



Propagación Ionosférica

CE3PG

Julio 2011

Propagación y Radioafición

- ◆ Obra en tres actos
 1. Ionización:
 - A. El Sol
 - B. La Atmosfera
 2. Geomagnetismo
 3. Como leer los Informes de Propagación
- ◆ Dirección artística: CE3PG
- ◆ Actor Principal: El Sol



1.- El Astro Rey

1. El Ciclo solar

1. Registro de las manchas
2. Su uso en predicción de Propagación

2. Radiación Solar

1. Tipo de radiaciones
2. Su efecto en la Ionosfera



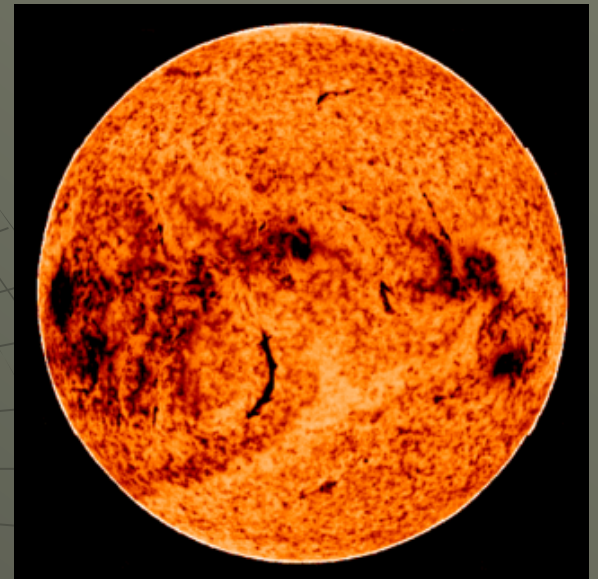
Las manchas solares

- ◆ Medidas desde 1700 y hay estimaciones de 11.000 años atrás.
- ◆ Heinrich Schwabe fue el primero que observó la variación cíclica entre 1826 y 1843.
- ◆ Rudolf Wolf empezó a hacer observaciones sistemáticas desde 1848.
- ◆ El número de Wolf es una expresión que combina manchas y grupos de manchas y que permite tabular la actividad solar.
- ◆ Wolf estudió el registro histórico y estableció una base de datos con las variaciones cíclicas del pasado, hasta 1700.
- ◆ En los siglos XVII y principios del XVIII hubo un mínimo, llamado Mínimo de Maunder durante el cual ninguna mancha solar fue visible
- ◆ Heinrich Schwabe en 1843 descubrió el cambio periódico undecenal en el número de manchas solares. Aparte del ciclo de 11 años se sabe que existe un ciclo de unos 80 años en la mitad del cual el número de manchas es bastante superior a la otra mitad.



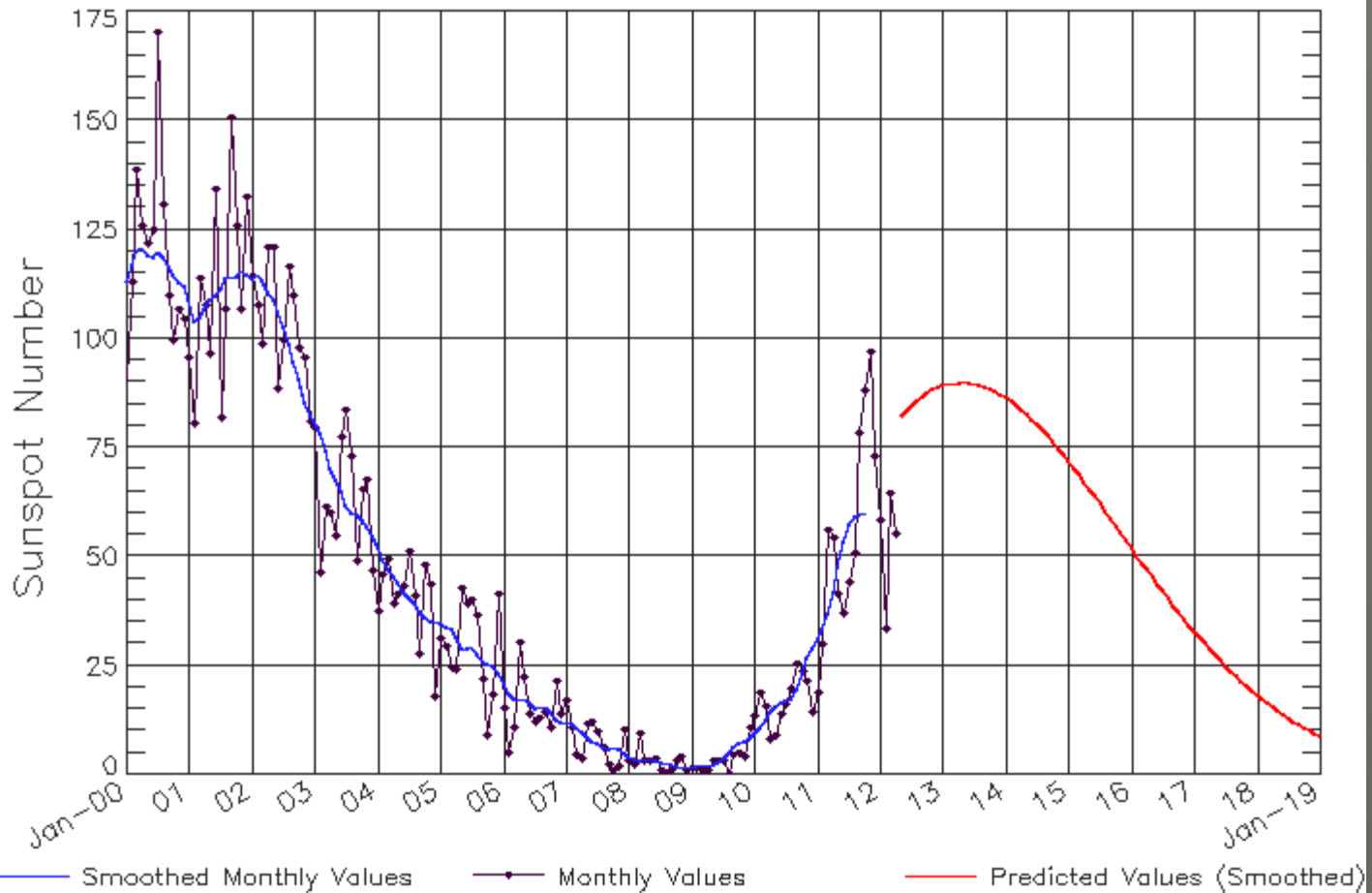
Las manchas solares

- Sectores fríos del sol
- Cambian en número según un ciclo de 11 años.
- Sirven para el pronóstico de largo plazo, no sirven para mañana.
- <http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>



Estado del ciclo en Abril 2012

ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression
Observed data through Apr 2012



Updated 2012 May 7

NOAA/SWPC Boulder, CO USA



Las manchas solares

- **Importantes, en la práctica, por que se ha hallado una correlación empírica entre su número y la propagación radial.**
- **A medida que aumentan, la propagación también mejora, si los demás factores se mantienen estables.**
- **Sirven poco para el pronóstico inmediato.**
- **Había que buscar otras maneras de predecir la propagación!**



