

Campo Geomagnético


y magnetósfera: características,
origen e importancia en el planeta y
la vida

Cecilia I. Caballero Miranda
Instituto De Geofísica, UNAM

Campo Geomagnético

- 1. ¿Cómo es? ⇒
- 2. ¿Cómo sabemos que existe?: evidencias de su existencia ⇒
- 3. ¿Por qué existe?: ¿Cuál ó donde está su origen? ⇒
- 4. ¿Cuáles son sus características?: ¿como se mide?, ¿hasta donde llega? ¿es igual en toda la Tierra? y ⇒ ⇒
- 5. ¿ha sido igual a través del tiempo? ⇒ ⇒
- 6. ¿Cuál es su importancia para el planeta, para la vida, la biosfera, el hombre? ⇒

1. ¿Cómo es el Campo Geomagnético?

- **No se ve, no se toca**, como sucede con el campo gravitacional y a diferencia,
- **No se siente**: el cuerpo humano no cuenta con sensores corporales para detectarlo
(no se puede detectar su dirección, intensidad, disminución, aumento, variación, etc.) 

Entonces, ¿Cómo sabemos que existe?

Por sus efectos en algunos objetos y fenómenos asociados a ellos

2. Algunos efectos y evidencias del Campo Geomagnético

- 2.a. Orientación de aguja imantada (experimento de aguja en un corcho inmerso en agua).
- Orientación e inclinación de la aguja de la brújula.



- 2.b. Auroras boreales. ⇒
- 2. c. La magnetización de las rocas de la corteza. (del continente y del fondo oceánico) ⇒
 - Anomalías magnéticas del fondo oceánico ⇒

2. b. AURORA

Surge como un resplandor en el horizonte, parecido al que precede al amanecer, y por eso se le conoce como la "**aurora boreal**"

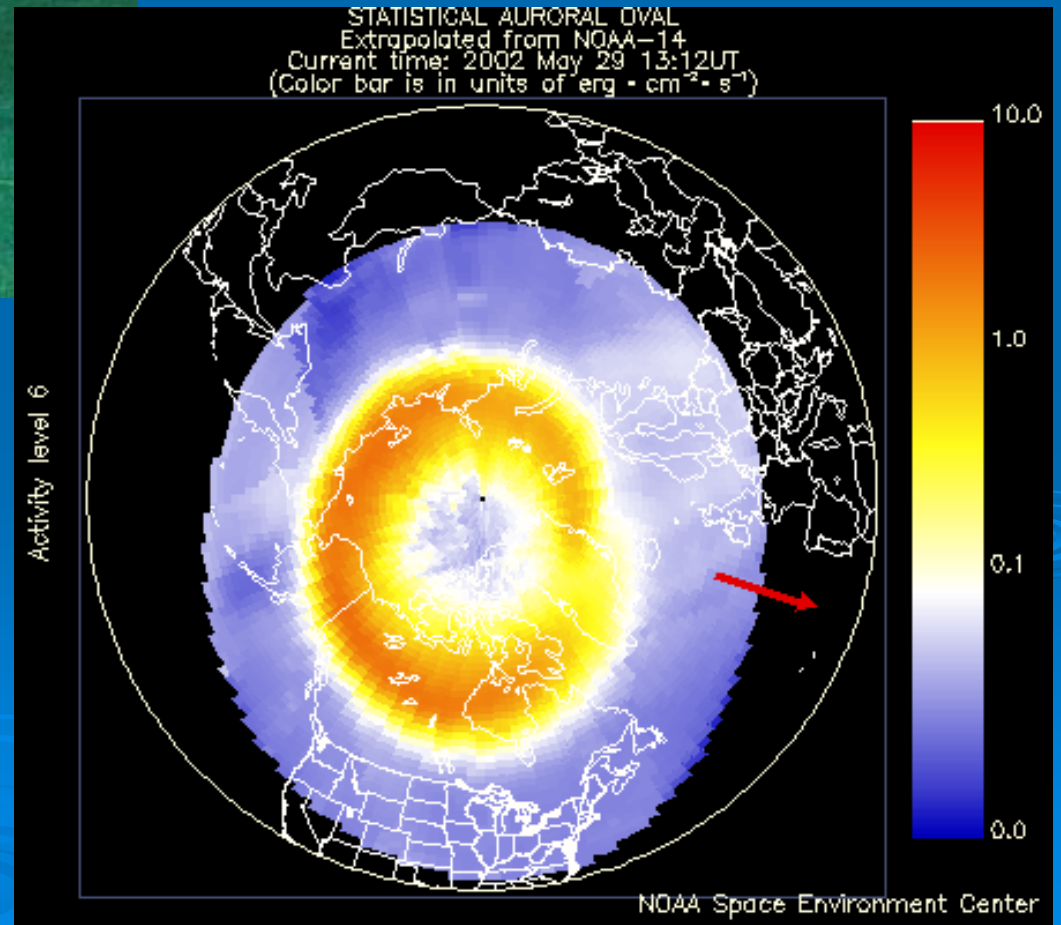
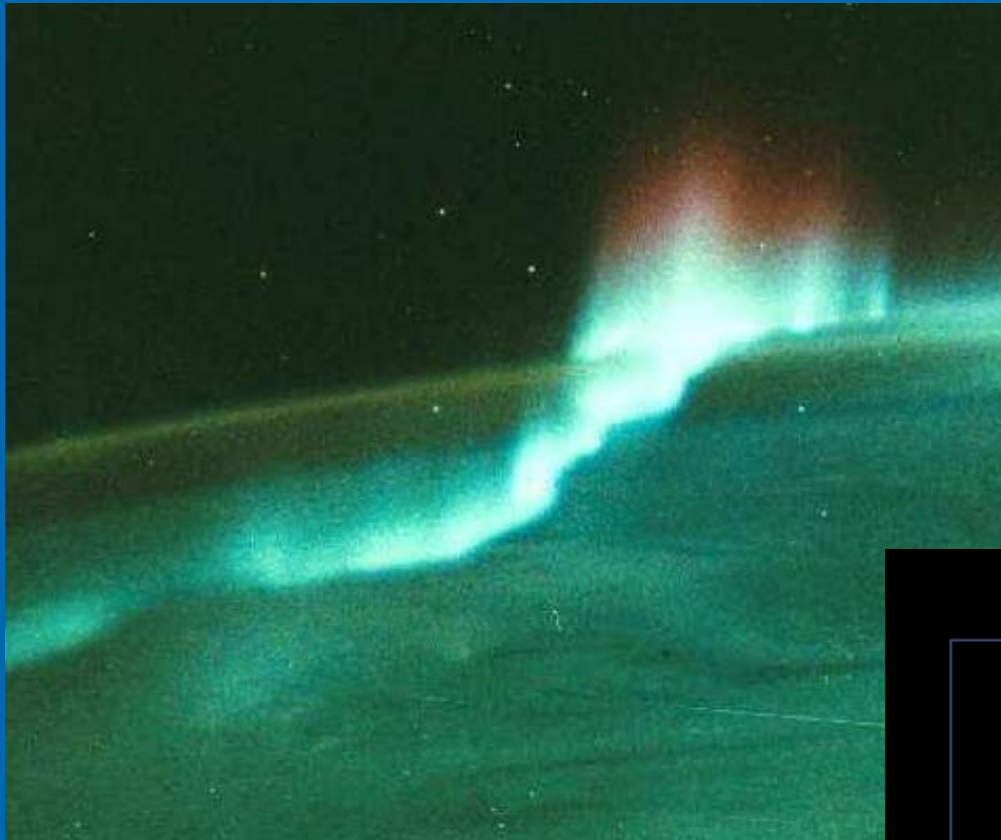
Es un espectáculo fascinante, moviéndose y cambiando constantemente



La luz de la aurora se produce a una altura de unos 100 km cuando los electrones rápidos que llegan del espacio golpean los átomos y las moléculas de la atmósfera y son guiados por el campo magnético terrestre. Los rayos de la aurora se sitúan a lo largo de las líneas del campo magnético



