

# **Radar observations of the topside ionosphere**

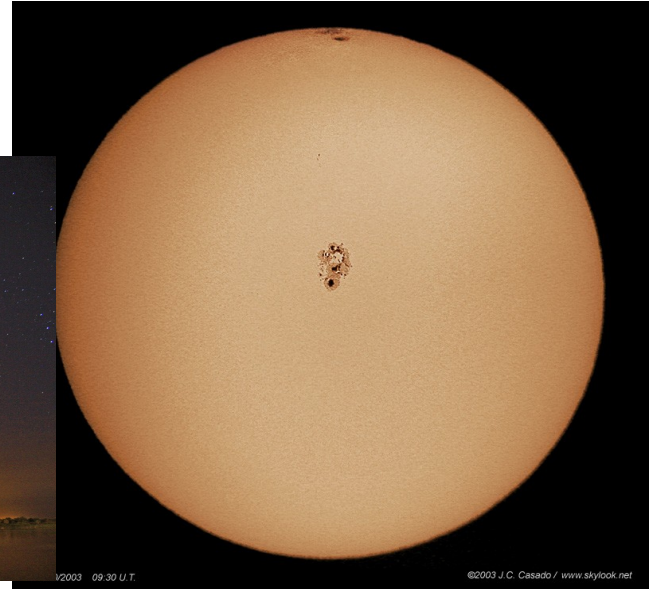
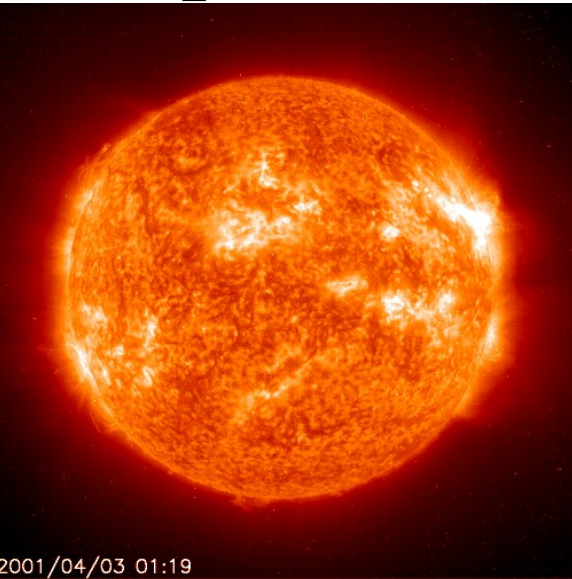
Luis Condori

(Jicamarca Radio Observatory)

# Espacio Cercano a la Tierra

- **Atmosfera:**
  - Capa de gases rodeando al planeta, retenido por la gravedad terrestre, protege a los seres vivos absorbiendo la radiación solar ultravioleta
  - **Neutra**
  - **Ionizada**

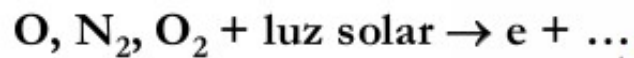
# Espacio Cercano a la Tierra



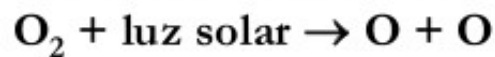


# Plasma en la Atmosfera terrestre

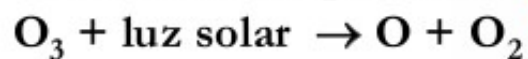
Ionización:



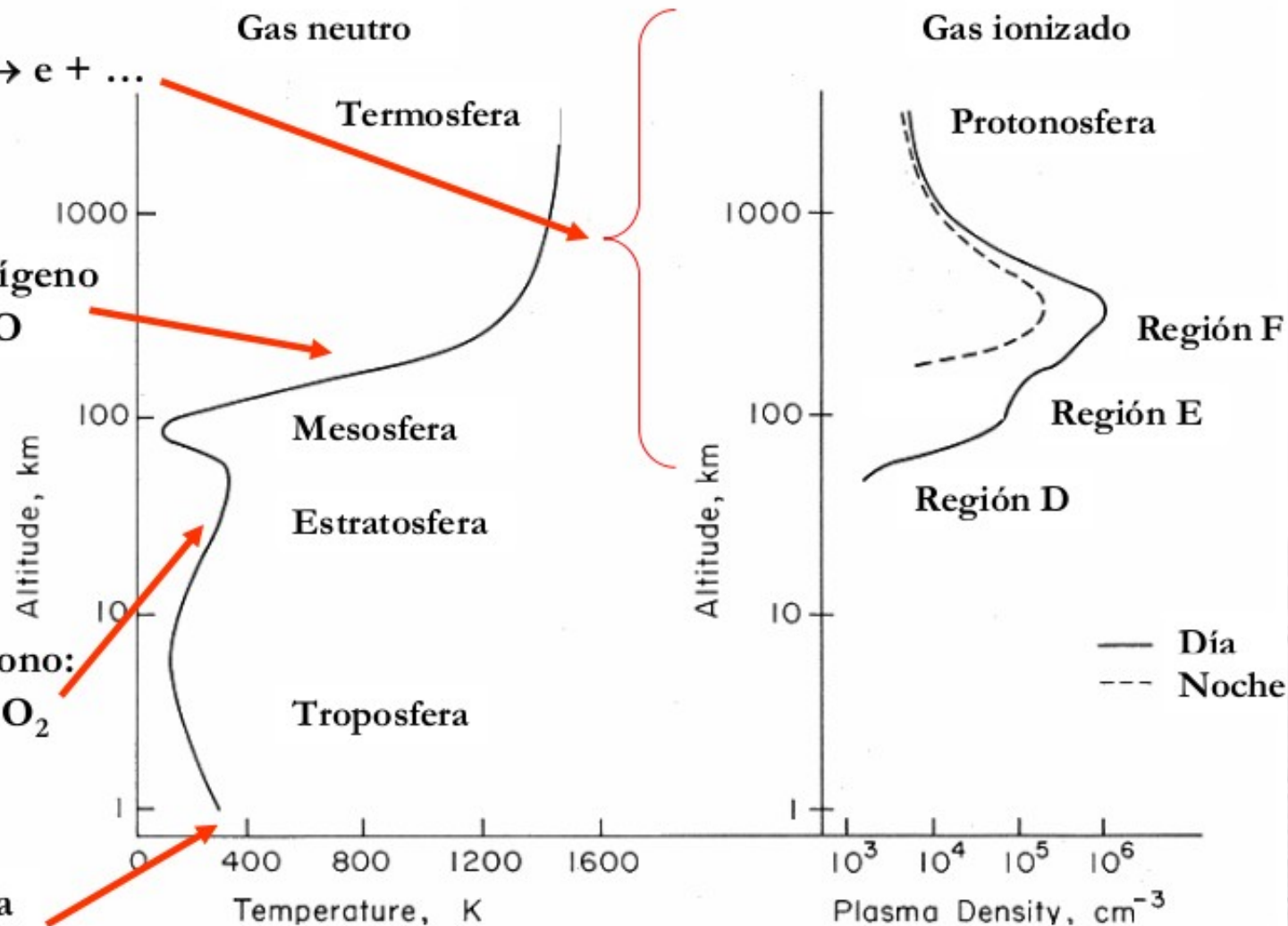
Calentamiento por Oxígeno



Calentamiento por Ozono:



Calentamiento de la Superficie



# Ionosfera

- Porción Ionizada de la alta atmósfera (60-1000km), rodea completamente la tierra.
- Producida por la foto-ionización de moléculas neutras por la radiación solar EUV y X-ray.

# Ionosfera (cont'd)

- Medio altamente dispersivo para ondas electromagnéticas hasta frecuencias de Ghz, métodos de radio y radar han sido aplicados par el estudio científico de esta parte de la atmósfera terrestre.
- La mayor parte del conocimiento de la Ionosfera proviene de observaciones realizadas con Radar(técnicas de radar de dispersión incoherente)

# Ionosfera (cont'd)

- Entender y profundizar los conocimientos acerca de los complejos fenómenos que ocurren en nuestro ambiente.
- Clima espacial.
- Comunicaciones y tecnología espacial.