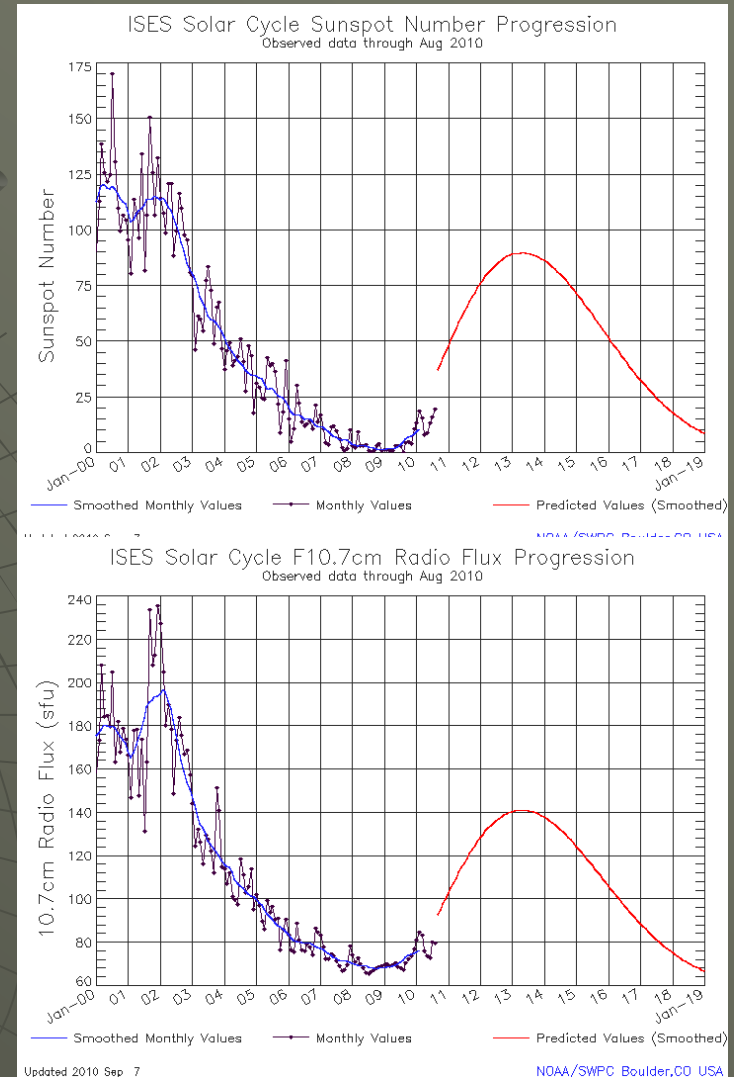
Radiación solar

- ◆ Afecta a la Atmosfera. Especialmente a la Ionosfera.
- ◆ Va de 1000 Å a 40.000 Å. Un Angstrom = 0.1 nm ($1\text{m} \times 10^{-10}$)
- ◆ Se compone, entre otras, de :
 - Ondas de radio, 10.7 cms.
 - Fotones (UV),
 - Rayos X: "blandos" y "duros", se producen en explosiones o "flares"
 - Coronal Mass Ejection (CME), emisiones de plasma que afectan el magnetismo terrestre, y a través de el a la propagación.



Ondas de radio 10.7 cms. SFI

- ◆ Cuando estaba nublado no se podían contar las manchas!
- ◆ Después de la II guerra mundial se advirtió que el ruido solar en la frecuencia de 10.7 cms. (SFI) se relaciona estrechamente con el número de manchas solares.
- ◆ Por lo tanto tiene las mismas virtudes y defectos del SSN. Mientras mas alto mejor, siempre que esté parejito.



Rayos X, buenas noticias!

- ◆ La radiación en la frecuencia de Rayos X de 1-8 Å es un mejor predictor de propagación que la manchas solares o el ruido en 10.cms:
 - Se necesita 10 electron Volt para ionizar cualquier elemento de la atmosfera.
 - La energía de estos rayos es de 1000 electrón Volt (eV), mucho mas fuerte que la de la radiacion UV
 - El flujo de 10.7 cms. tiene sólo 0.000001 eV
 - Viene de regiones ubicadas en el centro del sol, o sea que una fracción mas grande ellas llegará a la tierra.



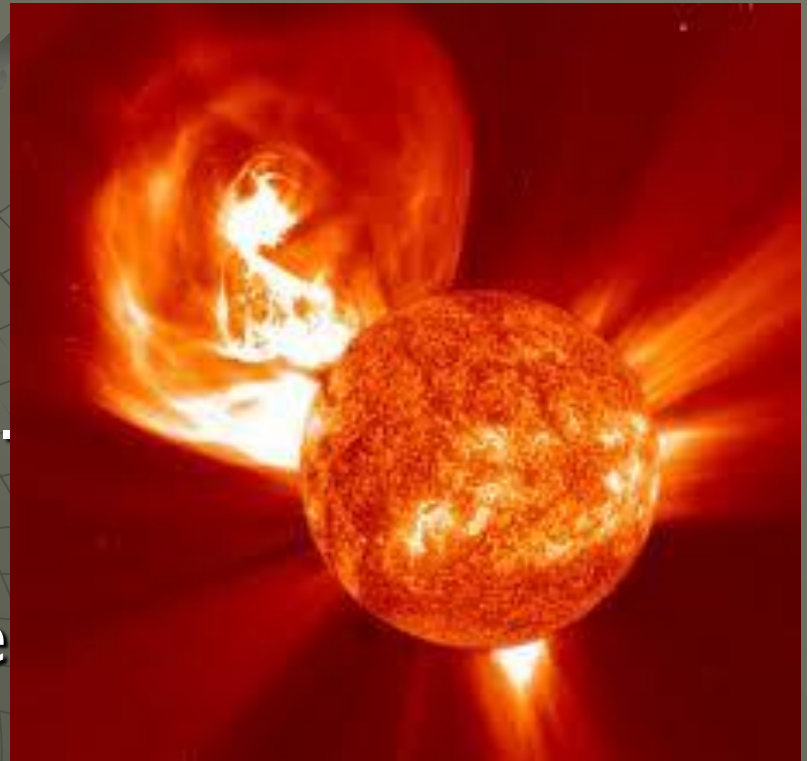
Explosiones de RX, malas noticias!

- ◆ Flares:
 - Tipo C, M y X
 - Viajan a la velocidad de la luz. Si la viste ya estas perdido. Se demora 500 segs. (8 minutos) en recorrer los 150 millones de Km del Sol a la Tierra.
- ◆ Tipo C: pequeños, no tienen mayor efecto en la Tierra
- ◆ Tipo M: efecto moderado sobre la radio, especialmente en los Polos
- ◆ Tipo X: Chao HF!



CME, malas noticias de nuevo

- ◆ Coronal Mass Ejection: Expulsión de Masa Coronal
- ◆ Manda una nube de plasma hacia la Tierra.
- ◆ Velocidad menor a la de la Luz. Viajan a 2300 km por segundo. Nos pilla avisados.
- ◆ Afecta al geomagnetismo terrestre, a través de eso a ionización y negativamente la propagación.