AURORA

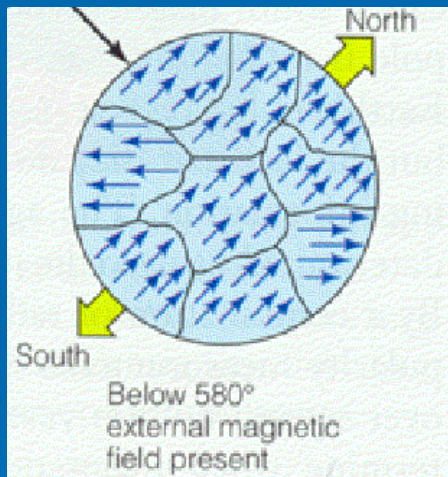
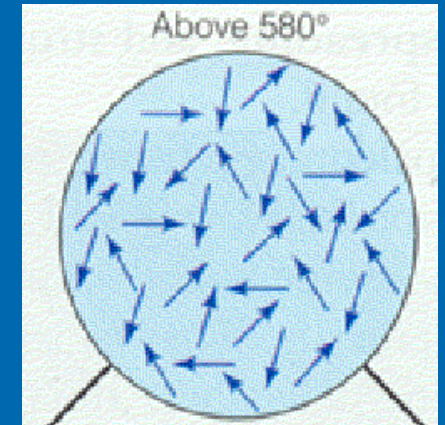




Magnetización de rocas

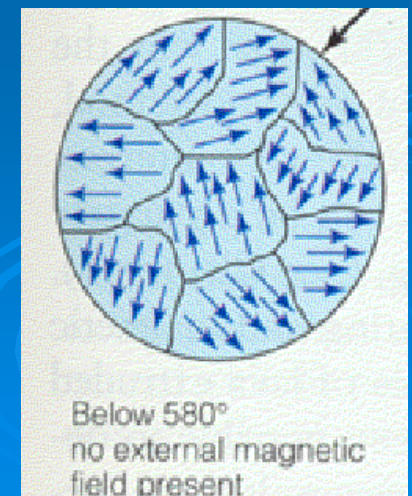
Este es un fenómeno similar a la orientación de la aguja imantada

1. Los minerales de una lava o roca fundida ($T > 600^{\circ}\text{C}$) orientan los espines de sus átomos de forma aleatoria

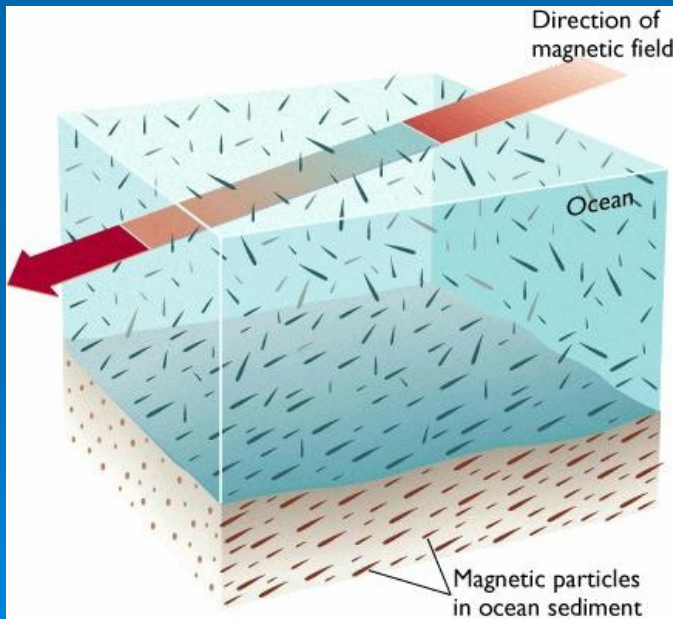
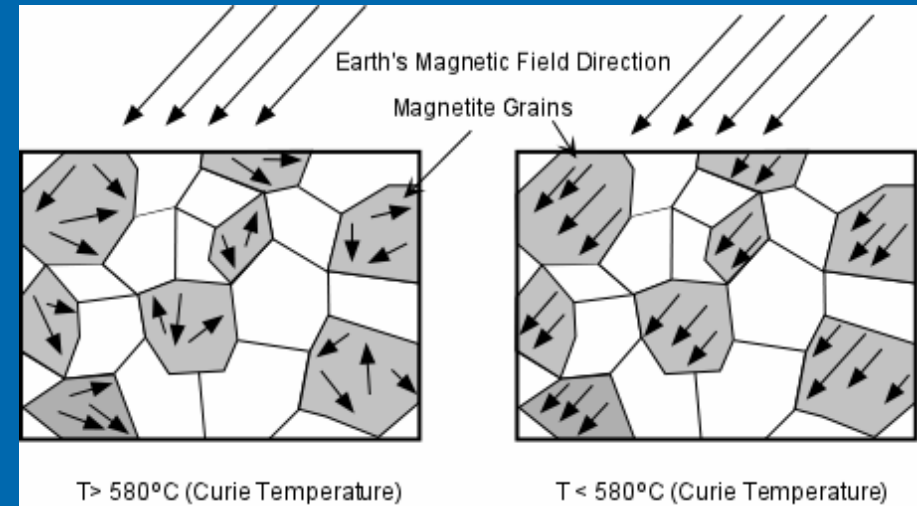


2a. Conforme se enfría la lava los espines de los átomos de algunos elementos (ricos en Fe) se orientan paralelos al campo magnético existente, si es que existe alguno.

2b. Si el enfriamiento sucede sin existir la influencia de campo magnético alguno, los espines persisten orientados aleatoriamente



De esta forma las rocas volcánicas “graban” en sus minerales la orientación del campo magnético cuando se formaron: adquieren una magnetización remanente al enfriarse la roca (“magnetismo fósil”)



No solo las rocas volcánicas pueden adquirir una magnetización remanente, también las rocas sedimentarias:

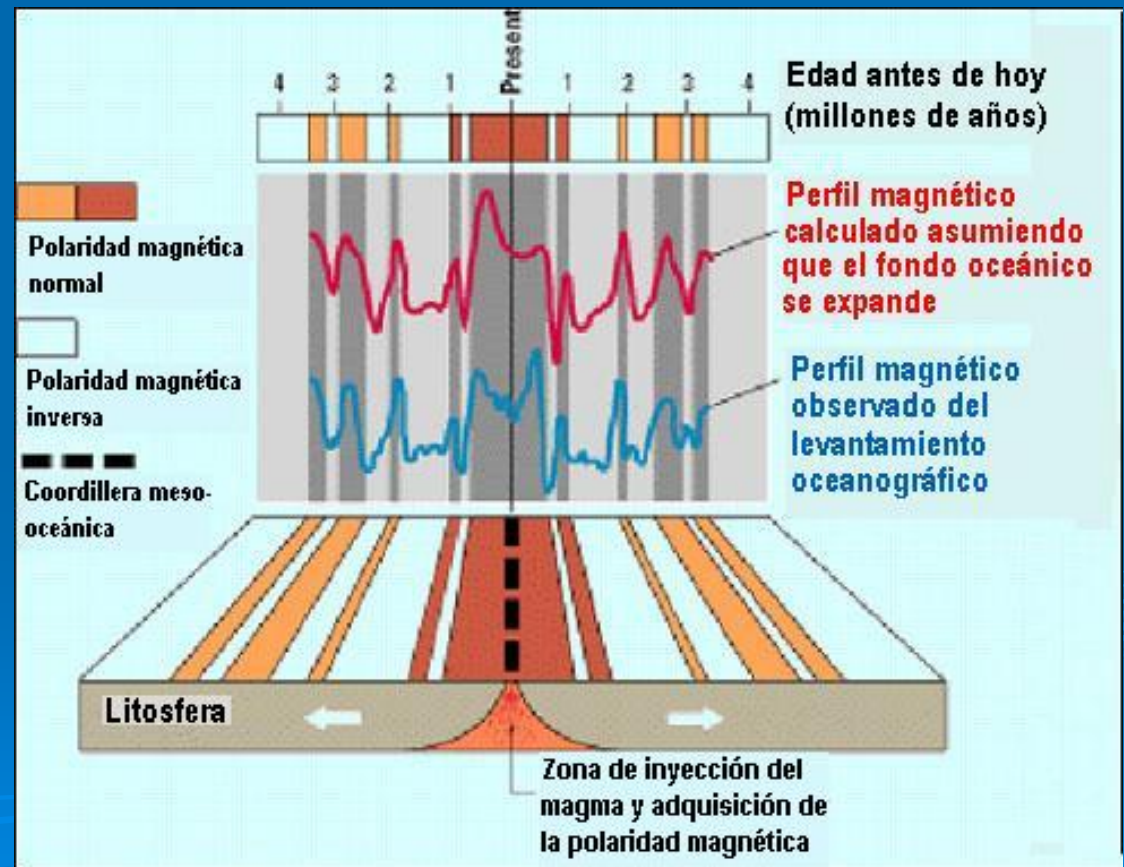
Partículas más finas de minerales ricos en Fe al caer, orientan sus espines paralelos al campo magnético terrestre. Una vez atrapadas en el sedimento esta orientación termina por realizarse.