# Técnicas é instrumentos usados para la investigación del espacio cercano a la tierra

## In-Situ:

- Cohetes (**PERSEUS**)
- Satélites con instrumentos a bordo (**C/NOFS**)
- Globos

## Remota(Estaciones en tierra):

- Radar (**Jicamarca ISR**)



## Incoherent Scatter Radar (ISR):

- Técnica capaz de proporcionar mediciones simultáneas de parámetros ionosféricos como:
  - **Densidad de electrones**
  - **Composición**
  - **Temperatura de iones y electrones**
  - **Velocidad del plasma (Drift)**

# Algunas Mediciones realizadas en Jicamarca

## (Ionosfera 100-2000km)

- Velocidad de las Derivas del Plasma (Verticales y Horizontales), Campo Eléctrico

Jicamarca proporciona estas medidas con mucha precisión (orden de 0.5 m/s), el **Drift Vertical** está relacionado con el campo eléctrico.

- Densidad de Electrones

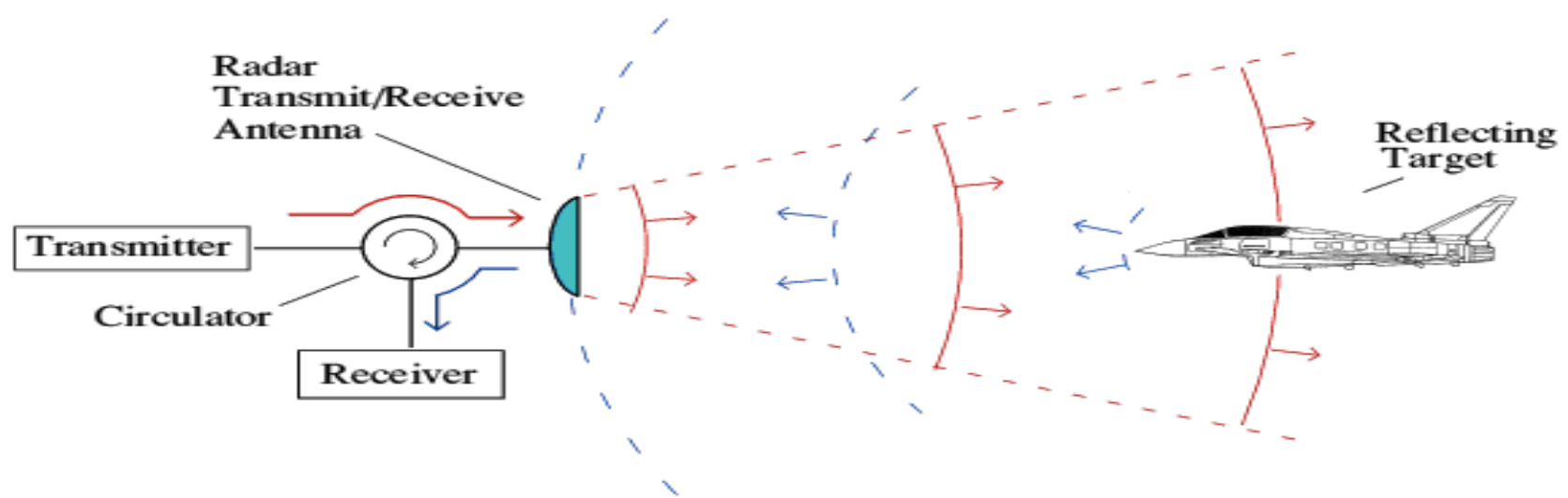
Medidas absolutas conseguidas usando el efecto de rotación Faraday sobre las ondas electromagnéticas.