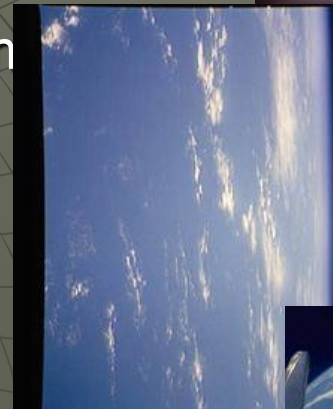


El Sol y nosotros, Resumen

- ◆ Nos da vida, pero también la quita.
- ◆ Correlación positiva con Manchas Solares (SSN), Flujo 10.7 cms. y Rayos X de 1-8 Angstroms. IONIZA.
- ◆ Pero si se le pasa la mano a los RX, o hay CME fuertes, malo para nosotros, porque afecta el GEOMAGNETISMO.

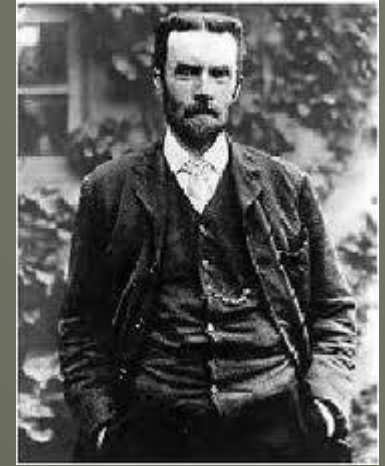
Capitulo 2: La Atmósfera

- ◆ Troposfera
 - 10 Km.
 - Aquí se produce el Clima
- ◆ Estratosfera
 - 10 a 50 Km.
 - Aquí está la capa de ozono (20Km)
- ◆ Mesosfera
 - 50 a 80 Km
 - Temperatura baja, hasta -90°C
- ◆ Termosfera
 - Temp. Sube. Hasta 1200 grados C° .
- ◆ Exosfera



Última hora!!

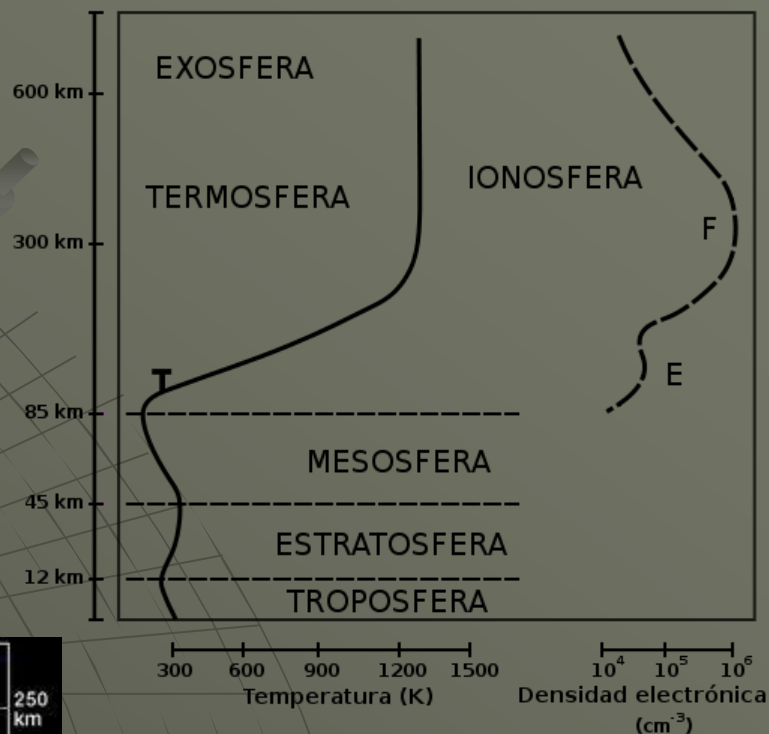
- ◆ Noticia de última hora, hay una cosa que se llama Ionosfera!
- ◆ En 1902 y en forma casi simultánea Heaviside y el ingeniero norteamericano Arthur Kennelly anunciaron la probable existencia de una capa atmosférica de gas ionizado que afectaría la propagación de las ondas electromagnéticas. La capa de Heaviside-Kennelly es una de las capas de la ionosfera, cuya existencia fue corroborada experimentalmente en 1923.



Oliver Heaviside

Ionosfera?

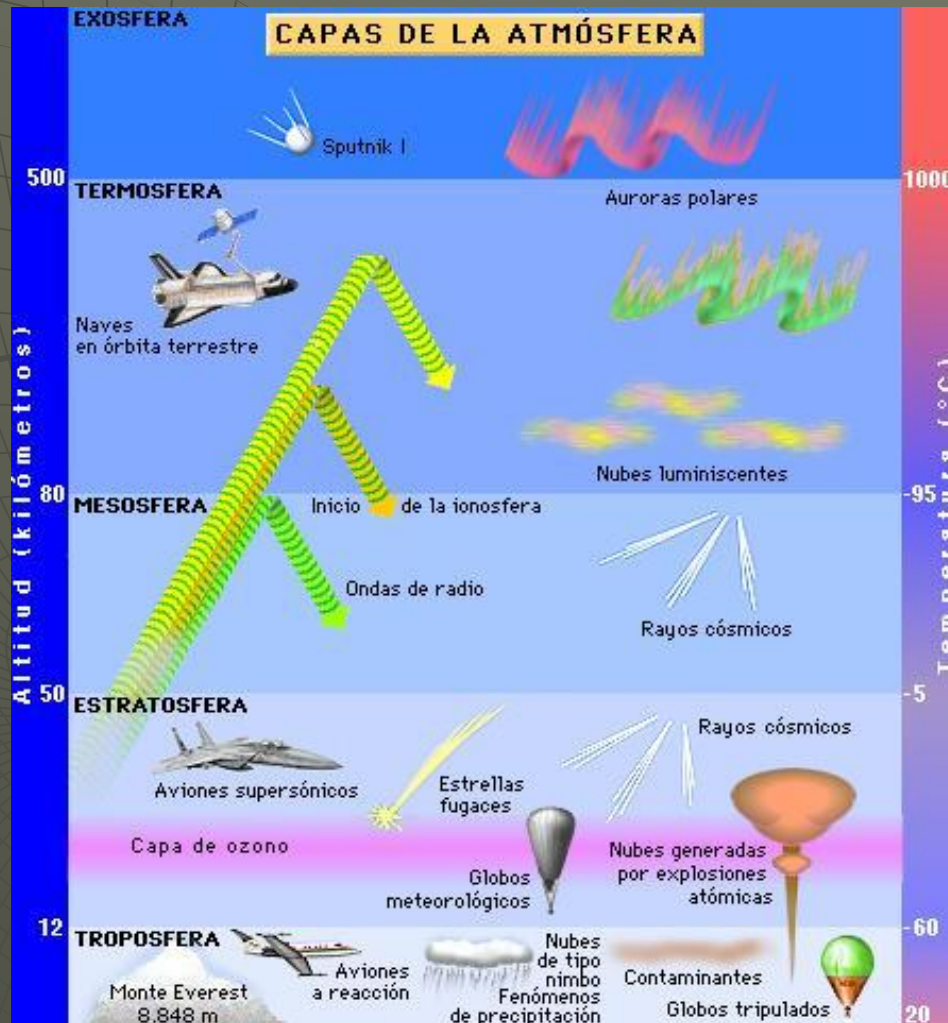
- ◆ No es una capa
- ◆ Es una Zona
- ◆ Se extiende de 60 hasta 700 Km-. O sea abarca más de una capa de la Atmosfera.