2. c. Magnetización de las rocas de la corteza

de la corteza del fondo oceánico: Anomalías magnéticas del fondo oceánico

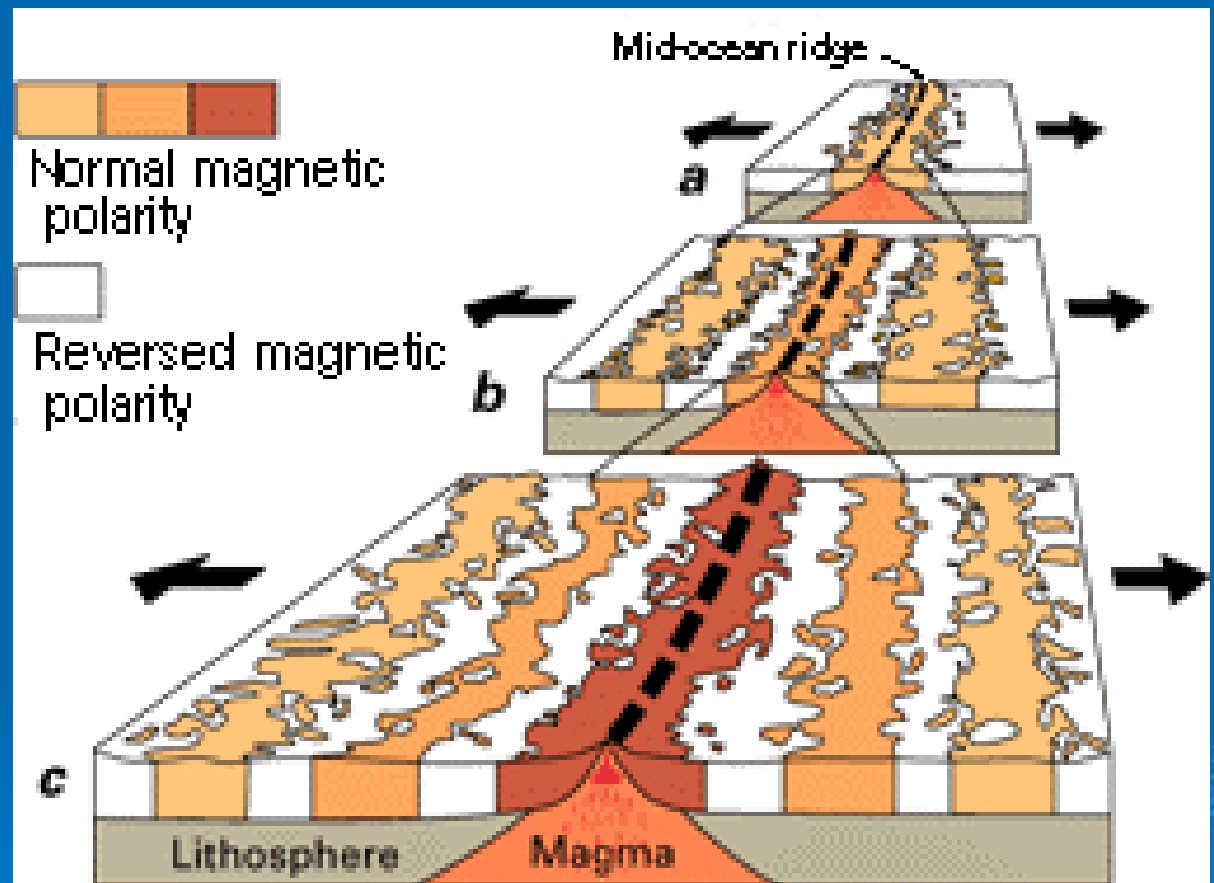
- Observadas en los fondos marinos en forma de bandas paralelas a las cordilleras meso-oceánicas



Anomalías Magnéticas

Son bandas de rocas volcánicas magnetizadas* conforme al campo geomagnético existente cuando se formaron estas rocas

Vine y Matthews en 1962 concluyeron que estas bandas alternantes correspondían con inversiones en la polaridad del campo geomagnético y no a cambios de intensidad por diferencias de sustrato como ocurre con las anomalías magnéticas continentales.



El descubrimiento de estas bandas magnetizadas y el fechamiento isotópico de las rocas volcánicas respectivas, permitió concluir que los fondos oceánicos crecen y se mueven varios cm por año

3. ¿Cuál es el Origen del Campo Geomagnético ?

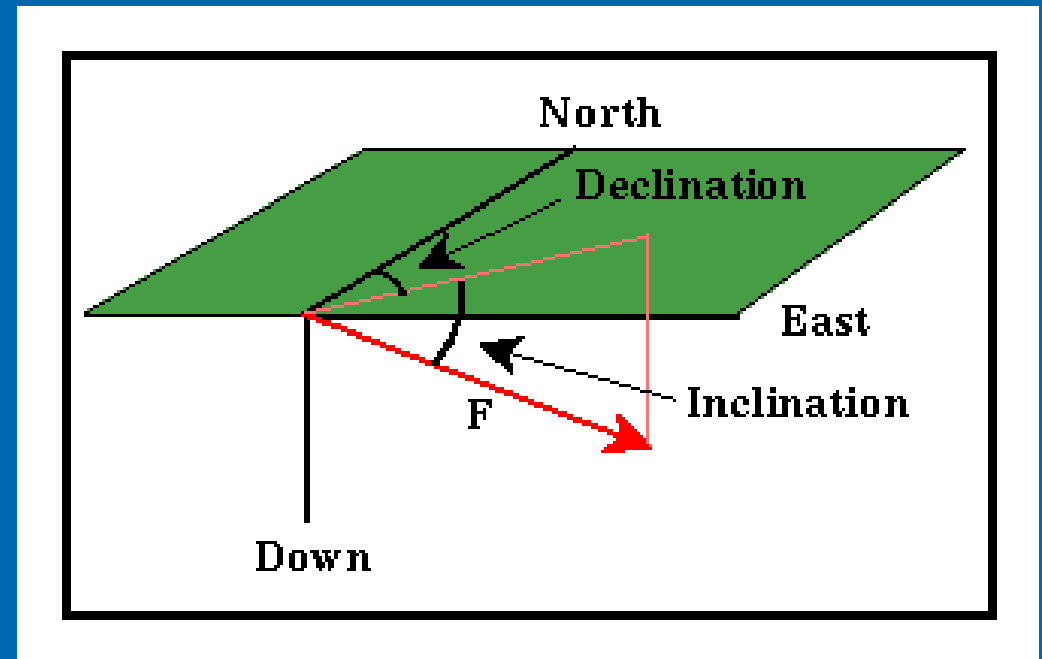
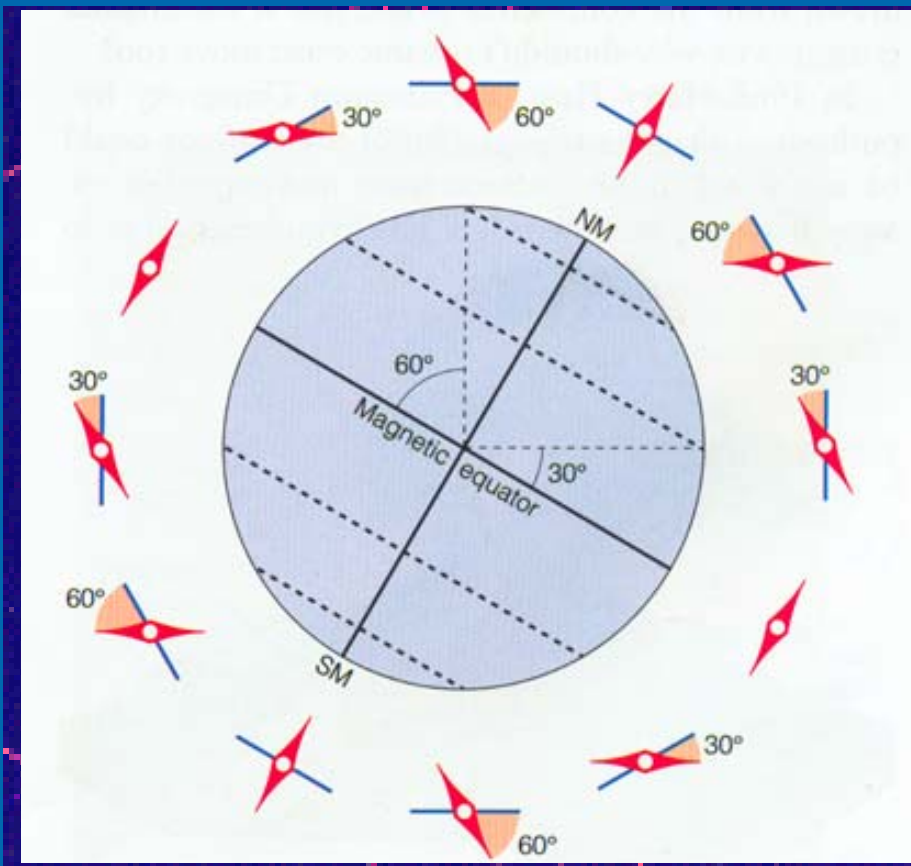
➤ Es el resultado de una combinación de tres fuentes:

- Campo Principal 97 - 99 %
 - Fuente: corrientes eléctricas en el núcleo externo de la Tierra alrededor del núcleo sólido de hierro
- Campo de la Corteza 1 - 2 %
 - Fuente: las rocas magnetizadas de la corteza terrestre
- Campo Externo 1 - 2 %
 - Fuente: partículas ionizadas en la parte de arriba de la Tierra, atmósfera y más allá)

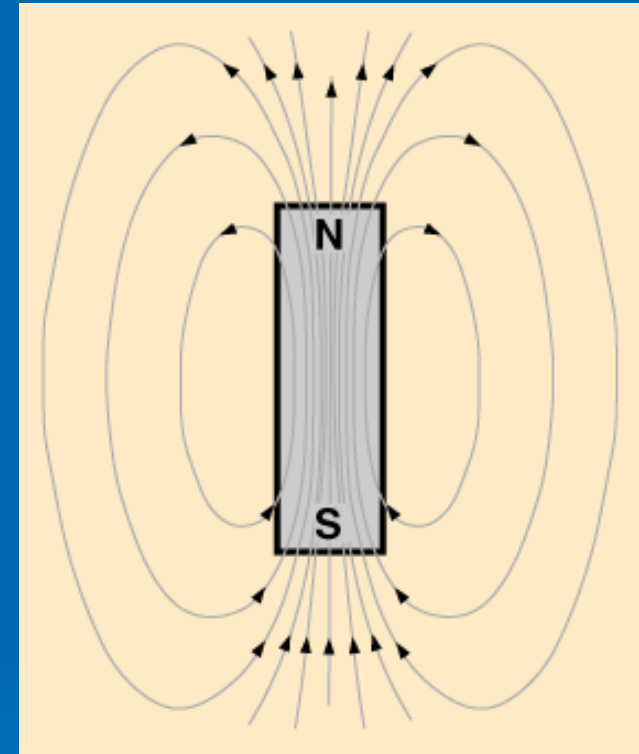
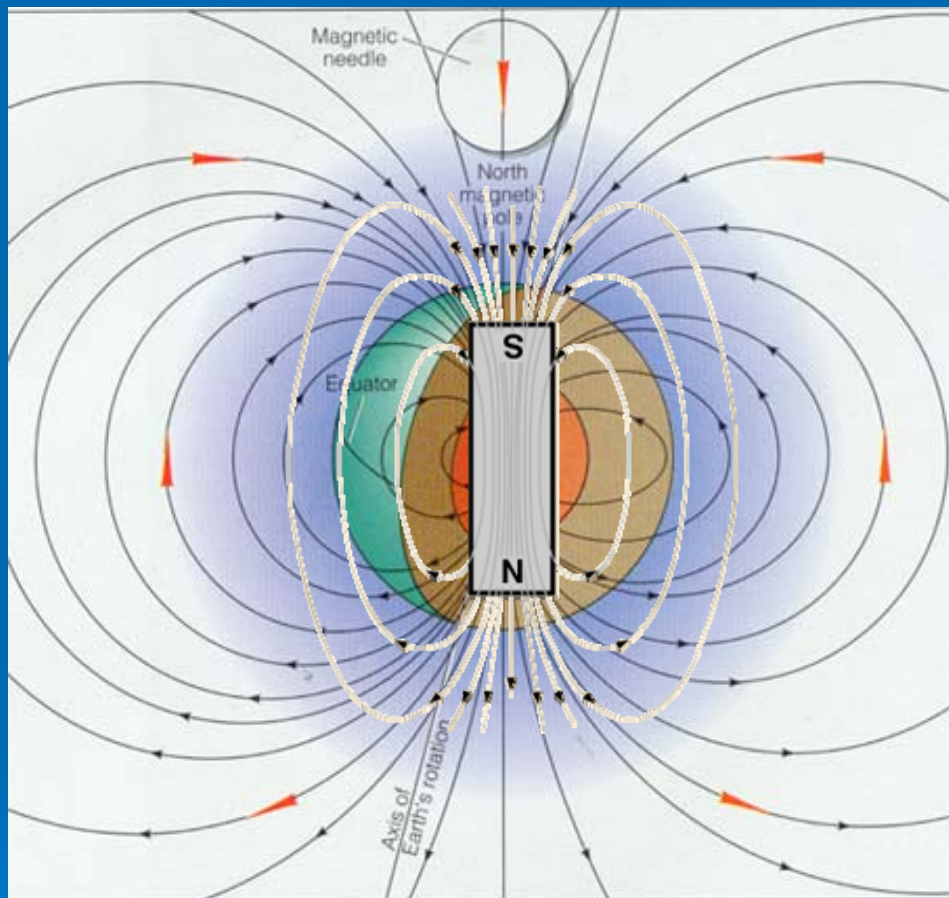
4. Configuración y representación del Campo Geomagnético

- Se representa en forma de líneas de fuerza y se expresa localmente con un valor tridimensional (vector)

Modelo de líneas de fuerza del campo geomagnético



Vector local, con dirección (valores en x, y & z / o en / declinación & inclinación en grados) e intensidad

