

*Reunión SIRGAS 2008 y 2<sup>do</sup> Taller del Grupo de Trabajo I  
Servicio Geográfico Nacional, Montevideo, Uruguay  
26 al 29 de mayo de 2008*

# ***Hacia nuevas aplicaciones de los productos ionosféricos de SIRGAS***

**Claudio Brunini**

*Geodesia Espacial y Aeronomía*

*Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas*

*Universidad Nacional de La Plata*

*Argentina*

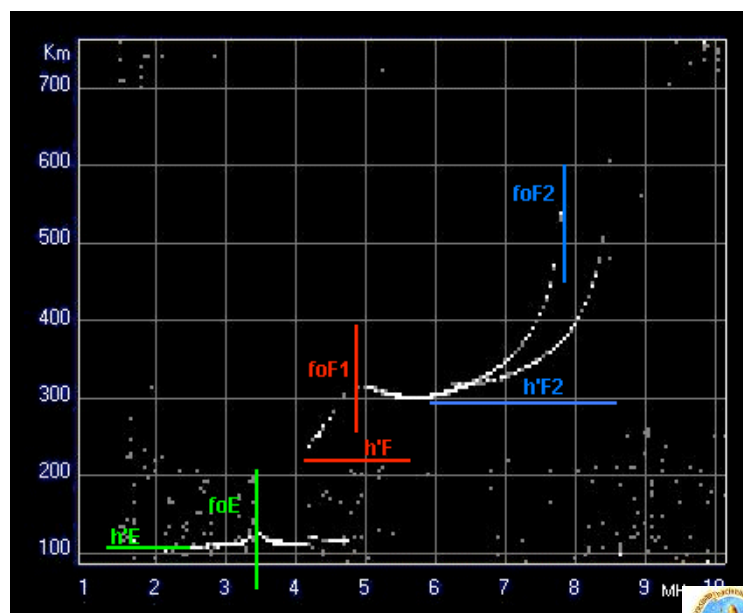
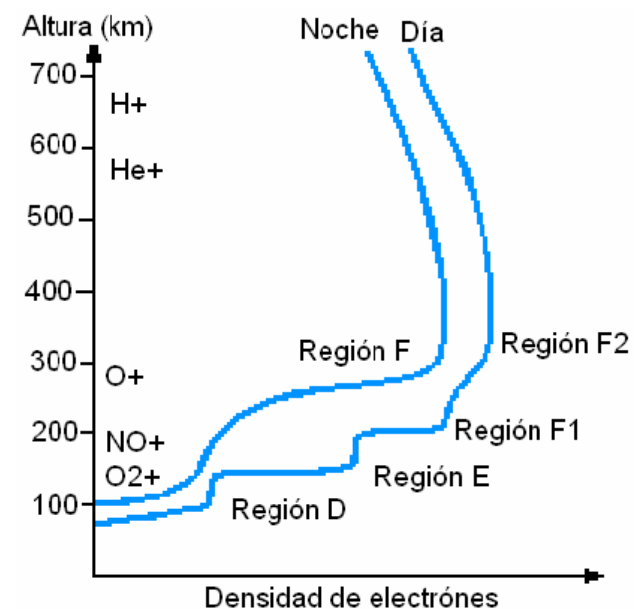
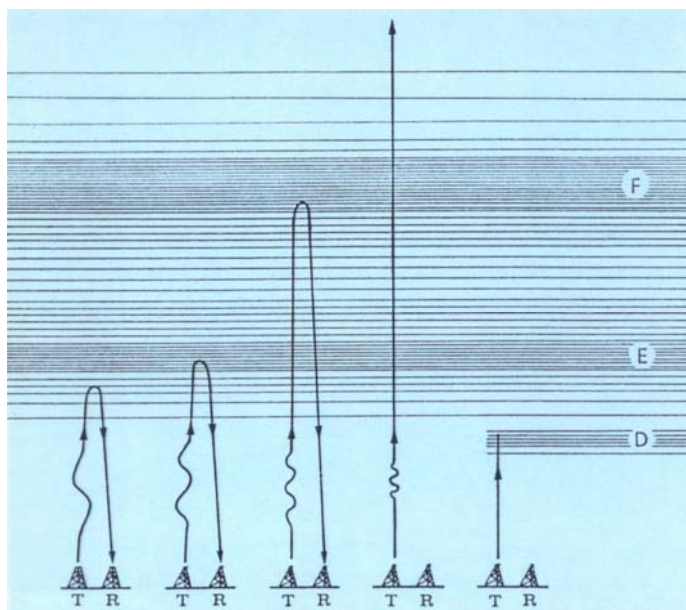


## La densidad electrónica y su medición

- ☐ Radiosondas de incidencia vertical (1-20 MHz)
- ☐ Principales parámetros:  $N_m F2$  y  $h_m F2$

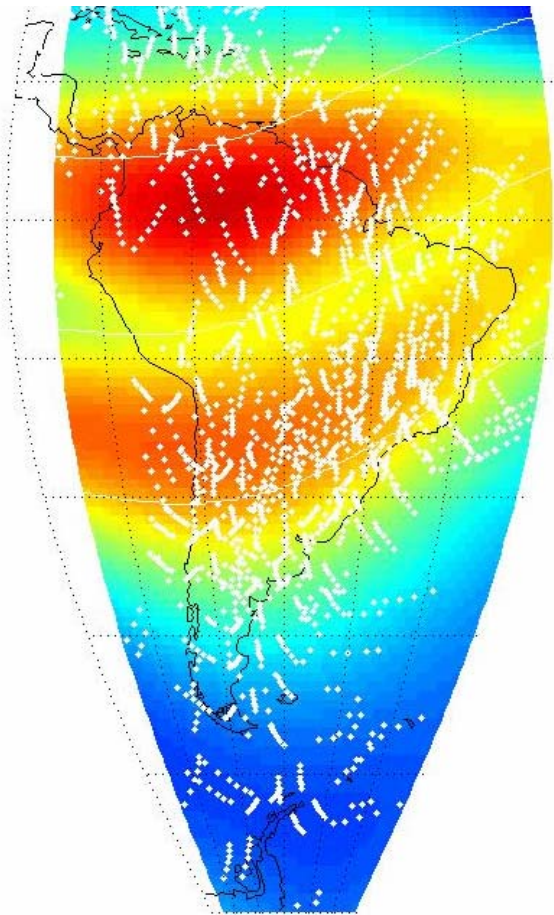
$$N_e \cong 1.24 \times 10^{10} f^2 [MHz]$$

