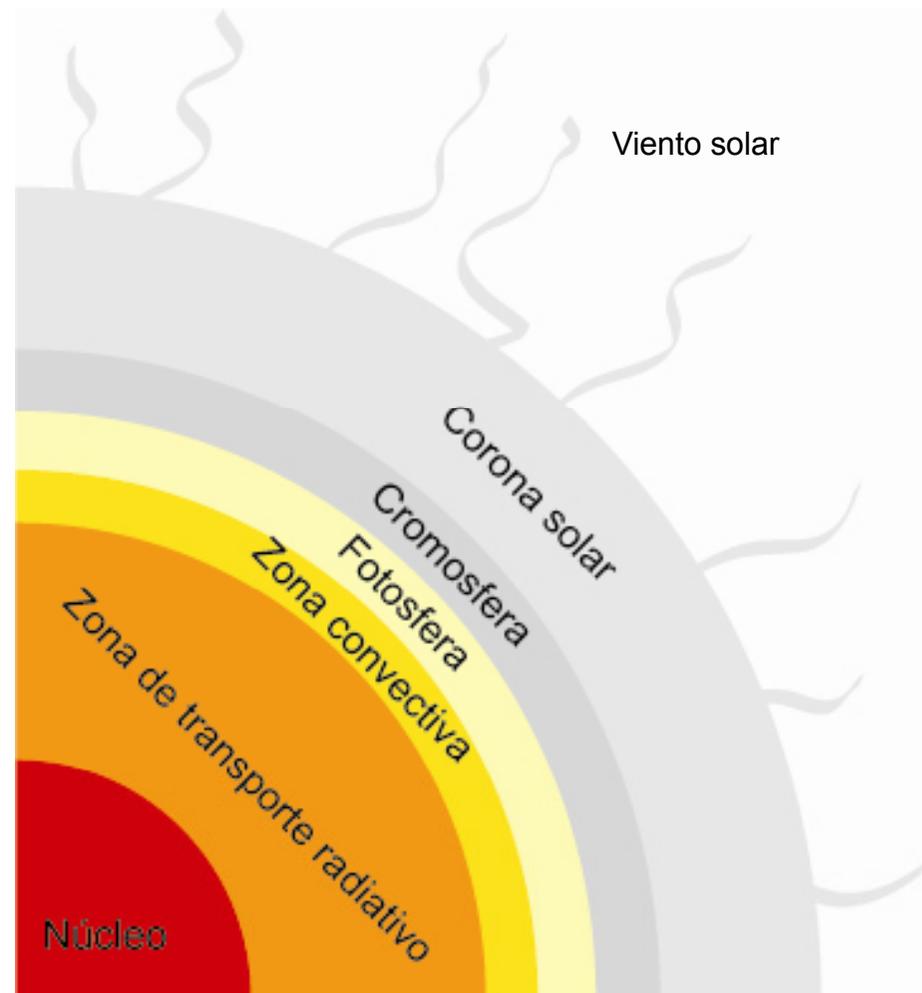
La tierra gira alrededor del sol en una órbita elíptica a una distancia media de 1 unidad astronómica (150.000.000 km). Su eje de rotación forma un ángulo de 23.5° , lo que causa las estaciones. El sistema tierra - sol no sólo es gravitatorio. Es también un débil sistema magnético. Esta conexión magnética es la que origina el fenómeno de las auroras.



El Sol y su estructura

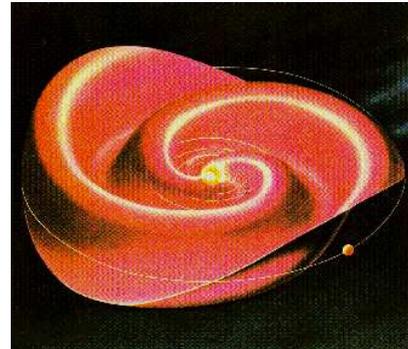
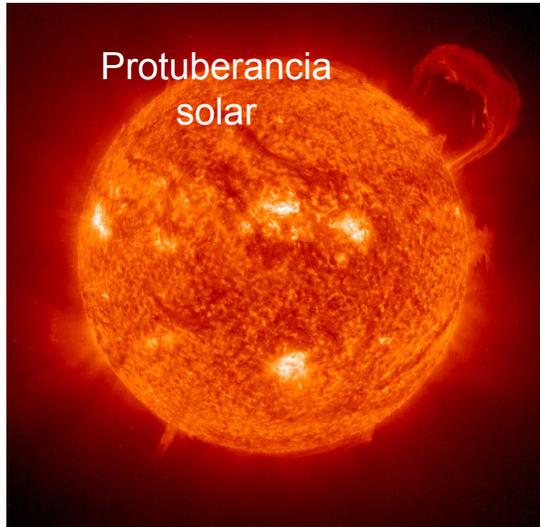
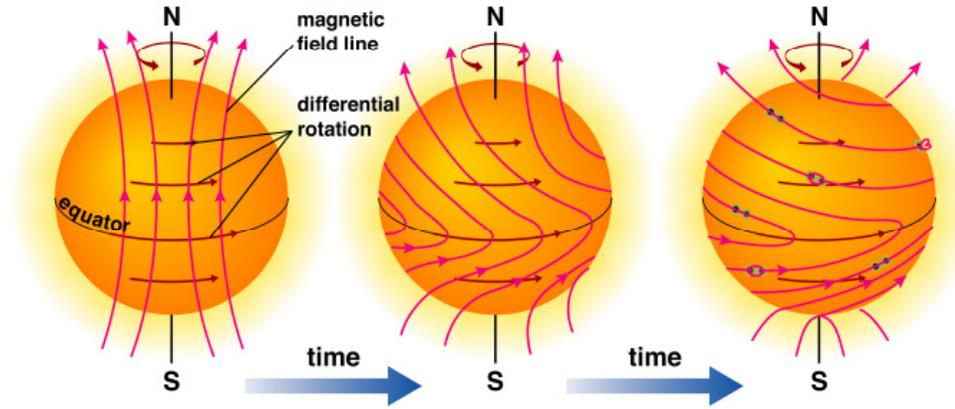
1. **Núcleo.** Se extiende desde el centro hasta 0,25 del radio solar (R). El material del núcleo se comprime, bajo su propia acción gravitatoria, hasta densidades y temperaturas tan altas como para permitir la producción de reacciones nucleares. Estas reacciones constituyen la fuente de energía que es continuamente irradiada hacia el exterior.
2. **Zona de transporte radiativo.** Se extiende desde 0,25 R hasta 0,9 R. Transporta la energía al exterior.
3. **Zona convectiva.** A partir de 0,9 R, la temperatura del interior del Sol disminuye tanto que el plasma se vuelve convectivamente inestable. El transporte en esta región se produce por convección, es decir por el movimiento de materia caliente.
4. **Atmósfera solar.** Se divide en varias regiones:
 - **Fotosfera.** El espesor de la fotosfera es de unos 500 km. Es de donde proviene la luz que vemos.
 - La **cromosfera** es visible durante un eclipse total del Sol como un aro de color que rodea a la Luna. Tiene espículas y la atraviesan las protuberancias solares de la fotosfera.
 - La **corona** sólo es visible en luz blanca durante un eclipse total del Sol. Es de dónde sale el **viento solar**.

La vida en la tierra es posible gracias a la energía que nos llega del sol. Y las auroras, gracias a su “viento”



El campo magnético solar

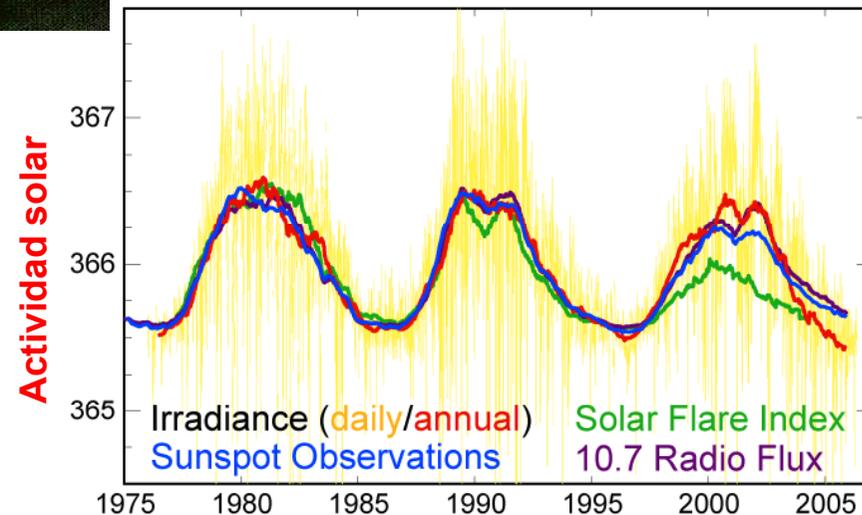
El sol gira alrededor de un eje que forma 7° con la vertical del plano de la órbita terrestre. La parte ecuatorial gira (cada 25.6 días) más deprisa que los polos (cada 36 días), por lo que en vez de tener un campo magnético norte/sur típico, tiene un campo con forma de espiral en la zona ecuatorial.



Espiral del campo magnético solar comúnmente llamada "falda de bailarina".

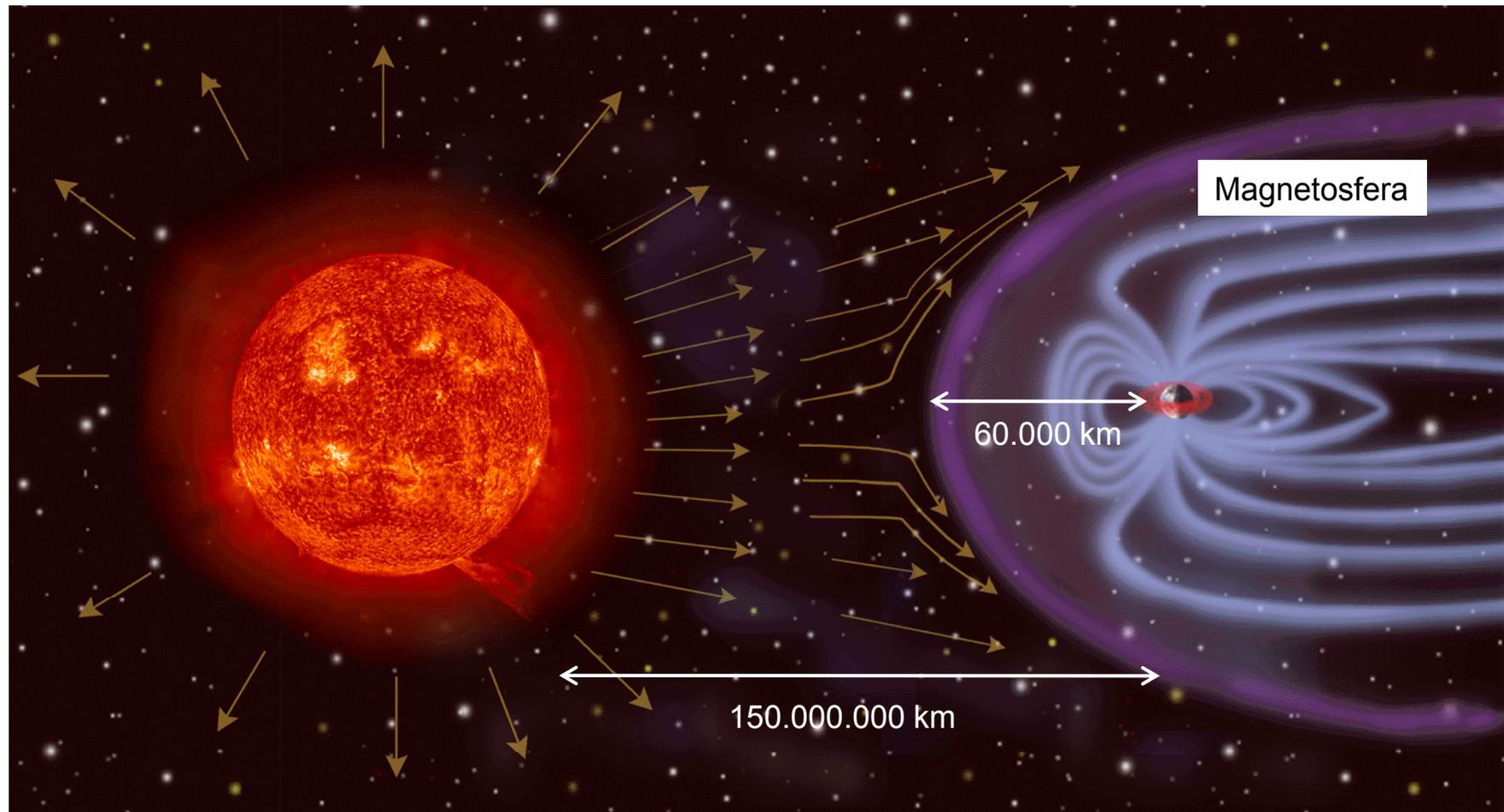
Variación del ciclo solar

La actividad del sol es cíclica. La cantidad de energía (luz) y viento solar que llega a la tierra no es constante y sufre variaciones de unos pocos por mil. El ciclo completo es de 22 años (incluyendo la polaridad del campo magnético solar). Durante la inversión, los polos no tienen por que estar en posiciones opuestas. Este efecto produce un máximo de actividad cada 11 años. La variación es suficiente para notar un incremento en número e intensidad de auroras.



