

# Introducción a radares ionosféricos

Marco A. Milla  
Radio Observatorio de Jicamarca  
Instituto Geofísico del Perú

Enero 2015

# El Radio Observatorio de Jicamarca

- Es un centro de investigación de la alta atmósfera.
- Está localizado en Lima, Perú.  
(latitud 11.95°S, longitud 76.87°W)
- Su propósito es el estudio de la ionósfera ecuatorial usando técnicas de radar.
- Su principal instrumento es el radar ionosférico más grande del mundo.



# Contenido

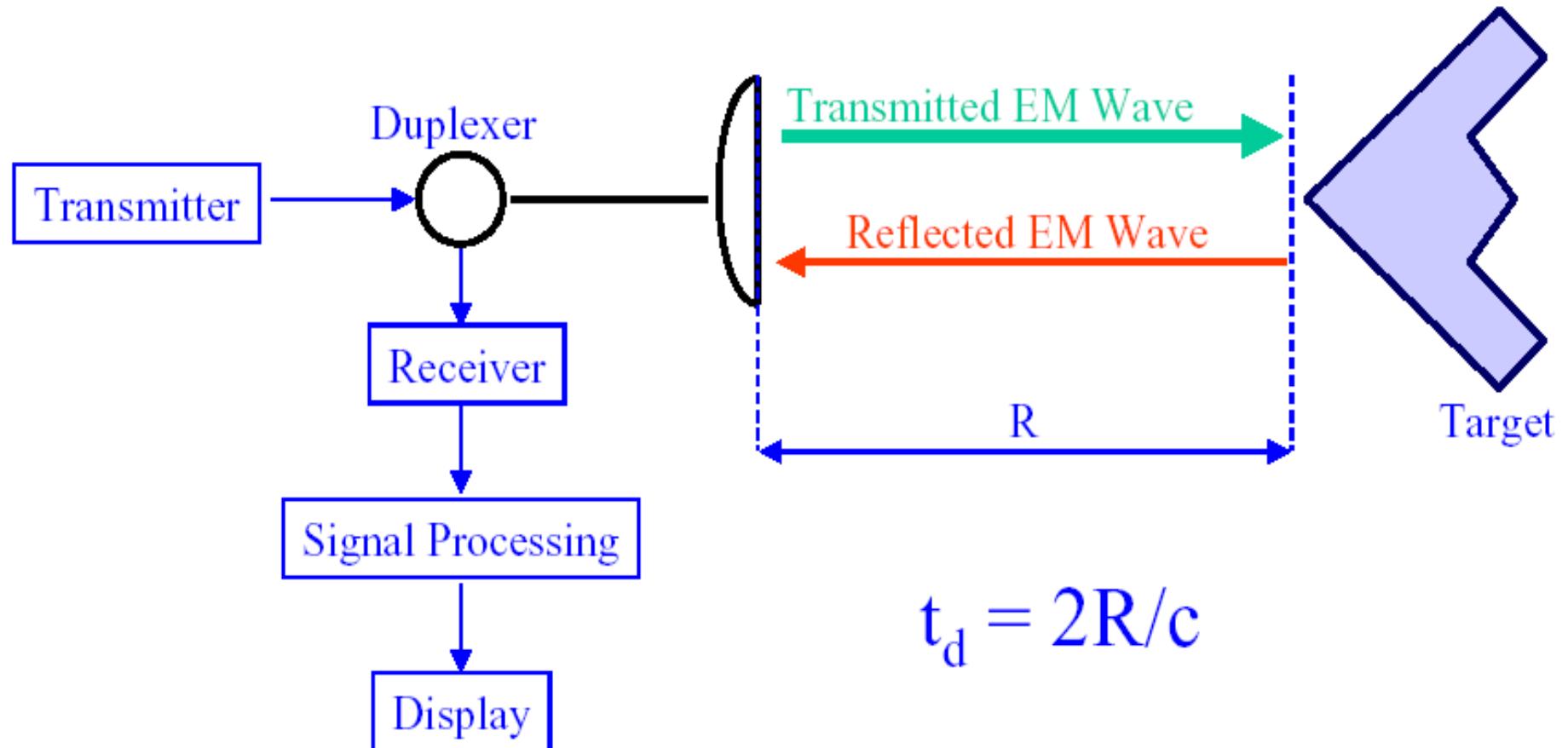
- Introducción a radares
- Radares ionosféricos
- Mediciones de la ionósfera con el radar de Jicamarca
- ¿Por qué estudiamos la alta atmósfera?

# Introducción a radares

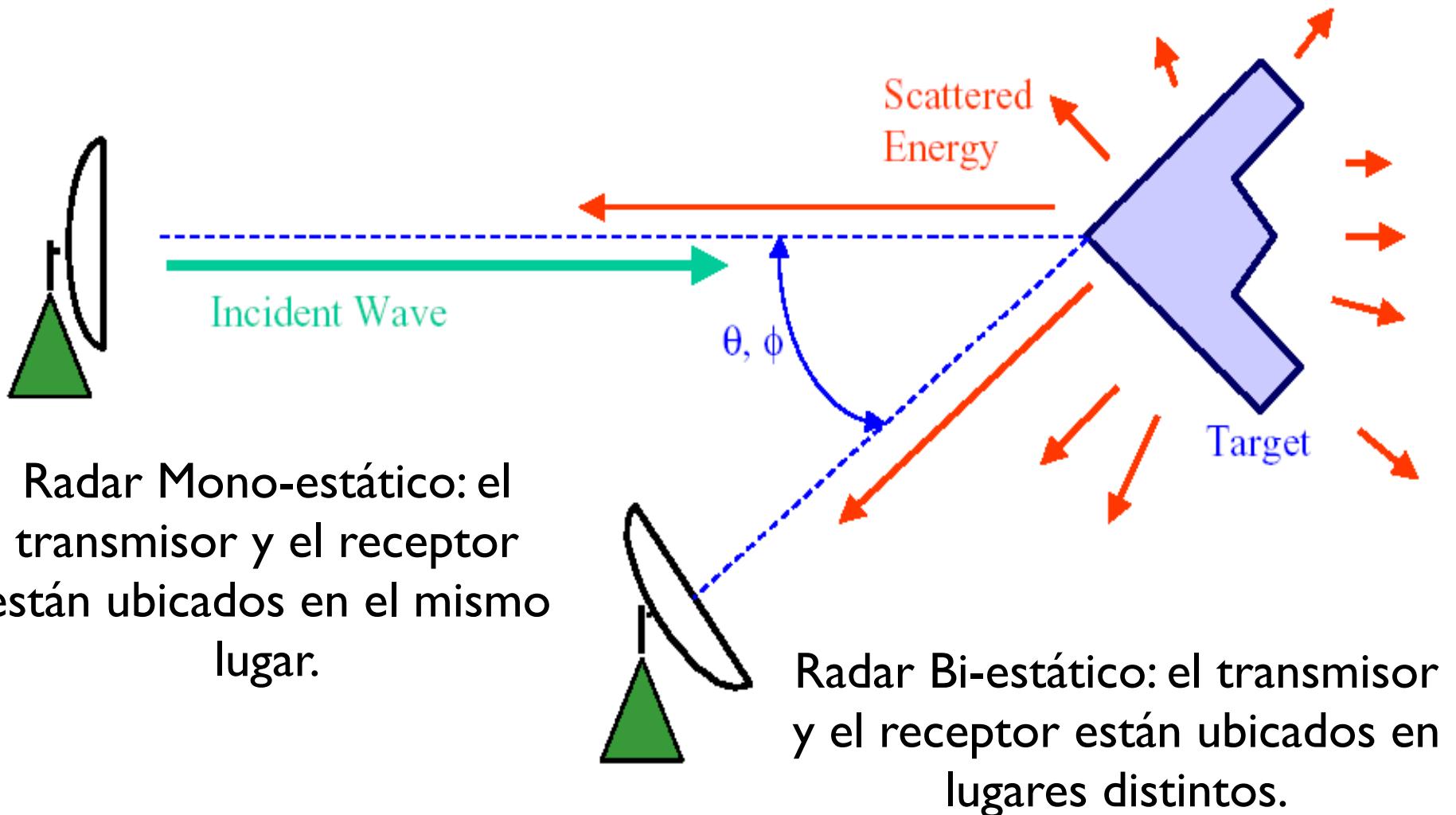
# ¿Qué es un radar?