$$h_v = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$

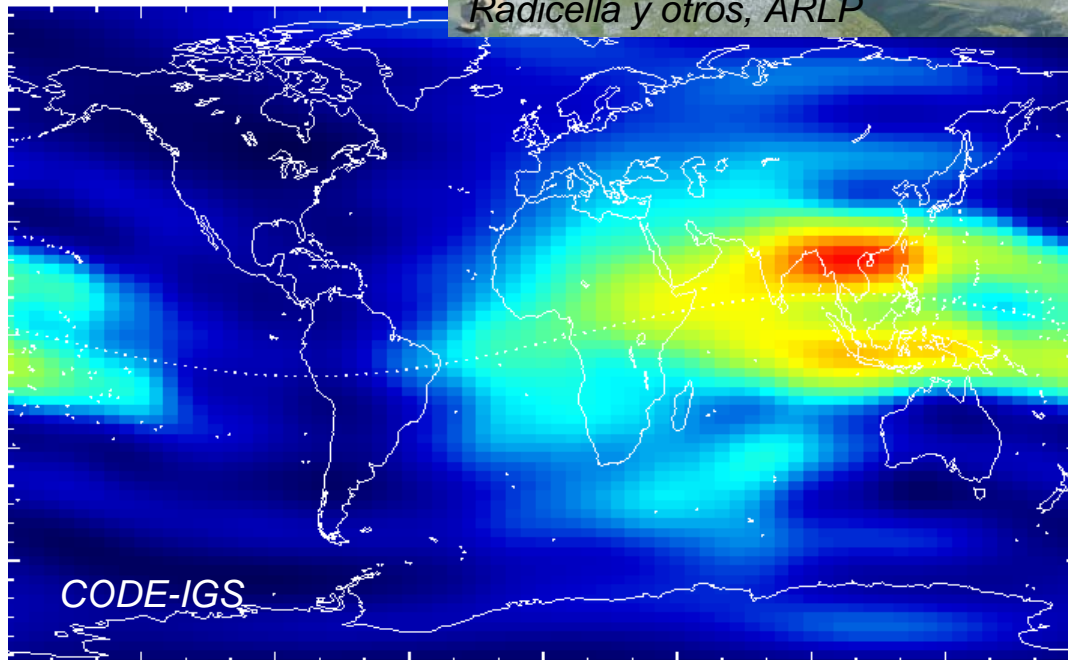
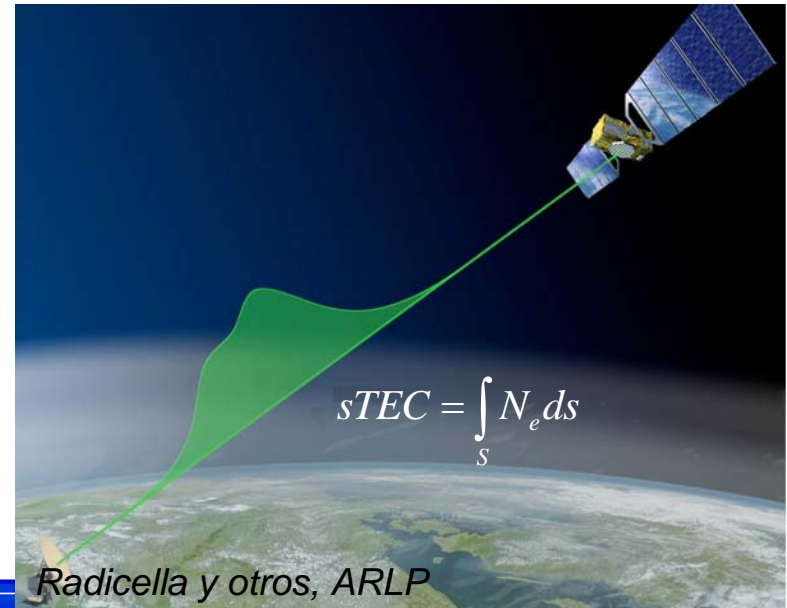


## El TEC y su medición del TEC

- ❑ Mediciones GPS calibradas
- ❑ Mapas globales y regionales



SIRGAS-CPLat

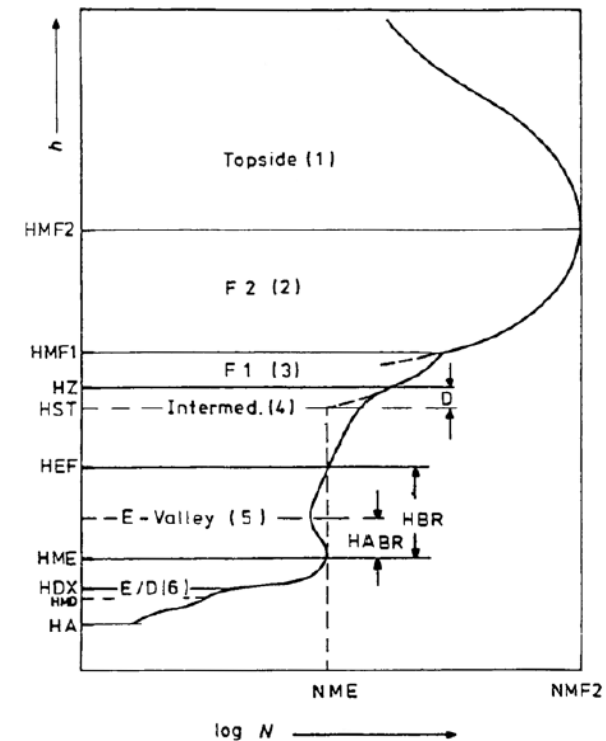
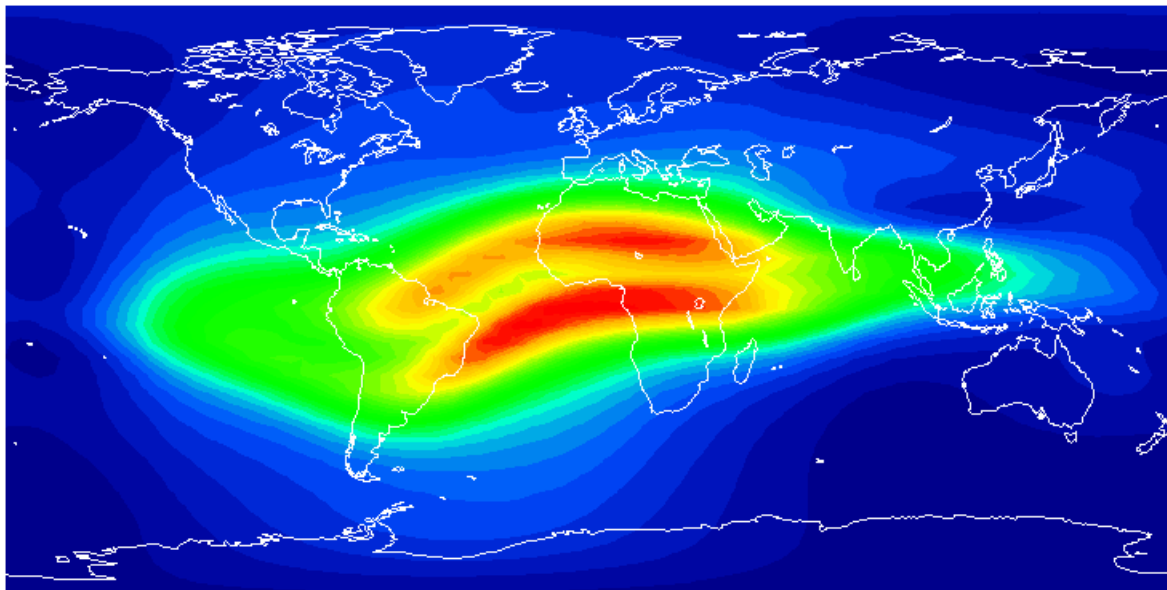


