

## *Manchas, SFI, índice K, ionosfera y otras yerbas, como entenderlo?*

---

Quien no ha oído hablar de manchas solares, propagación, tormentas geomagnéticas, viento solar y otros similares que parecen formar parte del léxico común a todos los radioaficionados? Pero..... realmente comprendemos que quieren decir? Como podemos interpretarlos para sacar provecho de esta información en nuestros comunicados?

Para comprenderlos y usarlos primero hay que explicar algunas cositas empezando por la capa de gases que envuelve la tierra y que llamamos ATMOSFERA.

La Atmosfera de la tierra es una capa delgadísima de aire que envuelve la tierra y que se extiende hasta el borde del espacio por aproximadamente 600 kilómetros desde la superficie (la tierra tiene un diámetro de 12.742 Km).



En la foto tomada desde el espacio, la atmosfera es la delgada capa azul entre la superficie de la tierra y la oscuridad espacio.

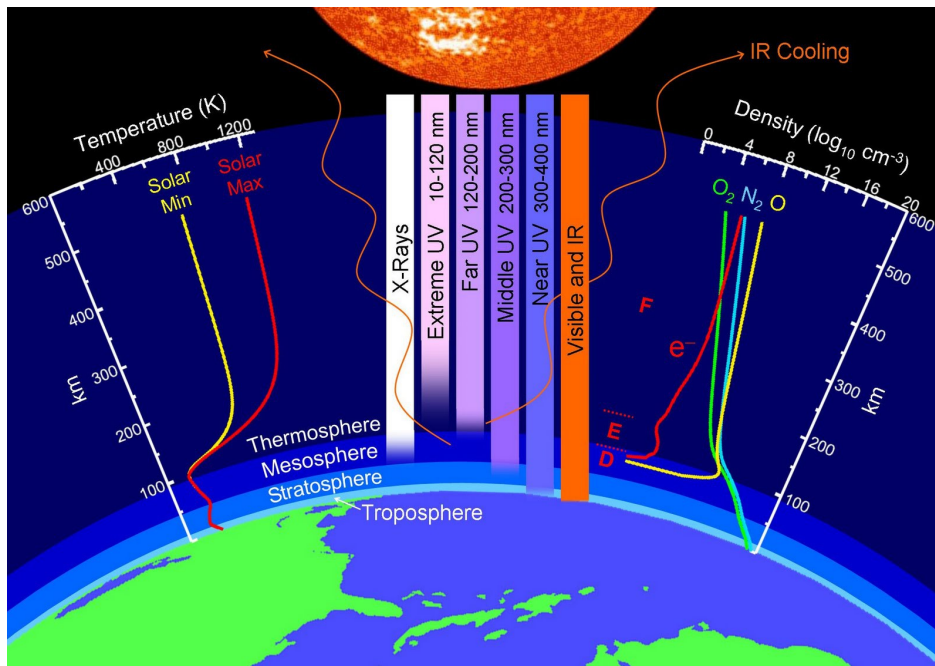
La gravedad mantiene la atmosfera sujeta a la superficie de la tierra. Dentro de la atmosfera ocurren complejas reacciones químicas, termodinámicas y de dinámica de fluidos. El comportamiento de la atmosfera es muy variable dependiendo principalmente de la dinámica de los fluidos, lo que llamamos clima.