CE3PG/2010



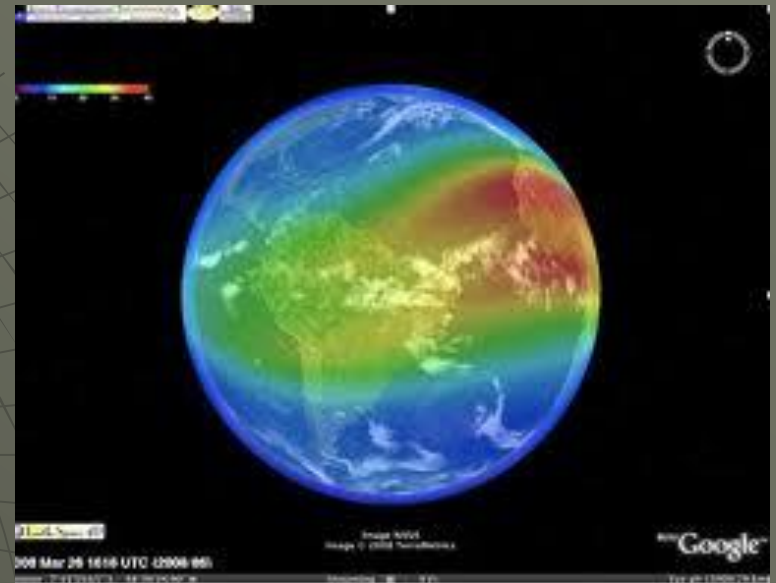
Capas y Ionosfera



Ionosfera

La Ionosfera

- ◆ Se llama así por que hay iones
- ◆ Un ión es un átomo que ha ganado o perdido electrones
- ◆ O sea la ionosfera tiene átomos con carga eléctrica, en cantidad que depende de: la actividad solar y la hora del día.



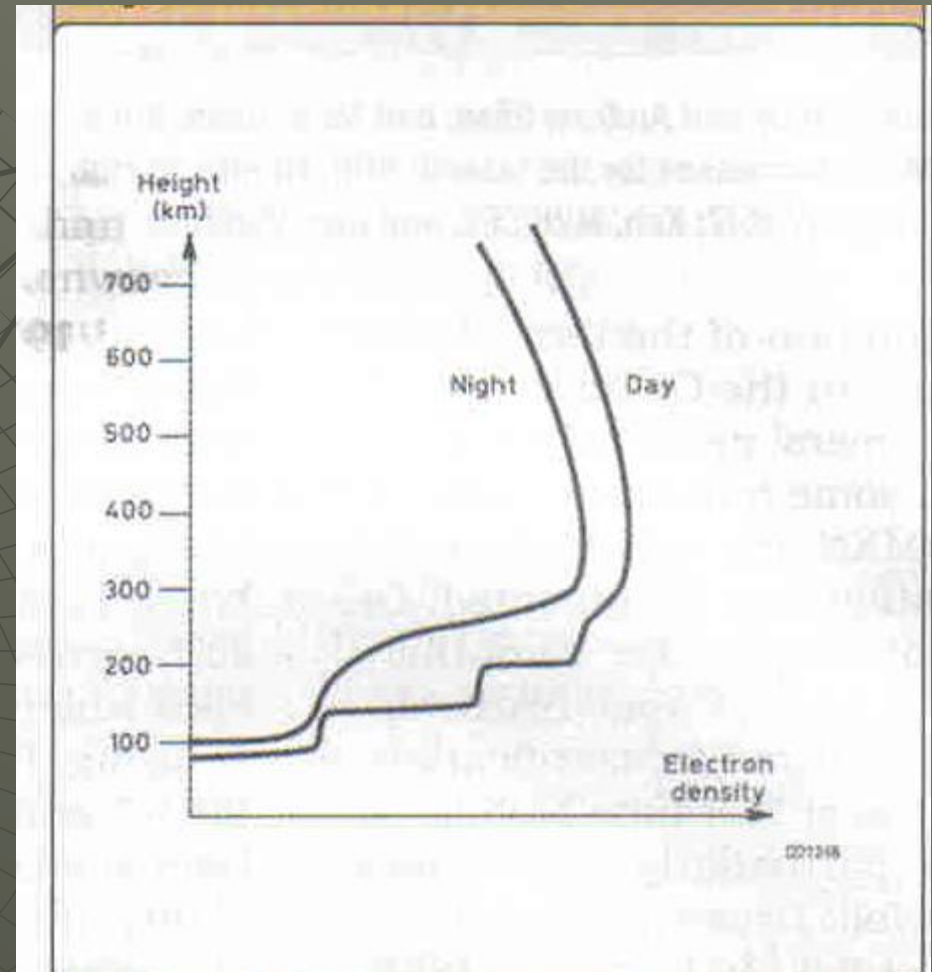
La Radiación solar y la Ionosfera

- ◆ La radiación del sol (UV) golpea y saca electrones de su orbita
- ◆ Deja entonces:
 - Electrones sueltos
 - Átomos cargados eléctricamente (iones positivos)
 - Moléculas sin un electrón, llamados "neutrales"



Los electrones libres

- ◆ Aunque son los Iones los que le dan nombre a la ionosfera, en realidad son los electrones los que afectan a la propagación.
- ◆ Los electrones libres aumentan con la altura
- ◆ Pero la Densidad disminuye.