- El radar es un sistema electrónico desarrollado para detectar la presencia, dirección, distancia y velocidad de un objeto.
- RAdio Detection And Ranging
- ¿Qué mide un radar?
  - La ondas de radio reflejadas o dispersadas por el objeto o medio en estudio.

# Esquema de un Sistema de Radar

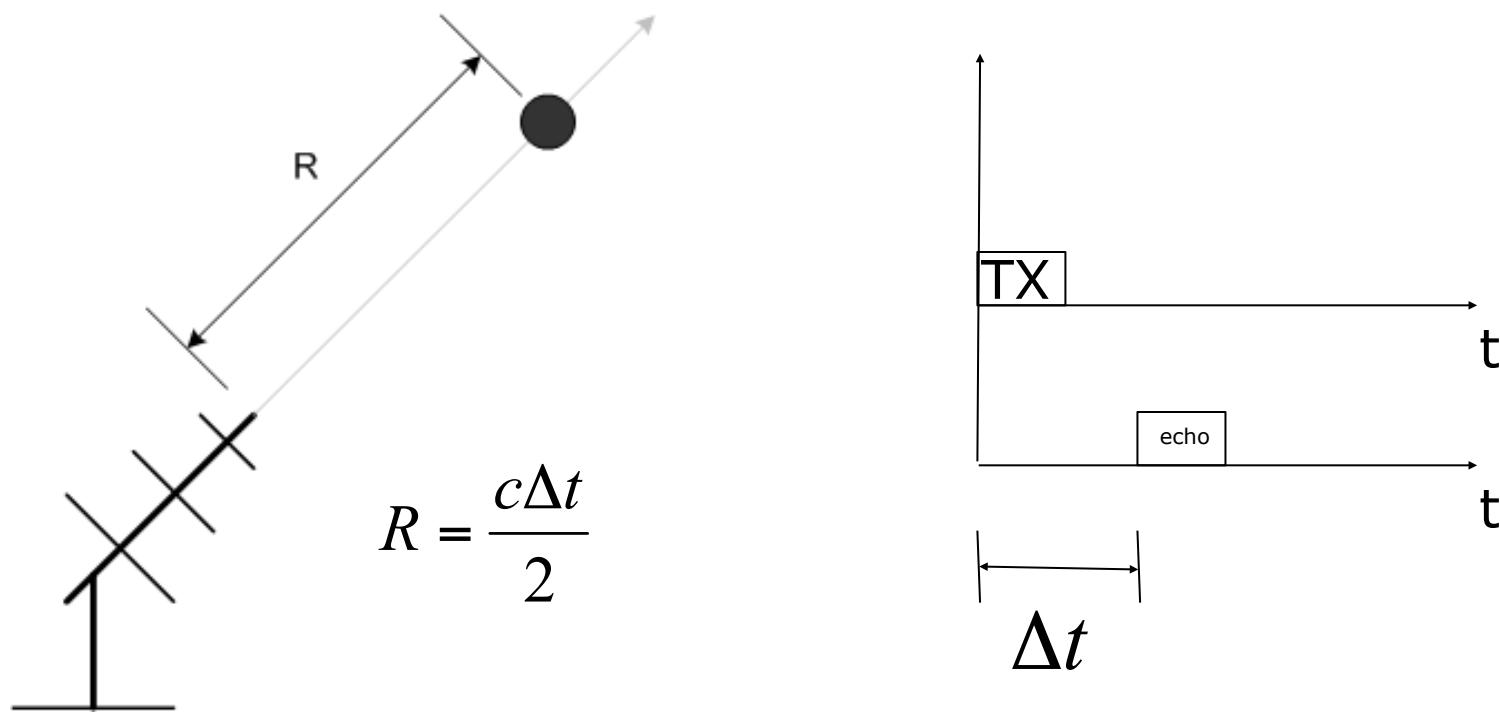


# Tipos de radar - Geometría



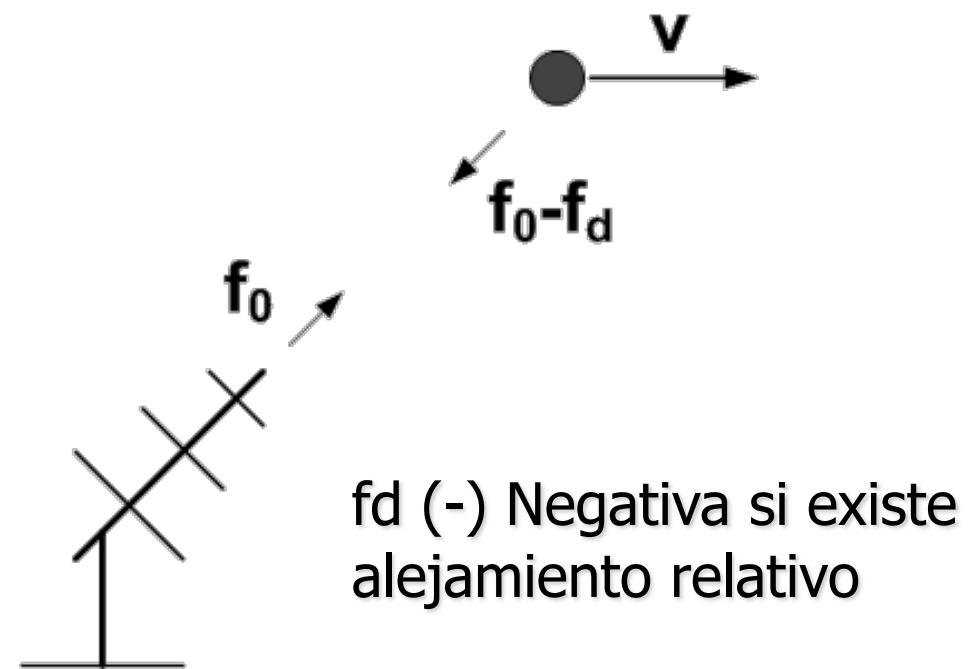
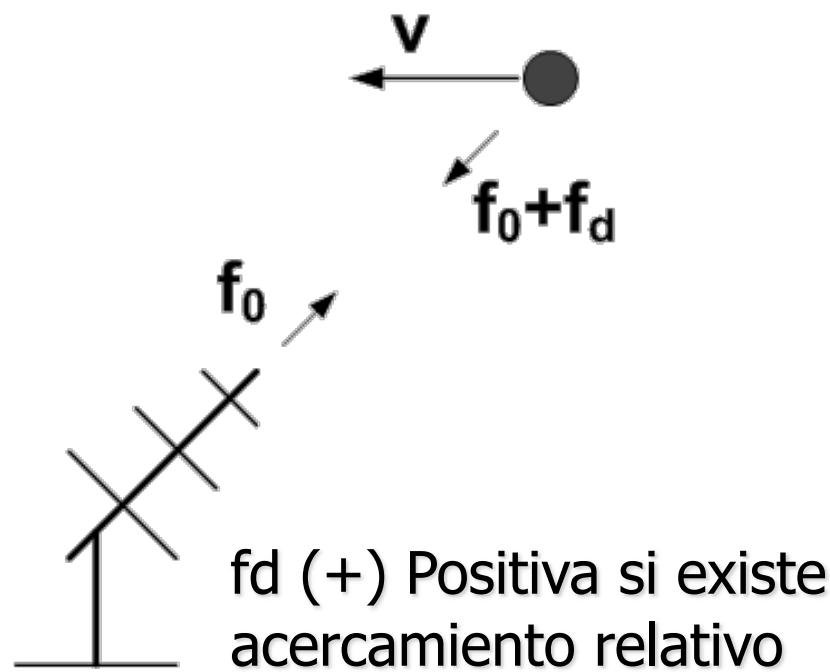
# Determinación del Rango

El rango del objetivo se calcula midiendo el retardo de tiempo que le toma al pulso transmitido recorrer ida y vuelta el camino entre el radar y el objetivo.



# Efecto Doppler

Todo objeto con movimiento relativo respecto al radar produce un aparente corrimiento de frecuencia “Efecto Doppler”.