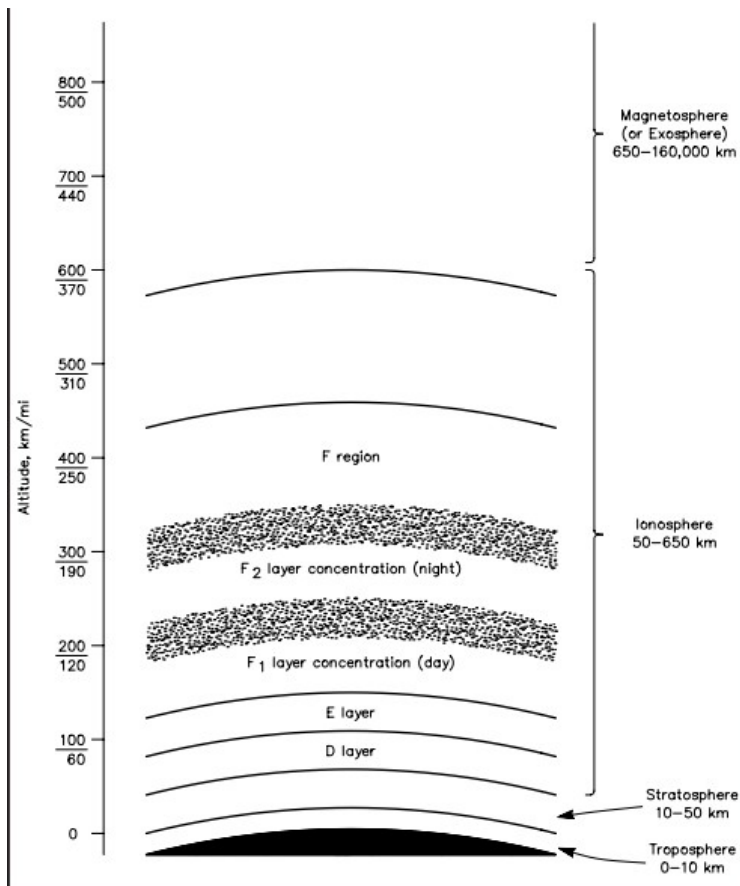
La atmosfera es una mezcla de gases Nitrógeno 78%, Oxígeno 21% y otros gases 1% entre los cuales encontramos el gas Xenón (gas noble no afecto a cambios) y el ozono formado por 3 átomos de

oxígeno el que se forma usando la energía de los rayos ultravioleta absorbiendo de esta manera gran parte de esta dañina radiación.

A medida que se aleja de la tierra en altura esta capa envolvente se vuelve más tenue, es decir los gases presentes en ellas son más escasos.

La atmosfera puede dividirse en una variedad de capas conforme a sus propiedades. En las imágenes estas capas con sus nombres mas comunes.





De estas capas la que mas nos importa debido a su capacidad de reflejar las ondas de radio es la ionosfera , que se ubica entre los 80 y los 600 kilómetros de altura y que debe su nombre a las altas temperaturas que alcanzan elementos como el sodio, el oxigeno y otros gases que al ser golpeados por los rayos x, rayos gamma y ultravioleta forman iones ( un Ion es un átomo o molécula que ha cedido o ganado un electrón) generando calor en el proceso.

***Para la mayoría de nosotros resulta sorprendente enterarnos que la ionosfera representa menos del uno 1% de la atmosfera, y que aunque contiene ínfimas cantidades de material atmosférico resulta ser de importancia vital para el paso de las ondas de radio.***

La mayor parte de la ionosfera es eléctricamente neutra, pero cuando la radiación solar golpea sus componentes químicos se desprenden electrones de átomos y moléculas gaseosas para formar el plasma ionosférico, lo que obviamente ocurre en el lado que en el momento esta con luz de día y solamente las radiaciones solares de menor largo de onda (extremo ultravioleta y rayos X) tienen la energía suficiente para producir esta ionización. Aunque este sector de la atmosfera debe su nombre a estas partículas s llamadas

iones son los electrones libres los que afectan la radio propagación.

El número de electrones se empieza a incrementar alrededor de los 30 Km. de altura pero su densidad no es suficiente para afectar las ondas de radio hasta más o menos los 60 kilómetros. La ionosfera alcanza hasta aproximadamente los 1000 kilómetros de altura sin embargo no hay un límite real entre el plasma ionosférico y los límites externos del campo magnético de la tierra, la plasmósfera y la magnetosfera.

Aunque históricamente la ionosfera se la ha dividido en capas con fines explicativos resultaría más apropiado hablar de zonas de altos niveles de ionización.

Para identificar estas regiones, peaks de ionización o capas se han nombrado estas con letras C (cuyo nivel de ionización es tan bajo que no afecta a las comunicaciones) D, E y F.

A altas latitudes (cerca de los polos) hay otra fuente de ionización que conocemos como Aurora, la Aurora es una visualización de luces causadas por electrones y protones que golpean la atmósfera de la tierra a altas velocidades. Estas partículas provienen de la magnetosfera y caen en espiral a lo largo de las líneas del campo magnético de la tierra.

Junto con producir la bella y espectacular visión de luces en lo que llamamos auroras Boreales (del hemisferio norte) y Auroras australes (del Hemisferio sur) estas partículas al golpear la atmósfera la ionizan.

A bajas latitudes encontramos peaks de ionización en lo que se conoce como la anomalía ecuatorial a ambos lados de la línea magnética del ecuador.