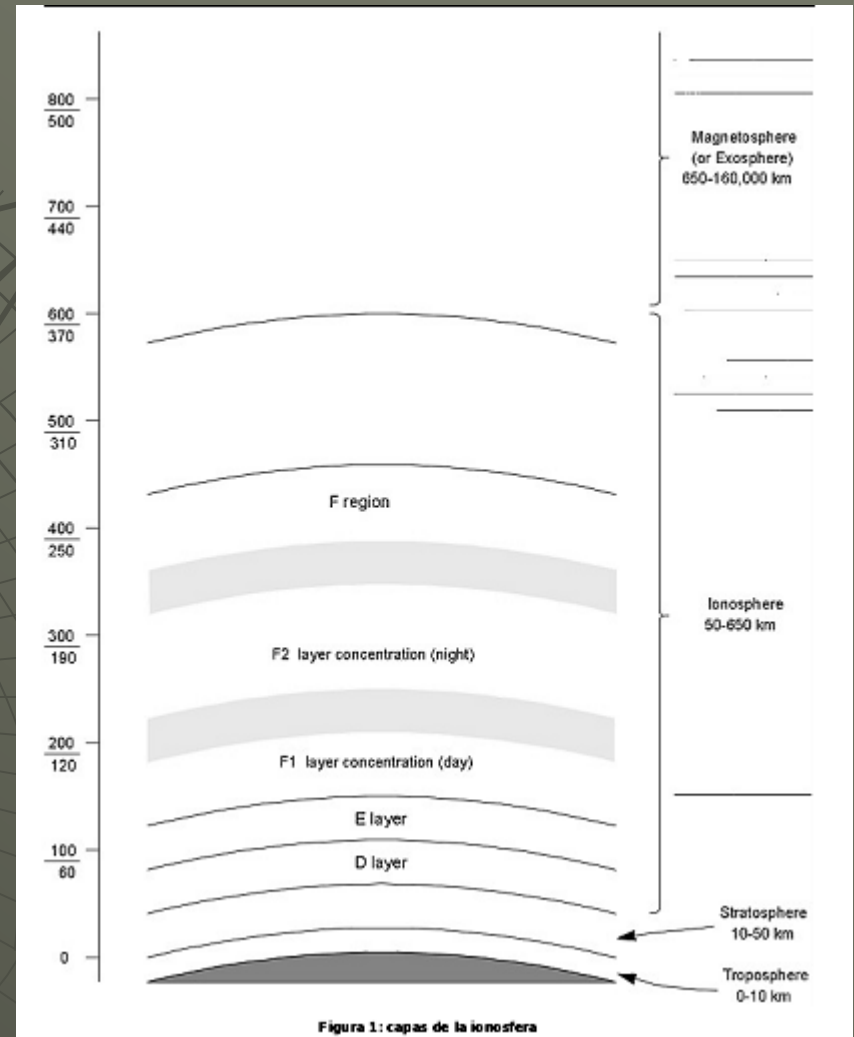


Ionización, equilibrio permanente

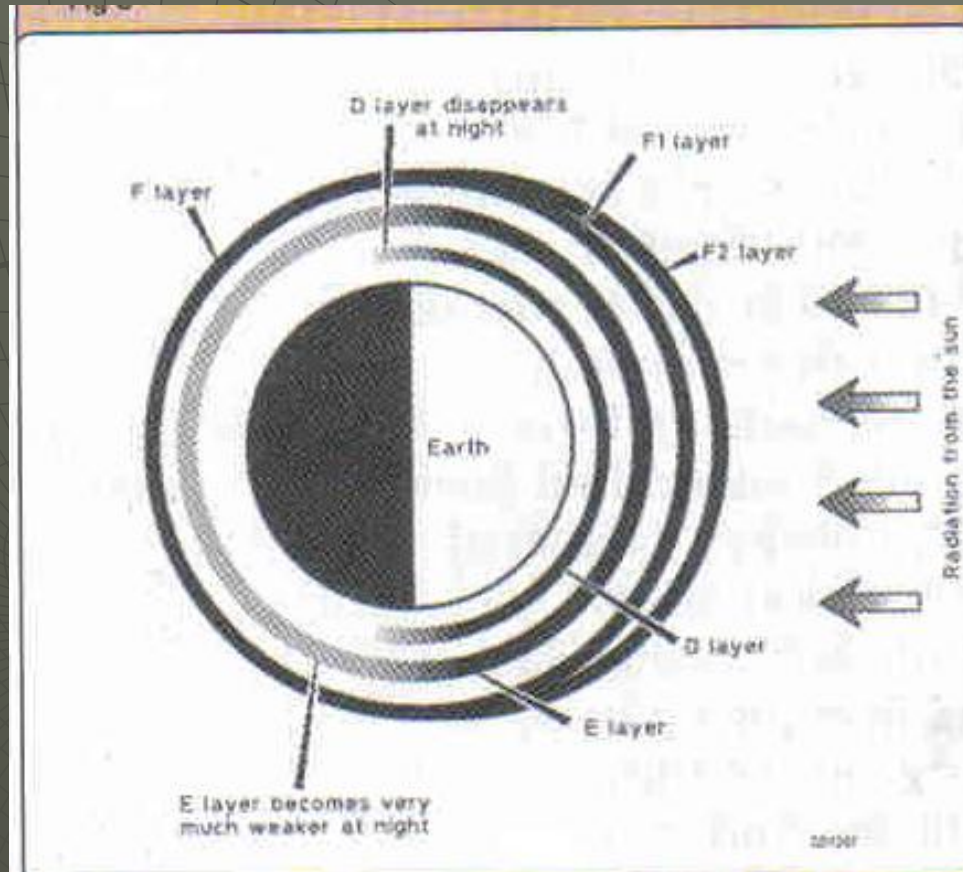
- ◆ La actividad solar (UV, RX) crea iones y electrones libres. Los iones se recombinarán en algún momento con los electrones para llegar a su estado normal.
- ◆ Entonces, se genera un cierto número de electrones libres por mm^3 y por segundo y algunos o todos ellos se recombinan.
- ◆ Si la producción de e^- libres es igual que la recombinación, la ionización está en equilibrio
- ◆ Si la producción de electrones libres es mayor que la recombinación, la atmósfera se va "ionizando"

Regiones de la Ionosfera

- ◆ Regiones o zonas
- ◆ Se mueven en el día y la noche
- ◆ C, D, E, F
- ◆ C tiene muy bajo nivel de ionización



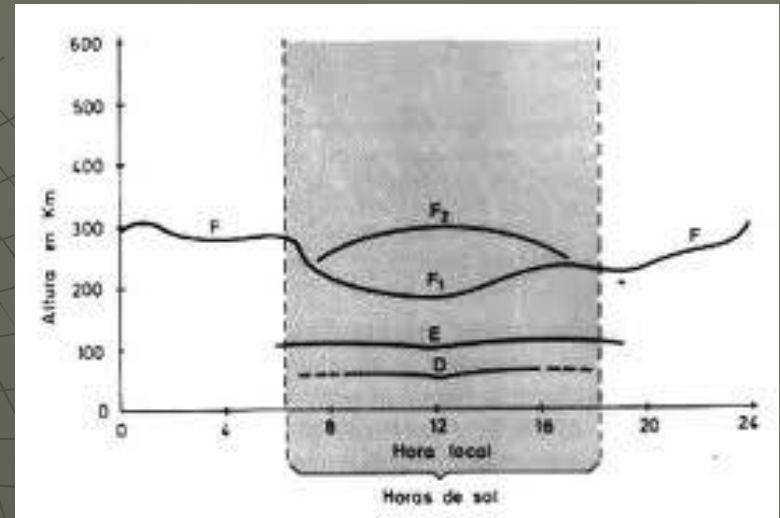
Se mueven en el día-noche



Región D, malas noticias para los 160-80-40 metros en el día.

♦ La Región D atenúa:

- Está entre 60-90 Km.
- Sólo durante el día (sol)
- Como la densidad de gases es alta, la recombinación es rápida y la capa D desaparece cuando se pone el sol.
- La señal de RF hace vibrar a los electrones libres, a medida que vibran chocan con las moléculas de gases vecinos.
- Con cada choque se pierde energía y se atenúa la señal.
- **La atenuación es más alta en Mf y HF y no las deja pasar a estas bandas (bajo 10 Mhz), hasta que se pone el sol**
- La atenuación disminuye a medida que sube la frecuencia (inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia)
- Mas alta la frec., = menos atenuación, por que la longitud de onda de la vibración es mas corta y el número de choques o colisiones se hace menos probable.

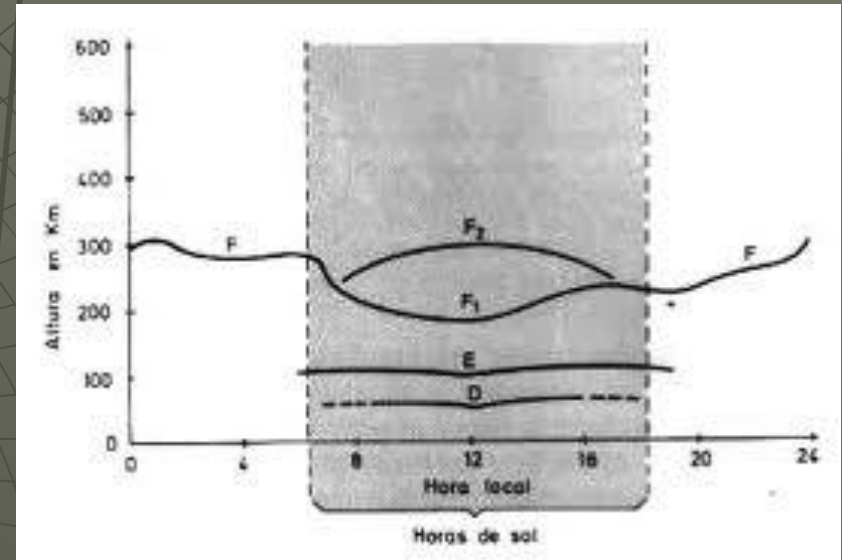


Por que la Absorción en la capa D?