- Temperaturas y composición iónica

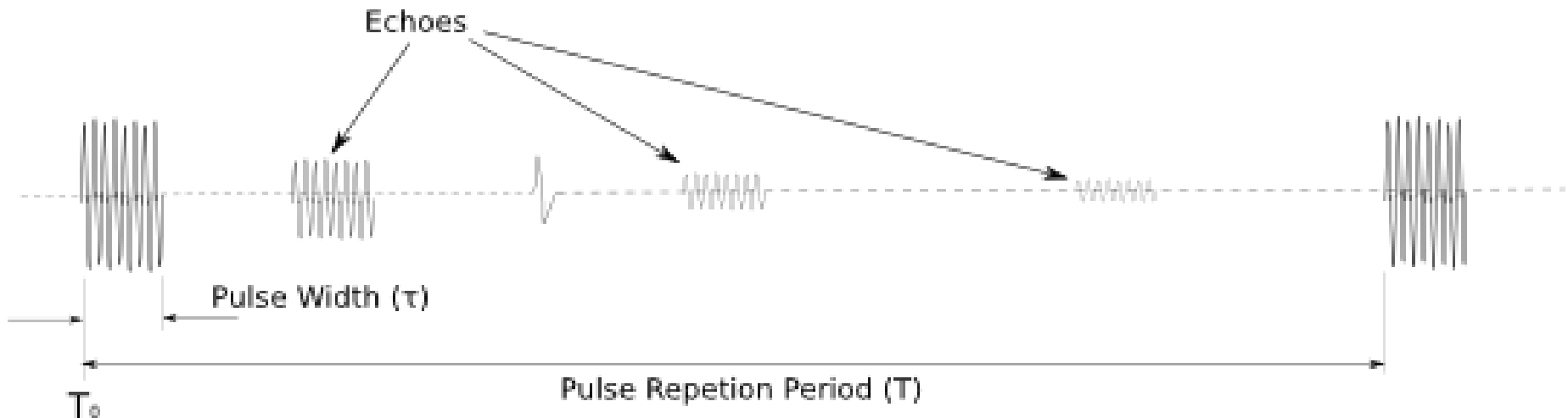
Obtenidas usando la técnica de doble pulso y pulso largo para generar funciones de auto-correlación (ACF).

# Técnicas de Radar (radar pulsado, rango, detección, resolución, objetivo o blanco, eco, retardo, periodo de repetición del pulso)

I



retardo 1mseg = 150km de distancia  $(v=e/t)$



# Radar de Jicamarca

- Radar Pulsado, 50MHz(49.92MHz).
- Antena de 300x300 m<sup>2</sup> de area total( 64x2 modulos ortogonales independientes con 18432 dipolos)
- 3 transmisores de 1.5MW c/u.
- Apunte variable del beam de la antena.
- Multiples canales de recepci3n (receptores digitales).



# Pre-procesamiento de datos (voltajes)

$v(t) \rightarrow$  Voltaje en cada canal de recepcion

## Transformacion de dominios

$$v(t) \rightarrow F(f) \quad (FFT : Transformada de Fourier)$$

$$v(t) \rightarrow \rho(\tau) \quad (ACF : Funciones de correlacion)$$

## Transformada de Fourier

$$F(f) = \int v(t) e^{-2\pi jft} dt$$

$$F_i = \sum_{k=0}^{n-1} v_k e^{-2\pi(ji/n)k} \quad i=0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (Discrete FT)$$

## Funciones de Correlacion

$$R_v(\tau) = \int \bar{v}(t) v(t+\tau) dt \quad (ACF : Funcion de Auto Correlacion de v(t))$$