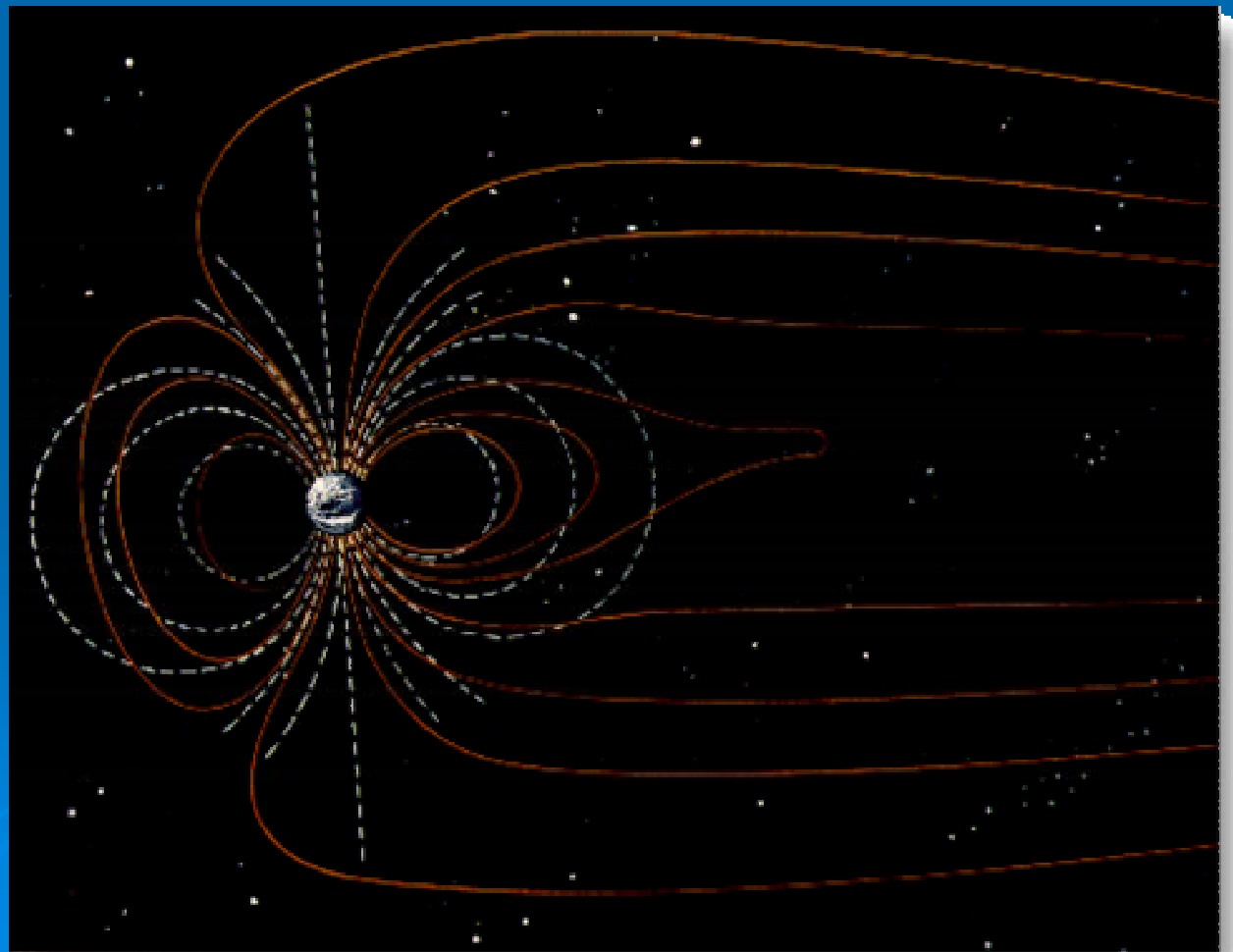


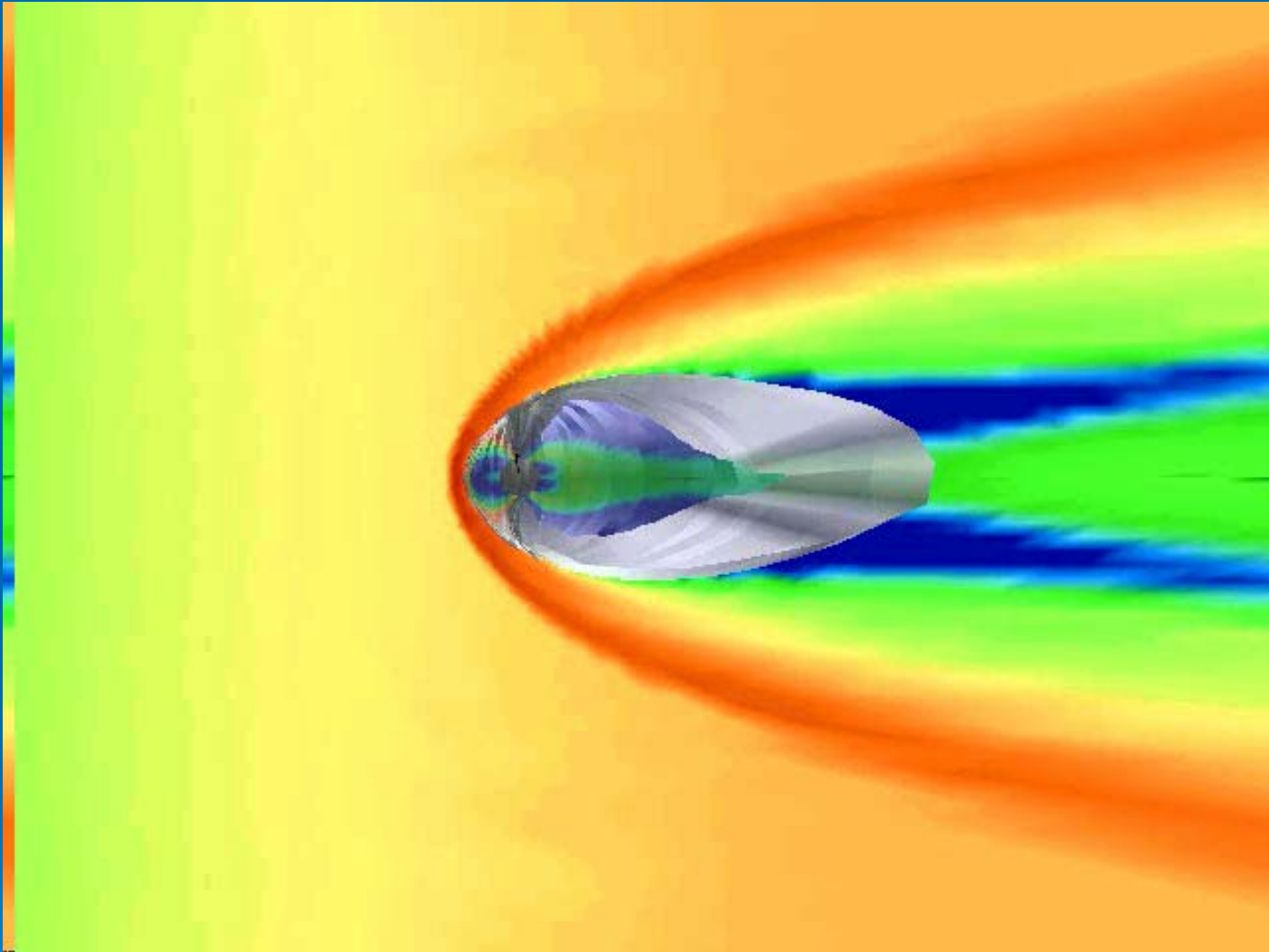
Intensidad del campo magnético terrestre va de **25,000 - 65,000 nT**

Magnetosfera

Espacio bajo la acción del campo geomagnético

- Está definida por las **líneas de fuerza** del campo geomagnético
 - Estas líneas fueron introducidas por Faraday
- Describen la configuración del campo magnético
- Donde convergen la fuerza magnética es mayor y donde se separan es más débil
- Son resultado de las fuentes que originan el campo terrestre y están modeladas por el **viento solar**





El campo magnético, la biosfera y el hombre

La magnetosfera impide la entrada directa sobre la Tierra del **viento solar** (radiación electromagnética), lo cual protege a la vida de potenciales mutaciones genéticas

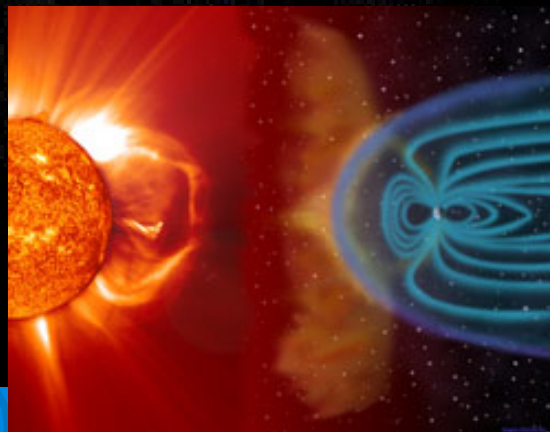
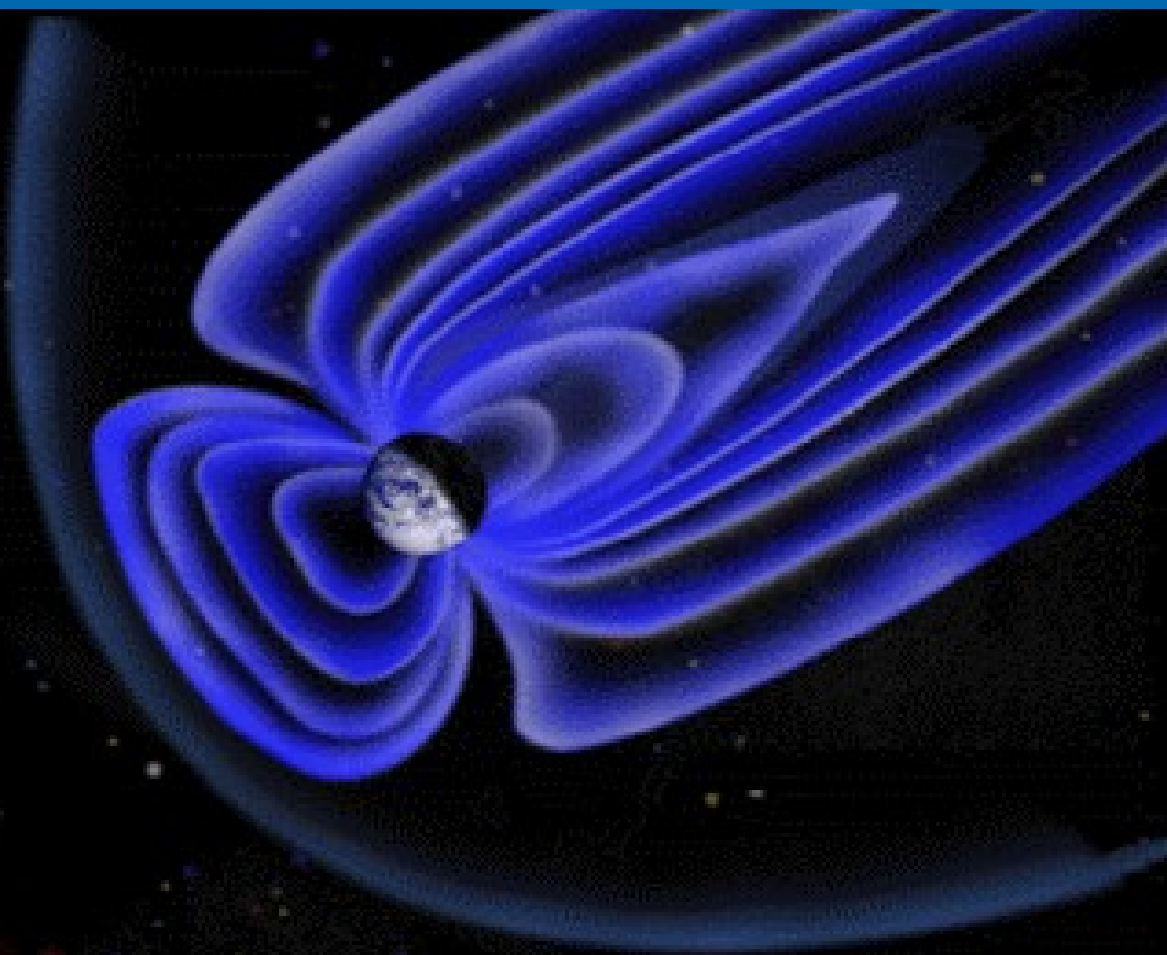
Este **viento** se descubrió inicialmente por la “cola” de los cometas (Kepler)