- ◆ La atmosfera está apenas ionizada
- ◆ Hay un electrón o ión positivo por cada millón de partículas neutras.
- ◆ Si la densidad del aire es mayor, la probabilidad de un electrón de chocar con una partícula neutra es mayor (están mas apretados). En el choque pierde energía y se atenúa la vibración inducida por nuestra señal de RF.
- ◆ En cambio, con la baja densidad de moléculas en la Capa F (el aire es menos denso), el electrón tiene menos posibilidades de chocar (atenuación) o recombinarse (des-ionización) y la propagación dura en las horas de la noche, aunque no haya radiación solar.

Regiones E y F

- ◆ Región E:
 - 100-125 Km.
 - También hay recombinación rápida y tiende a desaparecer después de que se pone el sol, aunque algo queda.
 - ◆ Responsable de las prop. Esporádicas.
- ◆ Región F:
 - **Esta es la que nos interesa**
 - En el día se separa en dos capas F1 y F2
 - En la noche generalmente se funden en una sóla.
 - La altura de estas subcapas varía dependiendo de:
 - ◆ Estación del año
 - ◆ Hora del día
 - ◆ Estado del ciclo solar

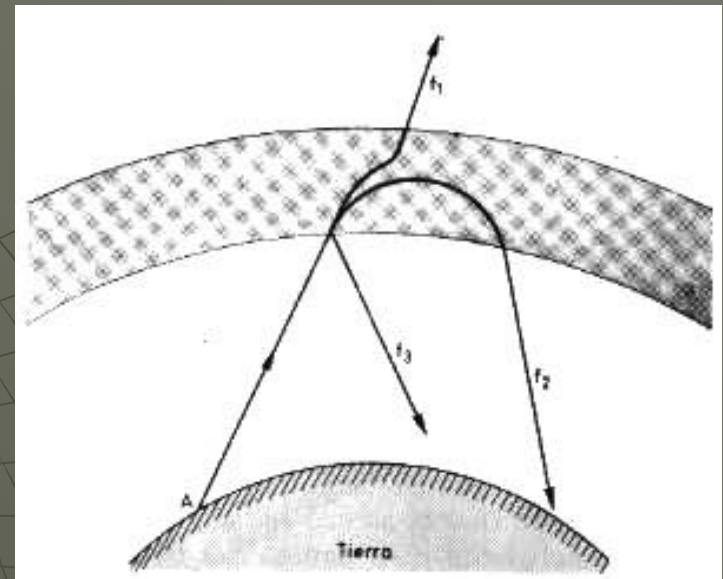


Región F

- ◆ En verano la capa F1 está aprox a 300 Km y la F2 a 400 Km.
- ◆ En la noche bajan a aprox. 250-300 Km.
- ◆ La tasa de ionización también cae en la noche, pero:
 - Su velocidad de desap. es mas lenta
 - Por que la densidad del aires es menor y hay menos recombinación
- ◆ Por lo tanto, permanece en la noche y afecta las señales de radio.
- ◆ Como las afecta?

Como funcionan las capas E y F?

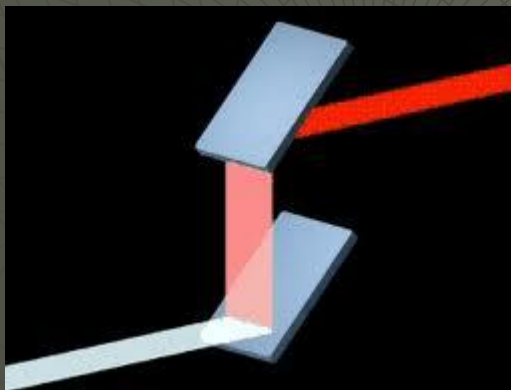
- ◆ Funcionan diferente a las otras capas
- ◆ La señal de radio que llega aquí también hace vibrar a los electrones, PERO:
 - En vez de que la señal se atenúe por los choques, aquí la señal cambia su dirección por refracción, debido a que hay diferentes densidades de electrones según la altura.
 - También puede haber reflexión.



Reflexión vs Refracción



Espejo: reflexión

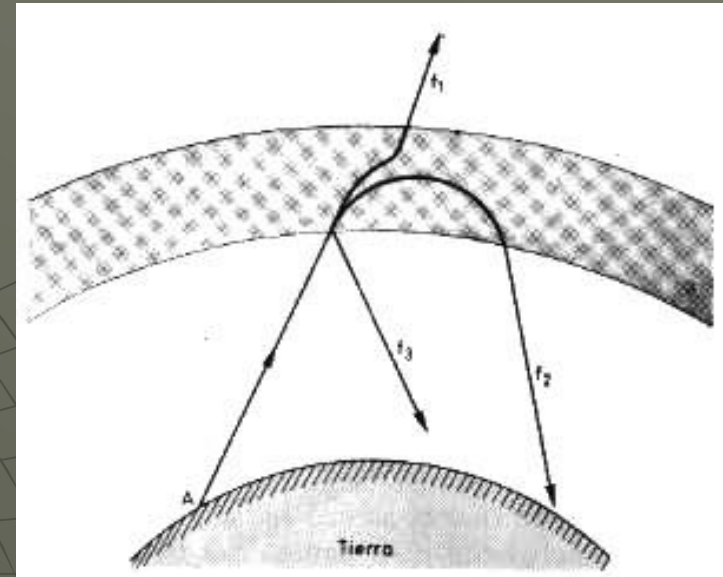


Refracción



Refracción en las capas E y F

- ◆ En el caso del HF estos cambios de dirección llegan a ser suficientes como para que la señal vuelva a la tierra.
- ◆ Da la impresión de que la Capa F ha reflejado la señal, pero no siempre es así, ella se refracta paulatinamente a medida que asciende.



De que depende la refracción?

◆ Frecuencia

- A medida que la frecuencia aumenta la refracción disminuye, hasta que se alcanza una frecuencia en que la señal pasa de largo hacia el espacio exterior

◆ Angulo de incidencia

- Mientras mas vertical es el ángulo de incidencia, menor es la posibilidad de que la señal refractada vuelva a la tierra.