El Peak de concentración ionosférica no se produce en el ecuador como podríamos pensar dado el máximo de radiación solar ionizante, sino que se desplaza hacia ambos lados, esto es debido a la geometría del campo magnético y a la presencia del campo eléctrico. Los campos eléctricos que transportan el plasma son causados por el efecto polarizante de los vientos.

La presencia de estas partículas eléctricamente cargadas convierte la atmósfera superior o Ionosfera en un conductor eléctrico que soporta corrientes y afecta las ondas de radio.

### ***Algo de Historia***

1839 El primer científico en plantear una idea fue el físico Carl Gauss quien especuló que los cambios que ocurren a diario en el campo magnético de la tierra podían tener su origen en corrientes eléctricas atmosféricas.

- 1839 Gauss pensó que la atmosfera superior debía contener regiones ionizadas
- 1878 Stewart postuló la existencia de una capa conductiva en la atmosfera superior que explicaría las variaciones observadas en el campo magnético de la tierra.
- 1901 Marconi cruzo exitosamente el Atlántico con una radio trasmisión en frecuencia de 300 kHz
- 1902 Kennelly & Heaviside trabajando en forma independiente sugirieron que el éxito alcanzado por la señal trasmitida por Marconi, se debía a que su señal fue propagada por reflexión en una capa ionizada de la atmosfera superior.
- 1910 Austin determinó una fórmula para calcular las trasmisiones de onda larga y sugirió 1,5 Mhz como el límite superior útil para radio comunicaciones a distancia.
- 1912 Eccles dijo que la capa ionizada era mantenida por la radiación solar.
- 1919 Watson deriva matemáticamente la formula experimental de Ausitn.
- 1920- Se descubre el fenómeno de las comunicaciones a larga  
24 distancia en onda corta. (1.5 - 30 MHz)
- 1924 Larmor desarrollo la teoría de la refracción de las ondas cortas por electrones libres.
- 1925 Appleton & Barnett probaron la existencia de la capa ionizada y encontraron su altura mediante la comparación de fase de dos señales de un trasmisor, uno de la onda de tierra y otro de onda la reflejada por la ionosfera.
- 1926 Breit & Tuve usaron una técnica de pulsos para medir la altura y frecuencia critica de un número de capas ioniosféricas. La suya fue la primera ionosonda verdadera, y puede haberse constituido en el primer radar.
- 1931 Chapman presento la teoría de que la formación de una capa ionizada era debida a la acción de la radiación ultravioleta proveniente del sol.
- 1932 Appleton desarrrlo un extenso set de ecuaciones usaadas para describir la propagacion de las ondas de radio en la ionosfera. Estas incluyeron efectos de la absorción y del campo magnético de la tierra.

La ionosfera y su efecto en la propagación de las ondas electromagnéticas

Cuales son y como interpretar los índices que muestran los diferentes banners de propagación

La información del “Clima Espacial” puede ser encontrada en sitios como <http://www.spaceweather.com/>, <https://sohowww.nascom.nasa.gov/home.html>, <http://www.swpc.noaa.gov/>.

En muchas de las páginas web relacionadas con la radioafición encontramos los banners de propagación, que prepara Paul Herrman, N0NBH. Llamen la atención por su colorido y por el llameante sol que muestran rodeado de números y letras, un montón de información que muchos no sabemos interpretar.

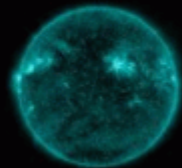
Hasta el año 1902 el Sol la acción del sol sobre la ionosfera fue un misterio, entonces Heaviside y Kennedy (trabajando en forma separada) descubrieron que el sol provocaba un efecto ionizante en nuestra atmosfera formando capas que reflejan las ondas de radio, desde entonces la actividad solar se ha vuelto protagonista en la historia de todo aquel interesado en la radio.

Los **parámetros solares** del banner muestran los niveles electromagnéticos y de las partículas de energía que genera el Sol y que están constantemente golpeando a la Tierra