$$R_i = \sum_n \bar{v}_n v_{n-i} \quad i=0, 1, 2, \dots, n-1$$

# Analisis de datos

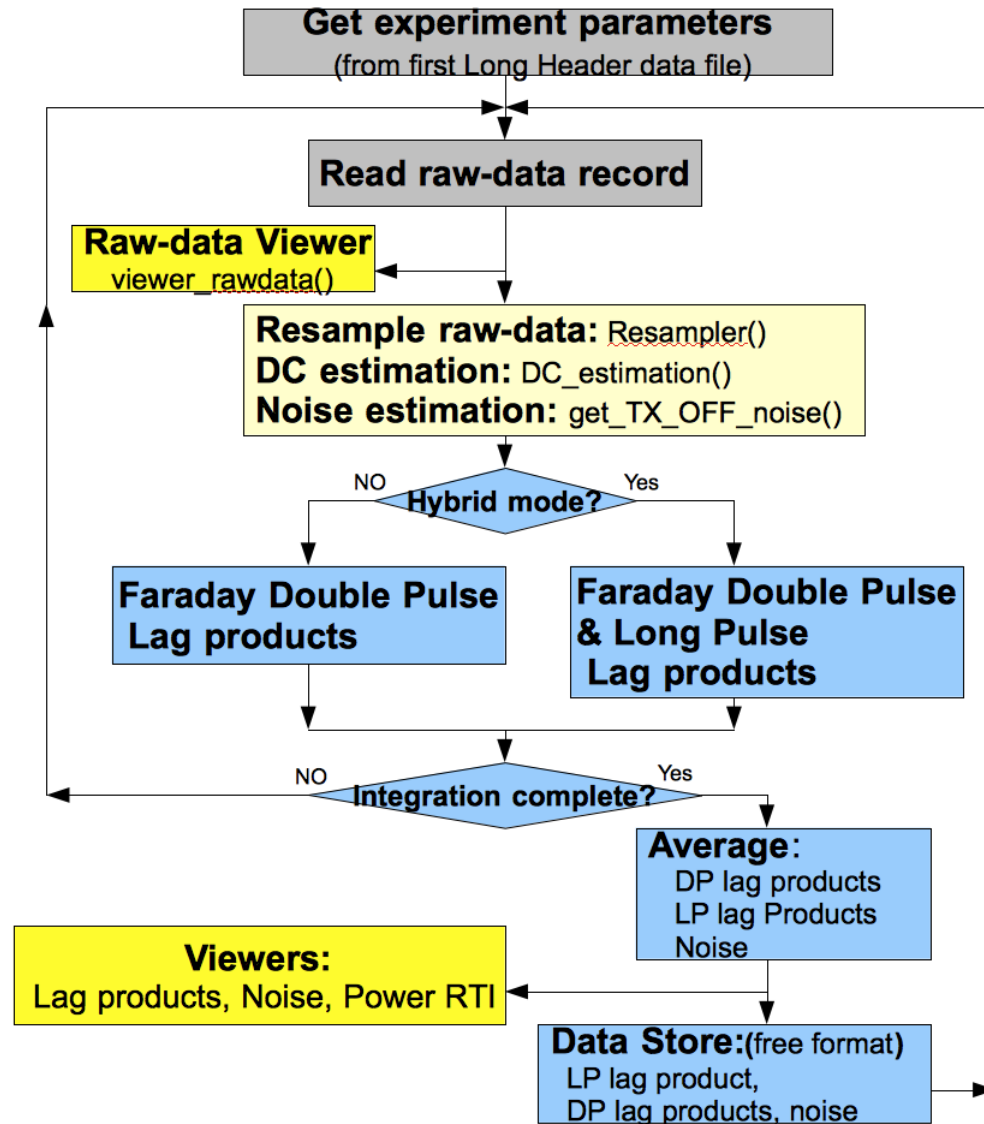
Los **Espectros/ACF** proporcionados por el radar son comparados con modelos ionosfericos (ISR theory), para encontrar los valores de los parametros ionosfericos que mejor se ajustan (problema de inversion).

$$F(\omega) \text{ ó } \rho(\tau) = f(B, N_e, T_e, T_i, \nu, He^+, H^+, O^+, \dots)$$