El viento solar

El sol es nuestra fuente de luz principal, pero también nos envía un “viento solar” de partículas cargadas: electrones, protones, núcleos de helio... La luz viaja a 300.000 km/s y tarda unos 8 minutos en llegar a la tierra. Las partículas solares viajan a unas velocidades notablemente inferiores: desde 250 km/s a 2500 km/s. Por ello, el viento solar tarda desde 17 horas hasta 7 días en recorrer los 150 millones de kilómetros que separan al sol de la tierra.

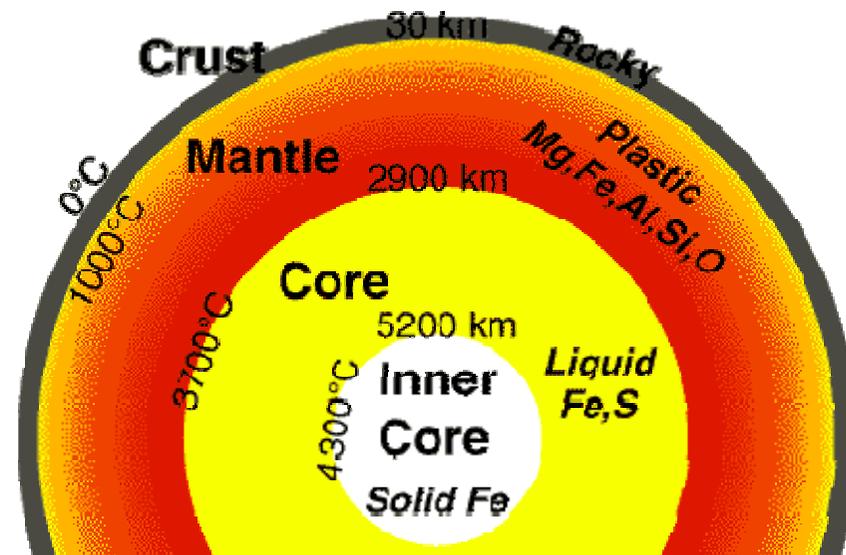
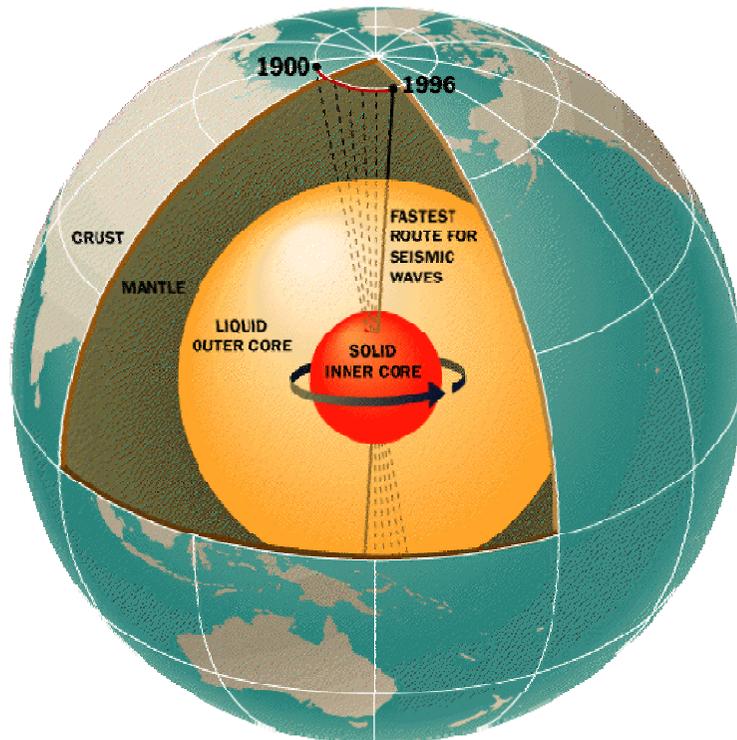


El campo magnético terrestre

La tierra es un enorme imán. Posee un campo magnético propio a su alrededor que, entre otras cosas, actúa de escudo contra la radiación cósmica. Si esta protección desapareciese, la vida en la tierra sería gravemente afectada a causa de la radiación solar y cósmica. El campo magnético terrestre surge de las superposición de tres campos distintos:

1. Campo principal (a veces conocido como dipolar)

Es la producida por las corrientes eléctricas en el interior del núcleo de la tierra a través del efecto dinamo. Es estacionario a una escala de días pero varía a lo largo de los años. Es el responsable de las grandes variaciones de la intensidad geográfica.



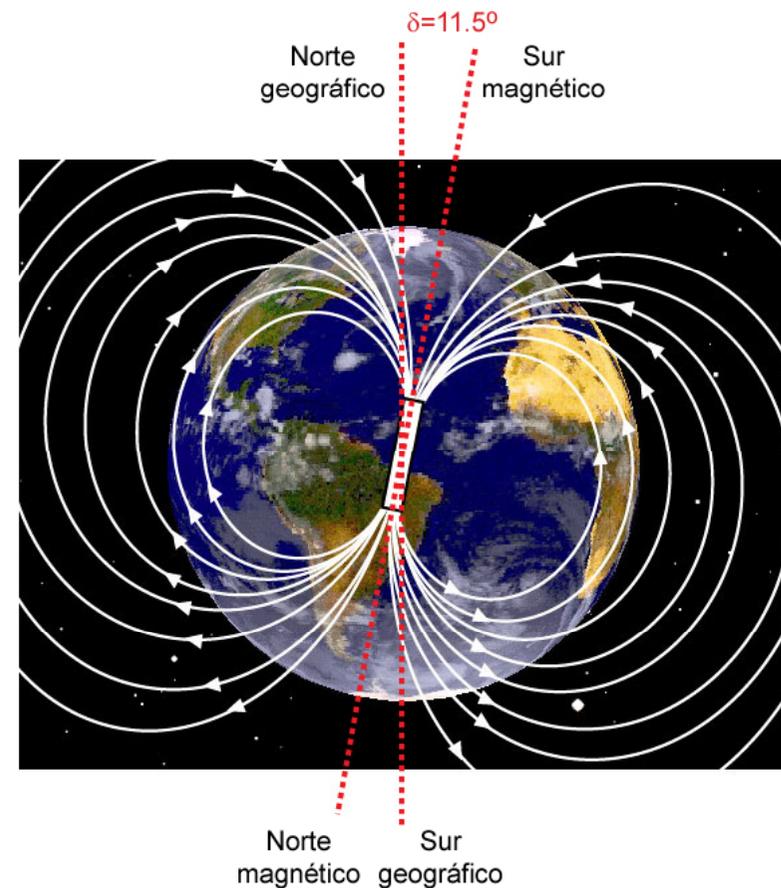
El campo magnético terrestre (ii)

2. Campo magnético anómalo

Tiene su origen en la corteza terrestre, a través de la magnetización producida por el campo principal y externo o la magnetización permanente (ferritas y otros materiales ferromagnéticos).

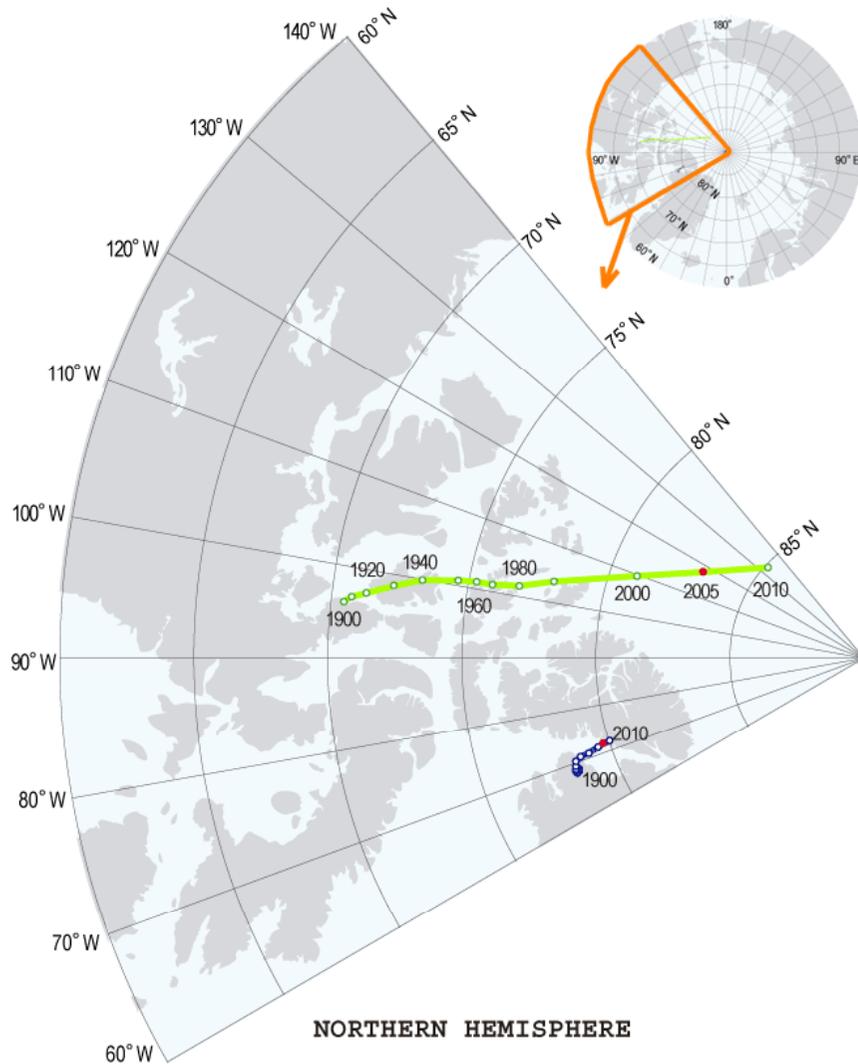
3. Campo magnético exterior

Corresponde a un 1% - 5% del campo magnético total. La mayor variación es diaria, aunque también presenta variaciones estacionales. Es más intenso en el ecuador que en los polos. Tiene su origen en las radiaciones ionizantes provenientes del sol (UV, rayos X y mayor intensidad). Puede cambiar bruscamente debido a las tormentas magnéticas.



El campo magnético es “vectorial”: tiene dirección y tiene sentido. Hay una componente horizontal, paralela al suelo, y otra vertical, cada vez más pronunciada a medida que nos acercamos al norte y sur magnéticos. La densidad de líneas de campo magnético terrestre se juntan en los polos a modo de “embudo”. El norte y el sur geográficos son los puntos de corte del eje de giro de la tierra con su superficie. Sin embargo, existen varias posibles definiciones magnéticas.

Sin perder el norte



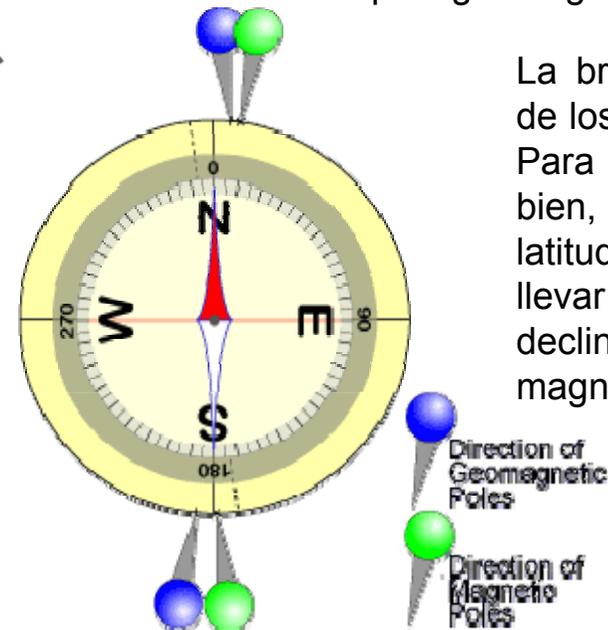
Variación de los “polos” a lo largo del tiempo:

- Verde: polo norte magnético.
- Azul: polo geomagnético.