# Ecuación de Radar

La potencia recibida  $P_r$  por el radar esta dada por:

$$P_r = \frac{A_e G_t P_t}{16 \pi^2 R^4} \sigma_{\text{RCS}}$$

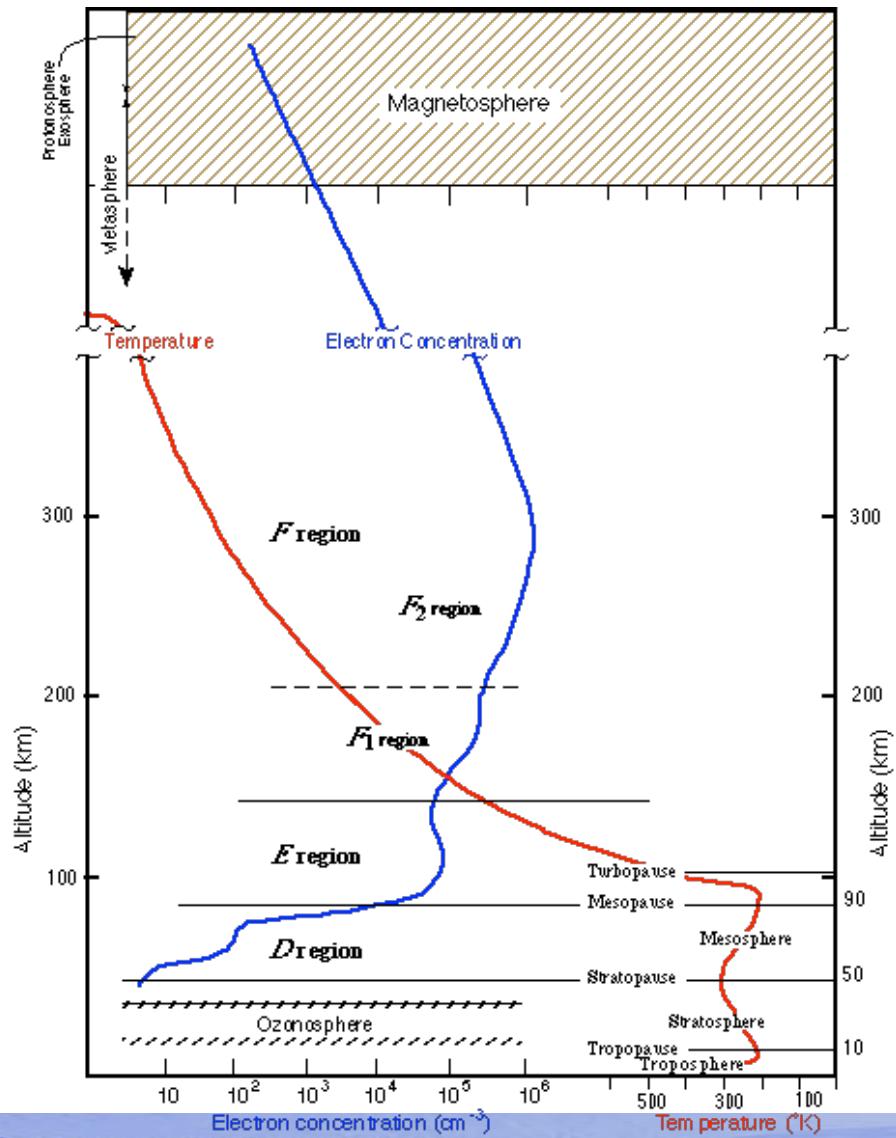
donde

- $P_t$  : Potencia del transmisor
- $G_t$  : Ganancia de la antenna de transmisión
- $A_e$  : área efectiva de la antena de recepción
- $R$  : Distancia del objeto
- $\sigma_{\text{RCS}}$  : sección transversal del radar (RCS)

# Radares ionosféricos

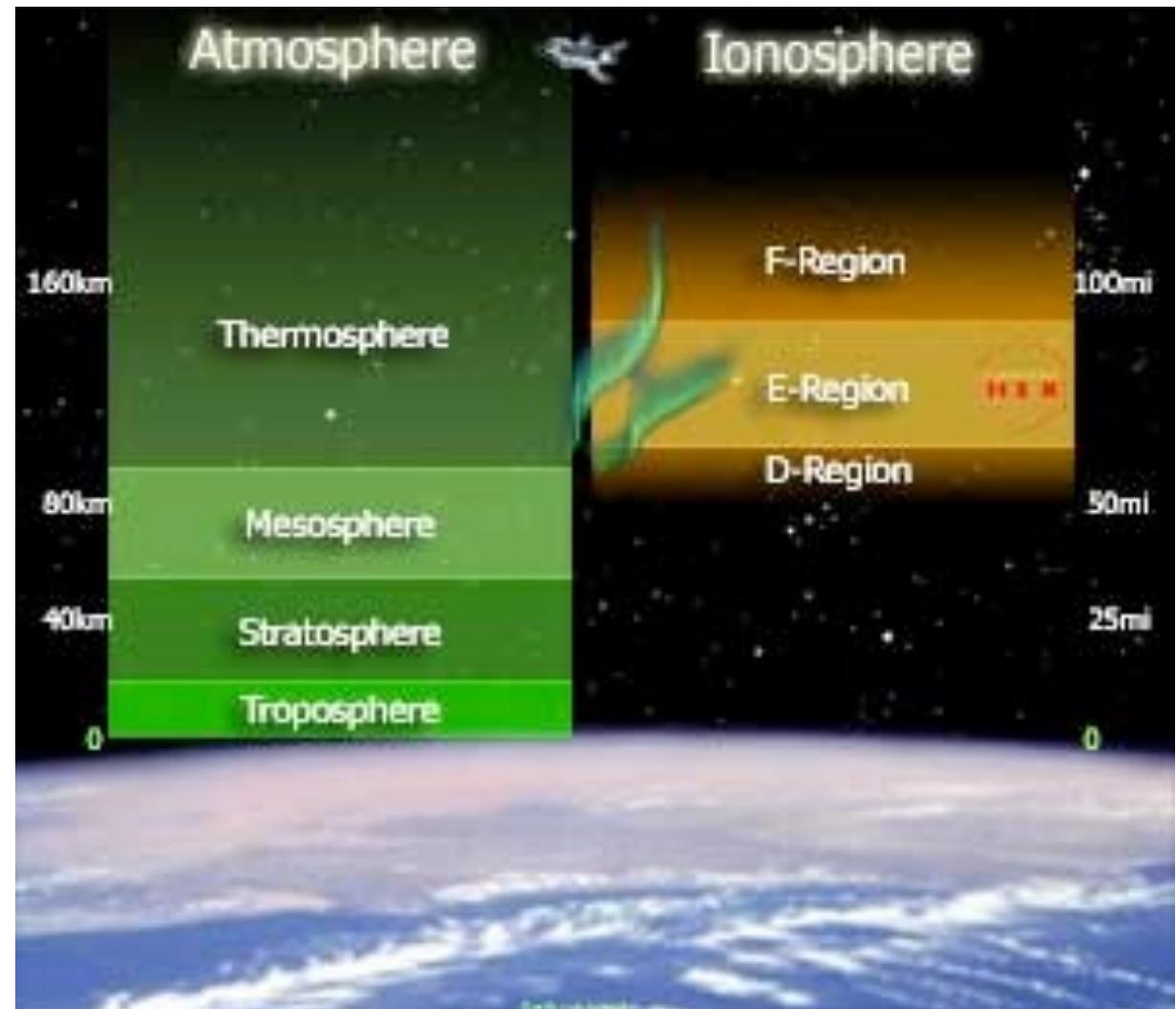
# La ionósfera

- Es la región de la atmósfera que está ionizada (presencia de plasma).
- Se extiende desde los 60 km.
- Se divide principalmente en 3 regiones:
  - Capa D: 60-90 km
  - Capa E: 90-140 km
  - Capa F: >140 km