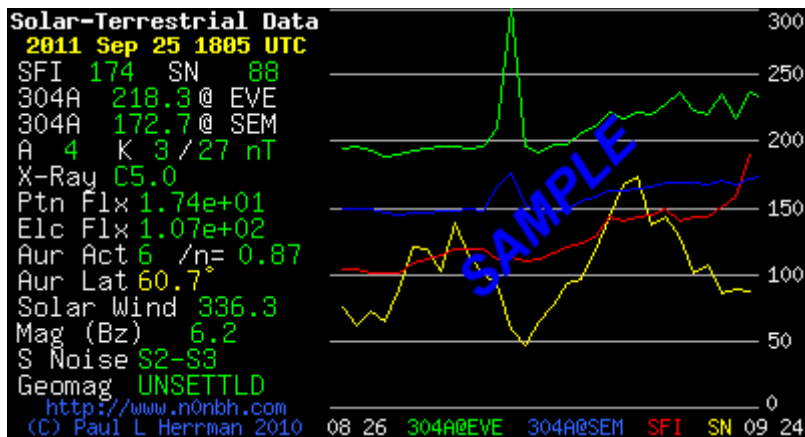
El Sol lanza radiación electromagnética que abarca desde muy abajo en el espectro radial hasta muy arriba del espectro de los Rayos X. Esto forma un torrente continuo de energía ionizante y ruido. El sol además lanza un diluvio de radiación de partículas. La radiación de partículas que mas afecta a la propagación es la continua emisión de cadenas de protones y electrones que golpean la atmósfera de la tierra y su campo magnético y las gigantescas cantidades de masa solar enviadas hacia la tierra en estornudos o toses del sol conocidos como Eyecciones de Masa Coronal.

El Sol y la Tierra interactúan en una genial y extraña mezcla de hechos físicos difíciles de entender y estos banner de propagación nos proporcionan una manera de aproximarnos a ellos. Como interactúa el sol y la ionosfera resulta útil para entender como la física afecta a la propagación de las ondas de radio.

Solar-Terrestrial Data/Predictions at www.qrz.com					
15 Apr 2016 1500 GMT	Current Solar	Band	Day	Night	
SFI 112	SN 046	80n-40n	Fair	Good	
A 022	K 1	30n-20n	Good	Good	
XRY C4.0	304A 120.2	17n-15n	Fair	Fair	
Aur 1	Lat 67.5°	12n-10n	Poor	Poor	
Bz 5.9	SM 391.5	Geomag Field	VR	QUIET	
PF 0.2	EF 1400.0	Sig Noise Lvl	S0-S1		
MUF Bdr 15.54 @ 1445		CME (UTC)	None		
EME Deg Fair					



(C) P. Herrman N0NBH 2013



Que significan estos números y letras?

### SOLAR FLUX INDEX (SFI)

El sol emite tremendos montos de energía en forma de ondas de radio en todas las frecuencias, el SFI es la medida de la radiación de 2800 MHz (conocida también como la medida de 10.7 cm flux) Esta medida es tomada a diario a las 12:00 PST (Pacific time) y normalmente varía entre 60 y 300. Este ruido de 2800 MHz no afecta directamente la propagación pero se relaciona con los niveles de radiación UV y X-RAY que vienen desde el Sol y es fácilmente medible. Mientras más alto mejor ya que si bien no se relaciona directamente con la ionización de la atmósfera *sugiere* actividad solar ionizante y presencia de manchas solares. Podemos considerar que el índice nos está favoreciendo cuando su medida está sobre 100.

**Un número alto (sobre 100) del flujo solar indica que podría haber buena propagación en las bandas de 10, 12, 15, 17 y 20 Metros.**

### SUN SPOTS NUMBER (SN)

El número de manchas solares o SN no es simplemente el número de manchas solares, SN toma en cuenta además del número, el tamaño y como están agrupadas las manchas solares. El índice puede variar entre 0 y 250. A más alto es el número de manchas solares más altos serán también los índices UV y X-RAY que están golpeando nuestra atmósfera. El efecto ionizante de esta radiación es el que permite la generación de las capas D, E y F. A medida que se incrementa la ionización atmosférica también lo hace la MUF (máxima frecuencia utilizable). De esta manera cuando se incrementan los índices SN y SFI, ellos señalan un incremento en la ionización de las capas E y F lo que a su vez indica un mejoramiento en las condiciones de propagación en H.F.

### X-RAY INTENSITY (RXY)

Esta medición indica la intensidad con que los Rayos X de alta frecuencia golpean la tierra.

La letra B representa la clase mas baja de la actividad de los rayos X con niveles de potencia medidos en W/m<sup>2</sup>. El numero 6.2 es el multiplicador. Conforme a la tabla de intensidad B6.2 se traduce en  $6.2 \times 10^{-6}$  W/m<sup>2</sup> de energía de rayos X golpeando a la tierra.