Norte magnético. El norte al que apunta una brújula. La aguja de una brújula se alinea con la componente horizontal del campo magnético. No apunta ni al norte geomagnético ni a los polos magnéticos.

Polos geomagnéticos. Se corresponden con las posiciones de los polos calculadas a partir del Campo de Referencia Geomagnético Internacional (IGRF). En términos sencillos, si la tierra fuese un imán dipolar perfecto (Norte y Sur), equivaldría a los polos del mismo.

Polos magnéticos. Son los puntos en los que el campo magnético entra “verticalmente” en la superficie de la tierra. Más que puntos son regiones. No coinciden con el polo geomagnético.

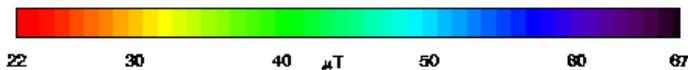
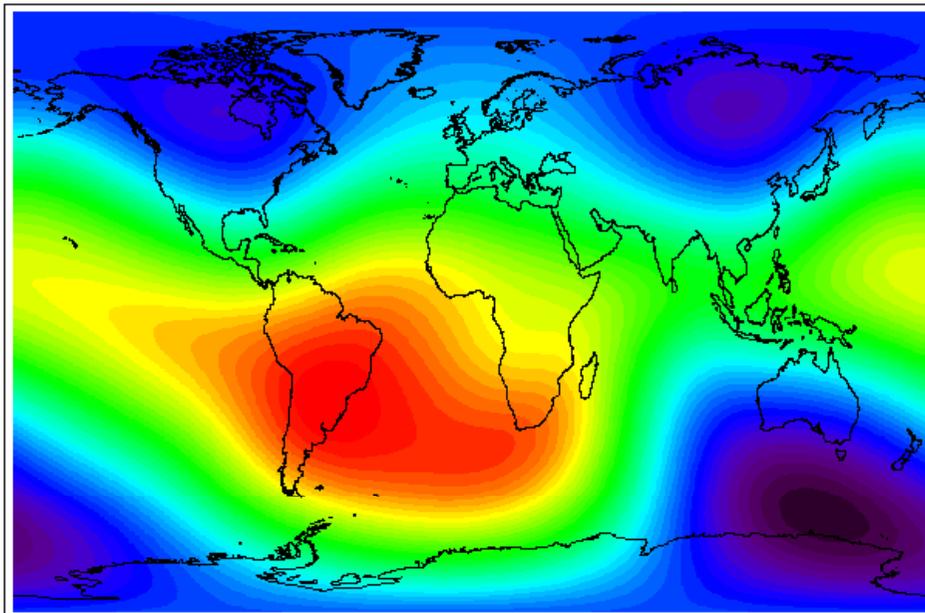


La brújula y la posición de los diferentes “polos”. Para poder orientarse bien, sobre todo a altas latitudes, es necesario llevar un buen mapa de declinaciones magnéticas.

El IGRF y su utilidad

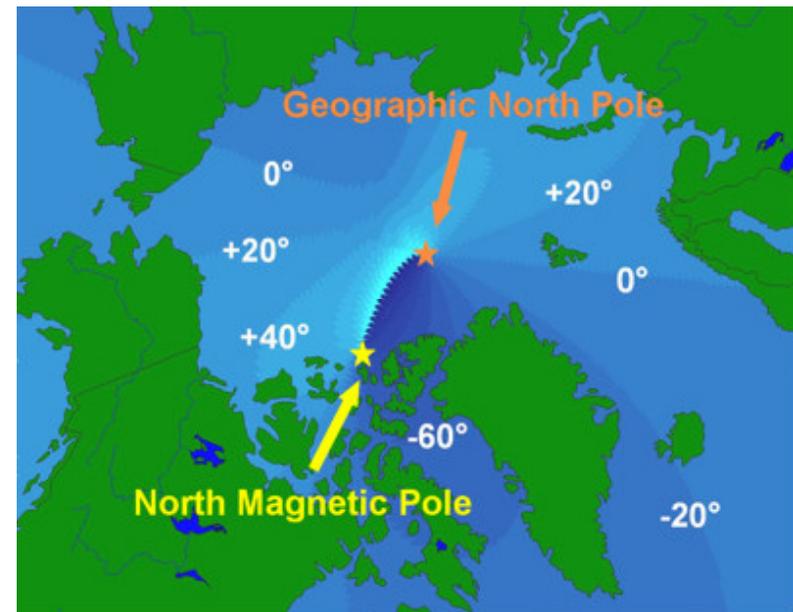
El Campo Internacional de Georeferencia Magnética (IGRF) es una descripción matemática del campo principal de la tierra. Se revisa cada varios años gracias a los datos aportados por diferentes organismos de investigación internacionales. Los datos permiten ajustar los modelos y el resultado es un campo “estándar” al que todos pueden referirse.

A partir del modelo es posible determinar la intensidad del campo magnético terrestre y otros parámetros de interés como la declinación magnética o ángulo que forma la aguja de una brújula con el norte geográfico. La navegación con una brújula en las regiones árticas y antárticas exige una buena corrección de la declinación.



icb, 2000-03-26

Mapa IGRF de intensidades del campo magnético terrestre. Violeta, más intenso. Rojo, menos intenso.



Variación de la declinación magnética cerca del norte magnético.

La atmósfera terrestre

La atmósfera terrestre es la capa gaseosa que rodea a la tierra. Está compuesta por nitrógeno (78,1%) y oxígeno (20,94%), con pequeñas cantidades de argón (0,93%), dióxido de carbono (variable, pero alrededor de 0,035%), vapor de agua, neón (0,00182%), helio (0,000524%), criptón (0,000114%), hidrógeno (0,00005%) y ozono (0,00116%). Se delimita en varias zonas en función de la temperatura.

La Troposfera



Altura: de la superficie a 8 km (polos) o 18 km (ecuador)

En la troposfera se hace posible la vida: se concentran el 90% de la masa de la atmósfera proporcionando las condiciones necesarias para que pueda desarrollarse la vida. Es la zona más turbulenta de la atmósfera y en ella tienen lugar todos los fenómenos meteorológicos y climáticos. En esta capa es donde generalmente vuelan los aviones. La temperatura más baja que puede llegar a alcanzar es del orden de los -50°C .

La Estratosfera



Altura: de 8/18 km a 50/60 km

En la parte baja de estratosfera la temperatura es relativamente estable y hay poca humedad. En esta capa la temperatura aumenta con la altitud. Esto es debido principalmente a la absorción de las moléculas de ozono que absorben la radiación ultravioleta.

La estratosfera es una región en donde se producen diferentes procesos radiactivos, dinámicos y químicos.

La Mesosfera



Altura: de 50/60 km a 85/90 km

Se encuentra por encima de la estratosfera. La temperatura decrece con la altura, hasta la mesopausa que se ubica a unos 85-90 km por sobre la superficie. Aquí la actividad química es aun más importante, debido a la mayor intensidad de la radiación solar, que alcanza a esta capa atmosférica atenuada sólo levemente por la presencia de la capa siguiente.

La Termosfera



Altura: de 85/90 km a 640 km

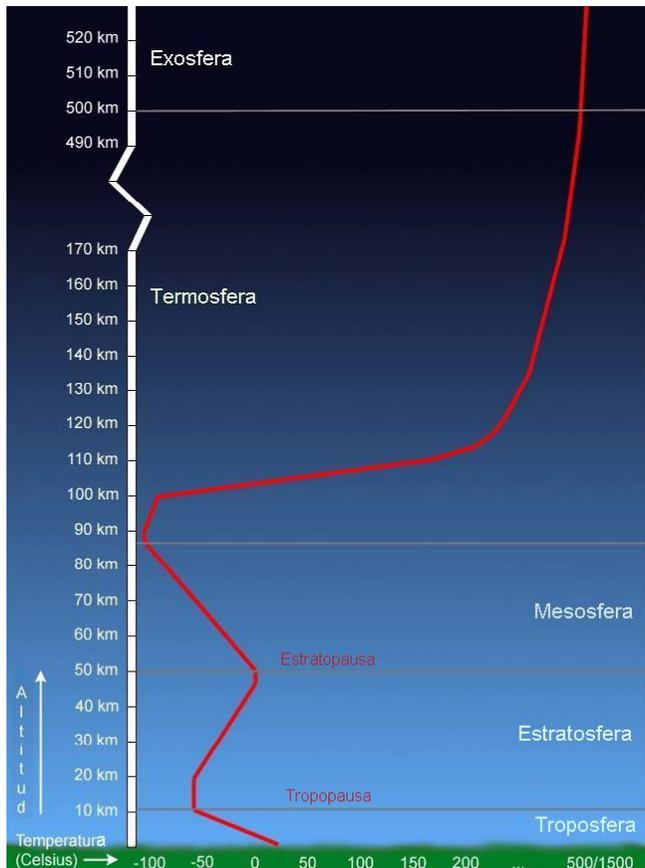
En esta capa los gases principales (N_2 , O_2 , Ar y CO_2), ya no se mezclan homogéneamente, sino que forman estratos. Los gases que la conforman, como ocurre con el oxígeno termosférico, se encuentran en su estado atómico (O), por efecto de la radiación solar no atenuada que incluye rayos X y partículas energéticas, como protones y electrones. Es por ello que llegan a ionizarse, formando la **ionósfera** o capa ionizada que rodea al planeta. En la termósfera la temperatura crece con la altura y puede llegar a ser superior a los 1.500C a 300 Km de altura, según sea el estado de la corona solar. Es la capa en la que se producen las auroras polares. Es la capa en la que orbitan la Estación Espacial Internacional y los transbordadores.

La Exosfera



Altura: por encima de 500/600 km

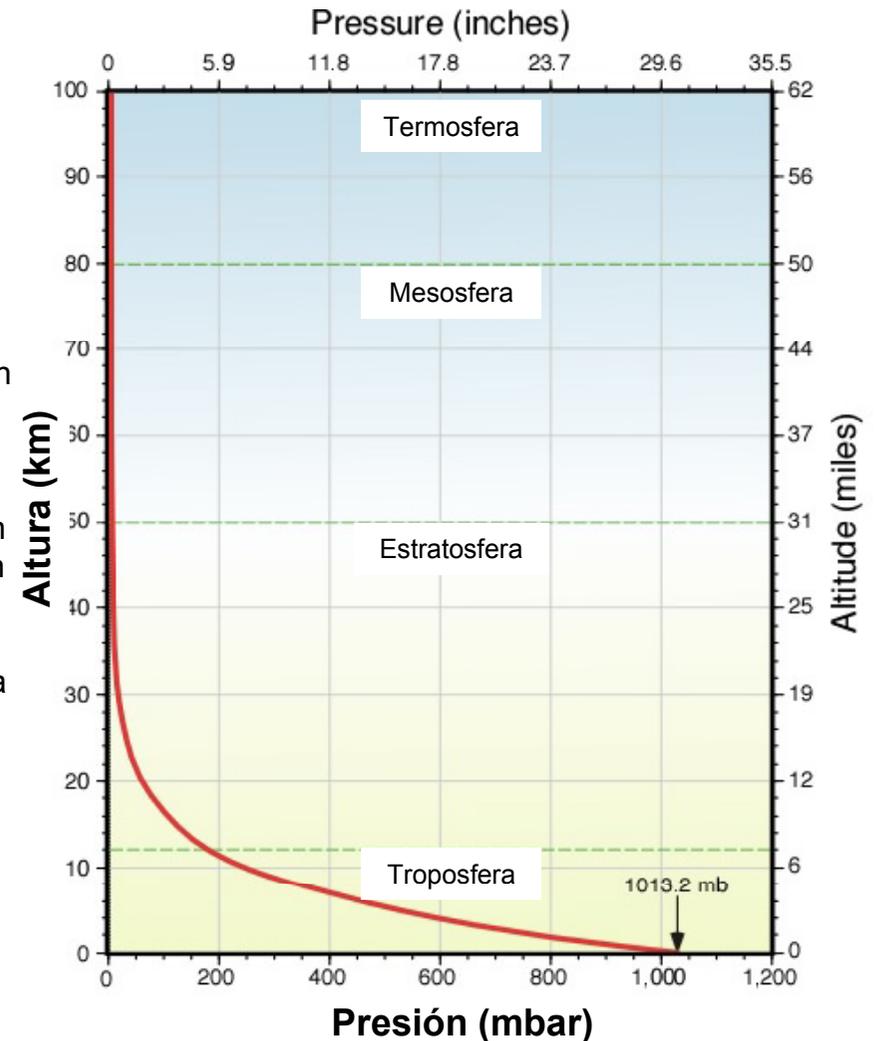
Finalmente y por encima de los 500/600 km se ubica la exósfera, formada principalmente por helio e hidrógeno. Estos átomos pueden alcanzar velocidades suficientemente elevadas como para escapar del campo gravitatorio terrestre. En esta capa vuelan los satélites de baja órbita (700 km).



