

Estudio de las características de los cirros en Camagüey-Cuba y efectos sobre radiación solar.

Boris Barja González



Grupo de Óptica Atmosférica de Camagüey

Centro Meteorológico de Camagüey

Instituto de Meteorología de Cuba

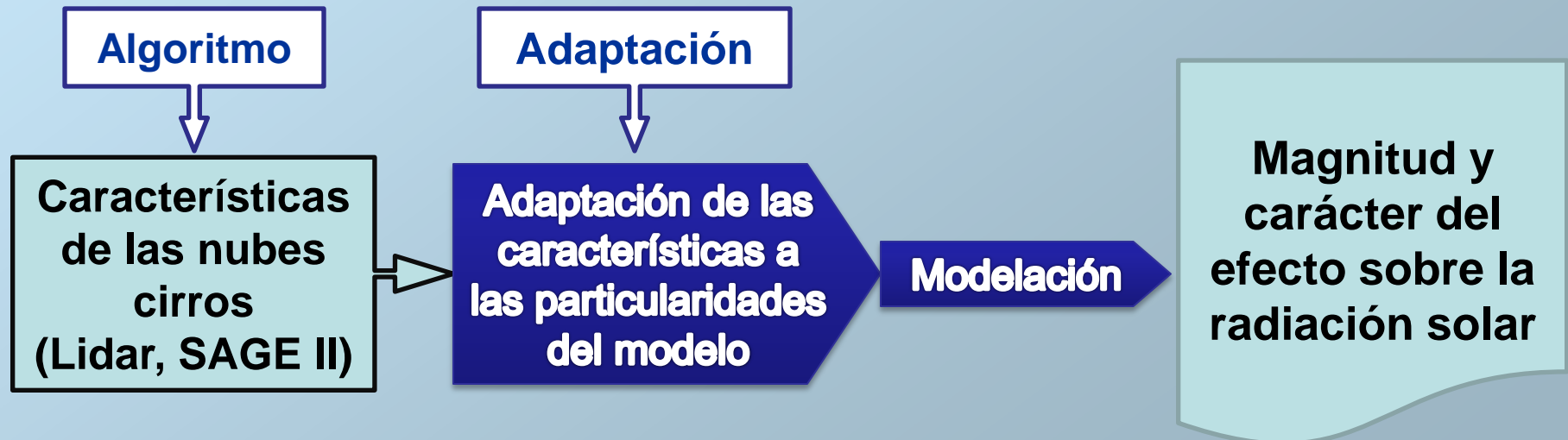


Nubes Cirros:

Acápiteme de especial atención, los cirros ópticamente delgados.

***Problema Científico:* Necesidad de determinar la magnitud y carácter de su efecto sobre la radiación solar. Propiedades ópticas, geométricas y frecuencia de ocurrencia.**

1. Algoritmo para la determinación del perfil de extinción de nubes cirros ópticamente delgadas, a partir de los datos del lidar ubicado en Camagüey.
2. *Caracterización de las propiedades ópticas y geométricas y la frecuencia de ocurrencia en el Gran Caribe.*
3. Modelo de transferencia radiativa solar en nuestra región.
4. *Magnitud y el carácter del efecto de los cirros sobre la radiación solar en nuestra región.*



Perfiles de lidar

- 132 mediciones individuales de nubes cirros. 36 días. (1993 – 1998)
- Medición puntual en Camagüey. (Laser:532 nm, 50 Hz, 300 mJ/pulse).
- Telescopio: 34 cm diámetro, 3 mrad FOV. Cantidad de disparos: 1000
- Resolución: 75 m (6.5 km – 21 km).

Algoritmo

- Los perfiles de coeficiente de retrodispersión por cirros fueron calculados de los perfiles de número de fotones a partir del método de Klett/Russell, con el programa BSPA.
- La retrodispersión molecular fue calculada empleando el modelo de densidad molecular para Camagüey hasta los 30 hPa y la atmósfera estándar de EU sobre este nivel.
- Razón Lidar : 10 sr, obtenido a partir del sesgo de la base de datos.

Lidar de retrodispersión elástica con una longitud de onda.



Ecuaciones.

Ecuación Lidar:

$$N_S(\lambda, z) = \left[K(\lambda, z) / (z - z_l)^2 \right] Q^2(\lambda, z_l, z) \beta(\lambda, z)$$

con:

$$K(\lambda) = E(\lambda) A_r T_0(\lambda) T_d(\lambda) (\lambda \Delta z / hc)$$

$$Q^2(\lambda, z_l, z) = \exp \left[-2 \int_{z_l}^z \alpha(\lambda, z') dz' \right]$$

Backscattering ratio

$$R(\lambda, z) = \frac{\beta(\lambda, z)}{\beta_M(\lambda, z)} = \frac{\beta_M(\lambda, z) + \beta_P(\lambda, z)}{\beta_M(\lambda, z)}$$

de la ecuación lidar:

$$R(\lambda, z) = \frac{(z - z_l)^2 N_S(\lambda, z)}{K(\lambda) Q^2(\lambda, z_l, z) \beta_M(\lambda, z)}$$

*empleando una altura de normalización z^**

$$K(\lambda) = \frac{(z^* - z_l)^2 N_S(\lambda, z^*)}{R_{\min}(\lambda) Q^2(\lambda, z_l, z^*) \beta_M(\lambda, z^*)}$$

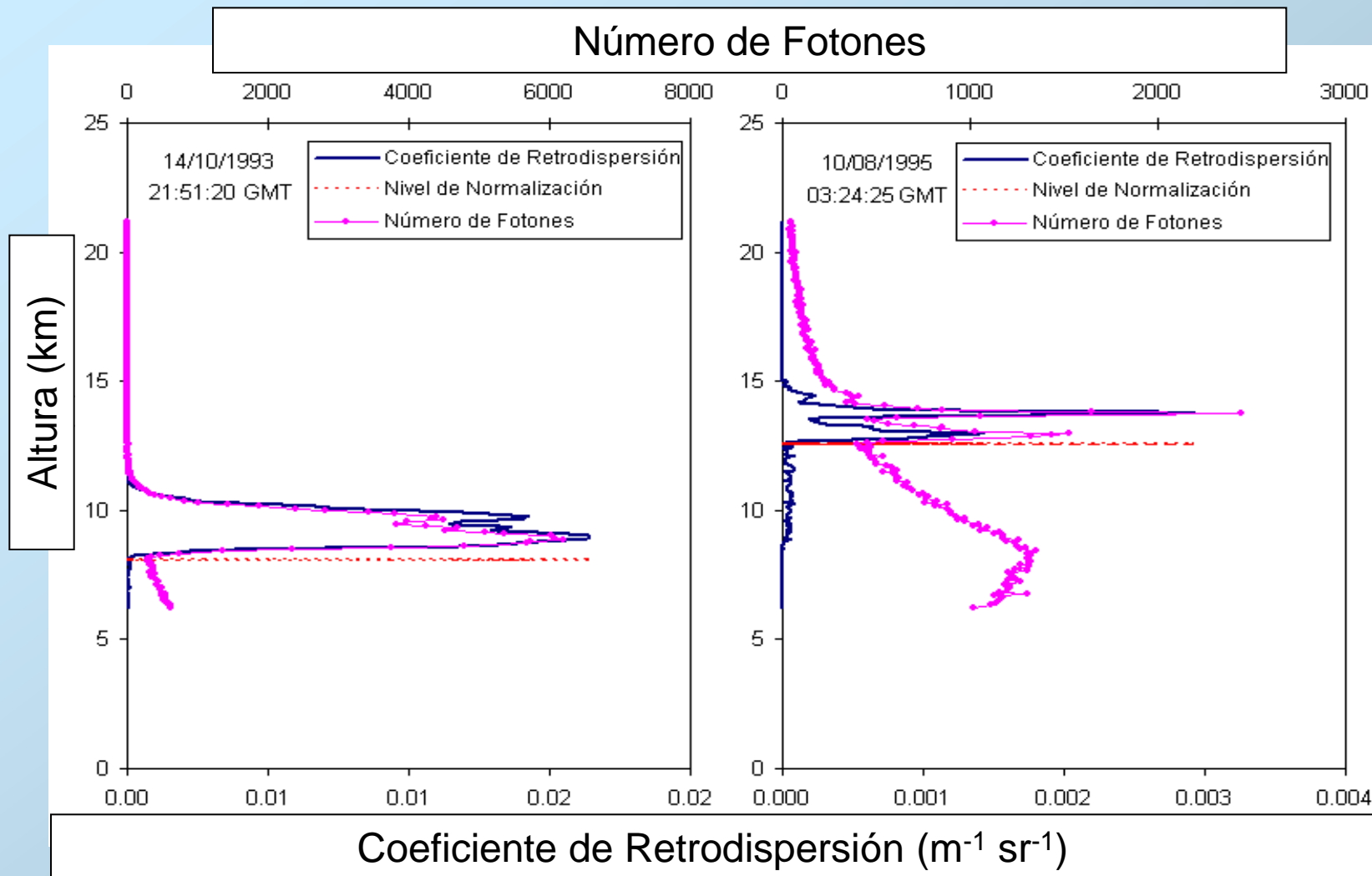
sustituyendo:

$$R(\lambda, z) = \frac{(z - z_l)^2 N_S(\lambda, z) Q^2(\lambda, z_l, z^*) \beta_M(\lambda, z^*)}{(z^* - z_l)^2 N_S(\lambda, z^*) Q^2(\lambda, z_l, z) \beta_M(\lambda, z)} R_{\min}(\lambda)$$

Backscattering coefficient

$$\beta_P(\lambda, z) = [R(\lambda, z) - 1] \beta_M(\lambda, z)$$

Perfiles de extinción lidar ...