# Instrumentos para el estudio de la alta atmósfera

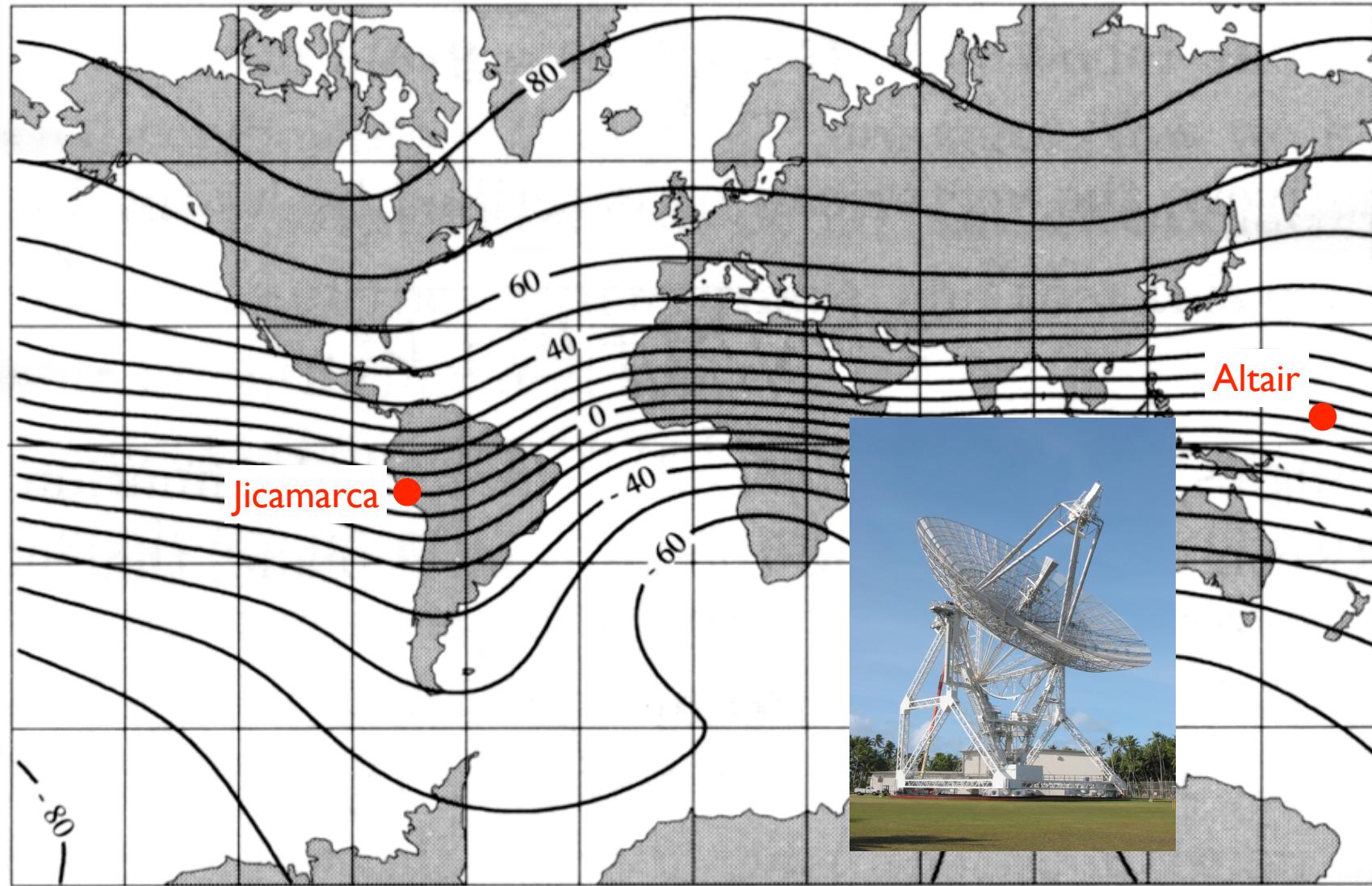
- Mediciones en el lugar:
  - Cohetes
  - Satélites
- Mediciones remotas:
  - LIDAR's
  - Cámaras
  - Receptores GPS
  - Ionosondas
  - Radar de dispersión incoherente