# La Ionosfera Internacional de Referencia (IRI)

- ❑ Proyecto auspiciado por la URSI y el COSPAR
- ❑ Perfil de densidad electrónica basado en una formulación empírica que reproducen el comportamiento observado
- ❑ Parámetros críticos:  $N_m F2$  y  $h_m F2$

$$N_e = F(\varphi, \lambda, h, t; N_m F2, h_m F2)$$

$$sTEC(\varphi, \lambda, A, E, t) = \int_{\varphi, \lambda, A, E} F \cdot ds$$



*Billtza, D. (ed.), International Reference Ionosphere 1990, NSSDC 90-22, Greenbelt, Maryland, 1990.*

## Base de datos ITU-R (antes CCIR)

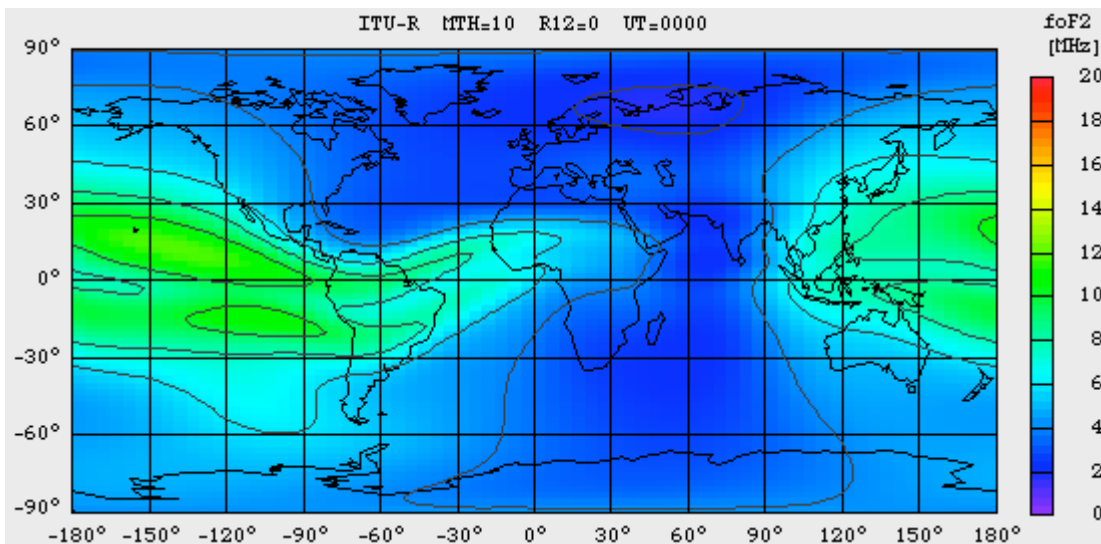
- Permite calcular los parámetros críticos  $N_m F2$  y  $h_m F2$  ( $f_o F2$  y  $M3000F2$ )

$$\Omega(\varphi, \lambda, t) = \alpha_0(\varphi, \lambda) + \sum_{j=1}^J \left[ \alpha_j(\varphi, \lambda) \cdot \cos\left(j \frac{2 \cdot \pi}{24} t\right) + \beta_j(\varphi, \lambda) \cdot \sin\left(j \frac{2 \cdot \pi}{24} t\right) \right]$$

- Valores medios mensuales

$$\alpha_j(\varphi, \mu, \lambda) = \sum_{k=0}^K u_{j,k} \cdot G_k(\varphi, \mu, \lambda)$$

- Dos niveles de actividad solar ( $R12=0$  y  $R12=100$ )



- Derivados de una red global de ~150 sondadores
- Mediciones entre 1954 y 1958
- $(988 + 441) * 2 * 12 = 34.296$  coeficientes

*CCIR Atlas of Ionospheric Characteristics, Comité Consultatif International des Radiocommunications, Report 340-4, International Telecommunications Union, Geneva, 1967.*

## Juntando las piezas ...

Observaciones GPS SIRGAS-CON  
Procesamiento con el modelo LPIM



$sTEC(\varphi, \lambda, A, E, t)$



“Observado – Calculado”

$$\Delta sTEC = sTEC - \text{Calculado}$$

Correcciones que minimizan las diferencias “O-C”

$$\Delta\alpha_{0f0F2}(\varphi, \lambda), \Delta\alpha_{0f0F2}(\varphi, \lambda)$$

Una corrección por estación y por época estimada mediante un filtro Kalman

Modelo IRI  
Base de datos ITU-R



$\alpha_{0f0F2}(\varphi, \lambda)$

$\alpha_{0M(3000)F2}(\varphi, \lambda)$

$$N_e = F(\varphi, \lambda, h, t; N_m F2, h_m F2)$$

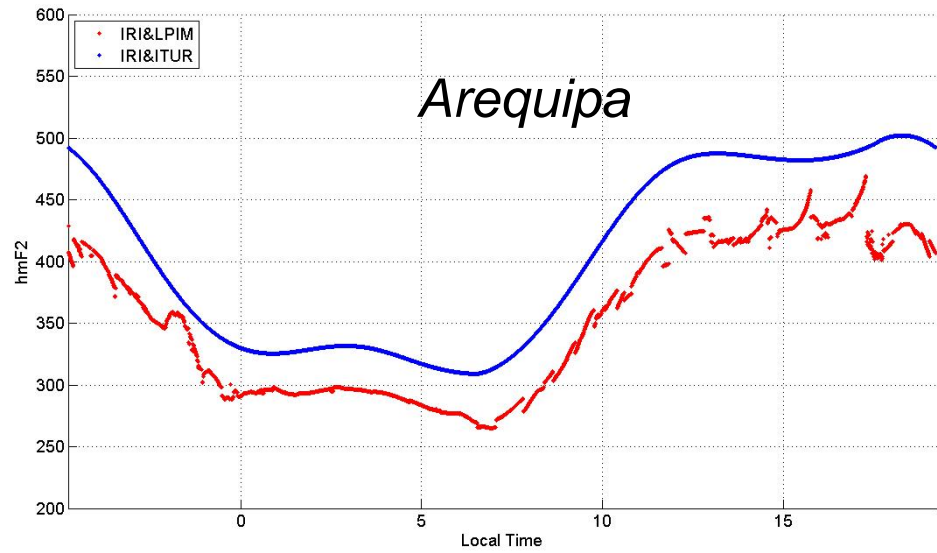
$$sTEC(\varphi, \lambda, A, E, t) = \int_{\varphi, \lambda, A, E} F(\varphi, \lambda, h, t; N_m F2, h_m F2) \cdot ds$$