Izquierda:
Variación de la temperatura en función de la altura.

Derecha:
Variación de la presión atmosférica en función de la altura.

La presión atmosférica a nivel de mar es de 1013 mbar



¿Cómo se forman las auroras?

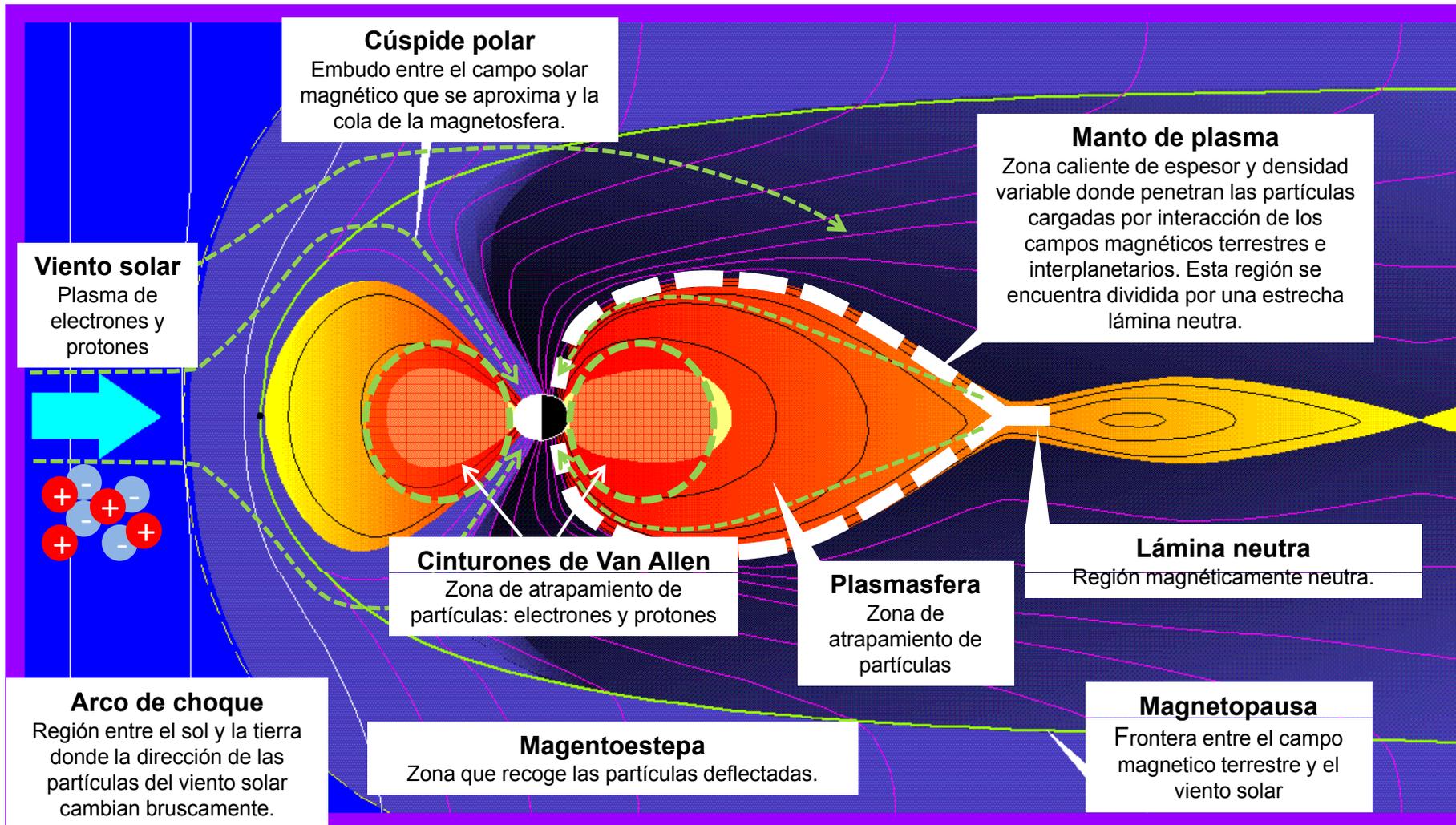
Las auroras se forman cuando los átomos y moléculas de la termosfera son golpeados por electrones (y protones) de alta energía. Las auroras pueden ser boreales (hemisferio norte) y australes (hemisferio sur). Se llegan a ver en puntos situados tan al sur como New York. La aurora es producida por una gigantesca descarga eléctrica que incide sobre la tierra. La potencia eléctrica de la descarga es de 1000 GW (1000 centrales nucleares), 25 veces más que la potencia máxima generada por la red eléctrica española. La explicación del fenómeno se hizo esperar hasta mediados del siglo XX, si bien a finales del XIX ya se conocía su naturaleza eléctrica.

La **teoría vigente** (el mecanismo detallado sigue siendo un misterio) sobre la formación de auroras es la siguiente:

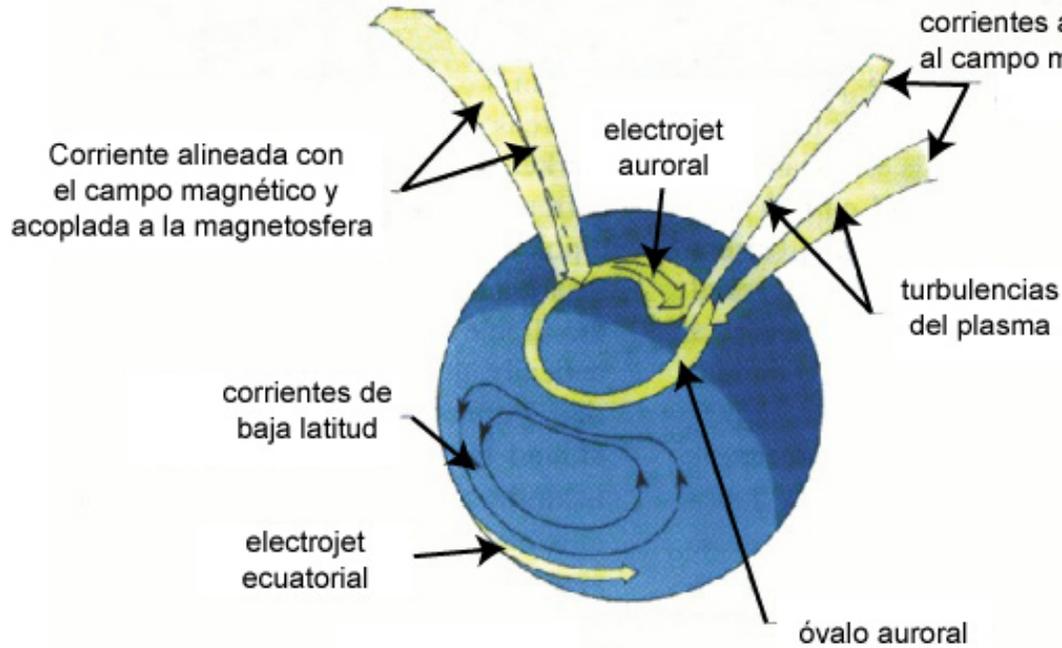
1. El sol emite una Eyección de Masa Coronal que viaja por el espacio (viento solar).
2. Finalmente choca contra el campo magnético terrestre de la tierra (magnetosfera).
3. Ésta se contrae brevemente; rebota y luego oscila, a veces durante varios días.
4. Los golpes de viento solar de esta magnitud consiguen remover electrones y protones que previamente estaban atrapados en la magnetosfera por medio de líneas de fuerza llamadas "botellas magnéticas."
5. Los electrones caen cual lluvia en la atmósfera terrestre y hacen que el aire brille en las zonas donde caen.

Las auroras aparecen lejos de la superficie terrestre. Las luces se propagan en altitudes desde unos 80 hasta 500 km. Muy por encima de la altura de vuelo de los aviones pero no de los Transbordadores Espaciales y la Estación Espacial Internacional (ISS, siglas en inglés International Space Station). Estas naves espaciales circulan la tierra a unos 350 km de altitud, no muy lejos de las brillantes luces boreales.

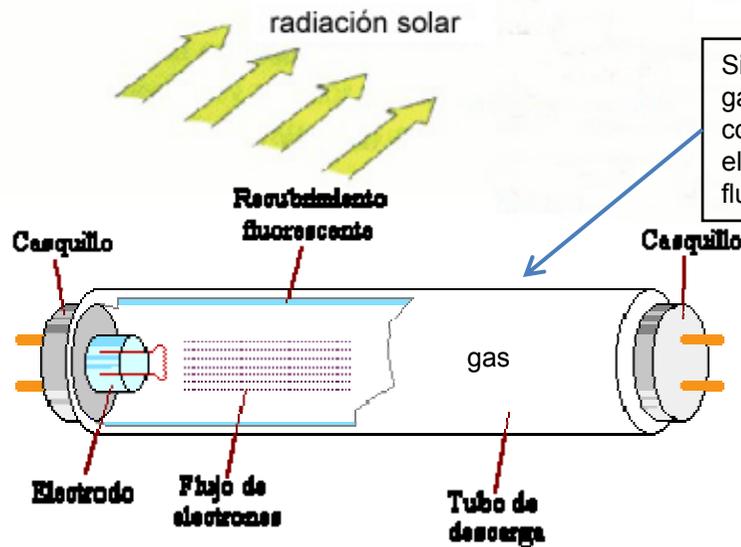
La corona solar eyecta partículas cargadas positivamente (protones y unas pocas partículas alfa) y negativas (electrones) en igual proporción. Este “viento solar” viaja en forma de **plasma**: un conjunto de partículas cargadas libres y cuya dinámica presenta efectos colectivos dominados por las interacciones electromagnéticas de largo alcance entre las mismas. Cuando el “viento solar” sopla (a 400 km/s y unos 5 iones/cm³) sobre las inmediaciones de la tierra, se forma una cavidad con forma de cometa: la magnetosfera. La magnetosfera se comporta como un escudo, evitando que el viento solar llegue de forma directa a la tierra. Algunas partículas son capaces de llegar a través de las cúspides polares en la zona diurna. Sin embargo, el mayor efecto lo producen las partículas atrapadas en el manto de plasma y liberadas por las perturbaciones del viento solar.



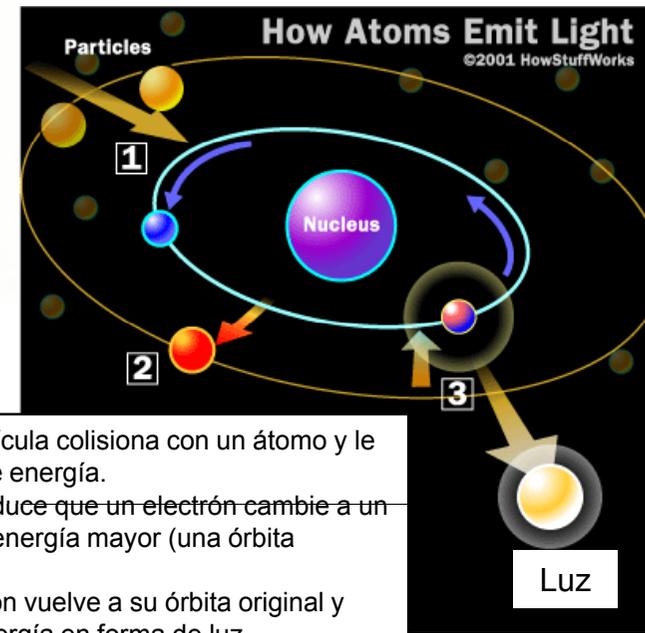
Los electrones liberados del manto de plasma llegan hasta las zonas polares. Cierran un enorme circuito eléctrico que hace pasar una corriente eléctrica a través de las partes más altas de la atmósfera: una enorme lámpara luminiscente que podemos observar desde zonas adecuadas.