Es materia (plasma) que emite el Sol: **electrones** de átomos (partículas negativas), "**iones**" cargados positivamente (6 iones/cm³) y **protones** (el plasma es eléctricamente neutro).

Viaja a altísimas velocidades: 400 km/s ó más.

Estas partículas cargadas eléctricamente, reaccionan con fuerza a las fuerzas magnéticas terrestres y pueden ser guiadas y atrapadas por el campo geomagnético.

Es como un escudo o campo
“de fuerzas” que nos protege
de las radiaciones del Sol.



6. El campo magnético, la biosfera y el hombre

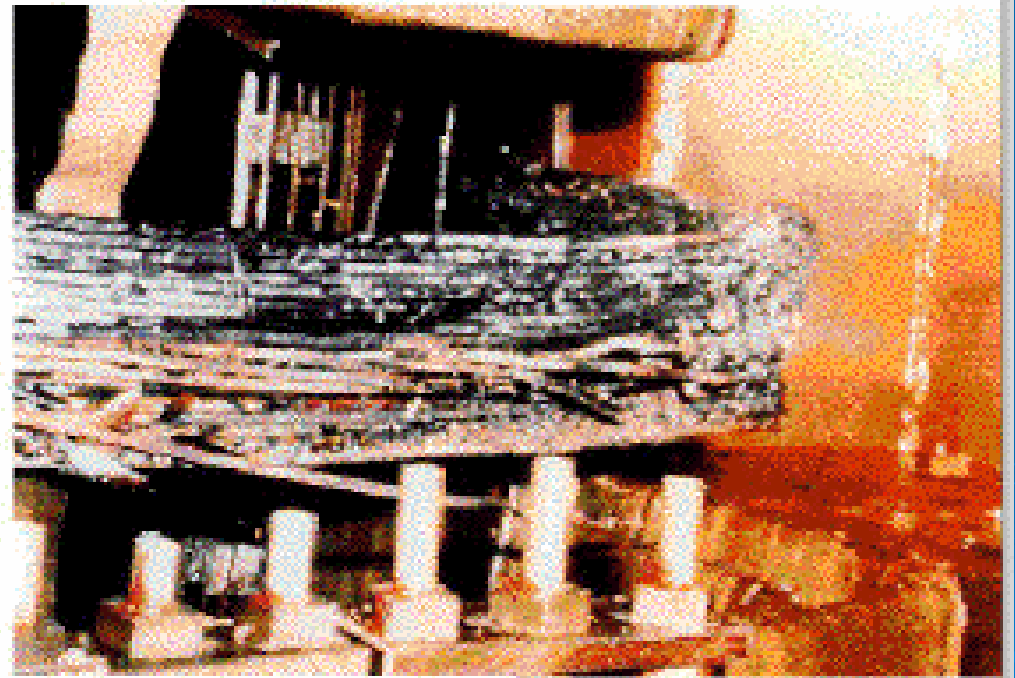
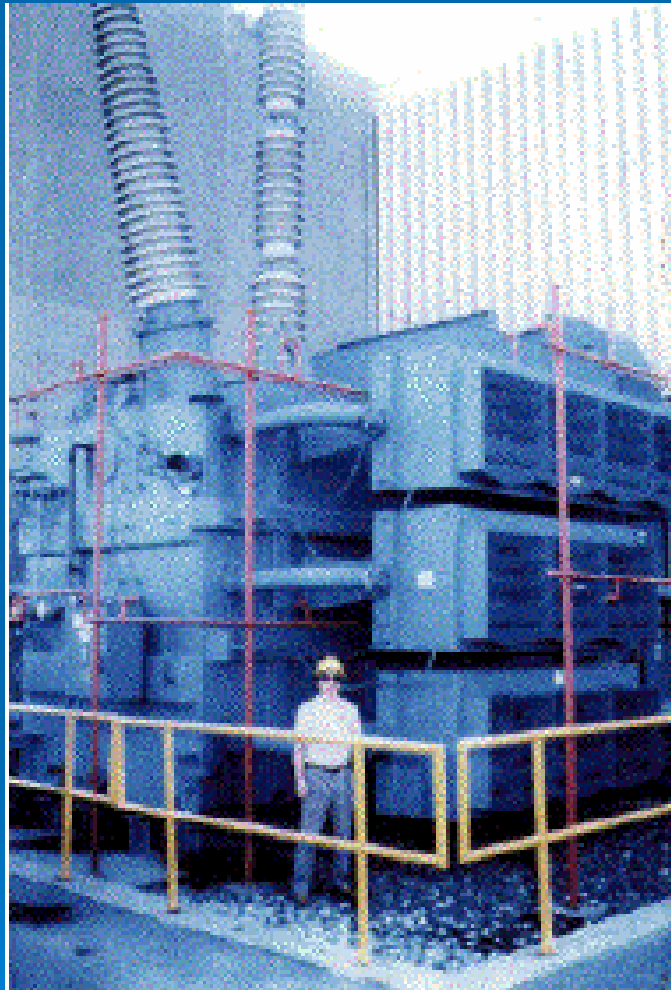
Sin embargo parte de estas partículas puede entrar a la Tierra, particularmente durante los periodos de máxima actividad solar.

Efectos de las Tormentas magnéticas:

- Picos de corrientes en las líneas de conducción.- causan grandes daños y pérdidas económicas.
- Interferencia estática e interrupción de transmisiones de radio televisión, teléfono y telégrafo
- Comportamiento errático en instrumentos de navegación aérea o marina
- Interrupción de comunicaciones de defensa tales como el radar y otras
- Alteraciones en la capa de ozono atmosférico que absorbe las peligrosas y dañinas radiaciones ultravioletas del Sol

PJM Public Service Step Up Transformer

Severe internal damage caused by
the space storm of 13 March, 1989.



4**. Estructura de la Magnetosfera

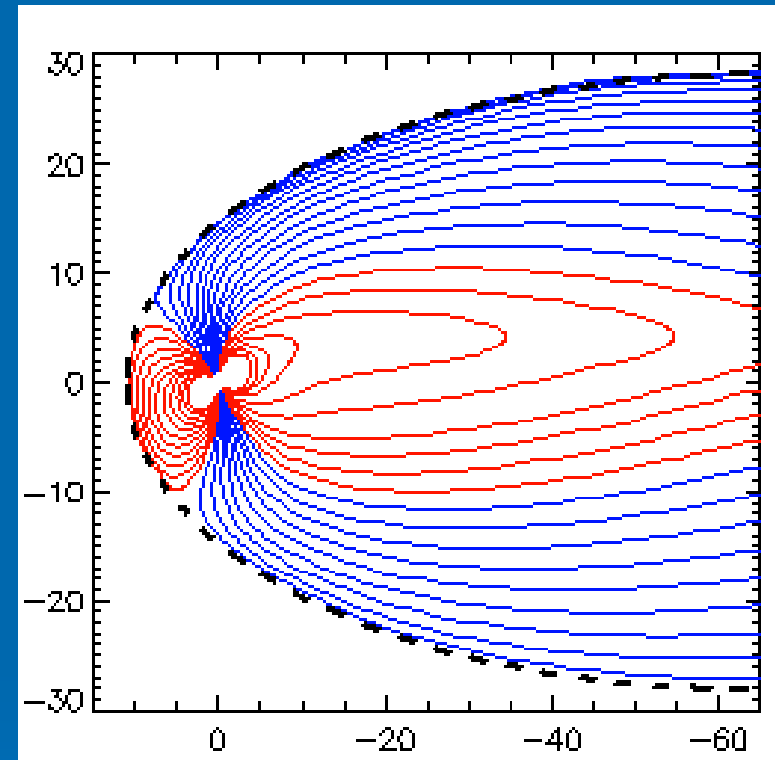
Magnetopausa.- frontera magnética entre el campo magnético terrestre y el viento solar (línea punteada)