$$N_e(h) = K * d\phi(h)/dh \text{ (Densidad de electrones)}$$

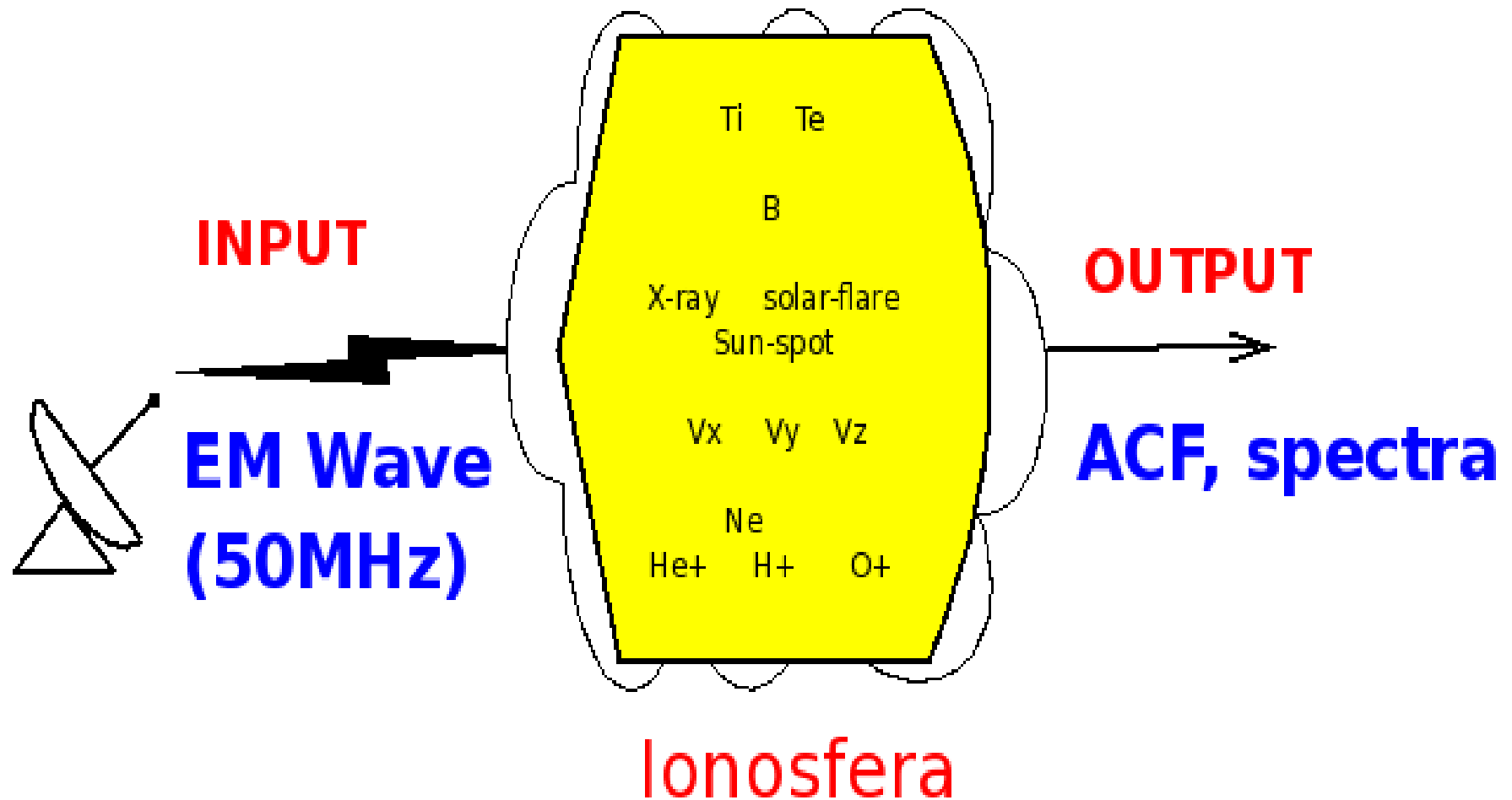
$\phi(h)$  es la rotacion de faraday que sufre la señal a una altura determinada)

## Topside experiments: data pre-processing



|                                                 |
|-------------------------------------------------|
| Specialized processing (C, libraries C/Fortran) |
| Basic processing (C)                            |
| Instrument raw-data management (C)              |
| Test point viewers (C, libraries C/Fortran)     |

# Analisis de datos (modelos)





# **Topside: Experimentos híbridos en Jicamarca**

## **- Experimento convencionales (Faraday DP:densidades y temperaturas):**

- Ancho del pulso 15km (ionosfera quieta, resolución de 15km)
- Medidas aceptables hasta 500-600km de altura

## **- Experimento híbridos (convencional + específico):**

- Ancho del pulso 240-300km aumento de sensibilidad(topside)
- Medidas aceptables desde 450 hasta 1000-2000km de altura