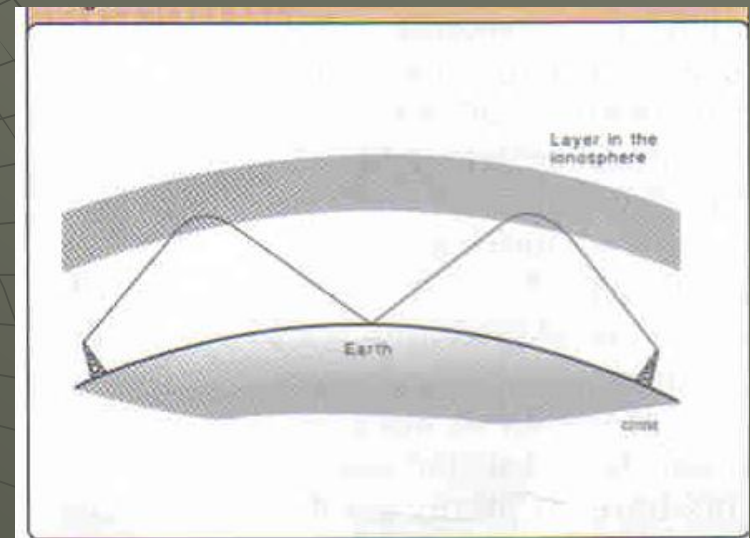
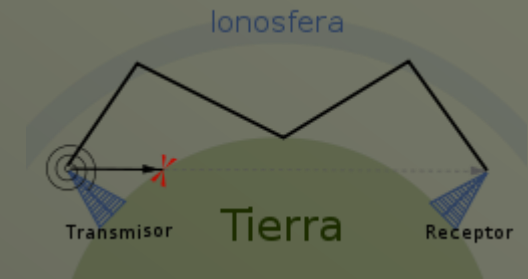
Saltos y Pérdidas

- ◆ Se puede alcanzar grandes distancias usando la ionosfera para “reflejar” o mas bien refractar señales de radio.
- ◆ Geométricamente se puede determinar que, para cierta altura de las capas de la ionosfera, se puede alcanzar saltos de reflexión de 2000 Km. para la región E y 4000 Km. para la región F.
- ◆ Entonces como se llega al otro lado del mundo, si hay mas de 4000 Km? (Chile-Australia : 14.000 Km)



Múltiples saltos

- ◆ La señal que es refractada vuelve a tierra, donde es reflejada por la superficie terrestre, y vuelve a la ionosfera, donde vuelve a ser refractada y avanza nuevamente.



Pérdidas en los saltos

- ◆ Son dos:
 - Atenuación de la región D
 - Reflección en la superficie terrestre
- ◆ La Capa o región D atenúa las señales, las que suben, y después cuando bajan otra vez.
 - Afortunadamente la atenuación es menor a medida que sube la frecuencia
 - Por eso la intensidad de señal tiene a ser mayor a medida que se sube en las bandas (se acuerda cuando los 10 metros estaban abiertos?)
- ◆ La superficie terrestre también atenúa o absorbe señal. Depende del tipo de terreno:
 - los que mas atenúan son los desiertos, y
 - él que menos es la superficie del mar.

Ionización y Frecuencia

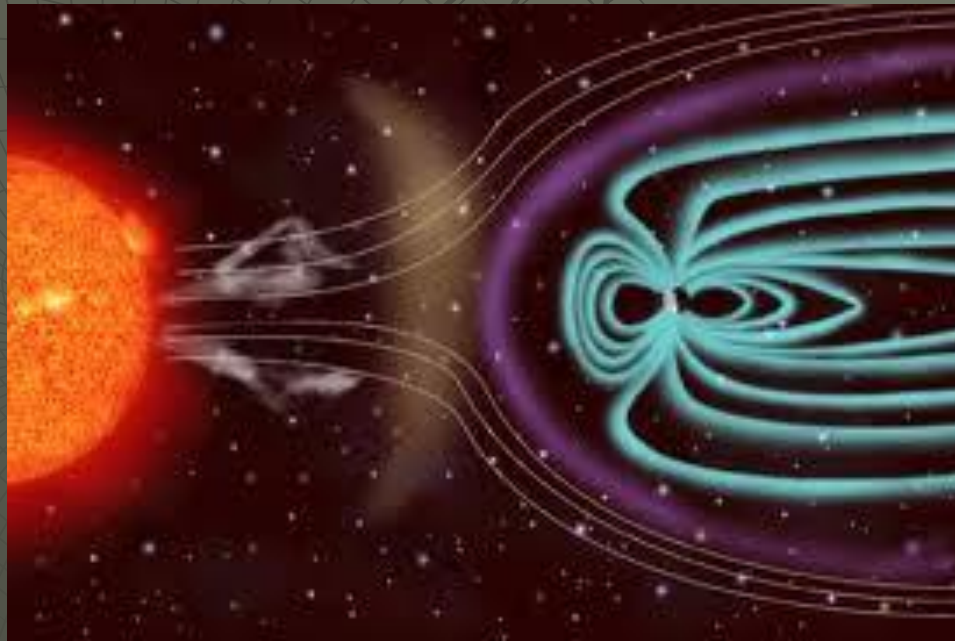
- ◆ Frecuencia Crítica o Frecuencia de Plasma:
 - Frecuencia de vibración espontánea de los electrones y iones libres al atraerse entre sí.
 - Bajo esa frecuencia puede haber reflexión y refracción, sobre esa frecuencia la señal de RF pasa de largo.
 - Para señales que entran oblicuamente a la atmosfera la Frec. Crítica es mas baja.
 - Mientras mas arriba en la ionosfera, mas alta es la frecuencia crítica, mas posibilidad de rebote o reflexión.
 - Pero cuando la señal da varios saltos, puede haber F. Criticas diferentes en el camino.

MUF

- ◆ Si uno puede determinar a lo largo de varios saltos cual es la frecuencia critica mas baja, esa es también la máxima frecuencia usable, ya que por sobre esa frecuencia la señal de RF pasará de largo en la ionosfera.
- ◆ Esa es la MUF.
- ◆ La mayoría de los programas de propagación la indican, para un potencia determinada. A mayor potencia mas posibilidad de que la señal sea inteligible.

Capítulo 3: El Geomagnetismo

- ◆ Estábamos tan bien con la pura Ionización y esto (el geomagnetismo) nos viene a complicar la cosa!

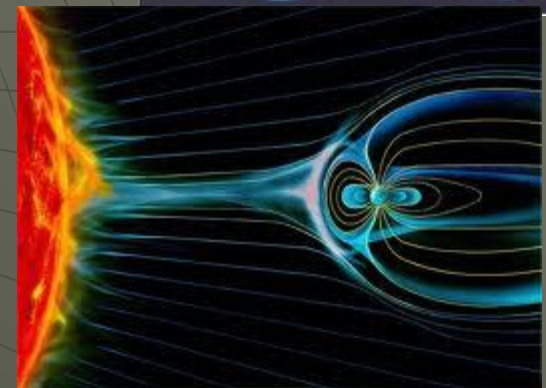
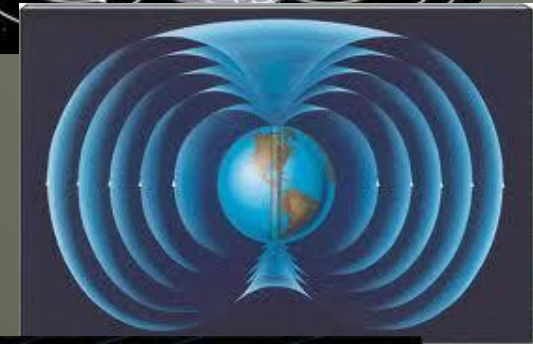
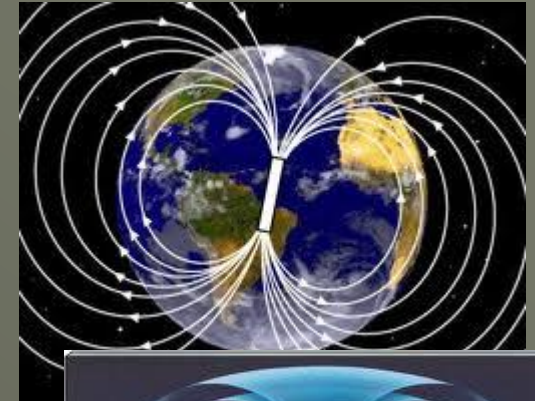


Geomagnetismo, historia.