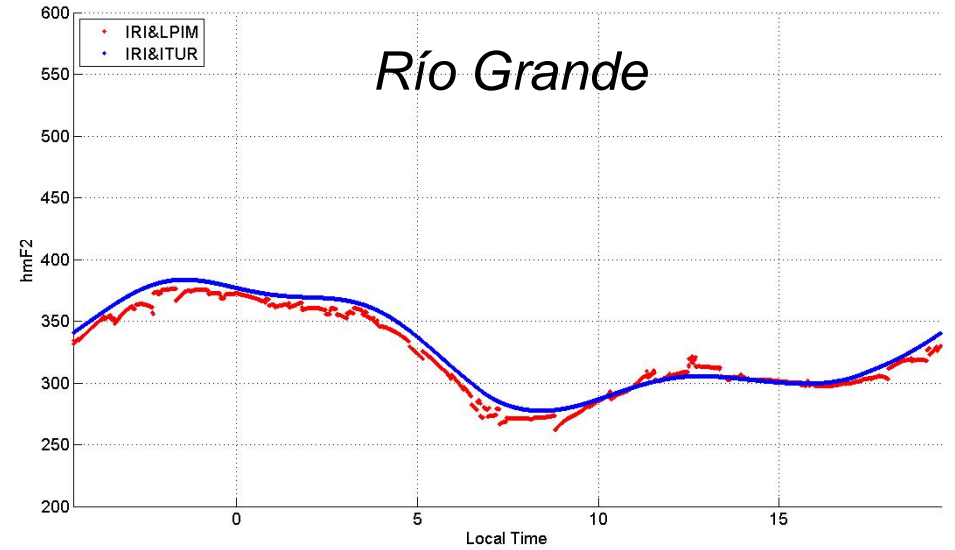
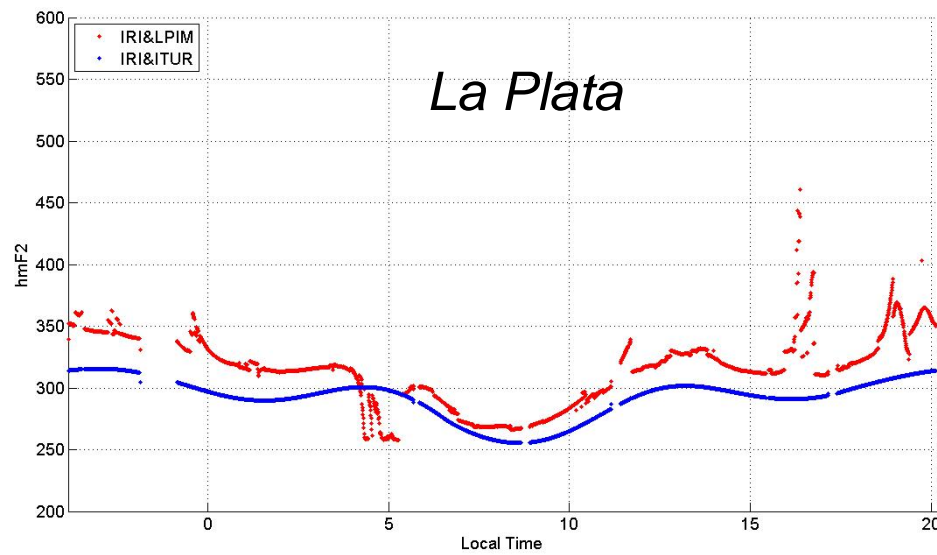
## *Experimentos*

- *Tres sitios:*
  - ✓ *Arequipa, latitud baja (-71°.5, -16°.5)*
  - ✓ *La Plata, latitud media (-57°.9, -34°.9)*
  - ✓ *Río Grande, latitud alta (-67°.8, -53°.8)*
- *Fecha: septiembre 21, 2001*
  - ✓ *Actividad solar alta (R12=157)*
  - ✓ *Equinoccio de primavera*