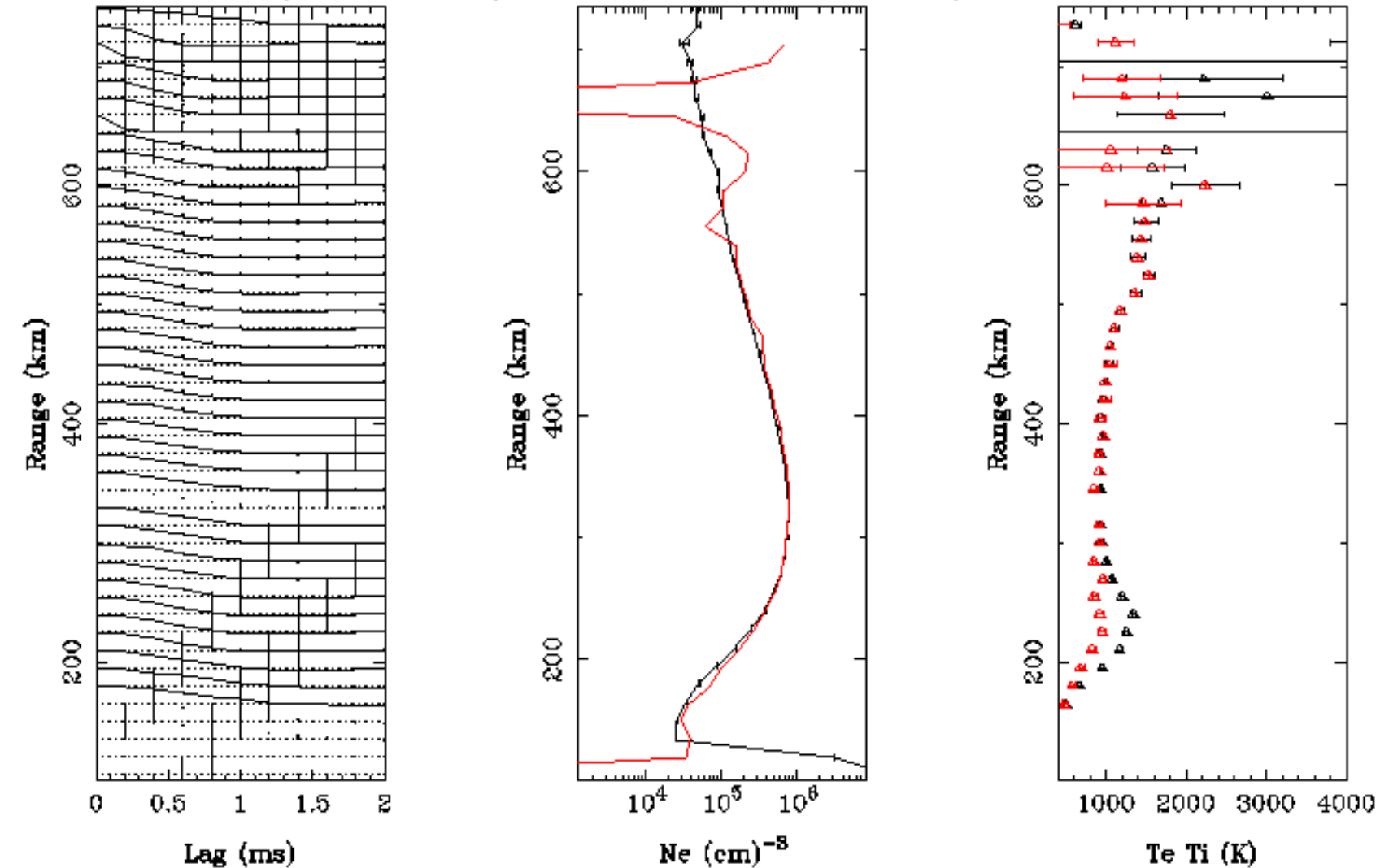
## **- Extender el rango de mediciones hasta por encima de 1000km de altura.**