- ◆ El estudio del geomagnetismo empezó hace mas de 100 años.
- ◆ Pero solo en los años 30, cuando la radio ya existía, se advirtió que las tormentas magnéticas solares afectaban la propagación radial.
- ◆ Rapidito se concluyó que el campo magnético de la tierra era el afectado por el sol y el responsable de la mala propagación en esos momentos.

Campo magnético de la Tierra

- ◆ Rodea completamente a la Tierra
- ◆ En 3 Dimensiones tiene forma de una doughnut (donats)
- ◆ Nos protege de la radiación cósmica y solar
- ◆ Es deformado por el viento solar



Actividad geomagnética

- ◆ El campo magnético de la tierra se genera a partir de su composición metálica y es afectado por el Sol.
- ◆ El viento solar (200-1200 km/seg) deforma y hace variar el campo magnético de la Tierra.
- ◆ A su vez el campo magnético y sus variaciones afectan a la propagación ya que influye sobre la ionización atmosférica debido a que se altera el Control Geomagnético (lám. 37) y se desplazan electrones.
- ◆ O sea se arrastran electrones hacia el lado opuesto al sol (magneto-tail), depletando la región F en el lado expuesto al sol.

Campo Magnético y propagación

- ◆ En condiciones normales el campo magnético no nos afecta mucho.
- ◆ El electrón producido por la ionización solar se apega a las líneas magnéticas del campo de la tierra, eso se llama Control Geomagnético, y no viaja a otras capas de la atmosfera.
- ◆ Bajo condiciones de tormenta solar, explosiones Rayos X tipo X, (láminas 11 y 12), el campo se deforma, se “apreta” en el lado que da al sol y se hace mas fuerte, arrastrando con ella a los electrones de la ionosfera hacia las líneas del campo magnético.
- ◆ El efecto combinado de la llegad de Rayos X y el cambio de magnetización pueden bloquear totalmente las comunicaciones.
- ◆ Concluyendo:un campo magnético tranquilo es buena noticia para nosotros.



Como se mide el campo magnético?

◆ Índice A

- Índice A es el promedio diario de actividad geomagnética
- Nos indica como estuvo el planeta en las ultimas 24 hrs.
- Indica la fuerza del viento solar a que estuvimos sometidos.
- Podemos suponer que hoy y mañana van a estar parecido...
- Mientras mas bajo mejor (– de 25)



Como se mide el campo magnético?

◆ Índice K

- Es la medida actual de la actividad geomagnética.
- Indica la fuerza del viento solar
- Podemos suponer que hoy y mañana van a estar parecido...
- Mientras mas bajo mejor (– de 4)

Capitulo 4 Herramientas

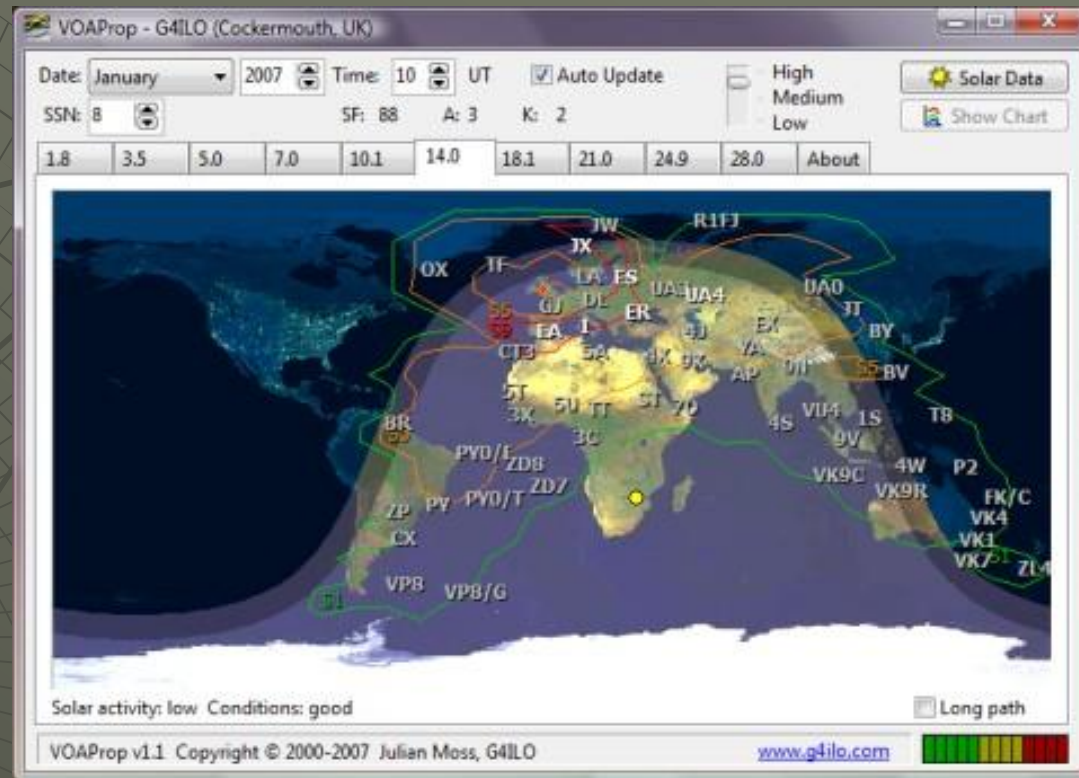
- ◆ Como leer los informes:
Internet, WWV, Revistas
- ◆ Programas computacionales

Como leer los Informes

- ◆ SSN: mientras mas alto mejor. Sobre 50 manchas la HF se empieza a abrir
- ◆ SFI: Idem a SSN, con flujo sobre 100 HF se abre la Propagación en HF
- ◆ Índice A: mientras mas bajo mejor, - de 15.
- ◆ Índice K: mientras mas bajo mejor, -de 4
- ◆ MUF: Frecuencia máxima usable, se mide punto a punto. La mayoría de los progs. para computador la muestran.

Programas

- ◆ HFProp y VOAProp
 - <http://www.g4ilo.com/voaprop.html>
- ◆ W6ELProp
 - <http://www.gsl.net/w6elprop/>
- ◆ PropWiz
 - http://www2.rohde-schwarz.com/en/service_and_support/Downloads/Software/?letter=P&discontinued=
- ◆ RF Prop
 - <http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=1579>
- ◆ DxProp
 - <http://dxfile.free.fr/fichiers/dxpropv15a.exe>
- ◆ HamCap
 - <http://www.dxatlas.com/HamCap/>
- ◆ Otros



Quiere saber mas?

- ◆ *Propagation 101-201*, Robert Brown
- ◆ *Radio Handbook 2010*, ARRL
- ◆ *Radio Propagation- Principles an Practice*, Ian Poole
- ◆ *Antenna Book*, ARRL
- ◆ *The new shortwave Propagation Handbook*, Jacobs, Cohen y Rose
- ◆ *Radio Amateurs guide to the Ionosphere*, Mc Namara.
- ◆ *Ionospheric Radio*, K. Davies





CE3PG