# $h_m F2$

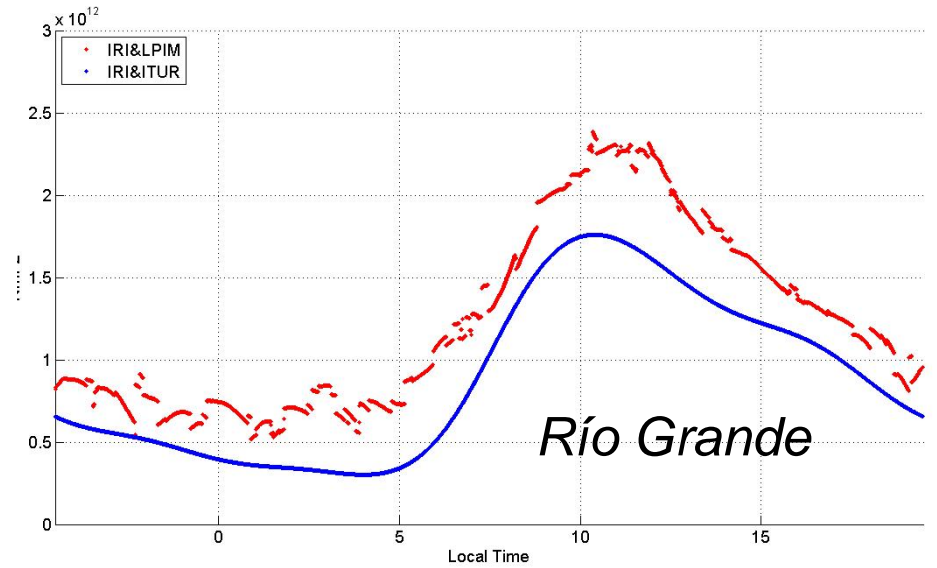
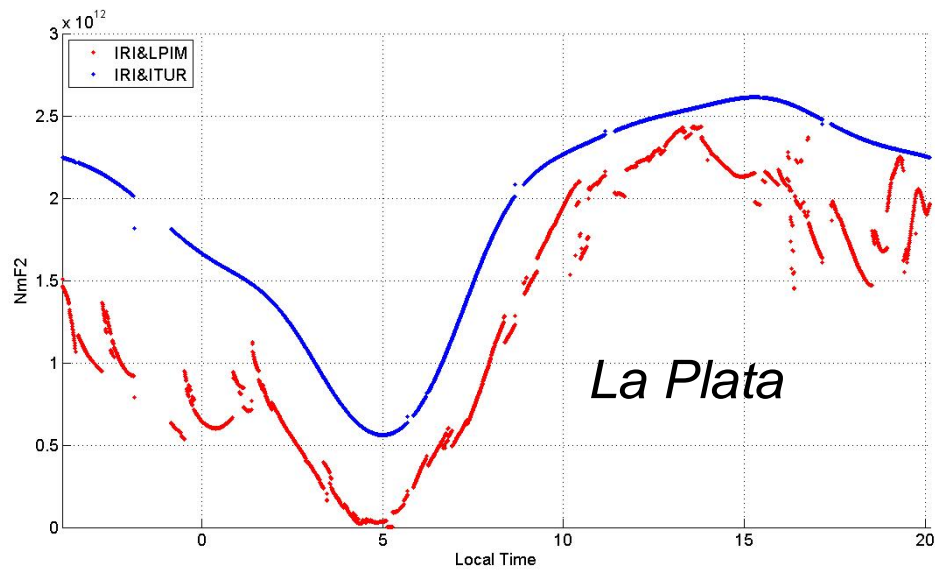
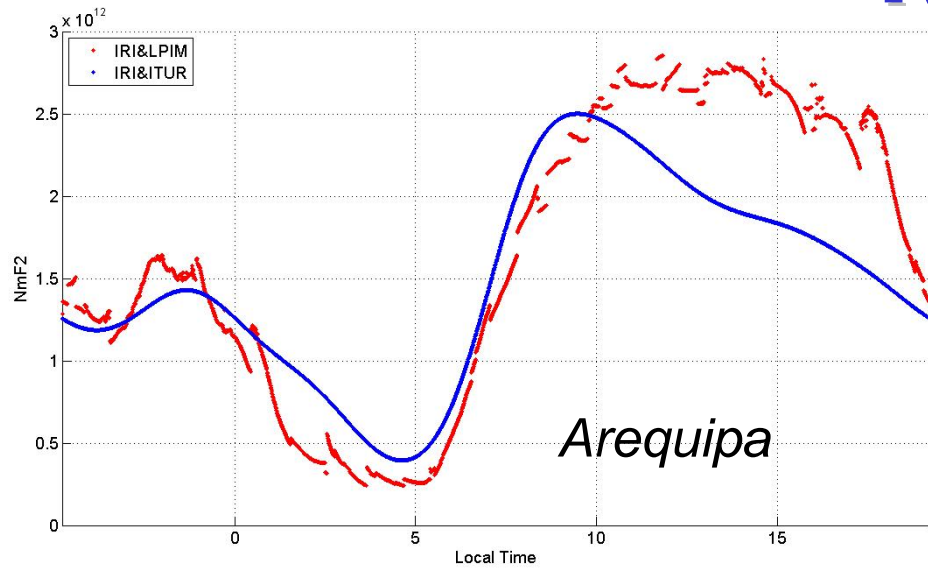


ITU-R  
GPS





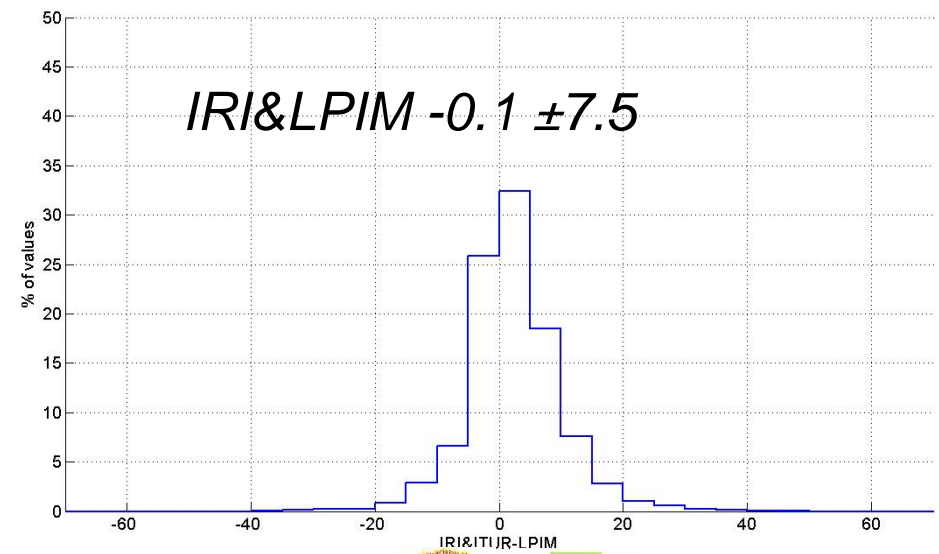
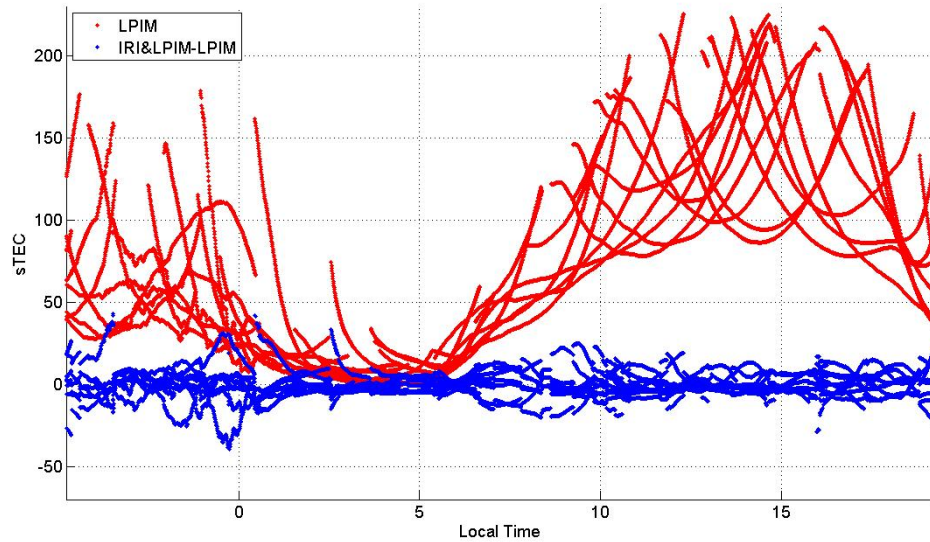
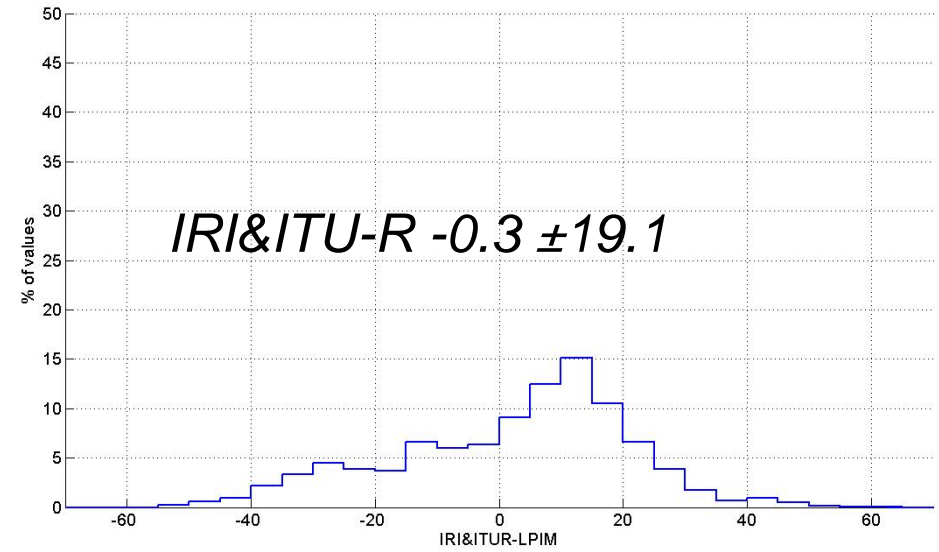
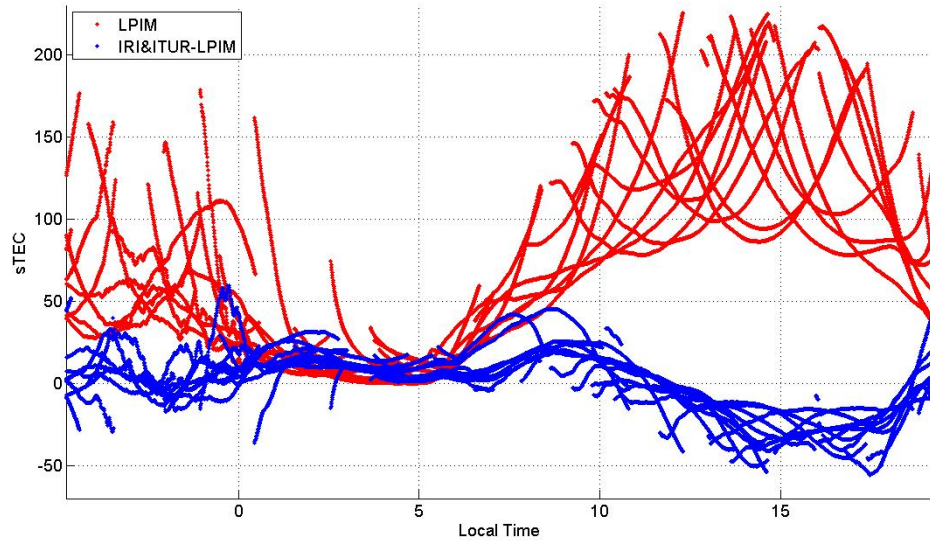
# $N_m F2$