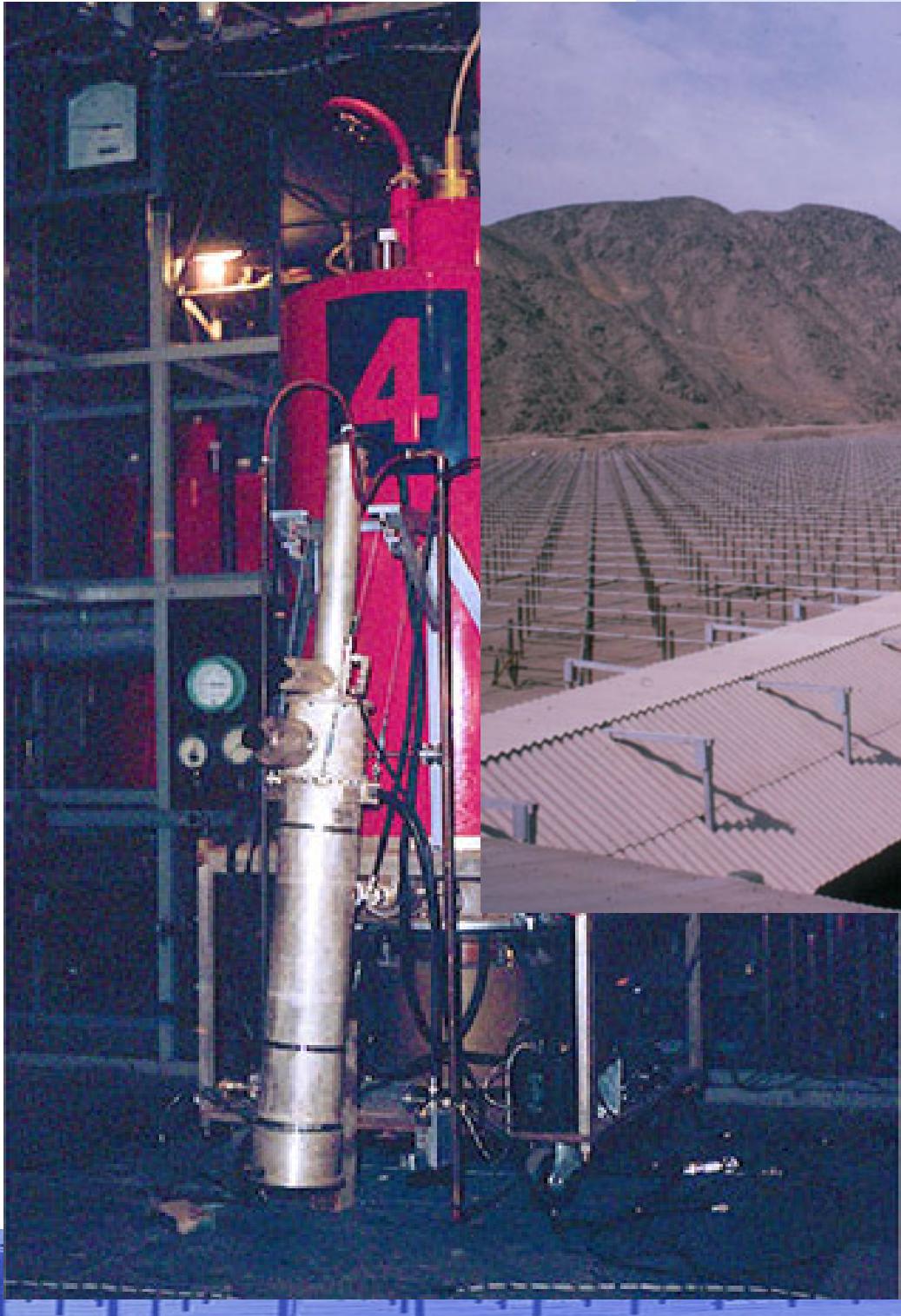


# Radares ionosféricos en el mundo



# Radares ionosféricos en el Ecuador magnético





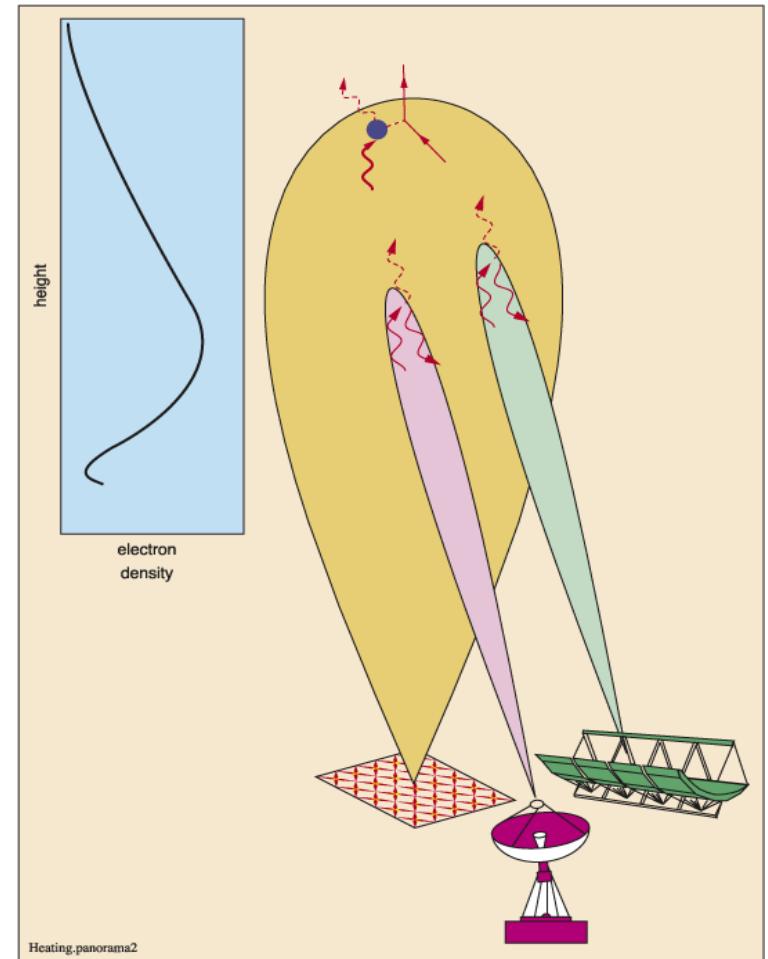
& Display

- 3 transmisores grandes
- Potencia pico ~1.5 Megawatts
- Máximo duty cycle: 5%

# Mediciones de la ionósfera con el radar de Jicamarca

# ¿Qué significa dispersión incoherente?

- Target: la ionosfera de la Tierra.
- Las ondas electromagnéticas son re-radiadas por los electrones en el plasma de la ionósfera.
- “Incoherente” porque la contribución de cada electron es aleatoria (los electrones se mueven aleatoriamente).
- El espectro de la señal recibida da información de la densidad, temperatura, composición y velocidad del plasma ionosférico.
- Los radares de dispersión incoherente son la técnica mas poderosa para el estudio de la ionosfera de la Tierra.



# Modos de dispersión incoherente (I)

Modes	Range (km)	$V_z$	$V_x$	$N_e$	$T_e$	$T_i$	+
Faraday / Double Pulse	200-800	✓ <sup>1</sup>		✓	✓	✓	✓
Vertical Drift	200-930	✓		✓ <sup>2</sup>			
East-West Drift	200-930	✓	✓				
Alternating Code (AC)	450-1400			✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✓
Long Pulse	600-3000			✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✓
Hybrid AC-Faraday	200-1400	✓ <sup>3</sup>		✓	✓	✓	✓
Differential Phase (or DVD)	90-930	✓ <sup>3,4</sup>		✓ <sup>3</sup>	✓ <sup>3</sup>	✓ <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> from 150-km echoes, only daytime.