Lóbulos de la cola o regiones polares (Tail Lobes).- dos regiones por arriba de los polos que se extienden al norte y sur de la capa de **plasma**. Prácticamente sin plasma y con un fuerte campo magnético en la cúspide polar (en azul)

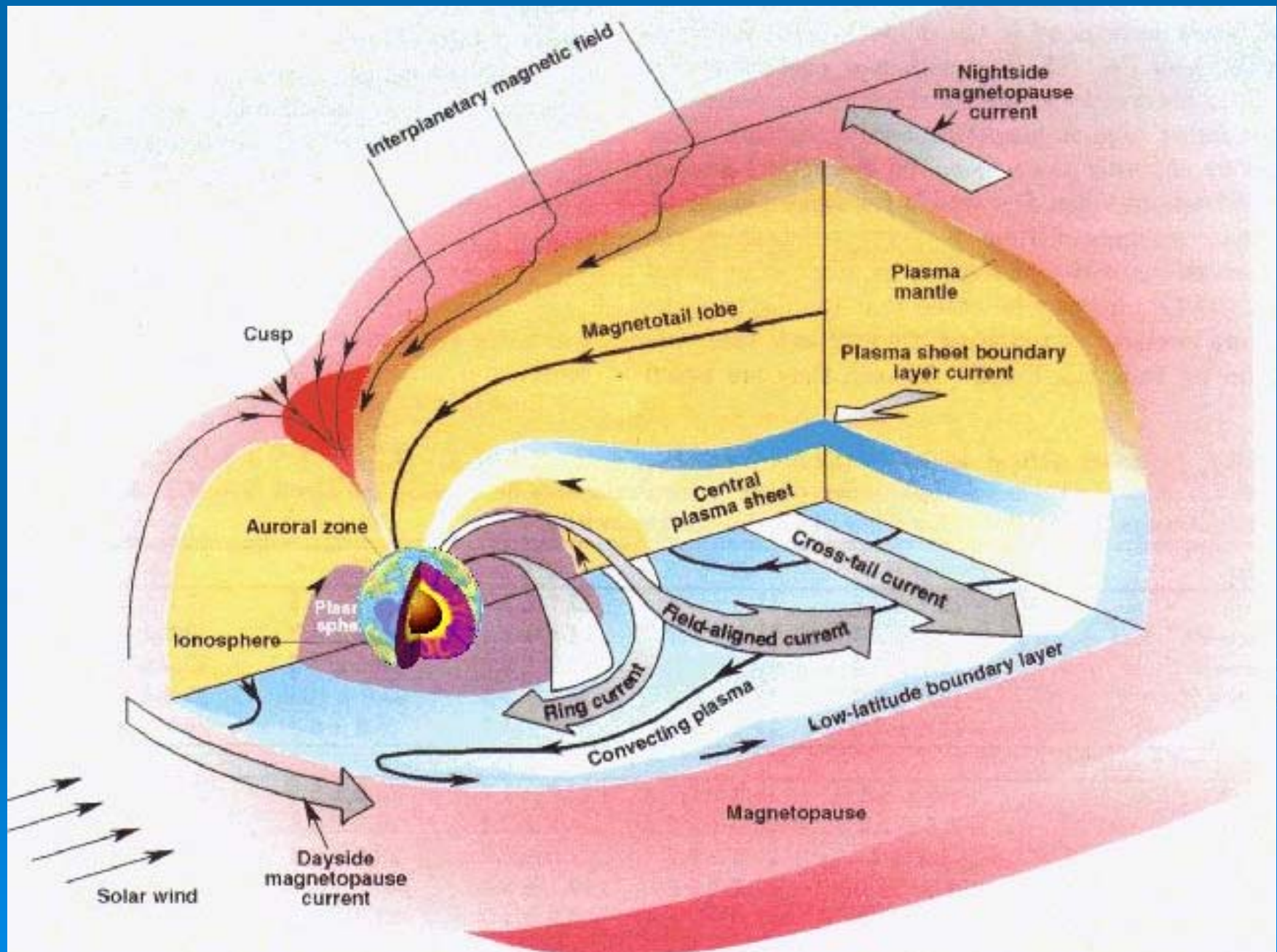
Magnetosfera interior¹ y capa de plasma²

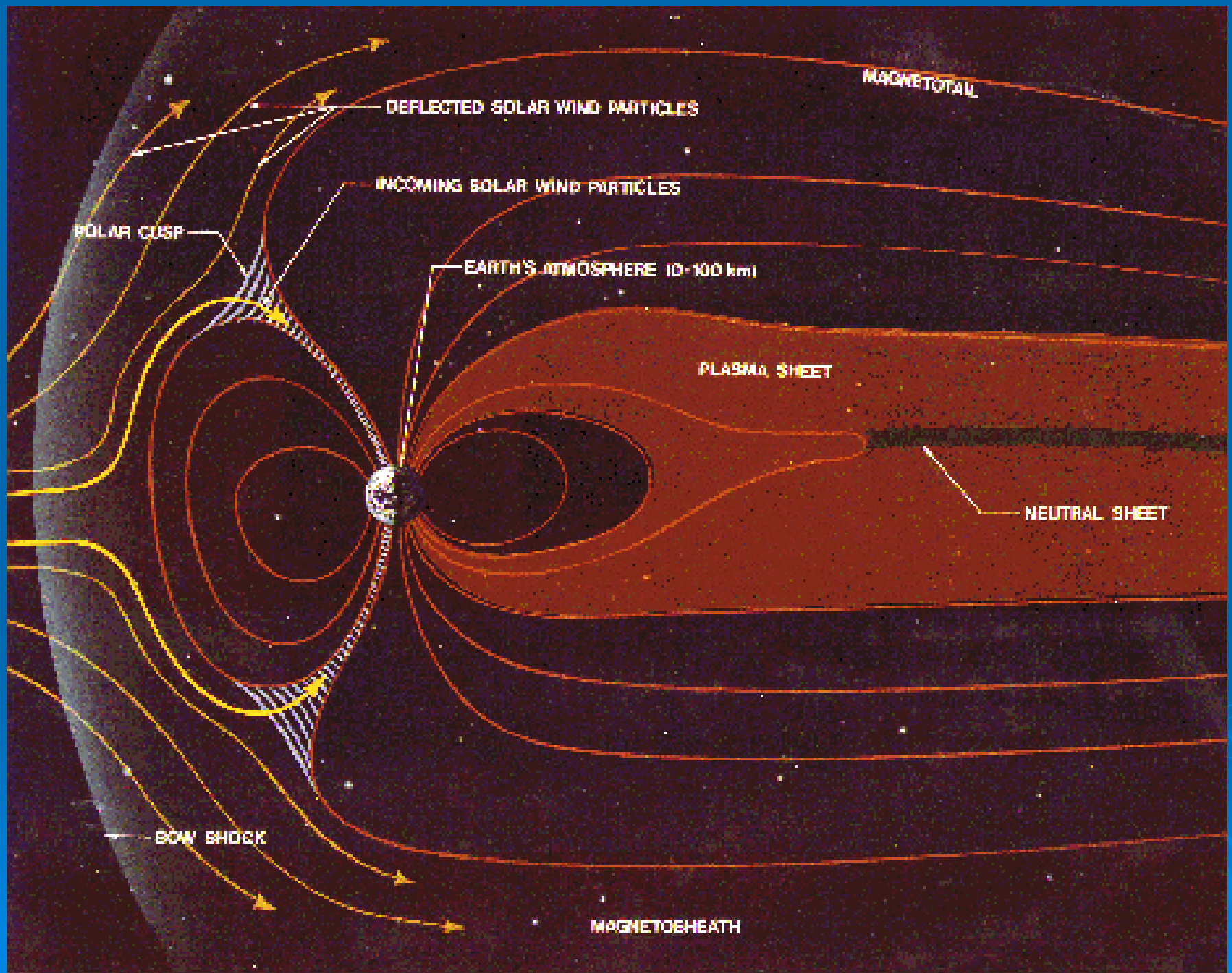
¹ zona cercana a la Tierra, hasta 8 radios terrestres del lado nocturno, ocupada por los cinturones de radiación (ver ilustraciones siguientes).