Algoritmo tope y base

1- Cruzamientos por el valor cero de la primera derivada de la señal.

2- Coeficiente de retrodispersión utilizando un criterio umbral. El valor umbral es definido como la suma del valor medio de $\beta_p(\lambda, z)$, en la noche desde los 18 km a los 19 km, y el doble del valor de la desviación estándar de $\beta_p(\lambda, z)$ para este rango de alturas.

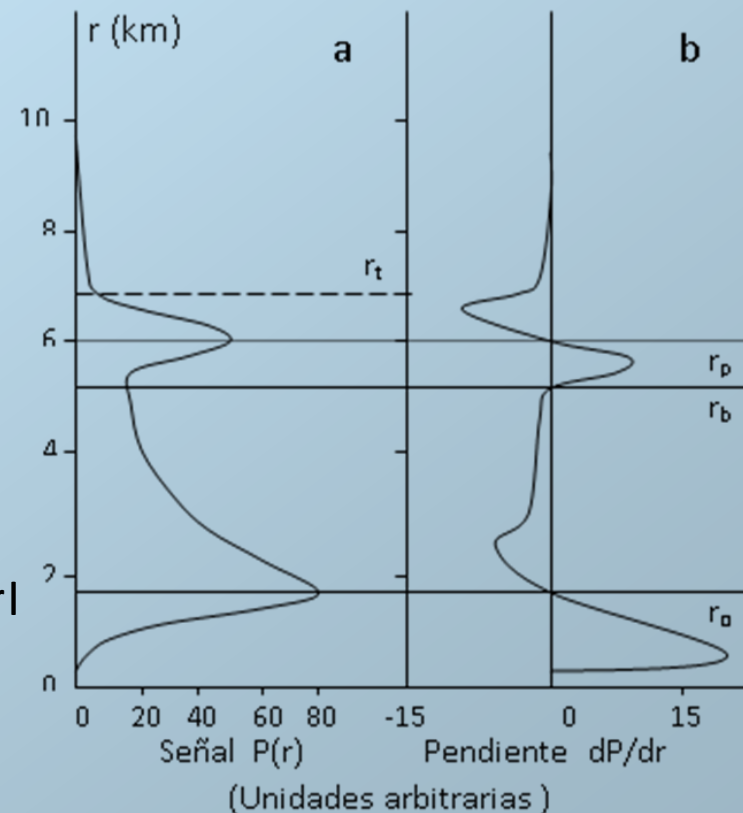
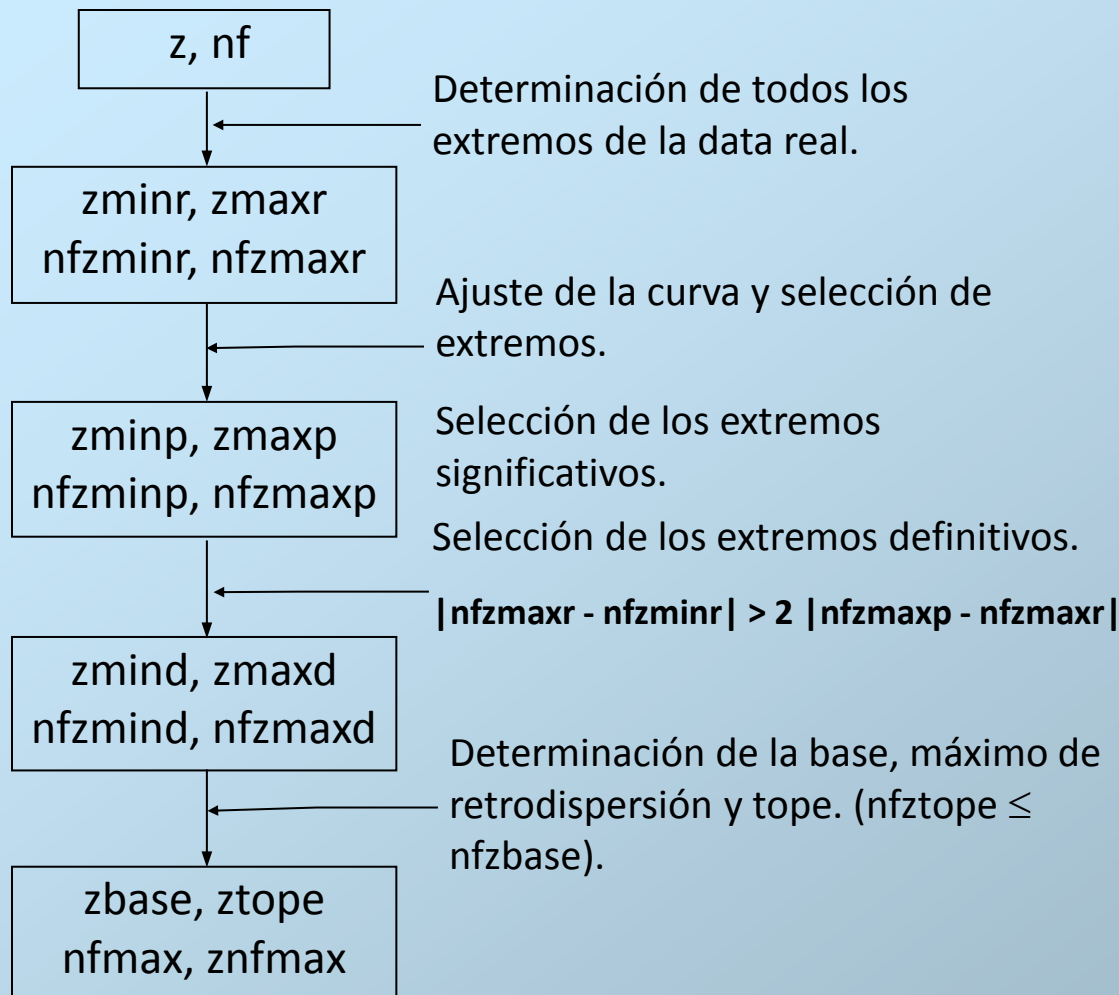
- Perfil promedio de temperatura para cada día de medición, usando el dato de reanálisis. Para esto seleccionaron las dos rejillas de reanálisis ubicadas al norte y sur del instrumento.

- Los espesores ópticos y geométricos, las alturas de la base y el tope, así como sus temperaturas fueron clasificados en tres categorías mediante la clasificación de [Sassen, 2002]:

- Cirros Opacos ($\tau > 0.3$),
- Cirros Delgados ($0.03 < \tau < 0.3$) y
- subvisibles ($\tau < 0.03$).