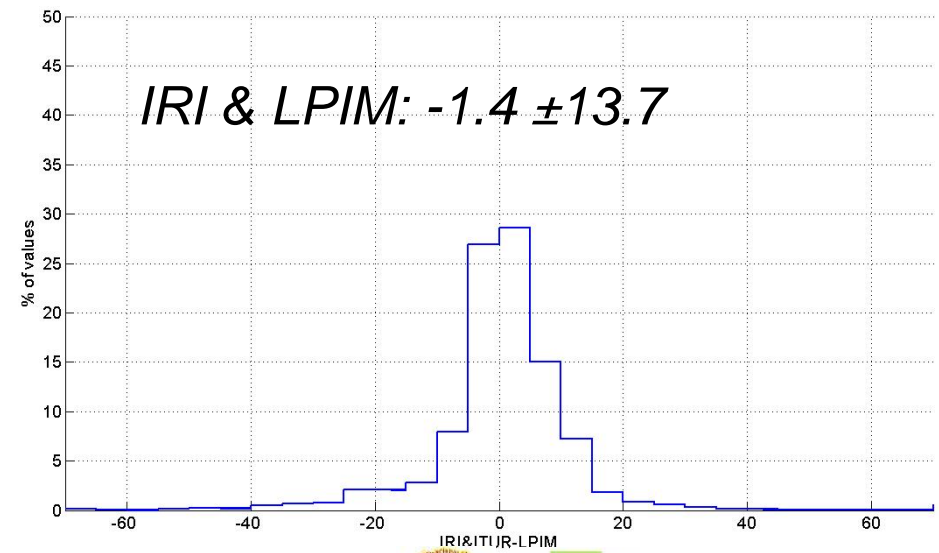
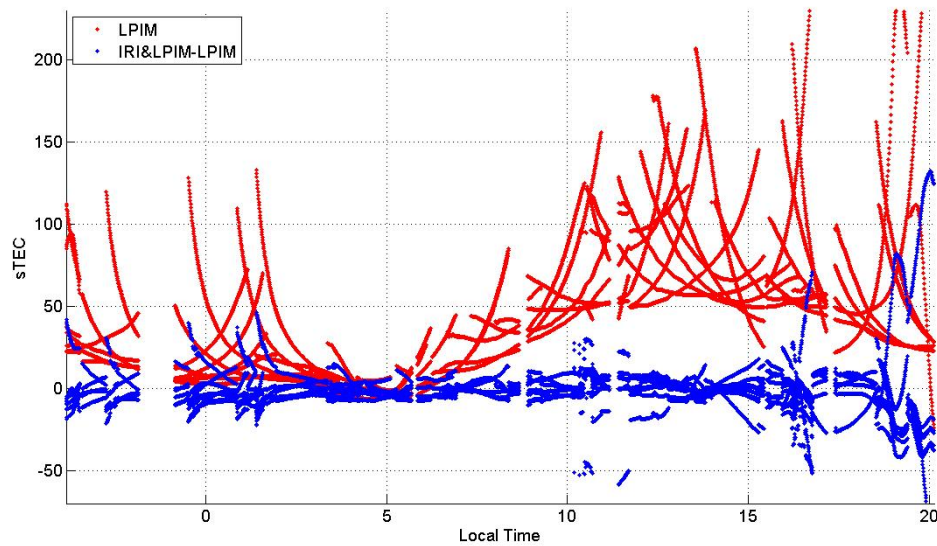
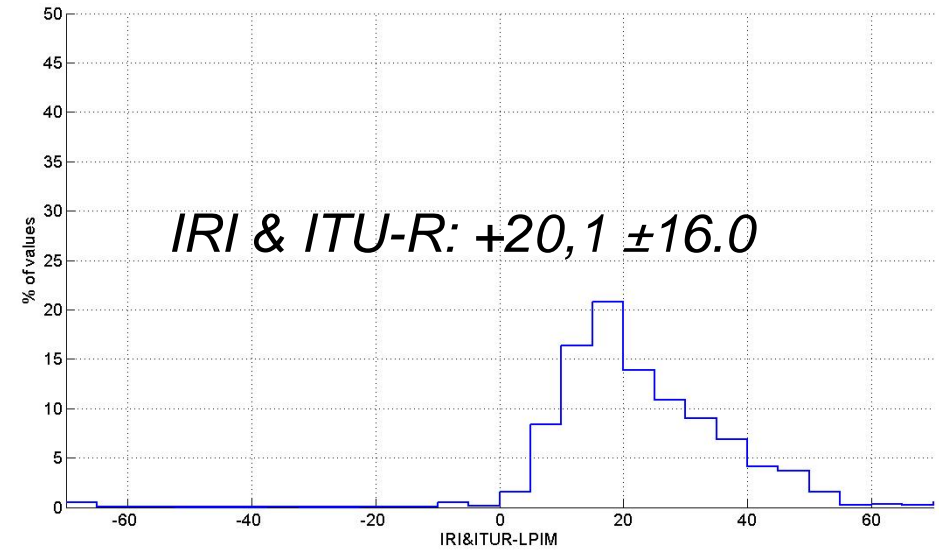
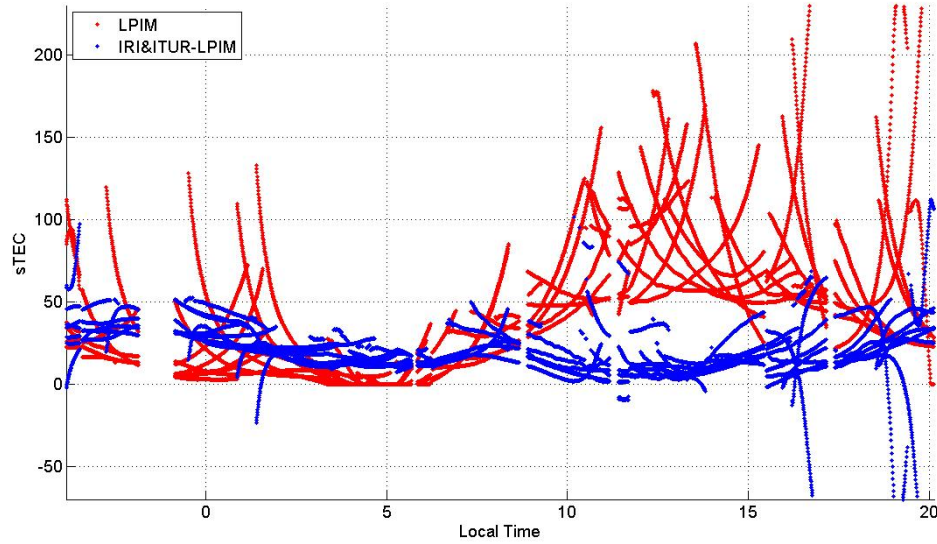
ITU-R  
GPS