² capa centrada en el ecuador magnético que rodea a la magnetosfera interior y rodeado por los lóbulos de la cola (ver ilustraciones siguientes).



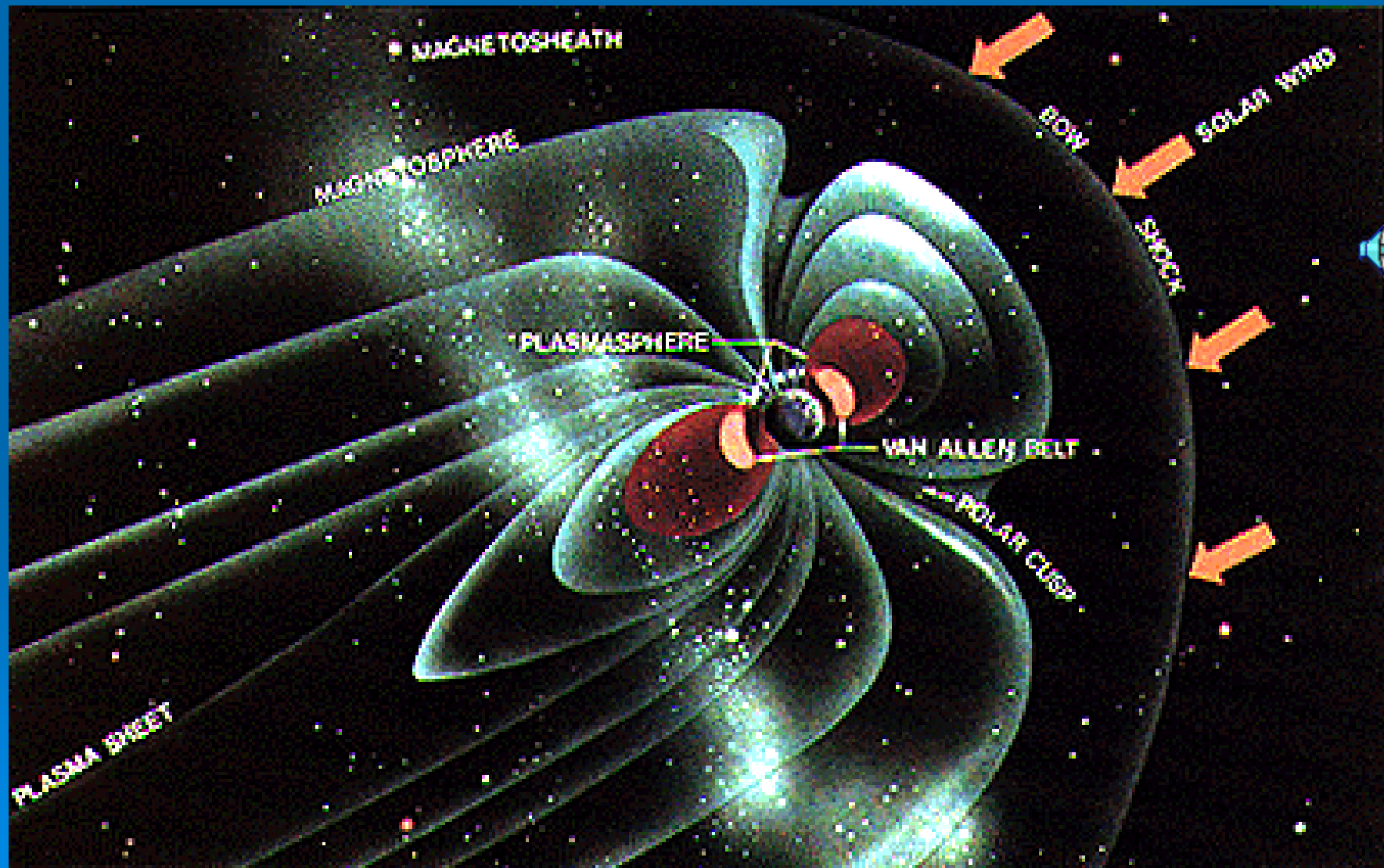
Estructura de la Magnetosfera





Estructura de la Magnetosfera

Cinturones de radiación: Descubiertos por el contador Geiger de Van Allen. El interior es una región compacta por arriba del ecuador, es un producto derivado de la radiación cósmica (principalmente iones positivos). El cinturón exterior es la parte más energética del plasma atrapado en la magnetósfera



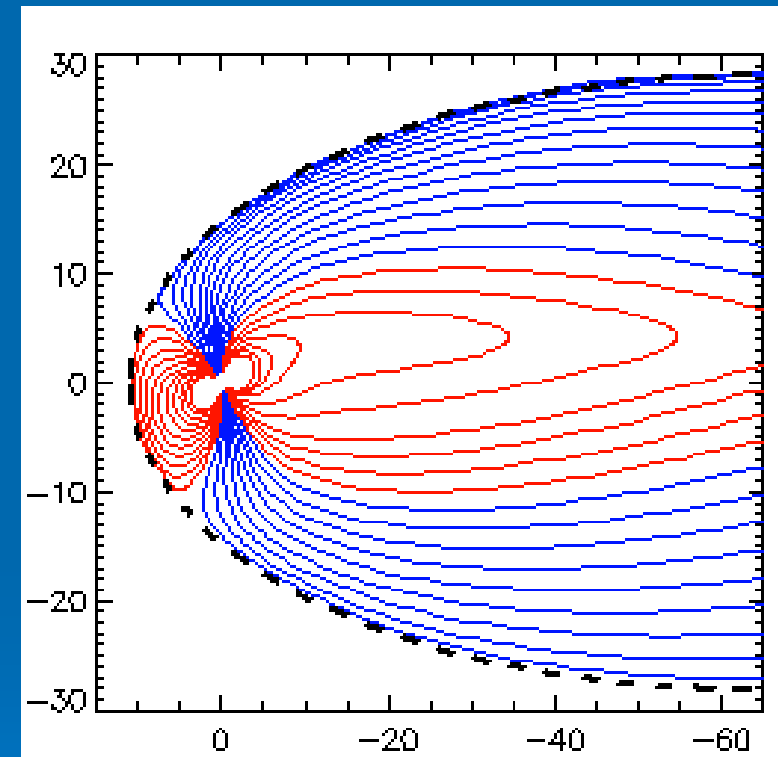
Con lo planteado anteriormente,
observa la figura y señala:

¿En qué zonas de la Tierra y a
qué horas es más intenso el
campo geomagnético?

¿Por qué regiones entran las
partículas electromagnéticas del
sol?

¿En que regiones se producen las
auroras boreales?

¿En qué parte quedan atrapadas
estas partículas?



5. Variaciones del Campo Geomagnético

➤ Propiedad irregular en el espacio terrestre y en el tiempo (humano y geológico).



- Varía con respecto a la latitud y sustrato: anomalías magnéticas
- Varía a lo largo de un día, por uno a varios días (variación día/noche, pulsaciones geomagnéticas, tormentas magnéticas),
- Varía a lo largo del año, por lapsos de varios años o siglos (variación anual, variación por ciclos solares, variación secular), y
- En lapsos de millones de años (cambios de polaridad magnética)

6. El campo geomagnético en la movilidad y hábitos migratorios de algunos organismos

Magnetotactismo.- orientación de organismos en el espacio en función de un campo magnético (geomagnético).

Los organismos poseen *p.ej.* asociaciones en hilera de magnetita (Fe_3O_4) en algunas de sus células (magnetosomas) con las que identifican:

- + el vector (líneas de fuerza) del campo geomagnético, y así reconocen el arriba y abajo; o
- + diferencias de magnetización (anomalías magnéticas) y así reconocen rutas migratorias

Bacterias, como el *Aquaspirillum magnetotacticum*,



Algunas aves (palomas) e insectos (abejas), peces (tiburones) y otros.

Temas relacionados de importancia que todo biólogo, geógrafo, geo-científico, piloto y explorador debe saber:

- ✓ Como reconocer el polo norte y sur magnéticos
- ✓ Polo norte y sur geográfico vs. polos norte y sur magnético y geomagnético
- ✓ Eje de rotación y eje geomagnético
- ✓ ¿Hacia a dónde apunta la brújula?
- ✓ Declinación magnética
- ✓ Variación secular
- ✓ ¿Por qué la brújula Brunton tiene el E y W al revés?