Luminiscencia:
 Es la emisión de radiación luminosa por parte de ciertas sustancias que han adquirido energía a partir de otras fuentes de radiación. La fluorescencia suele interrumpirse al cesar la emisión de la fuente activadora, aunque en el caso de las sustancias llamadas fosforescentes continúa.
Fluorescencia: emisión rápida (lámpara)
Fosforescencia: emisión retardada (relojes de noche)



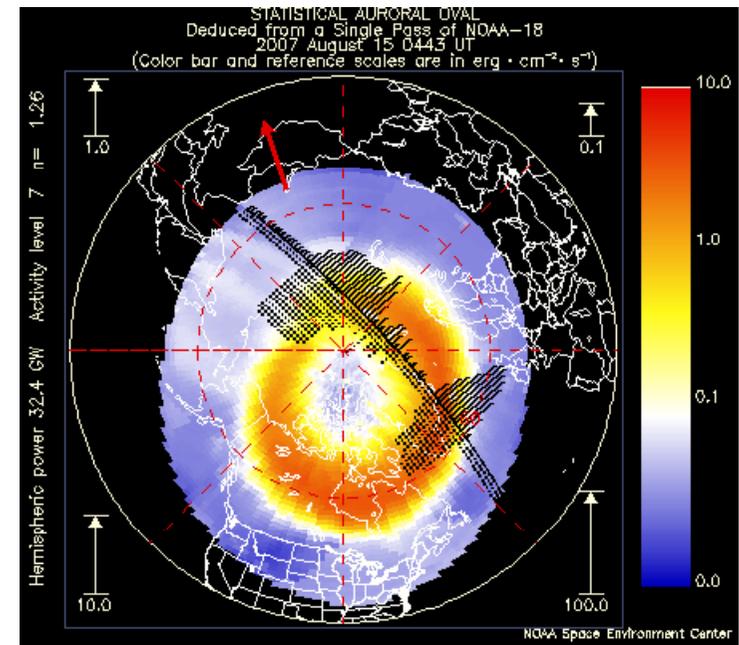
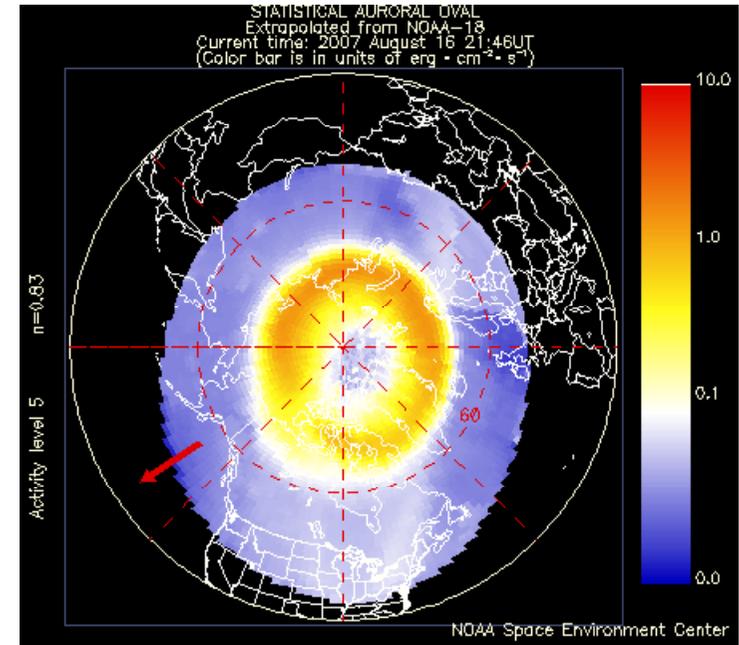
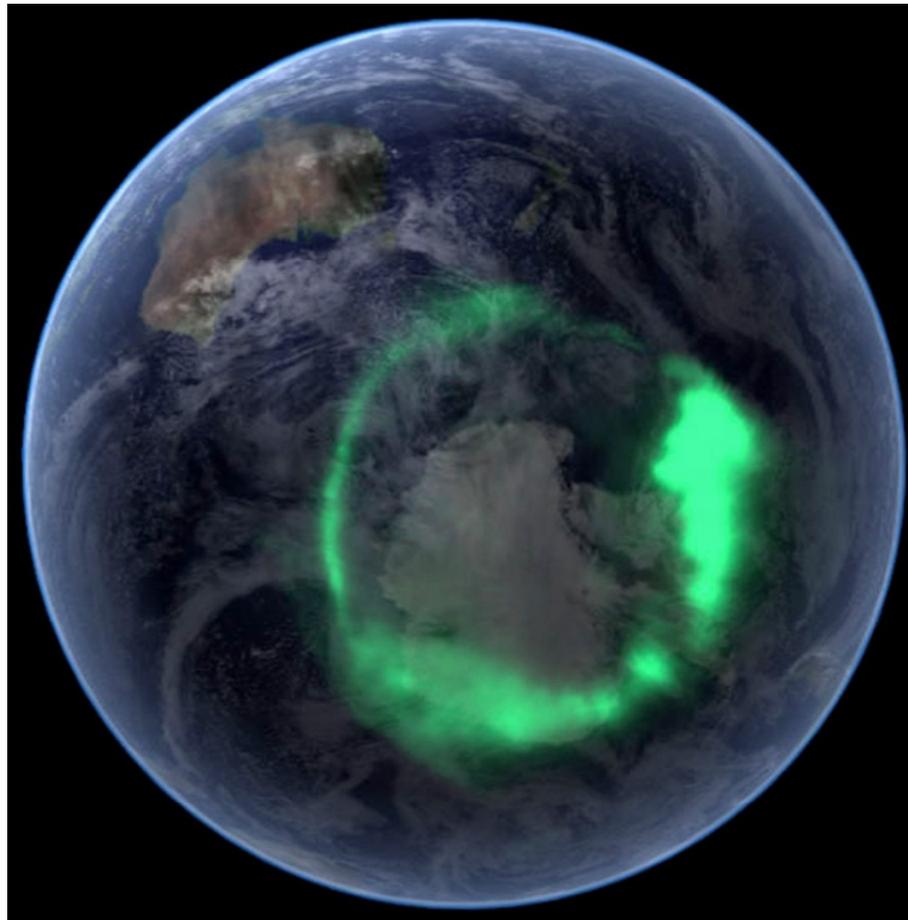
Si se llena una cápsula con gas y se hace pasar una corriente de electrones por ella se obtiene una lámpara fluorescente.



1. Una partícula colisiona con un átomo y le transfiere energía.
2. Esto produce que un electrón cambie a un nivel de energía mayor (una órbita distinta)
3. El electrón vuelve a su órbita original y emite energía en forma de luz.

Vista desde el espacio, la aurora forma un óvalo que se mantiene fijo con respecto a la posición del sol. El óvalo norte pivota alrededor del polo geomagnético (en Thule). Debido a la rotación de la tierra, el óvalo cambia de posición geográfica. El óvalo está ligeramente desplazado hacia la zona “nocturna” y su tamaño aumenta con la actividad del viento solar.

Gracias a los satélites artificiales, hoy en día es posible estudiar las auroras desde el espacio. Uno de los últimos sistemas lanzados al espacio es el conjunto de satélites THEMIS.



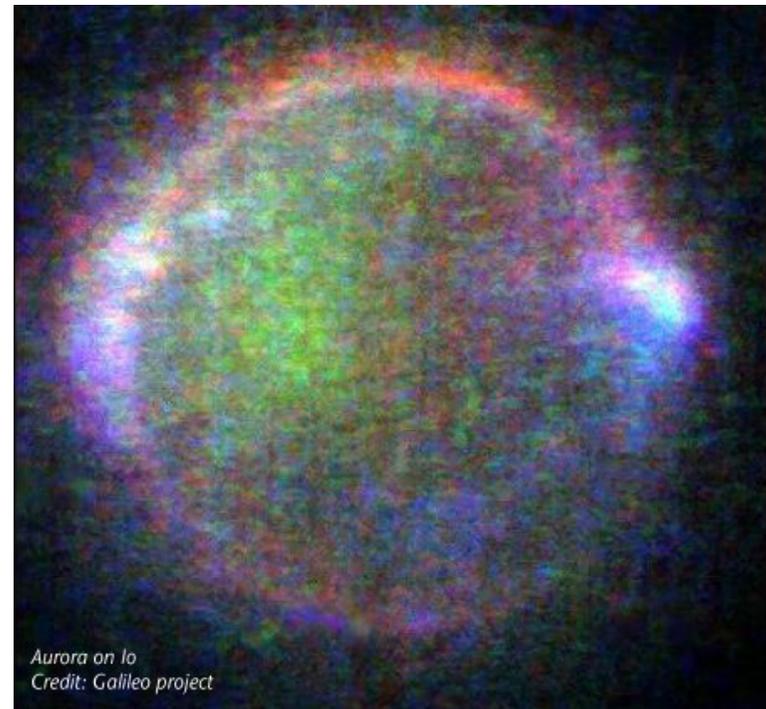
Aurora en Saturno (telescopio espacial Hubble)



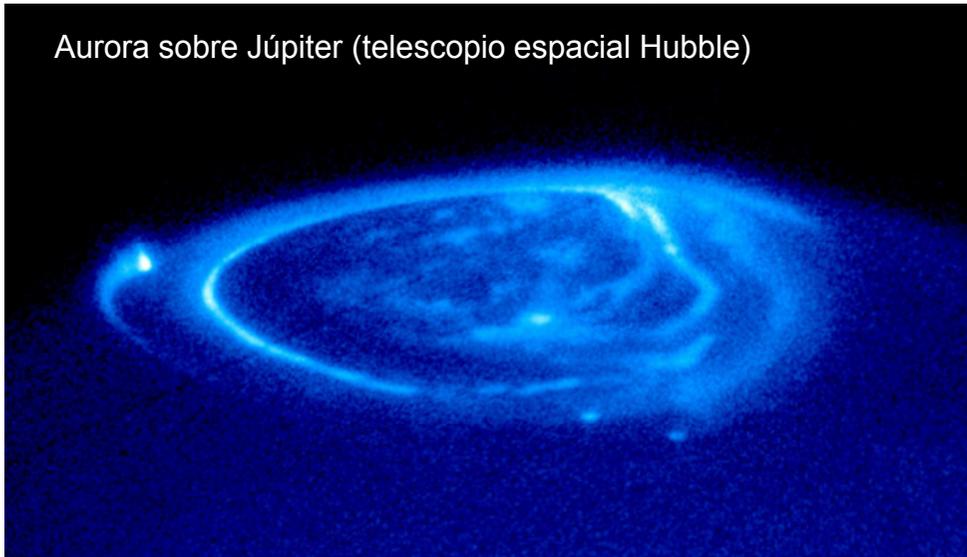
Júpiter tiene auroras como las de la Tierra, aunque en Júpiter son cientos o miles de veces más potentes. Las auroras ocurren cuando electrones e iones llueven sobre la atmósfera polar y hacen que el aire resplandezca allí donde hacen impacto. Aquí en la Tierra, las auroras son normalmente desencadenadas por las ráfagas de viento solar. El viento solar puede también provocar auroras en Júpiter, pero no es necesario: en Júpiter, el planeta mismo activa las auroras. Estas partículas son aceleradas hacia el polo por la rotación de 11 horas de Júpiter y por su propio campo magnético. Por tanto, las auroras en Júpiter están casi siempre en actividad.

También se han observado auroras en Io (una de sus lunas) y en Saturno, que posee también un intenso campo magnético propio.

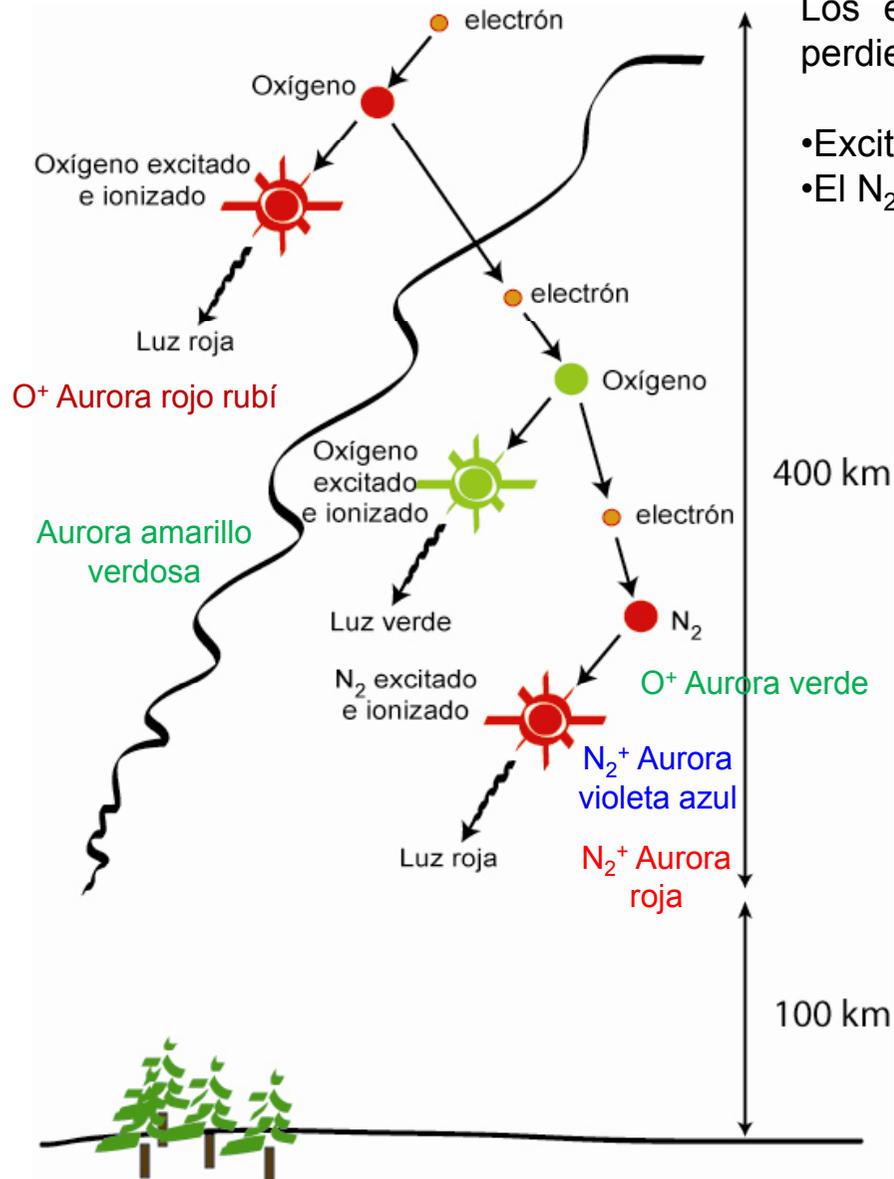
Aurora en Io, una de las lunas de Júpiter (sonda Galileo).