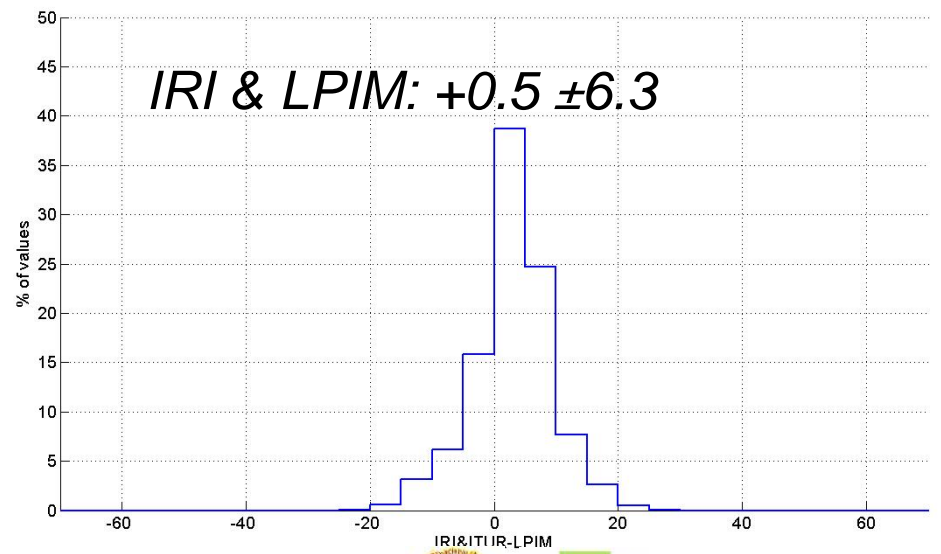
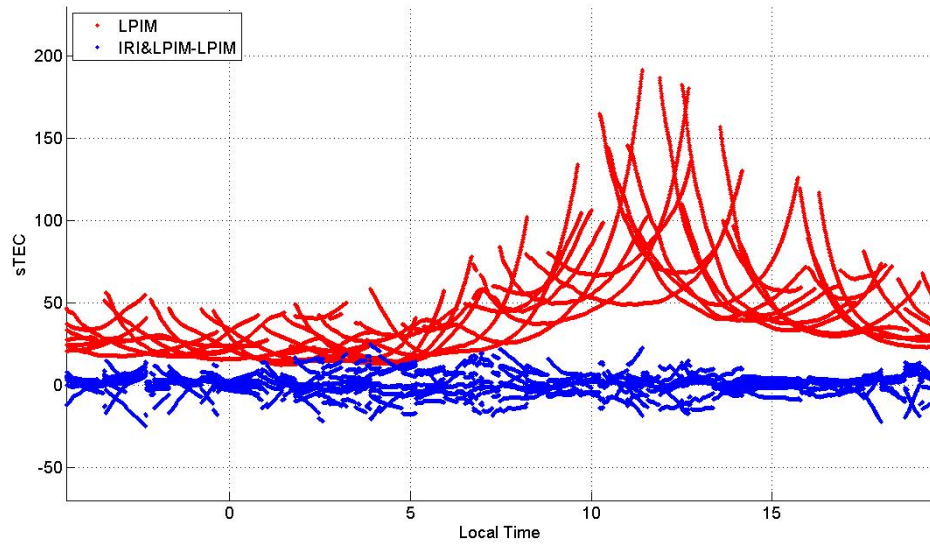
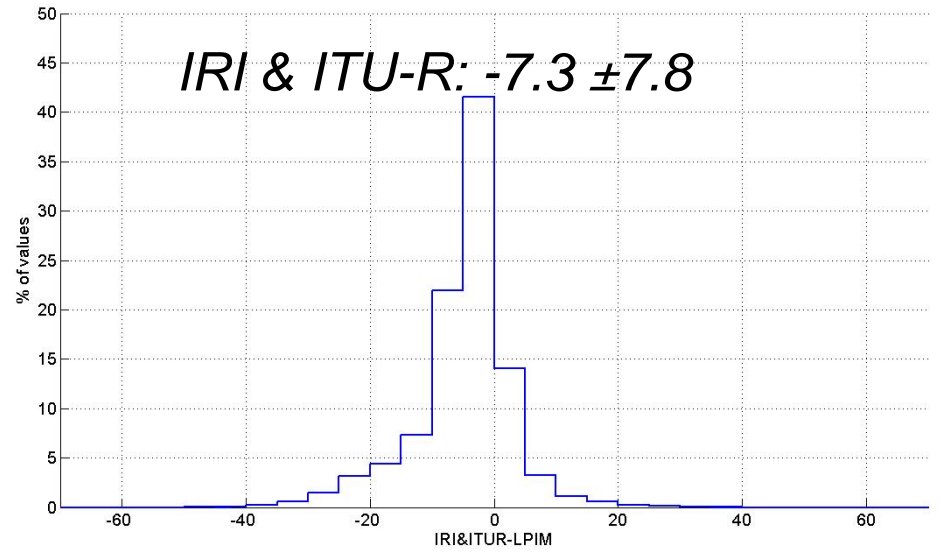
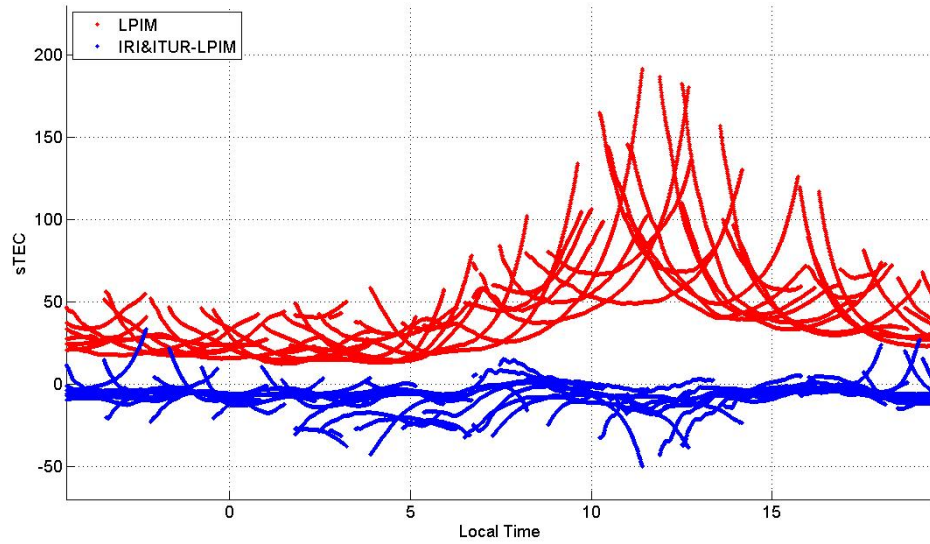
# “sTEC y O-C” - Arequipa