<b>Table 1 X-ray Intensity Scale</b>		
<b>Class</b>	<b>Strength</b>	<b>Radio Blackout</b>
B	$<10^{-6}$	None
C	$10^{-6}$ to $10^{-5}$	None
M	$10^{-5}$ to $10^{-4}$	R1-R2
X	$> 10^{-4}$	R3-R5

Estos Rayos X pasan através e la capa F de la ionosfera y son responsables de los niveles de ionización e la capa D, extendiéndose algunas veces su efecto hasta la capa E.

Normalmente la capa D absorbe las frecuencias que van de los 1,8 a los 5 MHz, Las señales de los 7 a los 10 MHz son atenuadas pero consiguen pasa através de las capas E y F. Sin embargo cuando la intensidad de los rayos X sube a los niveles de clase M y X, la capa D se amplía de manera considerable. Durante el día la capa D actúa como un absorbente de señales bajo los 10 MHz, sin embargo cuando se incrementa por un evento de Rayos X de alta intensidad puede absorber las señales del espectro completo de radio frecuencias y llegar incluso mas allá de el.

En casos extremos se puede producir un completo Black Out de las comunicaciones DX en el lado con luz solar de la tierra, el que se puede extender por varias horas

### **304 A**

Este valor representa la fuerza relativa de la radiación solar total a un largo de onda de 304 Angstroms (30,4 nanómetros) lo cual cae dentro del espectro ultravioleta. La radiación a este largo de onda es responsable de casi la mitad de la ionización de la capa F.

El valor 304 A también se correlaciona con el valor SFI de modo que si se incrementa el valor 304 A tiende a haber una mejora en la propagación de la señales en la capa F.

### **Índice Magnético interplanetario**

Bz indica la fuerza y la orientación del campo magnético interplanetario el cual normalmente varía de +50 a -50. Un valor positivo indica que el campo magnético interplanetario esta orientado en la misma dirección que el campo magnético de la tierra, un valor negativo indica una polaridad opuesta a la de la tierra. Cuando el campo



interplanetario es negativo “Golpea” al campo magnético de la tierra. Reduciendo su efecto blindaje e incrementando el efecto de las partículas solares (electrones y protones). Esto a su vez será causa de un incremento en cualquier perturbación ionosférica o geomagnética relacionada.

## **Solar Wind (SW)**

### **Viento solar**

El viento solar es la velocidad en kilómetros por segundo (km/s) con que las partículas cargadas pasan por la Tierra. El índice SW (Viento solar) varía entre 0 y 2000, pero habitualmente está cercano a los 375. A mayor es la velocidad, mayor es la presión que ejerce sobre la ionosfera. Cuando el viento solar sube sobre los 500 km/s, puede provocar perturbaciones en el campo magnético de la Tierra, lo cual a su vez causa interrupciones en la capa F las que acarrearán una disminución de la ionización y pobres condiciones para H.F.

## **Proton Flux (PF)**

### **Flujo de protones**

El valor PF es la densidad de los protones dentro del campo magnético de la tierra. Estos protones golpean el campo magnético de la tierra y siguen sus líneas hasta los polos. La lectura normal de este parámetro es inferior a 10. A medida que el nivel crece, se incrementa el número de protones golpeando el campo magnético de la tierra donde son canalizados hacia los polos incrementando la densidad de la ionosfera en las regiones polares. A niveles PF sobre 10.000 las señales que viajan sobre los polos tendrán condiciones degradadas y si el nivel continúa elevándose hasta 20.000 o más, se considera una condición de Tormenta de radiación solar extrema S5 y la comunicación vía polar puede experimentar Black outs totales o parciales.

## **Electron Flux (EF)**

### **Flujo de electrones**

El flujo de electrones refleja la intensidad de los electrones dentro del campo magnético de la tierra. Los efectos ionosféricos de este parámetro son similares a los del parámetro PF con degradación de las condiciones de la propagación por Auroras cuando el índice alcanza o supera 1000.

## **Signal Noise Level**

### **Nivel de la señal de ruido**

Este valor (S1- S2) indica la cantidad de ruido (en unidades S) que está siendo generada por el viento solar interactuando con el campo magnético de la tierra

## Coronal Mass Ejection (CME)

### Eyección de masa coronal

Este valor indica fecha y hora en que se espera la tierra sea alcanzada por un evento de eyección de masa coronal.. Cuando esta existe esta codificada en colores de acuerdo a su intensidad. Verde-Menor, Amarillo–Moderado, Rojo–Severo.

## INFORMACION GEOMAGNETICA

La información del estado del campo geomagnético de la tierra es importante de dos maneras.