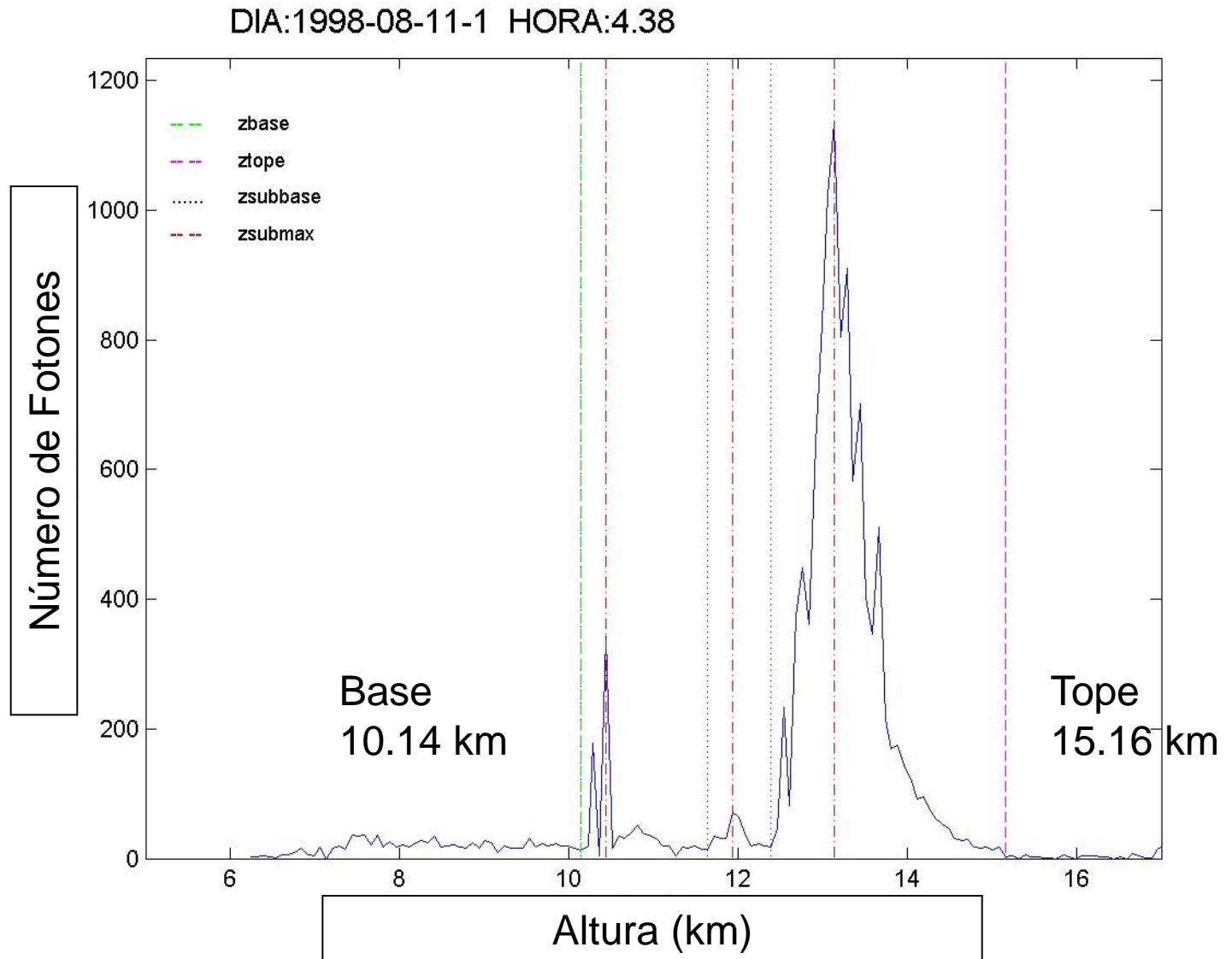
Perfiles de extinción lidar ...

Algoritmo para determinación de base y tope a partir de la derivada de la señal.



Perfiles de extinción lidar ...

Algoritmo para determinación de base y tope a partir de la derivada de la señal.



Algoritmo tope y base

1- Cruzamientos por el valor cero de la primera derivada de la señal.

2- Coeficiente de retrodispersión utilizando un criterio umbral. El valor umbral es definido como la suma del valor medio de $\beta_p(\lambda, z)$, en la noche desde los 19 km a los 20 km, y el doble del valor de la desviación estándar de $\beta_p(\lambda, z)$ para este rango de alturas.

- **Perfil promedio de temperatura para cada día de medición, usando el dato de reanálisis. Para esto seleccionaron las dos rejillas de reanálisis ubicadas al norte y sur del instrumento.**

- **Los espesores ópticos y geométricos, las alturas de la base y el tope, así como sus temperaturas fueron clasificados en tres categorías mediante la clasificación de [Sassen, 2002]:**

- **Cirros Opacos ($\tau > 0.3$),**
- **Cirros Delgados ($0.03 < \tau < 0.3$) y**
- **subvisibles ($\tau < 0.03$).**

Perfiles SAGE II.

Espectrofotómetro. Satélite: ERBS.

Modo de medición: Ocultación Solar.

Canales: 1020, 940, 600, 525, 453, 448, y 385 nanómetros.

- Versión 6.2. (10/1984 – 10/2005),
- Gran Caribe (Lat: 0 - 30°N; Lon: 50 - 105°W). Total de perfiles: **2576**.
- Resolución: 500 m (6.5 km – 20 km).

Separación de aerosoles y mezcla de nubes/aerosoles.

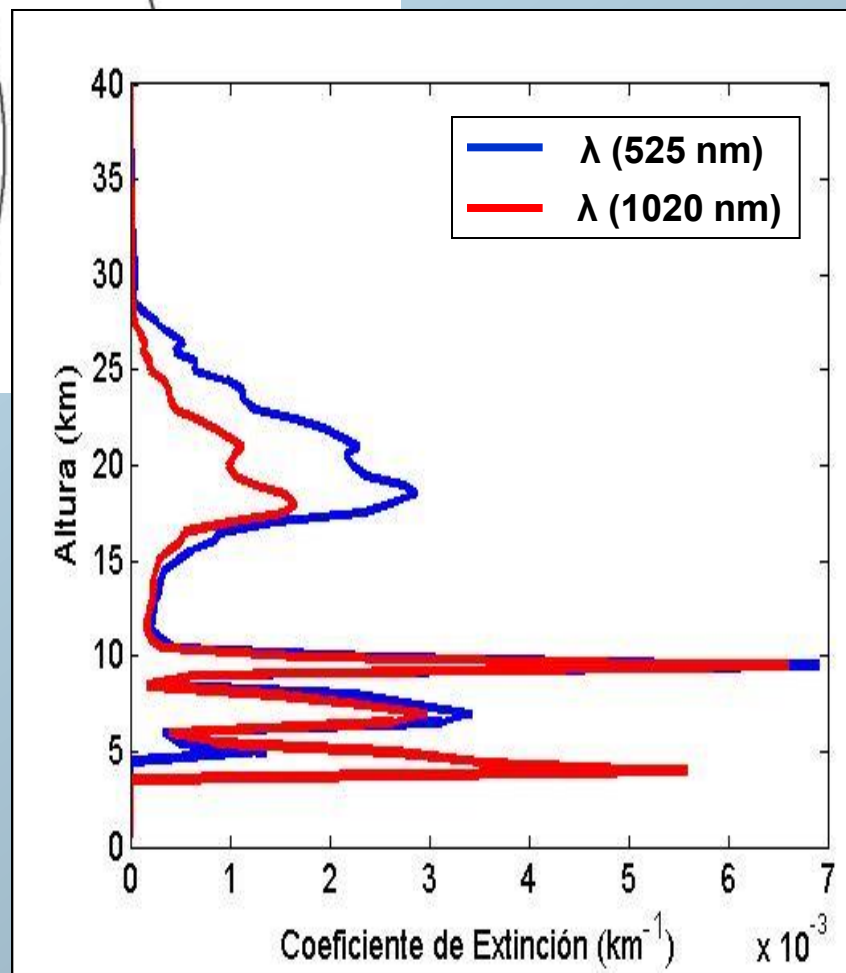
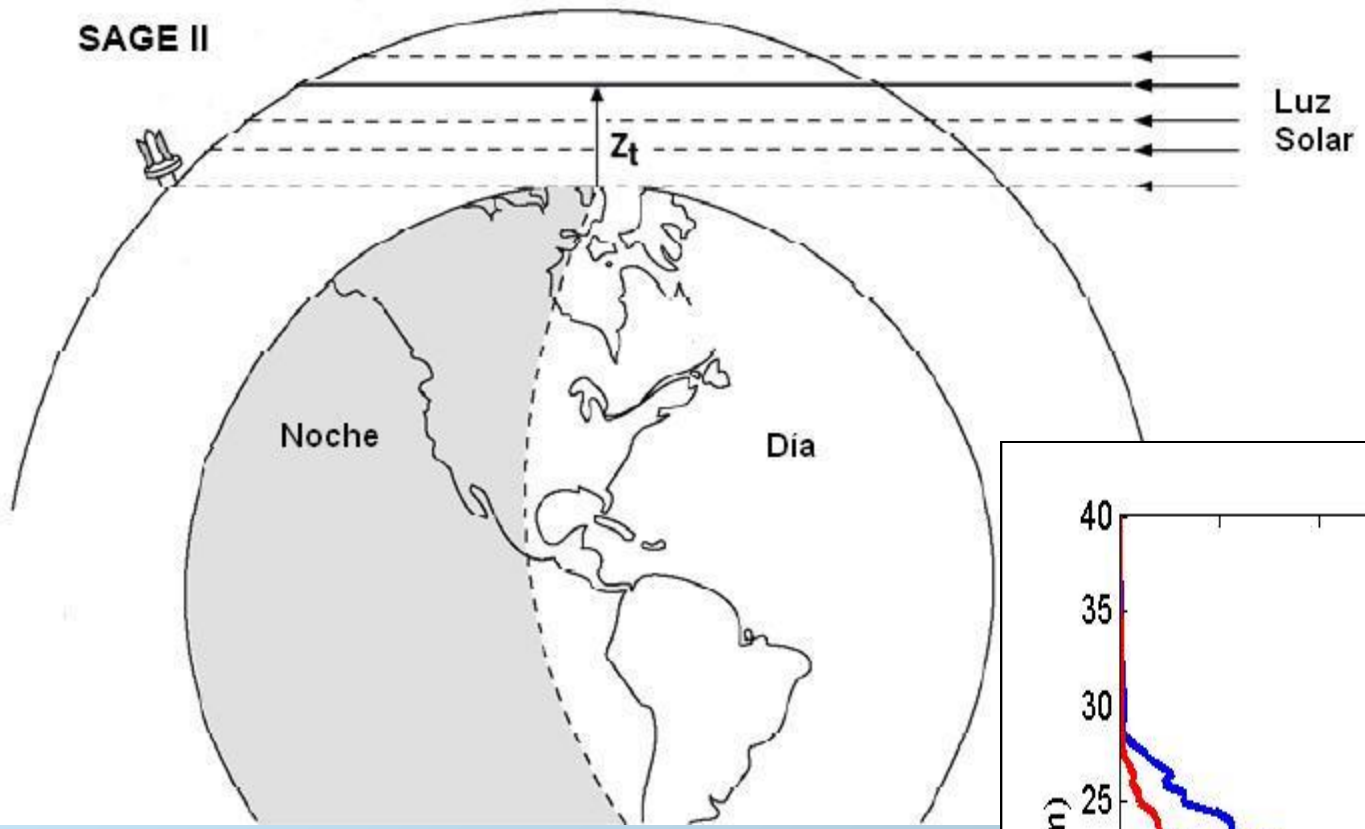
- Razón entre el coeficiente de extinción a 0.525 μm y a 1.02 μm (RE).
- **RE = 1.9** y **$E(1.02 \mu\text{m}) = 5 \times 10^{-4} \text{ km}^{-1}$**
- Perfiles con nubes: **2474 perfiles**.