Aurora sobre Júpiter (telescopio espacial Hubble)

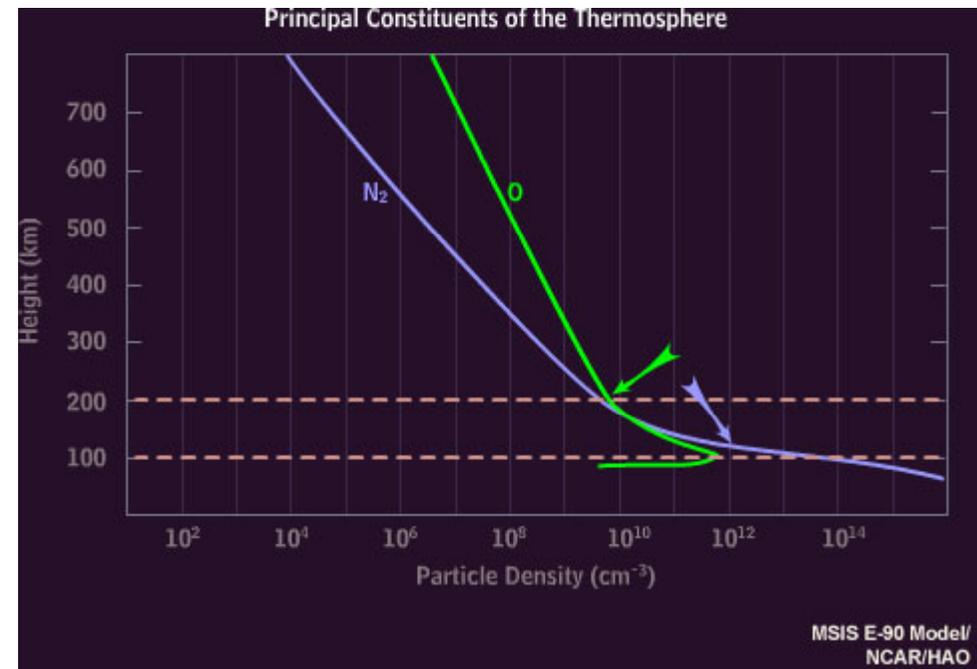


En la termosfera, el oxígeno es de decenas a miles de veces más abundante que el N_2 por encima de 200 kilómetros. Los electrones del viento solar van ionizando y excitando los átomos de oxígeno. Los átomos se desexcitan emitiendo luz roja y los electrones continúan con el proceso creando una avalancha.

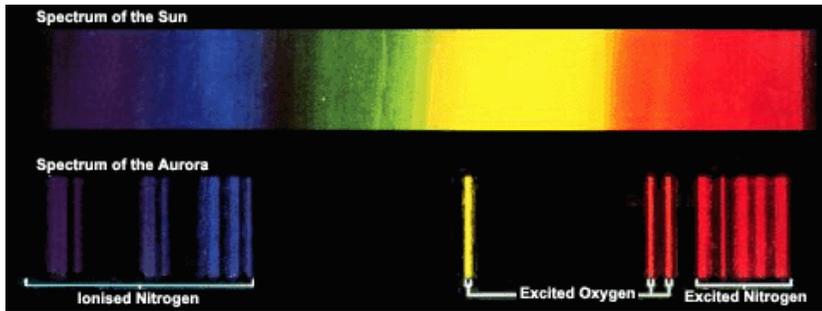


Los electrones libres van profundizando en la atmósfera y perdiendo energía:

- Excitan al oxígeno en otros modos dando lugar a luz verde.
- El N_2 es cada vez más abundante y se produce más luz roja.

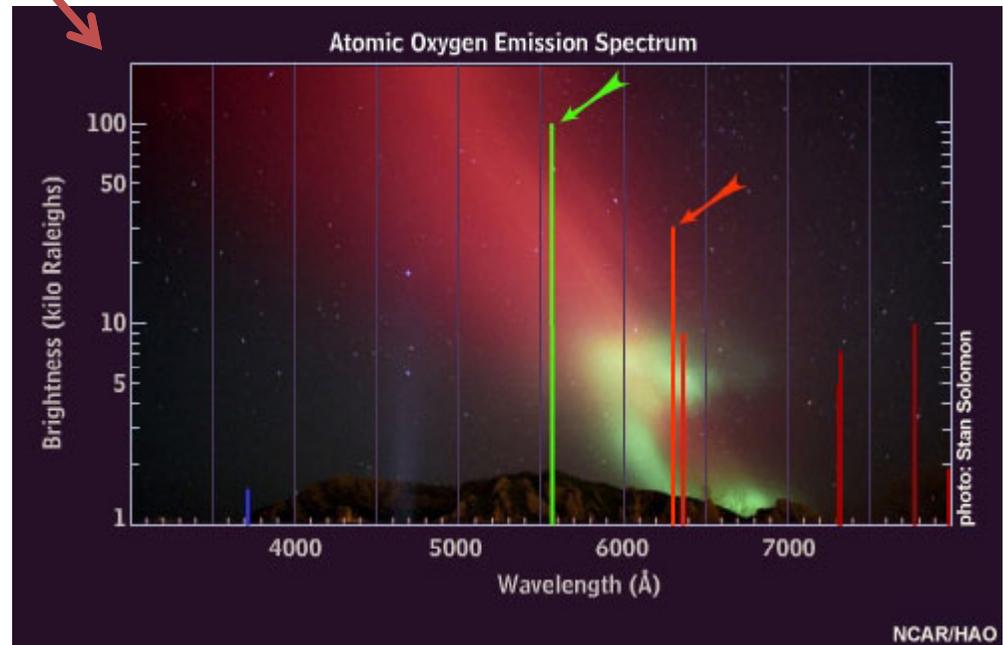
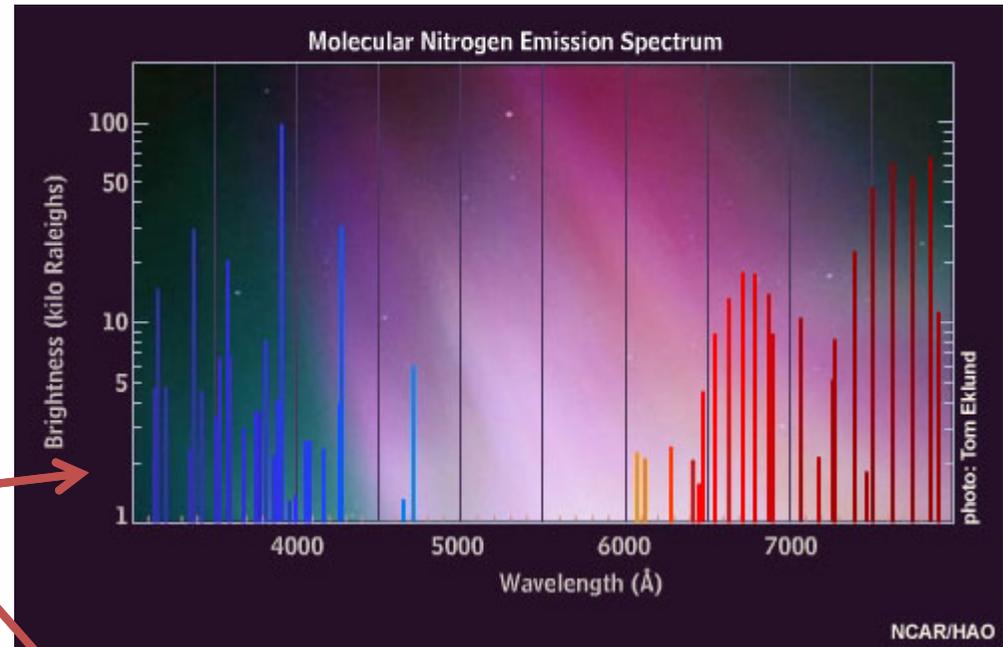
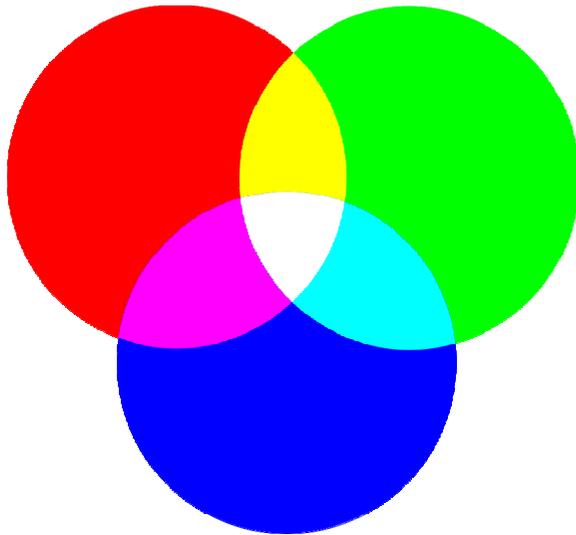


Variación de la densidad (en partículas por cm^3) de oxígeno atómico (O) y nitrógeno molecular (N_2) con la altura expresada en kilómetros (km).

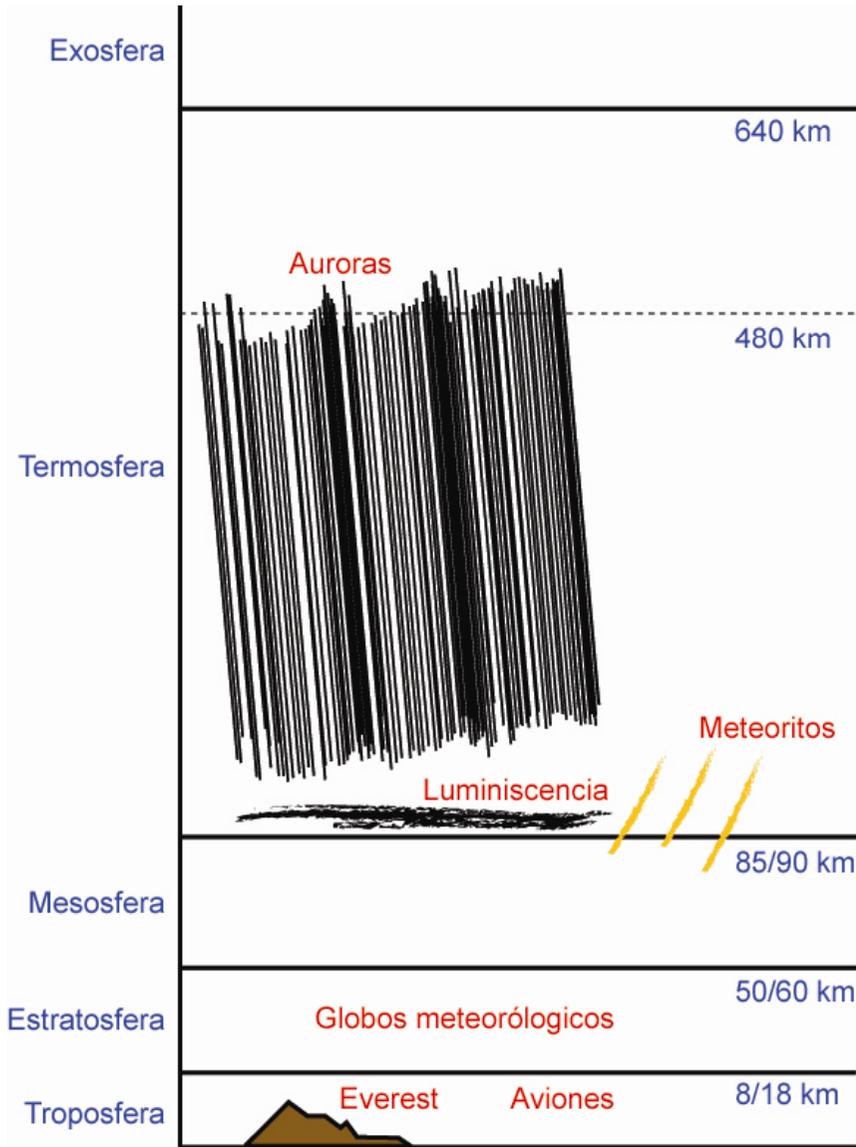


A diferencia de la luz solar blanca, la luz de las auroras sólo presenta unos pocos colores.