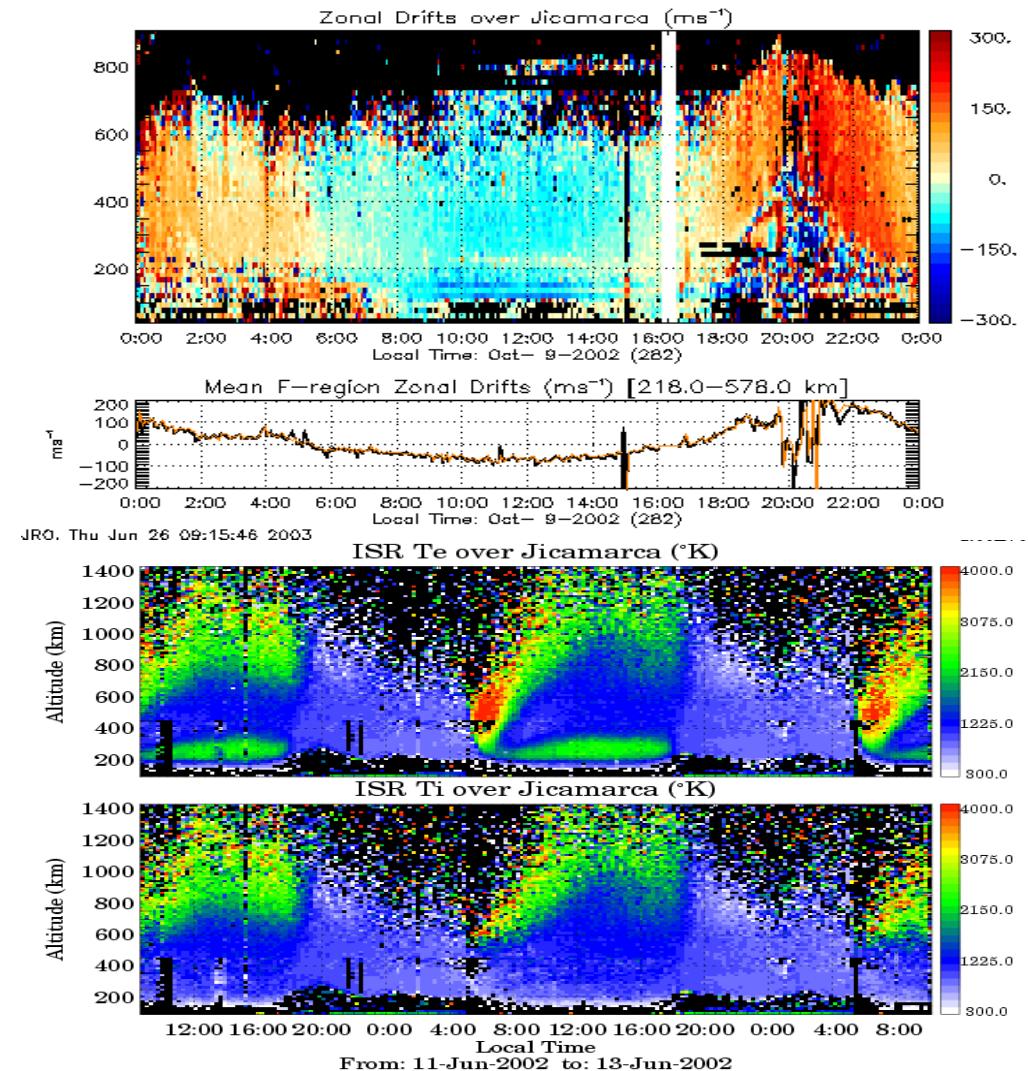
<sup>2</sup> Relative values

<sup>3</sup> In progress

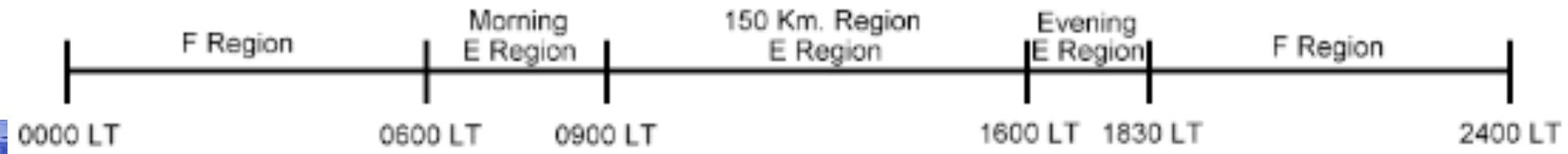
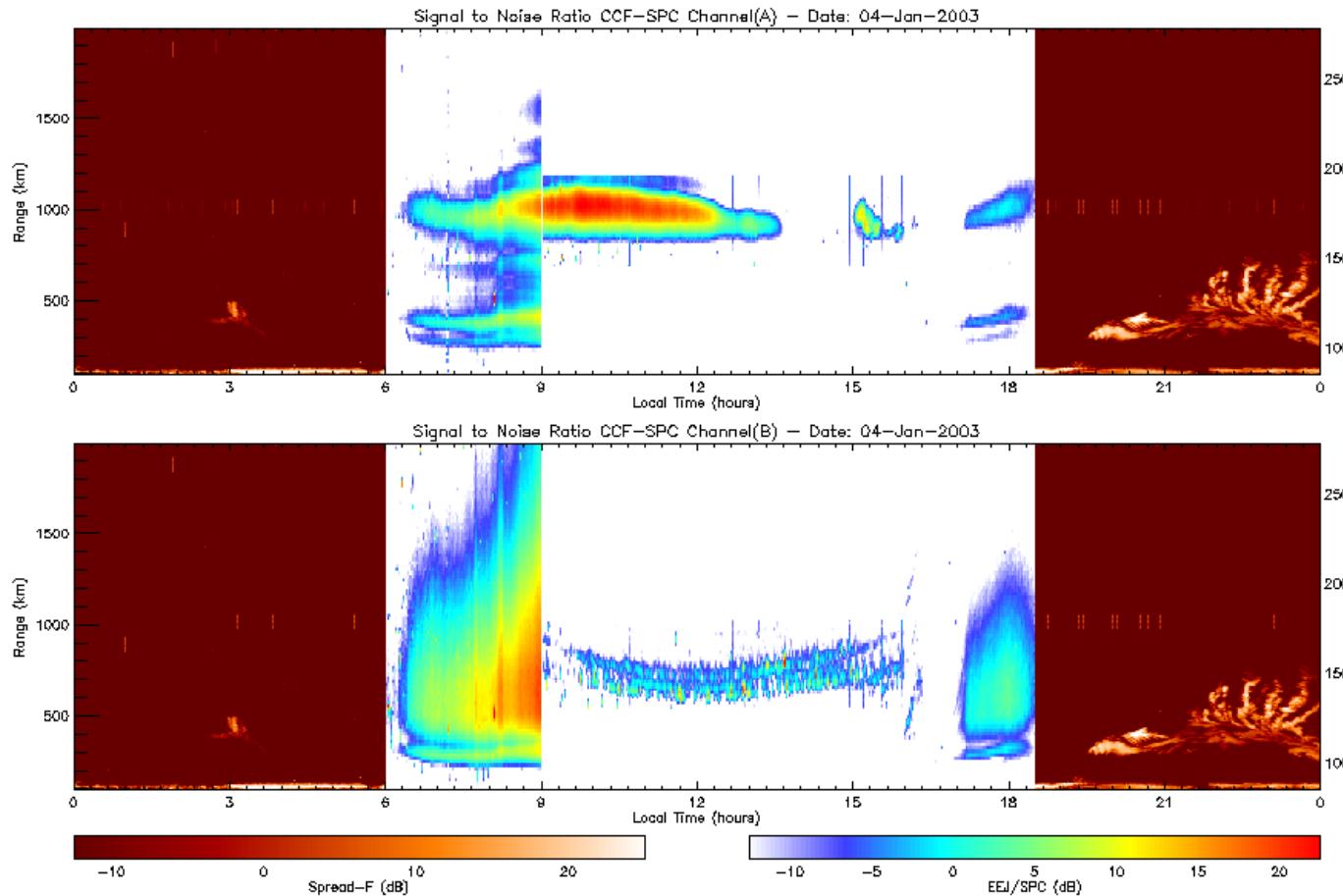
<sup>4</sup> From EEJ echoes for the lower heights

# Modos de dispersion incoherente (2)

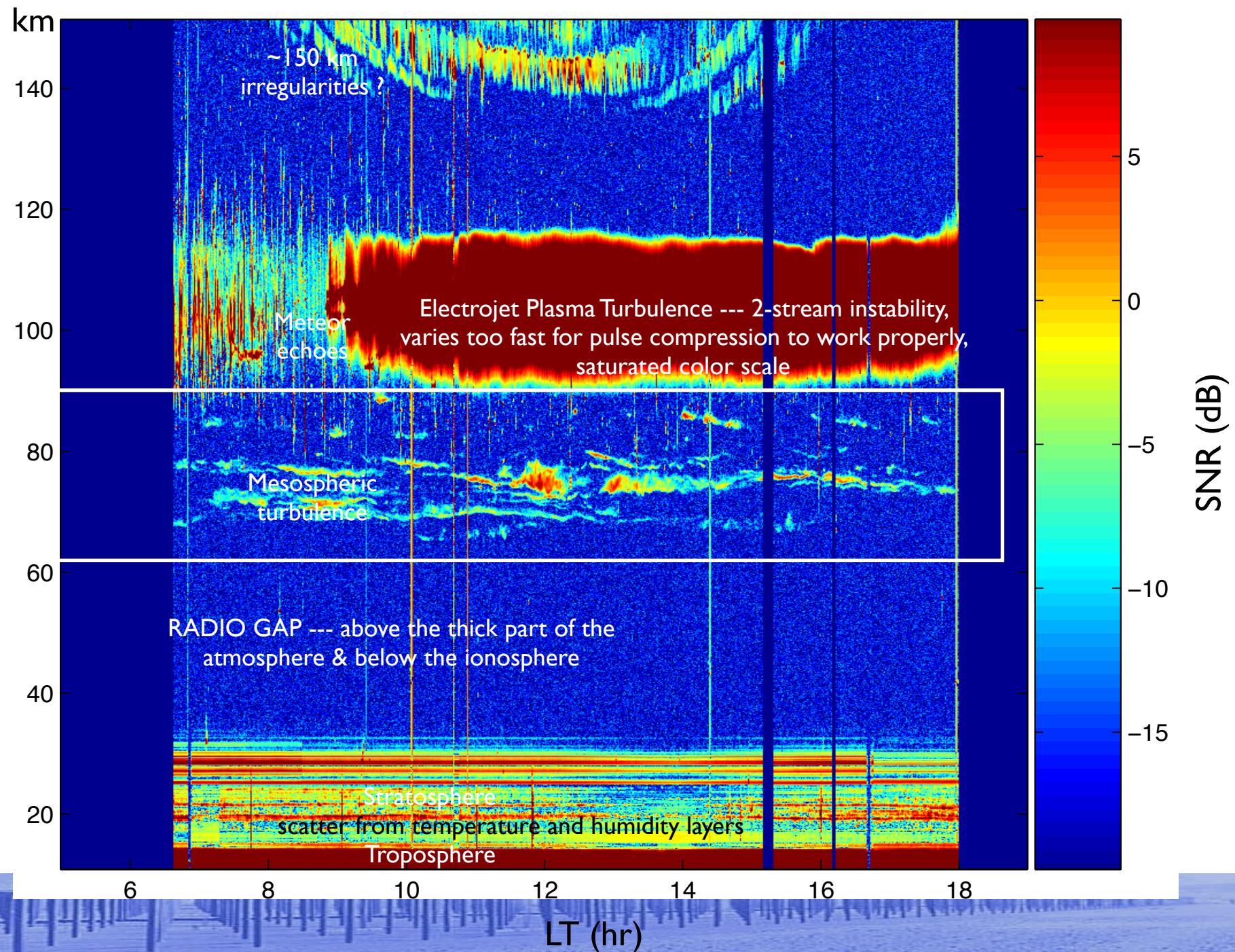
- Perpendiculares al campo magnético B.
  - Vertical Drifts
  - EW Drifts
- No perpediculares al campo magnético B.
  - Faraday / Double Pulse
  - Hybrid AC-Faraday
  - Diferential Phase