Variables

- Frecuencia de Ocurrencia de nubes a una altura z .

$$f^s(z) = \frac{N_n^s(z)}{N(z)}$$

SAGE II



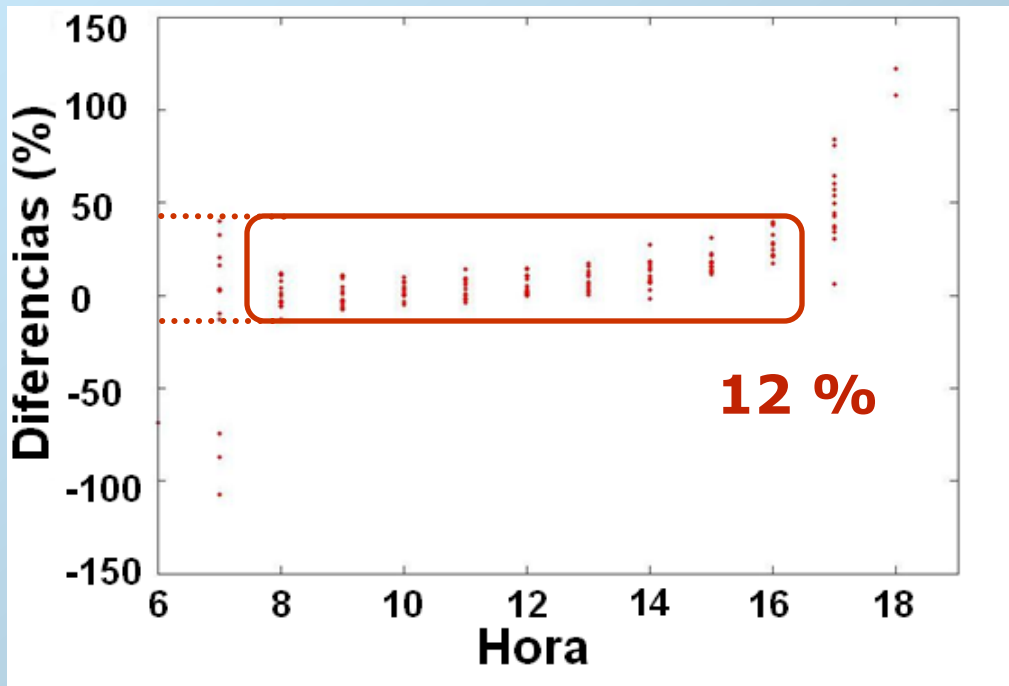
Modelo de Transferencia radiativa...

Modelo del GFDL. (Freidenreich, and Ramaswamy, 1999).

- Absorción y dispersión por partículas, Dispersión Rayleigh, y absorción gaseosa por O₂, O₃, CO₂, y H₂O.
 - UV: 0.174 – 0.407 μm
- Método de la δ-Eddington y la técnica de adición.
 - VI: 0.407 – 0.685 μm
- Rango espectral: 0.17 < λ < 4.0 μm (Total)
 - IR_c: 0.685 – 4.0 μm

Adaptación del código a las condiciones locales.

- Perfiles verticales de Temperatura y de razón de mezcla de vapor de agua.
- Albedo de superficie **0.222 ± 0.007** mediciones actinométricas.



← Comparación de flujos en superficie modelados y medidos en 14 días de cielo claro.

Variable

Forzamiento radiativo por nubes cirros.

$$CF = F_{neto}^{nube} - F_{neto}^{claro}$$

Resultados: Sondeo Lidar

Características de las nubes cirros medidas con lidar para temporadas poco lluviosa y lluviosa .

	Cantidad / Frecuencia de Ocurrencia (%)	Altura (km)		Espesor Geométrico (km)	Espesor Óptico
		Base	Tope		
Poco Lluviosa	19/14	10.59	12.51	1.92	0.031
Lluviosa	113/86	11.01	13.80	2.79	0.170
		No Diferencias		Diferencias (95 %)	

Nuestras mediciones son más representativas de **latitudes medias** que de los **trópicos**, en cuanto a la frecuencia de ocurrencia. **COMPORTAMIENTO INTERMEDIO** entre **latitudes medias** y el **trópico**, en cuanto a las características de nubes cirros.