- a) Un incremento en la perturbación del campo magnético de la tierra trae consigo un efecto negativo para la capa F afectando las comunicaciones en HF
- b) Al mismo tiempo incrementan la posibilidad de la actividad de las Auroras por lo que la propagación en VHF por aurora puede incrementarse.

## Índices A y K

El estado del campo geomagnético de la tierra es representado por estos dos índices.

El índice K se deriva de las mediciones de la perturbación del campo magnético obtenidas cada 3 horas en 8 observatorios magnéticos alrededor del mundo. Estos 8 valores representan el promedio de la perturbación del campo geomagnético. Los valores K son convertidos a un entero logarítmico que va de 0 a 9. A mas alto es este valor indica creciente inestabilidad y sobre 4 podemos considerar que una tormenta geomagnética se esta desarrollando.

El índice A (006) proviene del índice K. Las mediciones del índice K tomadas cada tres horas son escaladas matemáticamente y convertidas a un valor lineal que va desde 0 a 400. Este índice es esencialmente un valor global de la perturbación del Campo magnético durante el DIA previo. En cambio el índice K es lo que esta ocurriendo ahora.

Mientras más bajos aparezcan estos índices mejor ya que las lecturas altas sugieren perturbaciones del campo magnético que afectan la capa F.

### Mientras mas bajo este el Indice A Mejor

- 1 to 6 i Bueno
- 7 to 9 regular
- 11 o mas malo

Un bajo índice A (1 a 6 ) sugiere que habrá una mejora en la propagación de las bandas de 10, 12, 15, 17, y 20 metros. Índice en (7 y 9) generalmente supone buena propagación den las bandas de 30, 40, 60, 80 y 160 Metros.

## **Aurora (AUR)**

El valor AUR esta entre 1 y 10 y se deriva del monto de giga watts de energía que golpean las regiones polares.

En la medida que este valor se incrementa también crece el nivel de ionización de la capa F en los polos. Un valor más grande significa que el Ovalo Auroral esta cambiando a latitudes mas bajas y la posibilidad de que se desarrollen auroras boreales y australes se incrementa.

La presencia de una aurora activa proporciona condiciones muy buenas de propagación para las bandas desde los 10 metros a los 70 cm, pero también puede significar bloqueos para las señales de HF en propagación polar.

## **Latitude**

Este valor indica la mas baja latitud que in evento de aurora podría alcanzar

## **Maximun usable frequency**

### **(MUF) Bdr**

Se define como el límite superior de las frecuencias disponibles frente a una determinada condicion atmosferica y es medida en Boulder, Colorado, en el tiempo UTC indicado,

## **Earth-Monn\_Earth degradation**

### **(EME deg)**

Este valor considera la atenuación en dB en el recorrido Tierra-Luna-Tierra

La degradación EME (FAIR) se define como, muy pobre (>5,5 dB), pobre (>4 dB), regular (>2,5 dB), Buena (>1,5 dB) Ecelente (<=1,5 dB)

## **Geomacgnetic Field**

El valor para el campo geomagnético indica cuan quieto o activo esta este. Y esta basado en el índice K. La escala tiene nueve niveles variando de Inactivo a Tormenta Extrema. Cuando alcanza los valores de Mayor, Severa, o Extrema las bandas de HF pueden experimentar black outs y/o se pueden presentar AURORAS

Difícil ah? ..... Bueno a mí me cuesta, pero podemos resumir en sólo unos pocos numeritos y parámetros que igual son de ayuda... pero más fácil

1. Numero de manchas solares a mas alto mejor
  2. Índices K y A bajos indican mejores condiciones (menos ruido)
  3. Índice SFI a mas alto mejor ya que sugiere actividad ionizante
- Recordar que existen otros factores que afectan o producen variaciones en la ionosfera, ellos son:
    1. Hora del día
    2. Época del año
    3. Ubicación geográfica
    4. Ciclo solar
  - Recordar además que no todas la bandas se comportan de la misma manera, 160, 80 y 40 metros son mejores durante las noches ya que la capa D presente durante el día y que absorbe las señales de mas larga onda desaparece rápidamente al ocaso, bandas 20,15,10 metros mejores durante el día.
  - Tener presente que durante una tormenta solar podríamos tener interesantes aperturas en las bandas más altas debido al efecto ionizante.

73

CE2MT

Fuentes

<https://www.nasa.gov/>

<http://www.spaceweather.com/>

<https://soho.nascom.nasa.gov/sindex.html>

<http://www.hamqsl.com/solar2.html>

<http://www.radio-electronics.com/>

Revista QST