## **- “Extreme solar minimum” (la mas baja ionización histórica registrada)**

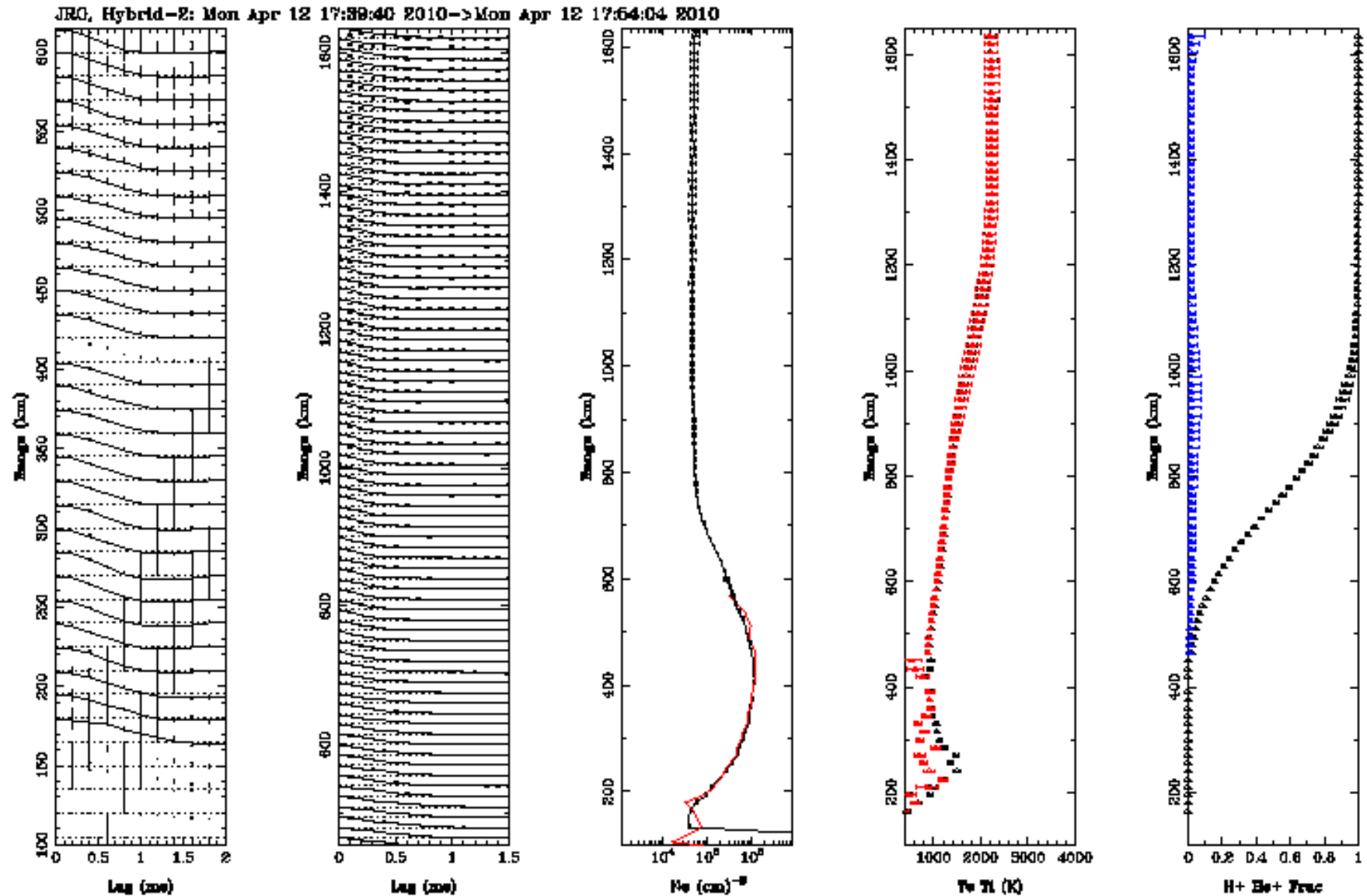
# Densidad de electrones, Temperaturas de iones y electrones

## Experimento: Rotacion Faraday DP

JRO, Faraday DP: Tue May 11 17:37:38 2010 → Tue May 11 17:52:20 2010



# Densidad de electrones, Temperaturas de iones y electrones, Composicion (Experimento: Rotacion Faraday DP y Pulso Largo (Hybrid-2))



# Otros fenomenos en topside

## - Plasma bubble (ESF)

- A 2500km de altura el beam de la antena es Perpendicular a las lineas de campo magnetico
- ESF durante el dia (Hysell&Chau CEDAR-2010)

daytime ESF