# "sTEC y O-C" - La Plata

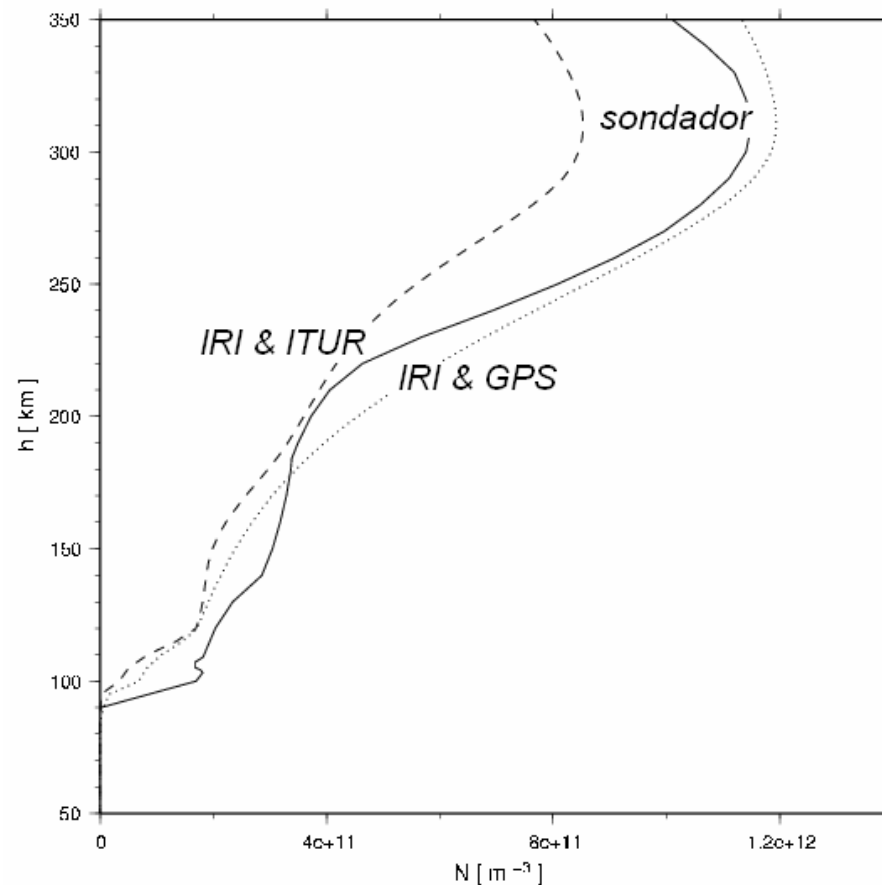


# "sTEC y O-C" - Río Grande



## Validación

- Comparar valores de  $N_m F2$  y  $h_m F2$  estimados (IRI & LPIM) y medidos con sondadores



*Brunini et al. A method to ingest GPS-TEC into the NeQuick ionospheric model. Radio Science, doi: 10.1029/2006RS003521, 2007.*

## Propuesta

- ❑ *Establecer un experimento dentro del programa “Estudios Atmosféricos para SIRGAS” tendiente a producir mapas regionales de alta resolución de los parámetros ionosféricos críticos  $N_m F2$  y  $h_m F2$*
- ❑ *Plazo para presentar los primeros resultados:*
  - ✓ *un año (SIRGAS 2009)*
- ❑ *Etapas:*
  - ✓ *Implementación de un software para estimar correcciones*  
$$\Delta\alpha_{0f0F2}(\varphi, \lambda), \Delta\alpha_{0f0F2}(\varphi, \lambda)$$
  - ✓ *Implementación de un software de interpolación y mapeo (posiblemente mediante colocación por mínimos cuadrados)*
  - ✓ *Validación con sondadores (en colaboración con INPE y otras instituciones)*

**Muchas gracias por vuestra atención**