Las moléculas excitadas de N_2 emiten luz roja, azul y violeta. Los átomos excitados de O emiten luz roja y verde. Con ello tenemos colores “primarios” RGB con los que poder crear cualquier otro color.



¿Cómo son las auroras y dónde se producen?



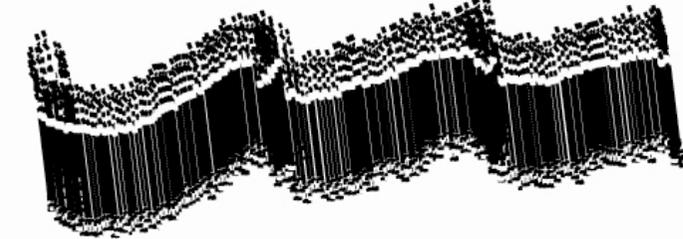
Arco homogéneo



Arco rayado



Cinta rayada



Lazo plegado

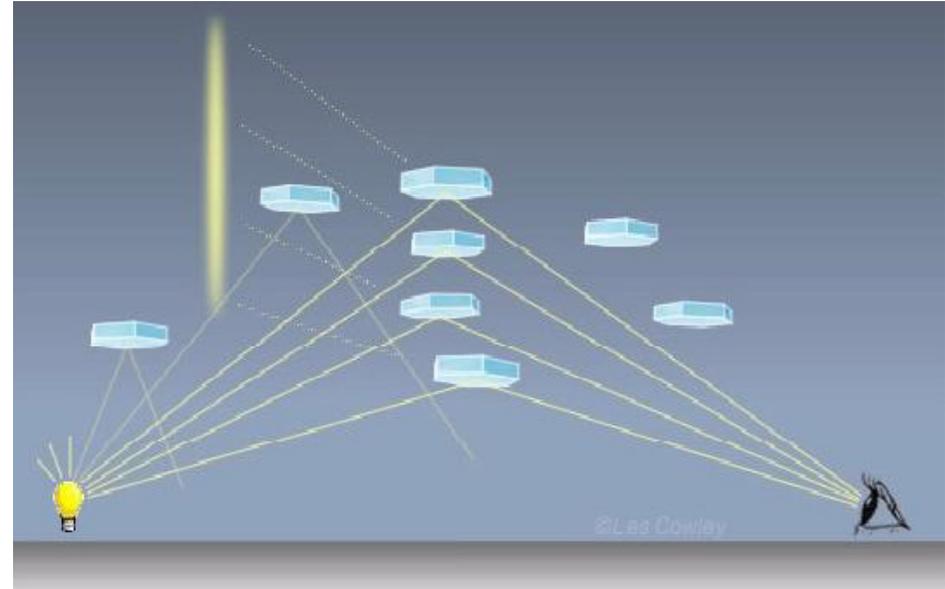


Intensidad creciente de la aurora



Las falsas auroras o pilares de luz

El frío intenso puede crear estructuras verticales coloreadas en el cielo que no son auroras polares. Las falsas auroras, conocidas también como columnas o pilares de luz, son estructuras verticales causadas por la luz artificial (casas, ciudades) que se reflejan en los cristales de hielo y nieve suspendidos en el aire. Se pueden ver y buscar después de una ligera nevada y pueden ser tan hermosas como las reales. Los pilares pueden ser de dos tipos: los superiores, que se dan hacia arriba respecto a la posición del sol, y los inferiores en el caso opuesto. Estos últimos son más difíciles de ver.



¿Cómo, dónde y cuándo se pueden ver auroras?

El viento solar es continuo, por lo que las auroras siempre están ahí aunque no podamos verlas. Su luz es tan débil que es imposible verlas de día, cuando compiten directamente con la luz del sol.

Las auroras deben ser observadas de noche, bien lejos de la polución luminosa de las grandes ciudades y preferiblemente durante la luna nueva. Las auroras más intensas suelen aparecer alrededor de la medianoche.

La mejor región para verlas es a lo largo del óvalo auroral, y Groenlandia se encuentra en una zona privilegiada. Es, con diferencia, uno de los mejores lugares del hemisferio norte para observarlas, con una elevada frecuencia de más de 100 avistamientos por año.

La primavera y el otoño son estaciones ideales en los polos. Ya no hace tanto frío y las noches siguen siendo lo suficientemente largas.

Los años de máxima actividad solar son excelentes para la observación de auroras intensas. Sin embargo, no es necesario esperar a uno para ver uno de los espectáculos naturales más hermosos.

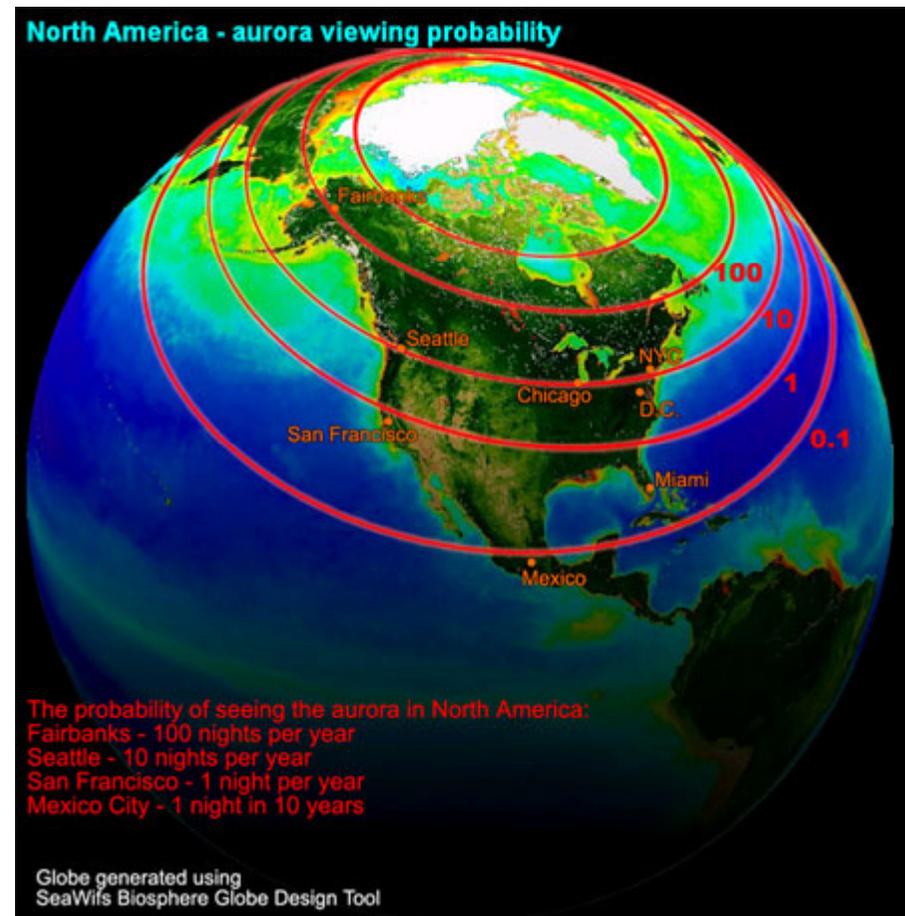
Franjas de frecuencia de avistamientos de auroras en el hemisferio norte. Los valores corresponden a número de avistamientos por año:

0.1 = 1 cada 10 años

1 = 1 cada año

10 = 10 cada año

Groenlandia está en la zona de probabilidad máxima.



Guía rápida de fotografía de auroras

Una precaución: ¡protege tu cámara, lentes y baterías del agua y del frío!

Material necesario (o altamente recomendable) para fotografiar auroras:

1. Una cámara que permita realizar largas exposiciones: de hasta 30 segundos o preferiblemente modo "bulb". La mayoría de las cámaras "reflex" analógicas y digitales lo permiten, así como algunas cámaras compactas en el modo "manual".
2. Un trípode. Sin él, estarás prácticamente perdido. Pero incluso con él deberás tener cuidado: el viento, gente pasando cerca, una posición inestable e incluso el ruido (vibraciones mecánicas en el aire) pueden hacer que una foto de larga exposición salga movida.
3. Un cable obturador o, en su defecto, disparar con el autodisparador, para evitar las vibraciones mecánicas causadas al disparar el obturador. Incluso con la cámara fijada al trípode, la presión del dedo sobre el disparador es suficiente para producir una imagen borrosa.
4. Un objetivo angular o gran angular (< 35 mm analógico, < 20 mm en formato digital con factor de conversión 1.5x) luminoso con f/2.8 o inferior. Cuando mayor sea la focal, mayor será el tiempo de exposición.
5. Una película o CCD con sensibilidad ISO 400 o superior. Recuerda, a mayores ISO mayor es el grano/ruido de la imagen.
6. Lleva varias baterías cargadas para la cámara. La descarga de las baterías es uno de los problemas más frecuentes durante los viajes a zonas frías. Las baterías se descargan con mayor velocidad (o incluso pueden estropearse) si están expuestas al frío durante largo. Consérvalas en un lugar caliente (pegadas a tu cuerpo en algún bolsillo) y accesibles y utilízalas sólo cuando sea necesario. Esto es particularmente importante cuando tengas la cámara fijada a un trípode y expuesta a la intemperie durante largo tiempo. Rangos "típicos" de temperaturas de operación recomendados por los fabricantes para baterías y cámaras: 0° C - 40°.
7. El cargador de baterías. Si llegas a echarlo en falta, estarás en un apuro.
8. El manual de la cámara. Conviene estudiárselo antes, pero siempre es bueno tenerlo a mano para cualquier contingencia. Te recomiendo que juegues con tu máquina de día y que hagas algunas pruebas.
9. Una linterna para las operaciones en total oscuridad. Cuidado con iluminar tu cámara o la de tus compañeros de viaje.
10. Un paño "no abrasivo" (de los de limpiar gafas) para quitar el vaho y limpiar las lentes en caso de necesidad. Granos de suciedad en el paño pueden dañar la lente.

Algunos consejos prácticos:

1. La clave de una buena foto es la [composición](#). Tómate tu tiempo y recuerda que el protagonista es el cielo. Una foto en la que el horizonte esté a 1/3 de altura sale más resultona que otra en la que el horizonte pase por la mitad.
2. Vigila que la cámara esté bien posicionada horizontalmente para que la foto no salga torcida. De noche no siempre es fácil vigilar al horizonte, y menos cuando uno está prestándole atención al cielo.
3. Busca una buena colocación y no descuides los elementos en tierra. En las fotos nocturnas de larga exposición pueden aparecer objetos que nos han pasado desapercibidos por culpa de la oscuridad y que pueden estropear la composición de la foto. Haz pruebas con la cámara fijada al trípode y comprueba que todo sale como quieres.
4. Inspírate en las reglas empíricas útiles como la "[ley del horizonte](#)", "[la ley de la mirada](#)" y "[la ley de los dos tercios](#)" sin dejar de lado tu propia creatividad: ¡las reglas están para romperlas!
5. Procura que todo esté calmo y tranquilo a tu alrededor cuando hagas una foto de larga exposición. Lo mejor, alejarse un poco del grupo y concentrarte en la foto.
6. Ten paciencia. La mejor foto no suele ser la primera. Las auroras duran varias horas y van aumentando en intensidad a lo largo de la noche, así que tienes tiempo más que de sobra para planearlo todo con cuidado.
7. El flash no sirve para iluminar la aurora. Ahora bien, puedes hacer una foto de larga exposición que acabe con una ráfaga de flash. Es un truco para aparecer en la foto y a la vez tener un cielo suficientemente iluminado. No todas las cámaras permiten hacerlo, así consulta el manual antes.
8. No utilices filtros, polarizadores ni nada que absorba luz, con excepción del filtro protector que SIEMPRE deberías llevar puesto (si la lente lo permite). Necesitarás toda la luz que pueda entrar por la lente.