# Modos de dispersión coherente

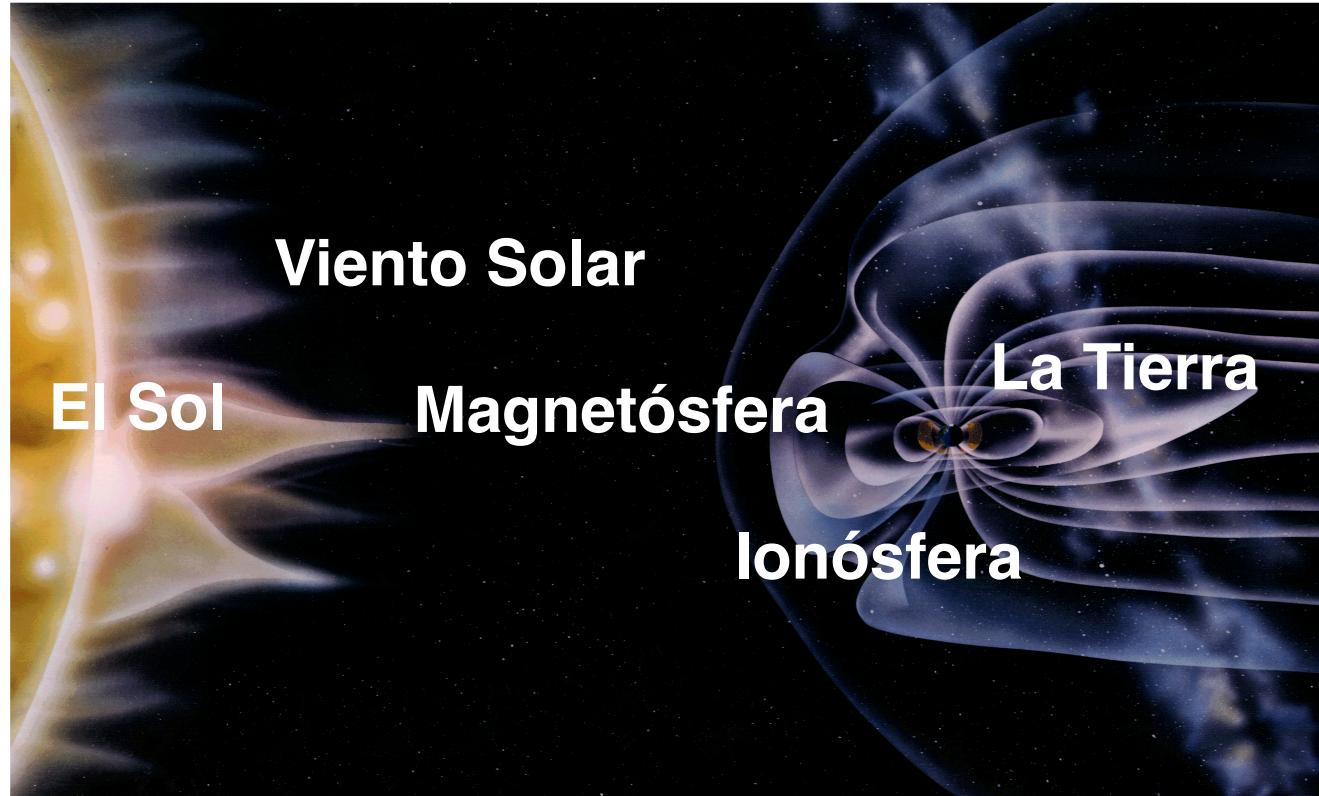


## Ejemplo de mapa de potencia de alta resolución



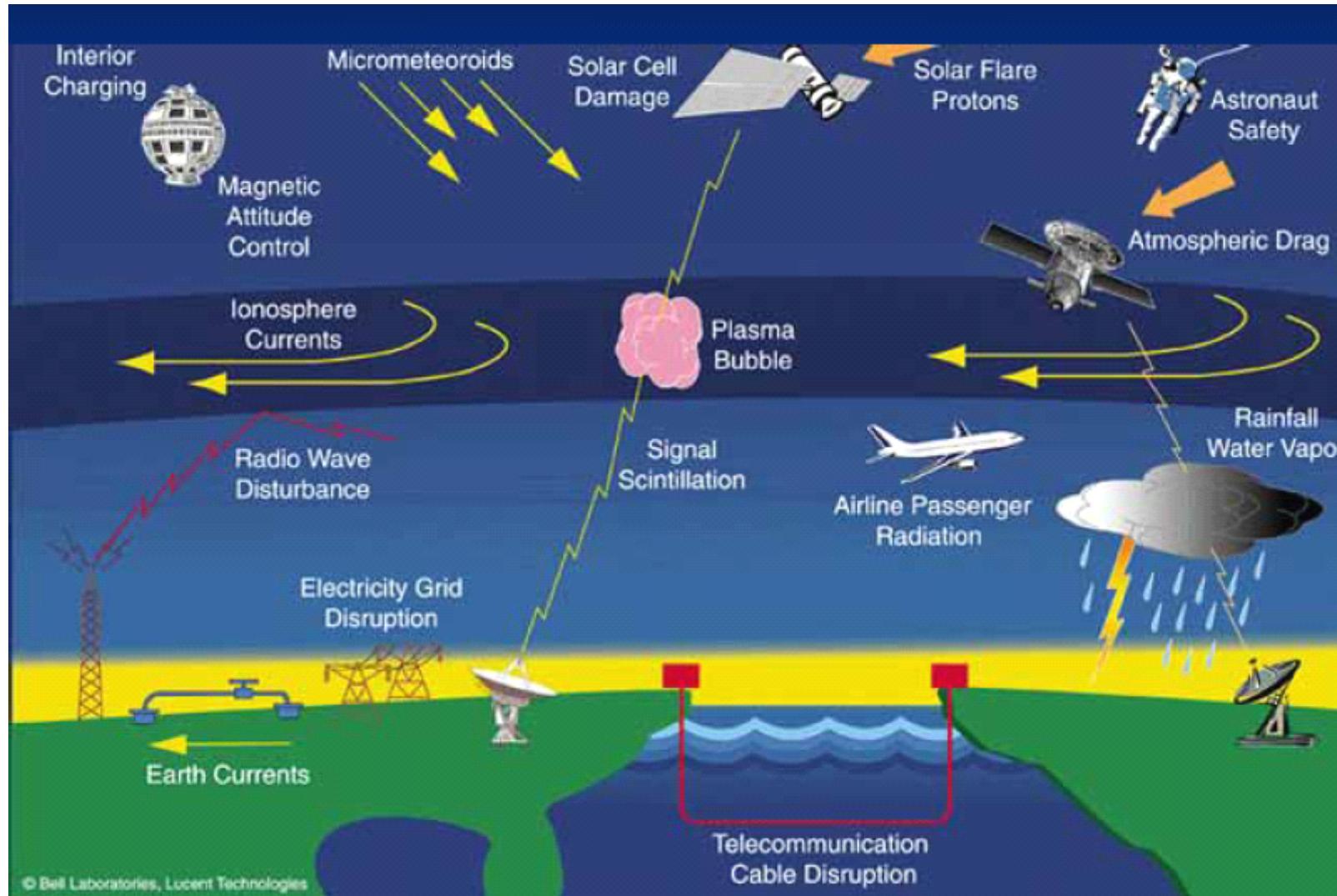
# ¿Por qué estudiamos la alta atmósfera?

# ¿Qué es el clima espacial?

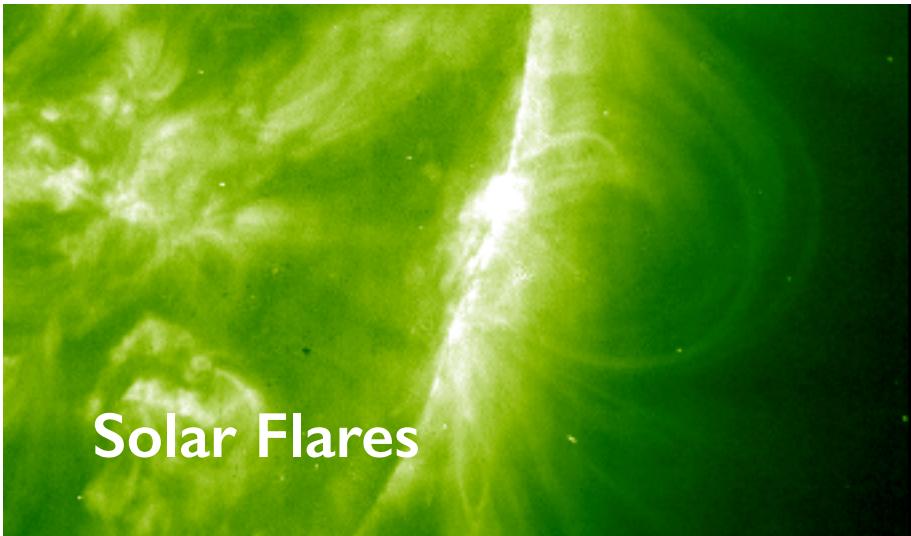


El clima espacial se refiere a las condiciones del Sol, el viento solar, la magnetósfera, la ionosfera y la termosfera que pueden influenciar la performance y confiabilidad de sistemas tecnológicos en la tierra y en el espacio que puedan poner en peligro la vida o la salud humana.