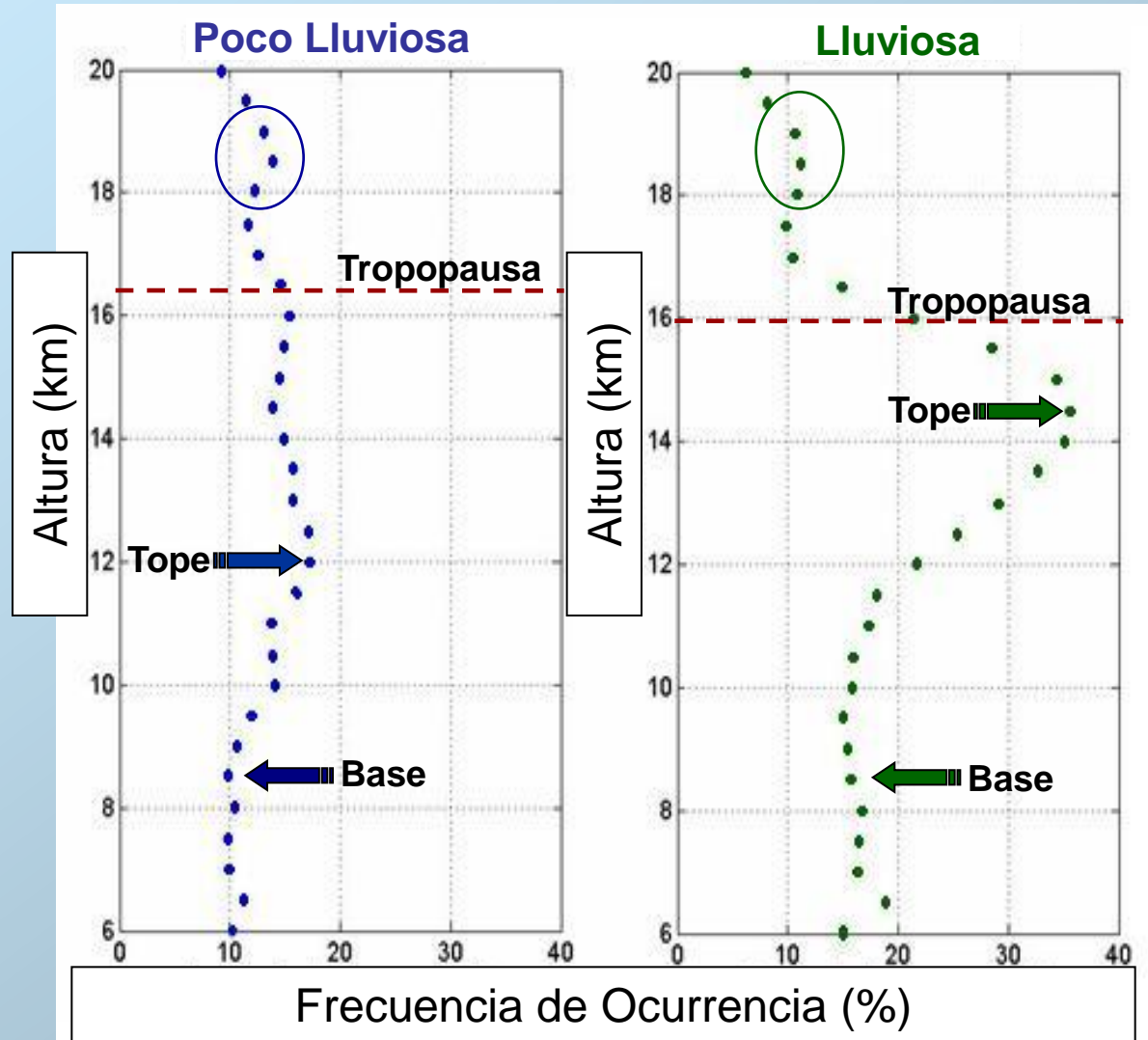
<u>Comparación</u>	Frecuencia de Ocurrencia (%)		Altura (km)		Espesor Geométrico (km)
	Delgados	Subvisible	base	tope	
Latitudes Medias	35	16	8 - 9	10 - 11	2.02 - 2.31
Camagüey	67	25	11.6	13.8	1.75
Trópico	20	80	14.6	15.9	1.1 ± 0.6

Resultados : SAGE II

- 2474 perfiles que contenían nubes.

Frecuencia de Ocurrencia (%)		
	Poco Lluviosa	Lluviosa
Máximos	17.2 (12 km)	35.5 (14.5 km)
Mínimos	10.0 (8.5 km)	15.0 (8.5 km)

Crecimiento leve en la frecuencia de ocurrencia por encima de la altura media de la tropopausa en las dos temporadas. Kärcher and Solomon [1999], Winker and Trepte [1998]



Comportamiento estacional de la frecuencia de ocurrencia de nubes ópticamente delgadas determinadas con datos del SAGE II para el Gran Caribe.

Resultados: SAGE II

Las nubes pegadas a una nube opaca más baja presentan mayor frecuencia de ocurrencia, mayor espesor óptico y geométrico.

Tipo	Frecuencia de ocurrencia (%)	Espesor geométrico (km)	EO (0.102 μm)	EO (0.525 μm)
N. Aisladas	40.5	1.96	4.0×10^{-3}	3.4×10^{-3}
N. Pegadas	48.3	2.33	1.6×10^{-2}	1.6×10^{-2}

Se encuentra una estacionalidad en las frecuencias de ocurrencias y espesores ópticos de los cirros ópticamente delgados.

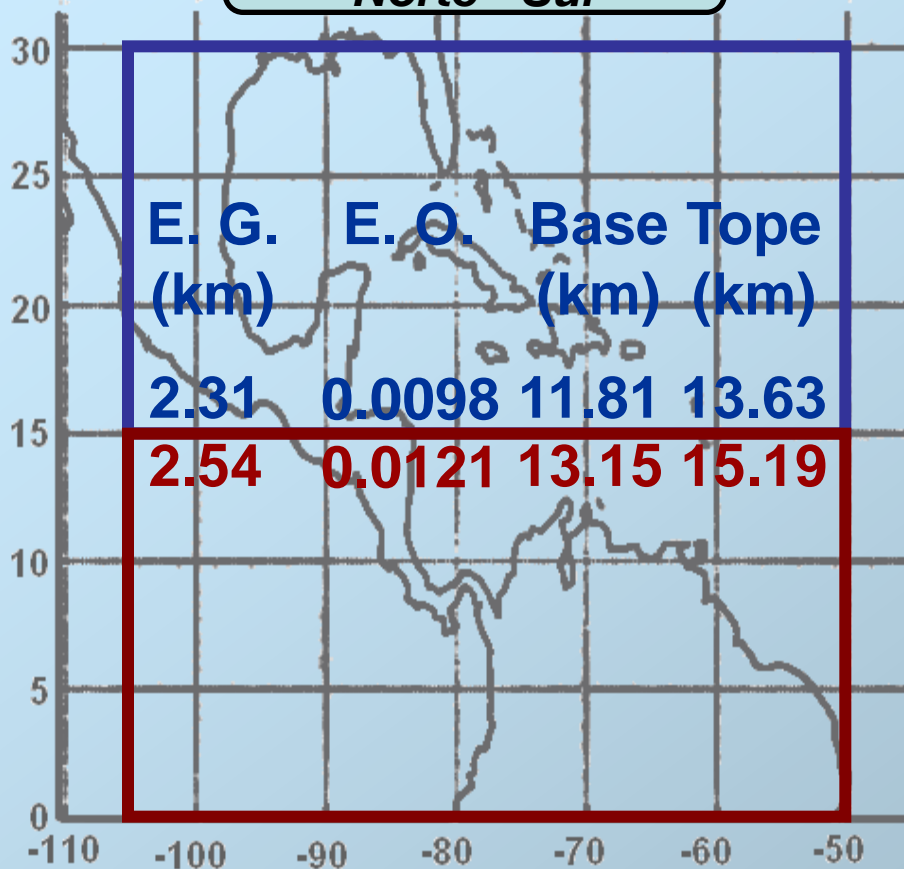
Frecuencia de ocurrencia (%) con respecto a la Tropopausa

Espesor Óptico.
Desv., Standard entre paréntesis.

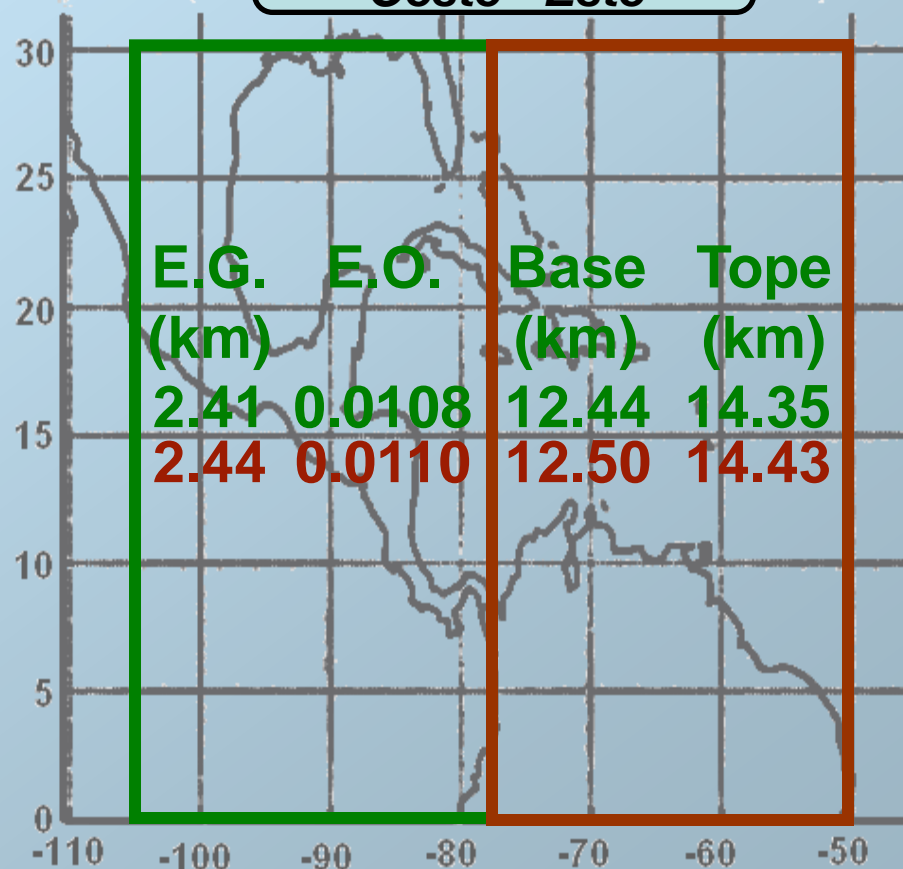
	Poco lluviosa	lluviosa		Poco lluviosa	lluviosa
Sobre la Tropopausa.	9	9	0.102 μm	0.008 (0.010)	0.012 (0.012)
En la Tropopausa	13	18	0.525 μm	0.007 (0.010)	0.011 (0.011)
Debajo Tropopausa	78	73			