Y si tu cámara es digital:

9. Vigila el balance de blancos. En caso de duda, ponlo en AUTO, pero siempre conviene hacer pruebas y ver el resultado.
10. Toma las fotos en [formato RAW](#) (lectura directa del [CCD](#) de la cámara digital) si te sientes a gusto usando [Photoshop](#) o algún programa similar. Siempre podrás retocarlas y salvar algunas que “creías” perdidas, porque una foto digital en formato RAW contiene más información de la que crees. Los archivos “jpg” son mucho menos flexibles, así que procura evitarlos. En caso de duda, haz la misma foto en ambos formatos.
11. Lleva varias tarjetas de memoria y ve alternándolas durante el viaje. En caso de que se estropee una, al menos habrás salvado parte de las fotos.
12. Si no quieres correr riesgos, existen discos duros portátiles que permiten descargar las fotos durante el viaje sin necesidad de llevar un ordenador portátil. La gama P-3000 de EPSON ofrece soluciones interesantes a un precio razonable.

Fotografiando paisajes nevados

Ninguna sustancia transforma un paisaje tan rápida y dramáticamente como unos pocos centímetros de nieve. Para los fotógrafos supone además tener que pensar. Independientemente de la cámara utilizada (reflex, compact, manual, automática, digital, analógica...), el problema que nos encontraremos es la exposición. La nieve es blanca, y los fotómetros están diseñados para que los objetos tiendan al gris. El conflicto es evidente: escenas brillantes con nieve blanca asemejan a un día cubierto con nieve sucia de hace varios meses.

Para resolver el problema, lo mejor es hacer una medición de luz sobre la misma nieve en modo puntual (spot), anotar el valor (apertura/exposición) y compensar la exposición. Si su cámara no tiene modo puntual, baje la cámara y enfoque sobre la nieve sin que aparezca nada más en el campo de visión.

1. Para un día brillante, despejado y con nieve bajo el cielo azul, añadir +3 EV a la lectura del fotómetro
2. Para un día claro pero con nubes, compensar con +2 EV
3. Para nieve a la sombra en un día claro o nieve gris en un día cubierto, añadir +1 EV.
4. Para nieve sucia y gris en un miserable día de lluvia (ojalá que no tenga muchos de esos), utilice la lectura del fotómetro.

1 EV = 1 valor de exposición (exposure value en inglés). Algunas cámaras permiten trabajar directamente con valores EV para super o subexponer la fotografía. Si no, siempre es posible utilizar la cámara en modo manual y fijar los valores a mano.

¿Cómo sobreexponer una foto?

Imaginemos que el valor recomendado de velocidad de obturación/apertura es de 250-f/5.4. Pues bien, para sobreexponer la foto deberá seleccionar una unidad de apertura menor f/4: 250 - f/4. El resultado será una foto más iluminada de lo que recomendó el fotómetro, que es precisamente el efecto buscado. Para subexponer la foto, basta con aplicar la regla inversa y elegir una unidad de apertura mayor.

Fotografiando en días de lluvia

No permitas que la lluvia estropee tus planes fotográficos. Un día "malo" puede ser un excelente día fotográfico si aceptas el reto. Las fotografías durante condiciones climatológicas adversas pueden ser igual de excitantes que durante los días soleados. Incluso más aún... Las gotas de lluvia, las nubes, los rayos y la niebla son ingredientes bucólicos.

1. Las noches de lluvia son excelentes para hacer fotografías de luces de neón. Busca zonas comerciales bien iluminadas y aceras mojadas.
2. En el medio rural, busca casas desvencijadas y fotografía desde porches.
3. Usa sensibilidades altas: ISO 400, 800 o superiores y no huyas del grano/ruido. Puede añadir un efecto artístico a la foto.
4. Acepta el reto del contraste haciendo fotografías en blanco y negro.
5. Usa un trípode.
6. Cambia el balance de blancos (cámaras digitales) y juega con el color.
7. Exagera la humedad y las superficies mojadas. La mayoría tienden a anular un día lluvioso subexponiendo la imagen y saturando los colores. Los efectos interesantes surgen de la subexposición en -0.5 EV o incluso -1 EV.
8. Acércate a los elementos simples y utiliza el flash para reflejarlo en las gotas de lluvia y los charcos.
9. Trata de capturar la respuesta humana a la lluvia. Paraguas fotografiados desde arriba, capas de lluvia, seres humanos huyendo.
10. Lo mismo con la fauna salvaje si es que tienes paciencia.

Recuerda: ten cuidado con tu equipo fotográfico y no permitas que se moje.

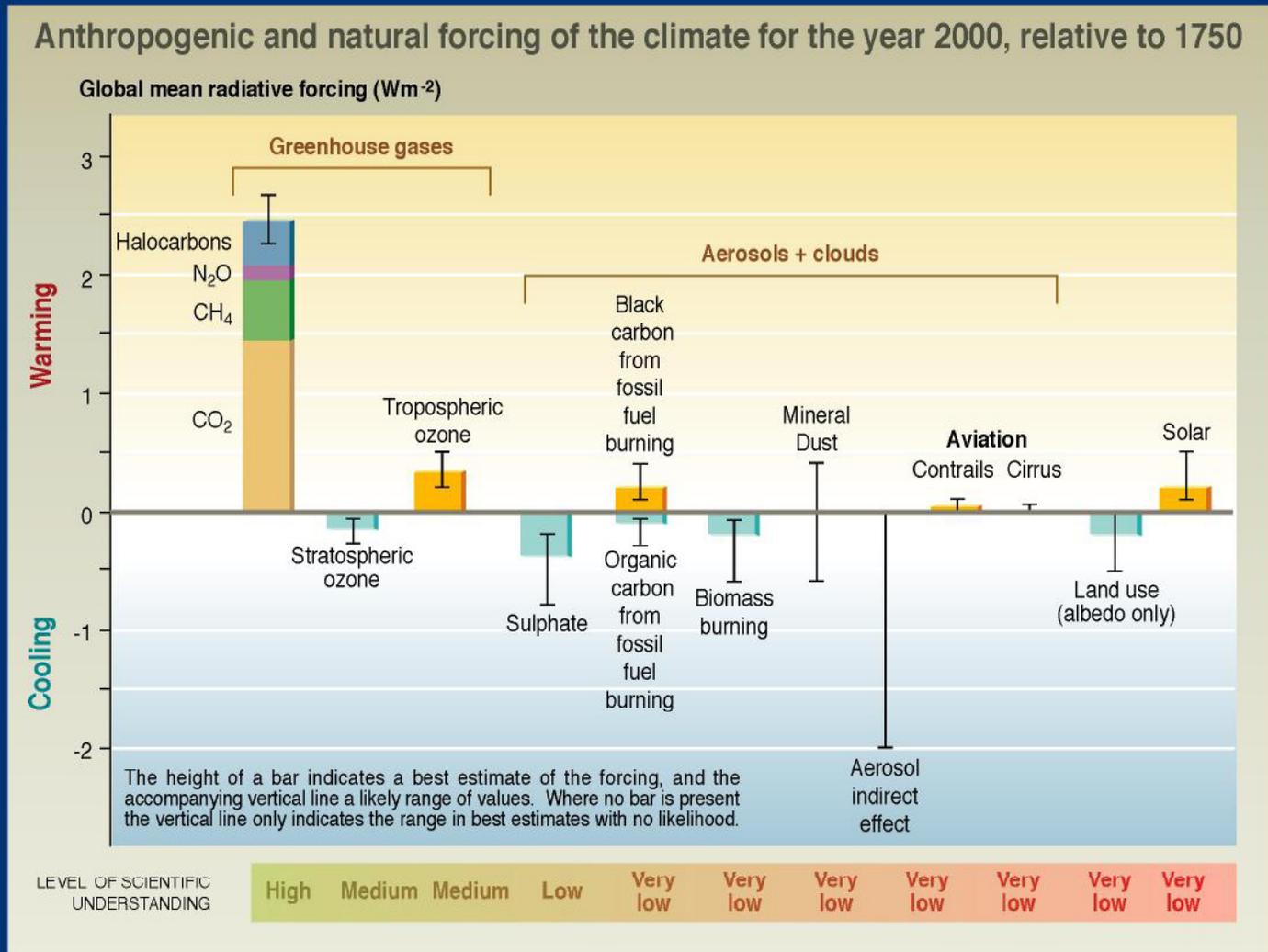
Tabla con velocidades de obturación orientativas para diferentes aperturas y sensibilidades. Tómalas como punto de partida pero haz varias pruebas.

		Sensibilidad (ISO)				
		50	100	200	400	800
Apertura	f/1.4	50s	25s	15s	8s	4s
	f/1.8	80s	40s	23s	12s	6s
	f/2.0	110s	50s	30s	15s	8s
	f/2.8	220s	110s	60s	30s	15s
	f/3.5	--	--	90s	45s	23s
	f/4.0	--	--	120s	60s	30s

	más luz	menos luz
Lista de valores de apertura:	f/1.0 f/1.4 f/2.0 f/2.8 f/4 f/5.6 f/8 f/11 f/16 f/22 f/32 f/45 f/64	
Lista de velocidades de obturación (segundos):	8 4 2 1 1/2 1/4 1/8 1/15 1/30 1/60 1/125 1/250 1/500 1/1000 1/2000 ...	
	más lenta	más rápida
Nota: no todas las cámaras/lentes disponen de todos los valores		

Apéndice

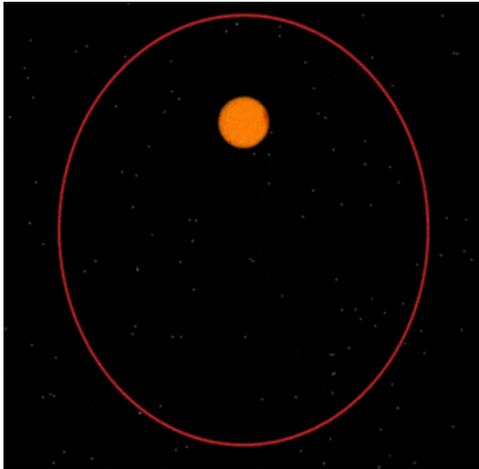
El cambio climático y sus “posibles” orígenes



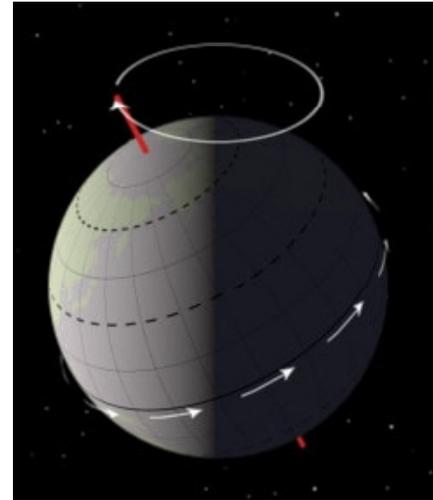
SYR - FIGURE 2-2

Conclusión del Panel Internacional para el Cambio Climático IPCC

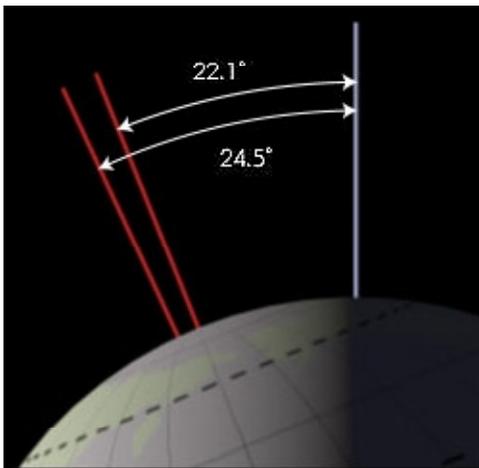
Además del ciclo de las manchas solares, el sol tiene otros ciclos. Un ejemplo de interés reciente es el de los **ciclos de Milankovitch** y su posible relación con el **cambio climático**. La radiación solar que recibe la tierra varía con el tiempo: depende los parámetros de su órbita y de su giro de rotación propio. Dichas variaciones parecen estar ligadas con las **glaciaciones**, con un periodo de 100.000 años.



1. Variación de la excentricidad. La tierra sigue una órbita elíptica alrededor del sol. Su "excentricidad" varía con el tiempo.



3. Precesión del eje de giro. El eje de giro de la tierra no es fijo, sino que "pandea" como un trompo a lo largo de una circunferencia.



2. Variación de la inclinación del eje de giro de la tierra. Si tomamos el plano definido por la elipse de la órbita terrestre, el eje de rotación de la tierra forma un ángulo con el que varía con el tiempo.