# ¿Cómo nos afecta el clima espacial?

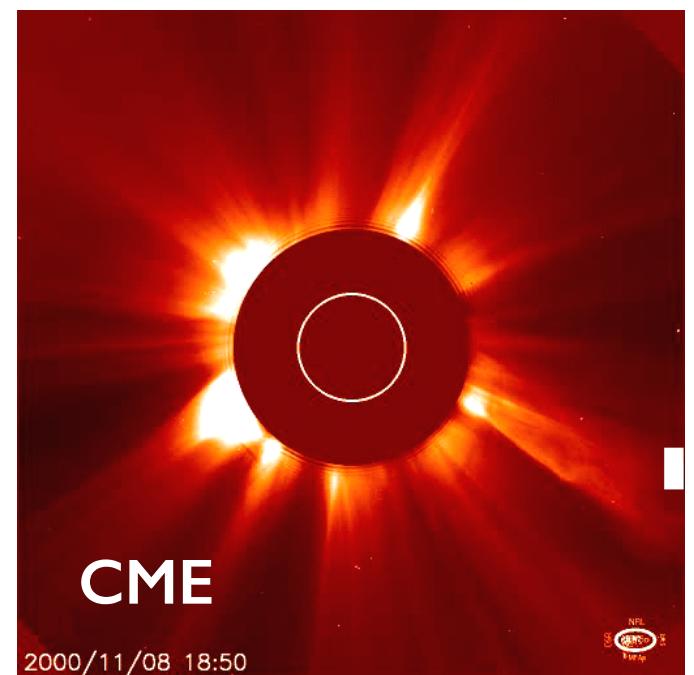


# Efectos en radio comunicaciones



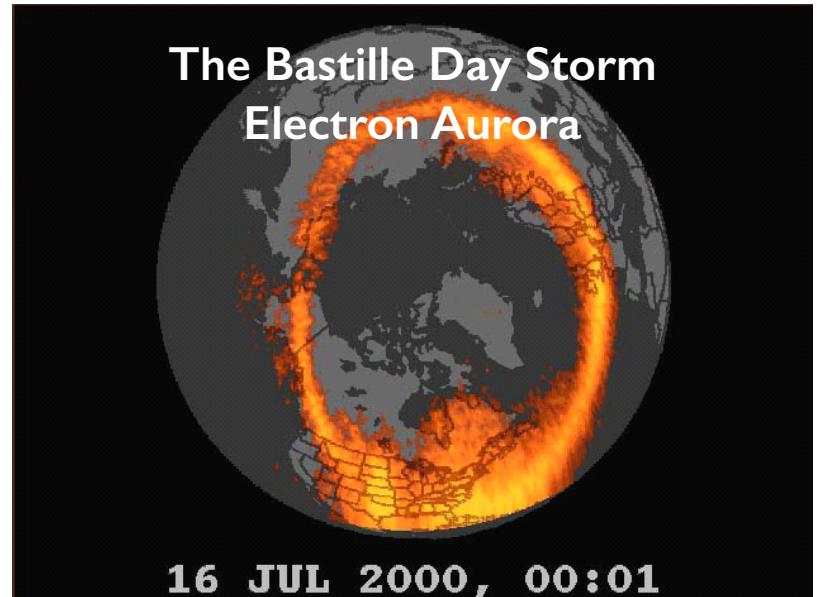
Erupciones solares (solar flares) envían rayos-X a la Tierra que modifican la ionósfera. Estas perturbaciones pueden degradar las comunicaciones de radio HF ( posible interrupción de enlaces).

Las eyecciones de masa coronaria (CME) pueden producir “nubes magnéticas” que llegan a la Tierra en 1 a 5 días. Dichas nubes generan tormentas geomagnéticas las cuales pueden afectar las comunicaciones HF y la navegación por GPS. Además, pueden inducir fallas en las plantas generadoras de electricidad.



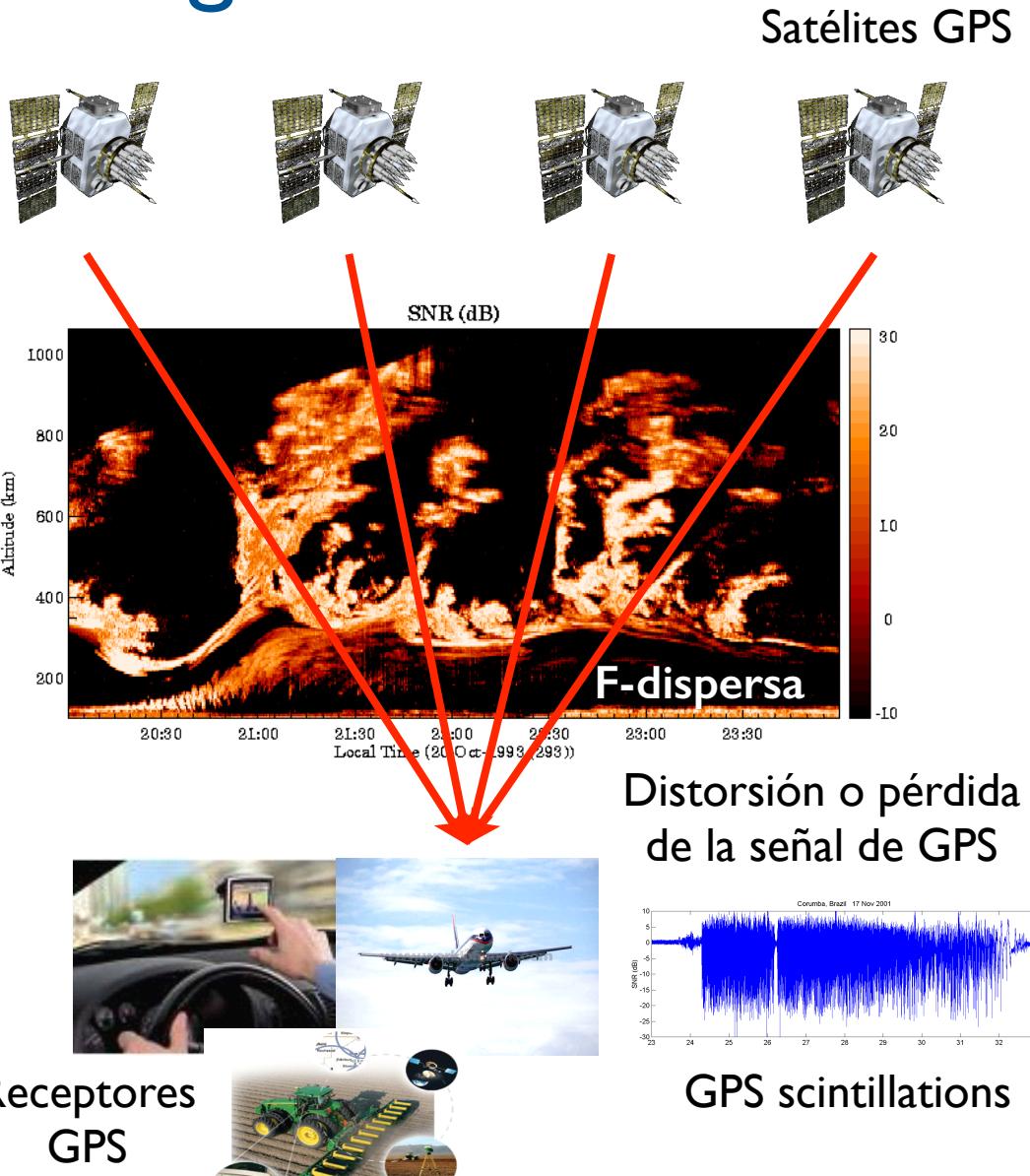
# Peligros de la radiación solar

- Los solar flares y los CME's también envían partículas energéticas a la Tierra.
- Los satélites e instrumental electrónico a bordo se pueden malograr.
- Los humanos también nos podemos ver afectados. Astronautas pueden ver afectada su salud por la radiación. También pasajeros y tripulantes volando sobre los polos durante tormentas magnéticas.



# Efectos en navegación GPS

- Perturbaciones de la ionósfera (ej. F-dispersa) producen distorsión o pérdida de la señal GPS.
- Como consecuencia, la precisión del posicionamiento por GPS se degrada.
- Ciertas aplicaciones se ven afectadas por el incremento en el error de posición (ej. auto-navegación, aterrizaje de aviones, etc.)



**Gracias por su atención.**