Resultados: SAGE II

**DIFERENCIAS
Norte - Sur**



**NO DIFERENCIAS
Oeste - Este**



Representatividad de los resultados obtenidos con SAGE II

Resultados: Modelación

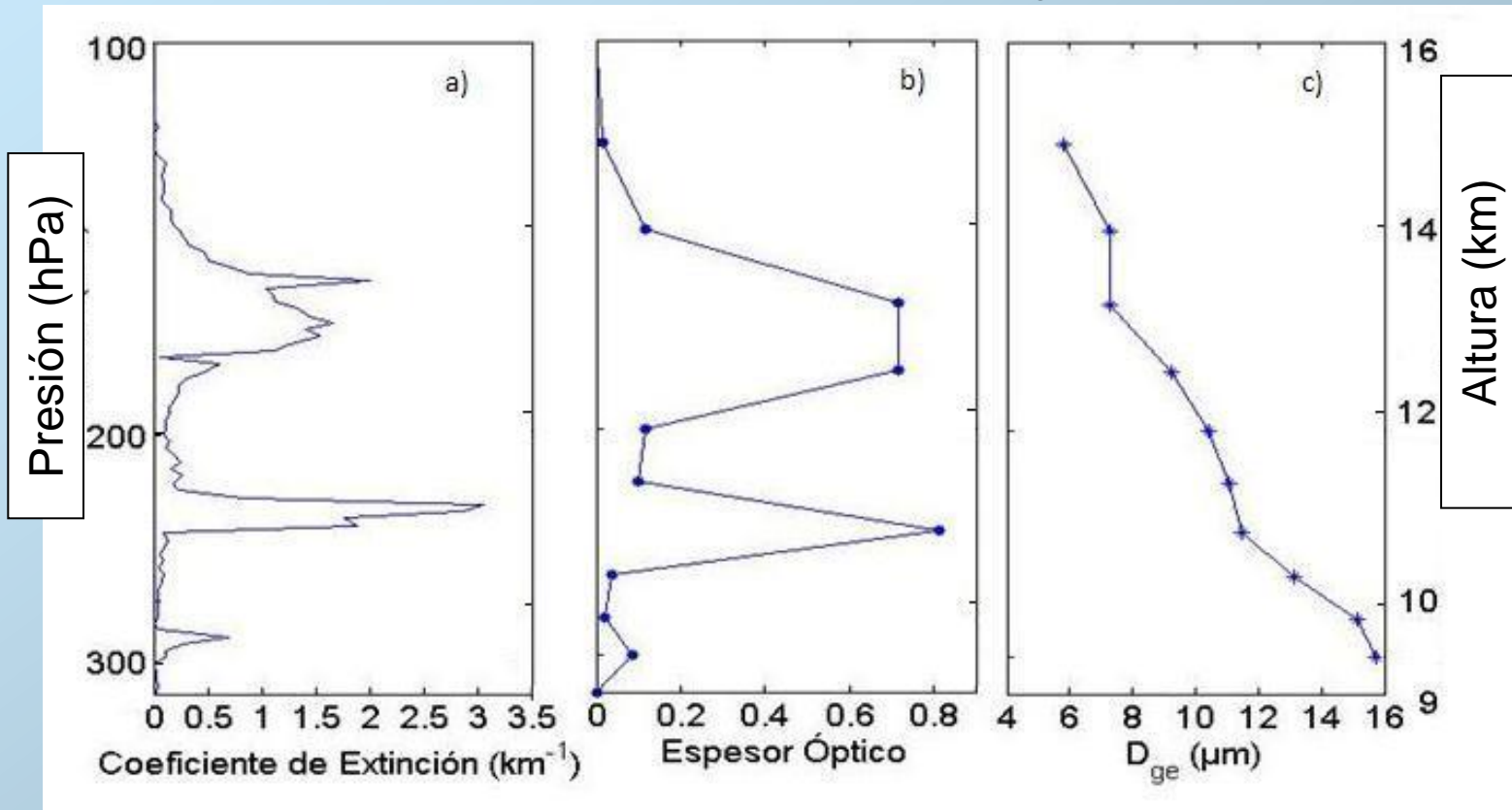
Ajuste de la distribución vertical de las propiedades de las nubes cirros para ser introducidas en el modelo de transferencia radiativa.

Ejemplo de cirro medido el 11 de agosto de 1998, a las 4:46 GMT, la altura de la base y el tope fueron ubicados a 9.39 km y 15.24 km.

Perfil de extinción de nube cirro medida con lidar

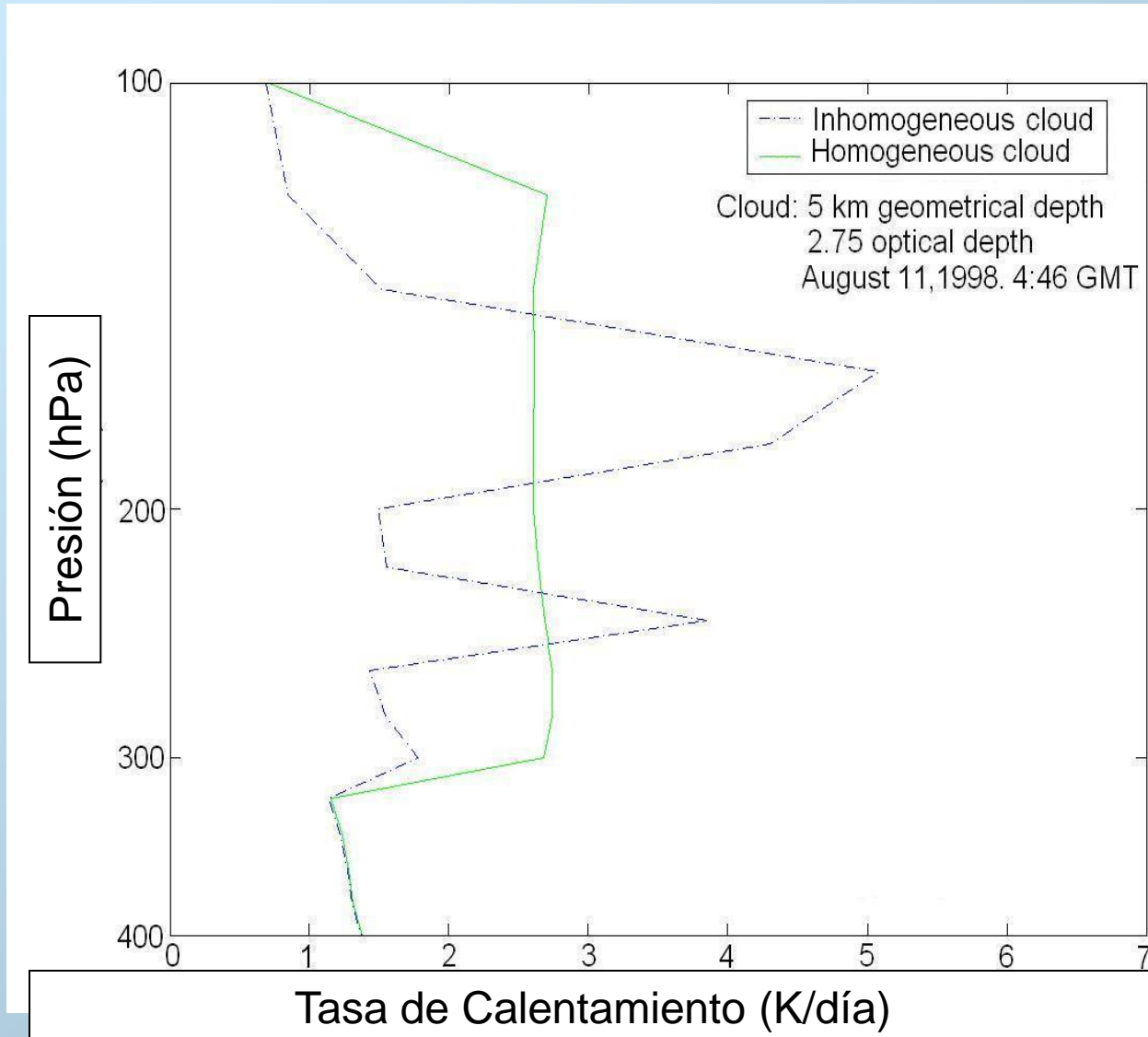
Perfil de espesor óptico adaptado a la resolución del modelo.

Perfil de tamaño efectivo de partícula generalizado



Resultados: Modelación

Estructura vertical de la nubes cirro tiene un efecto significativo sobre la distribución vertical de la tasa de calentamiento en la nube..



Resultados: Forzamiento

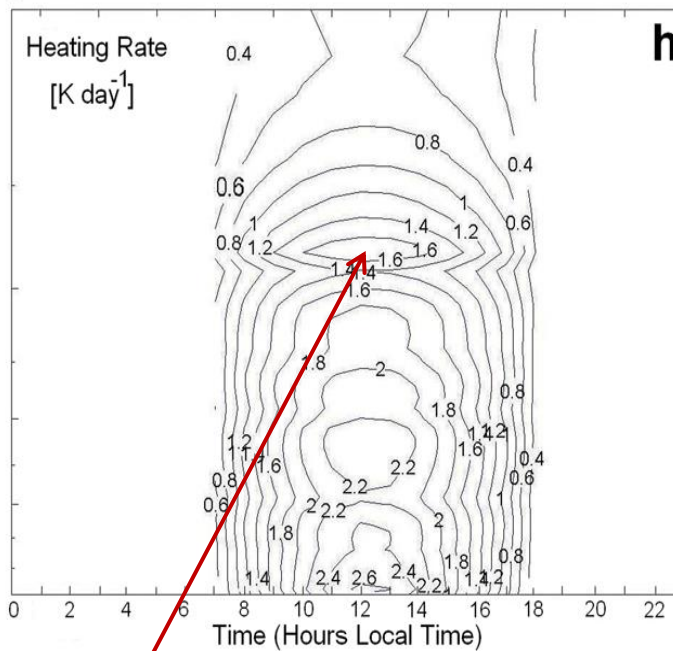
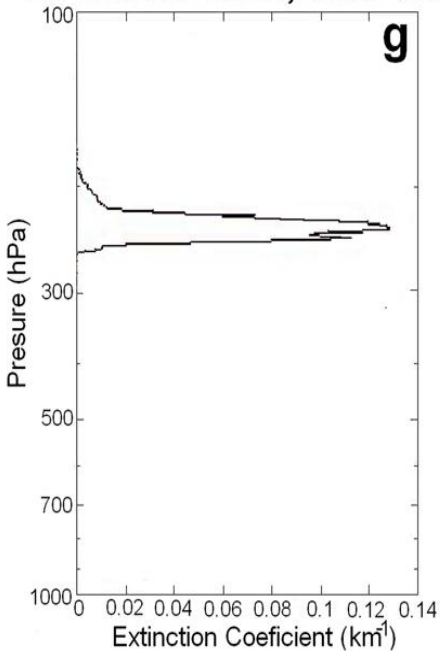
Comportamiento diurno del forzamiento radiativo y de la razón de calentamiento

Cirro subvisible : 25 de marzo, 1993,

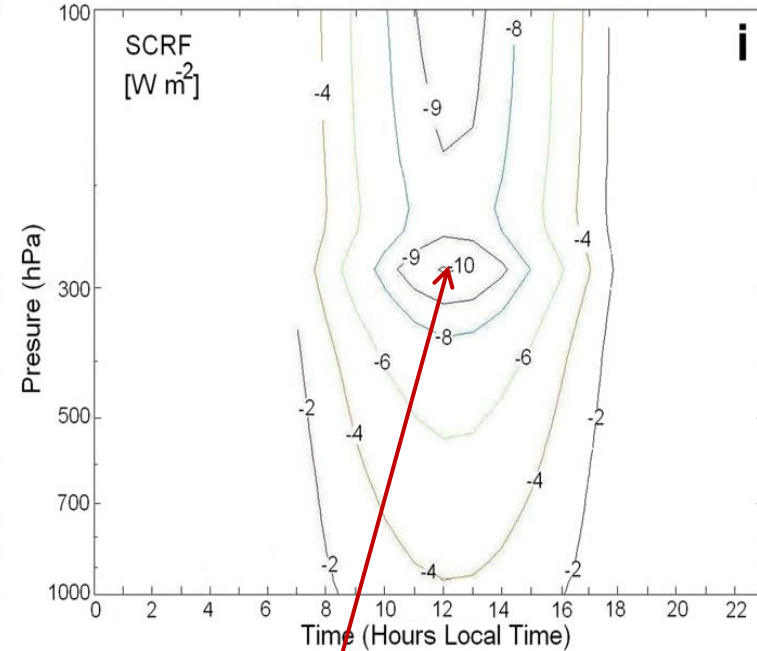
Altura de Base y Tope: 10.51 km 12.24 km (280 hPa – 200 hPa)

Espeor Óptico: 0.004

25 March 1993, 3:46 UTC



**Máximo
(1.6 K/día)**



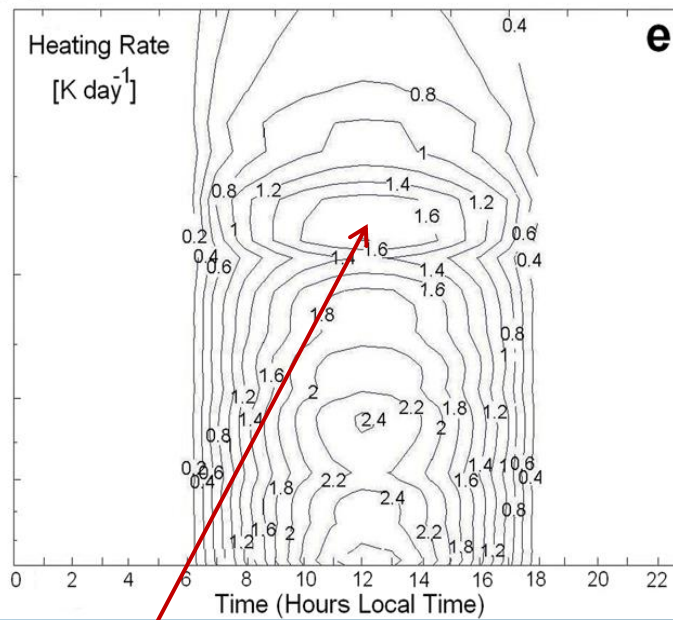
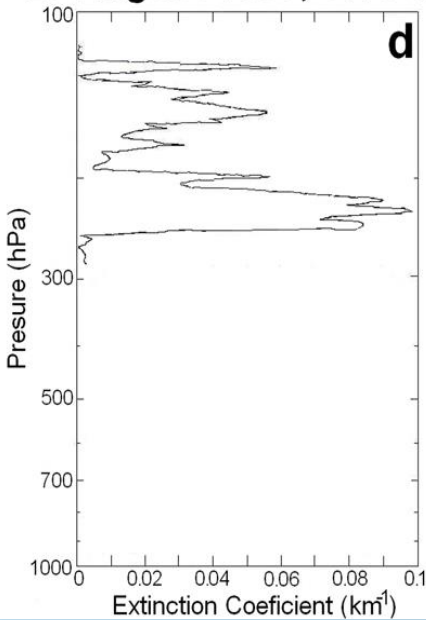
**Máximo
(-10.08 W/m^2)**

Resultados: Forzamiento

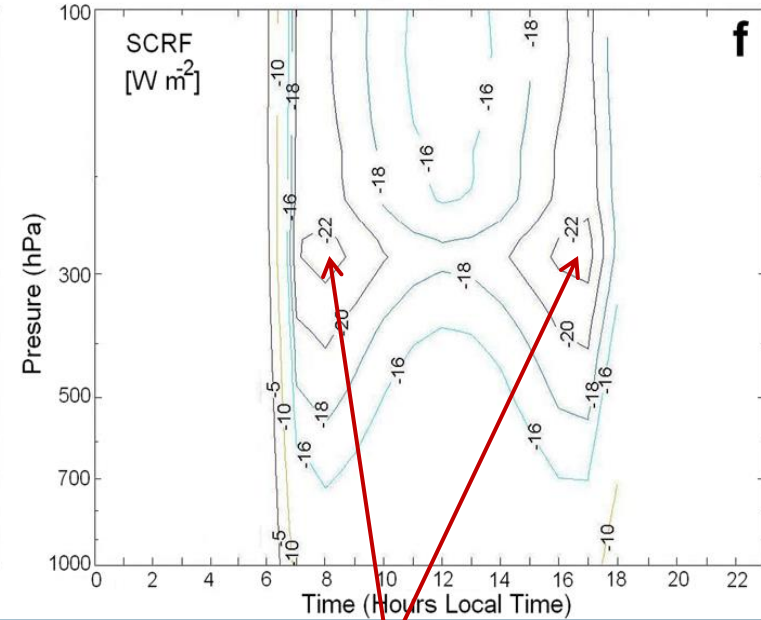
Comportamiento diurno del forzamiento radiativo y de la tasa de calentamiento

Cirro delgado : 25 de Agosto, 1996,
 Altura de Base y Tope: 10.59 km 15.16 km
 Espesor Óptico: 0.16

25 August 1996, 8:15 UTC



**Máximo
(1.6 K/día)**



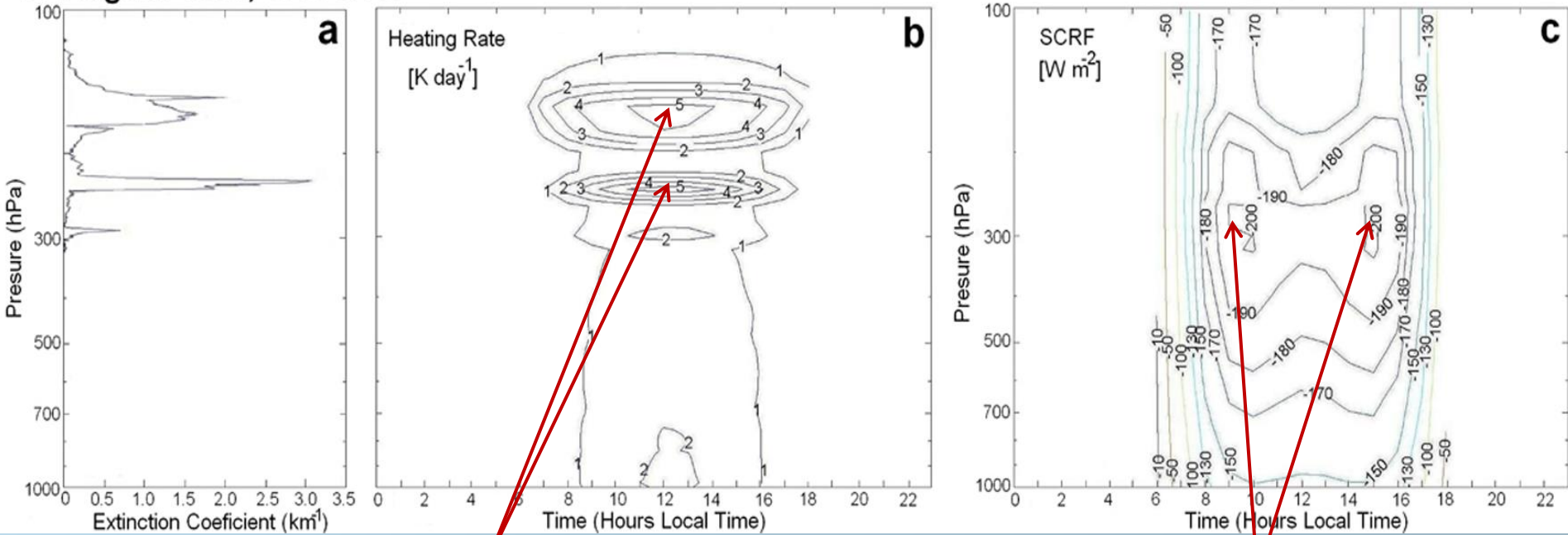
**Doble Máximo
(-22 W/m²)**

Resultados: Forzamiento

Comportamiento diurno del forzamiento radiativo y de la tasa de calentamiento

Cirro grueso : 11 de Agosto, 1998,
 Altura de Base y Tope: 9.39 km 15.24 km
Espesor Óptico: 2.75

11 August 1998, 4:46 UTC

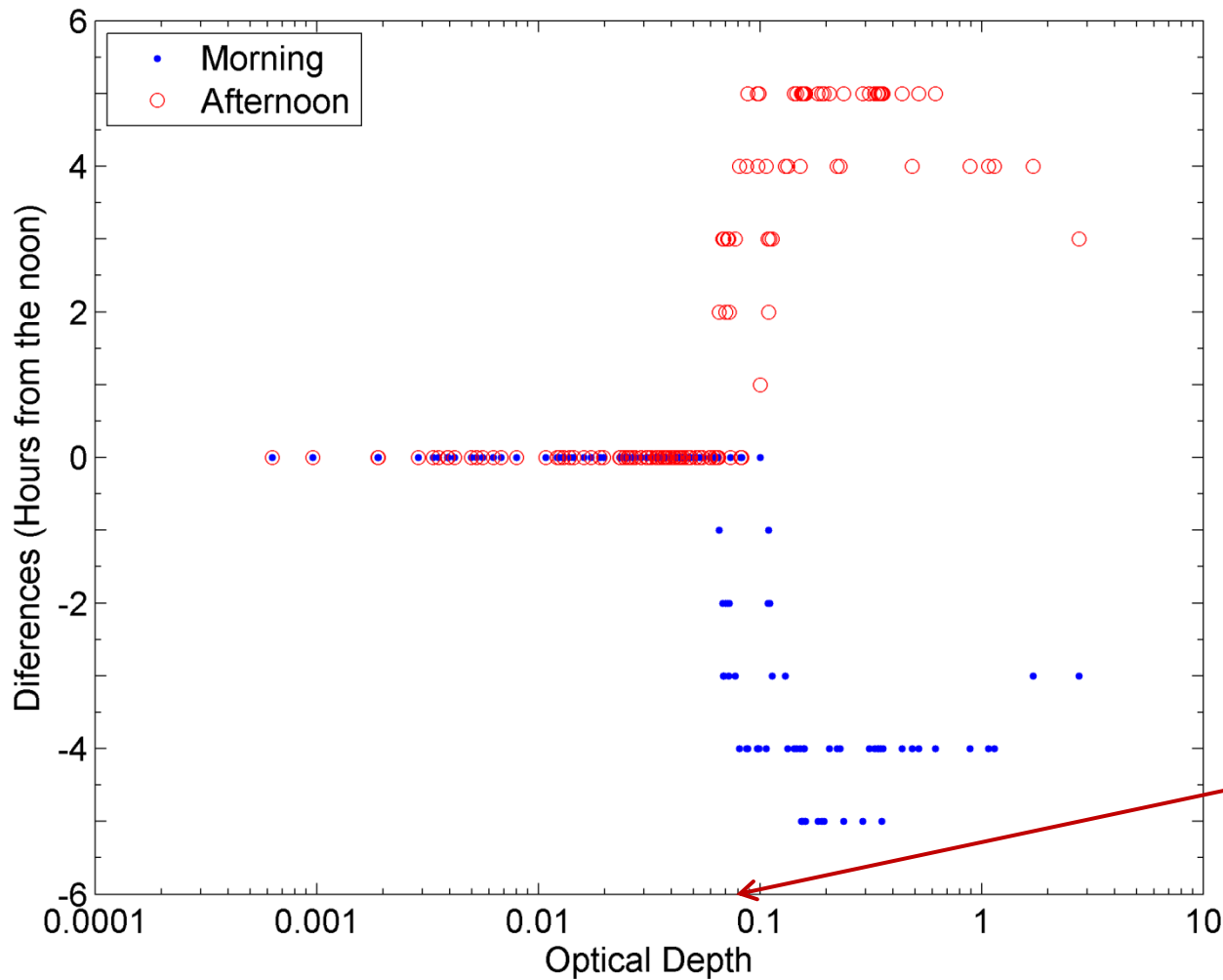


**Máximos
(5 K/día)**

**Doble Máximo
(-200 W/m^2)**

Resultados: Forzamiento

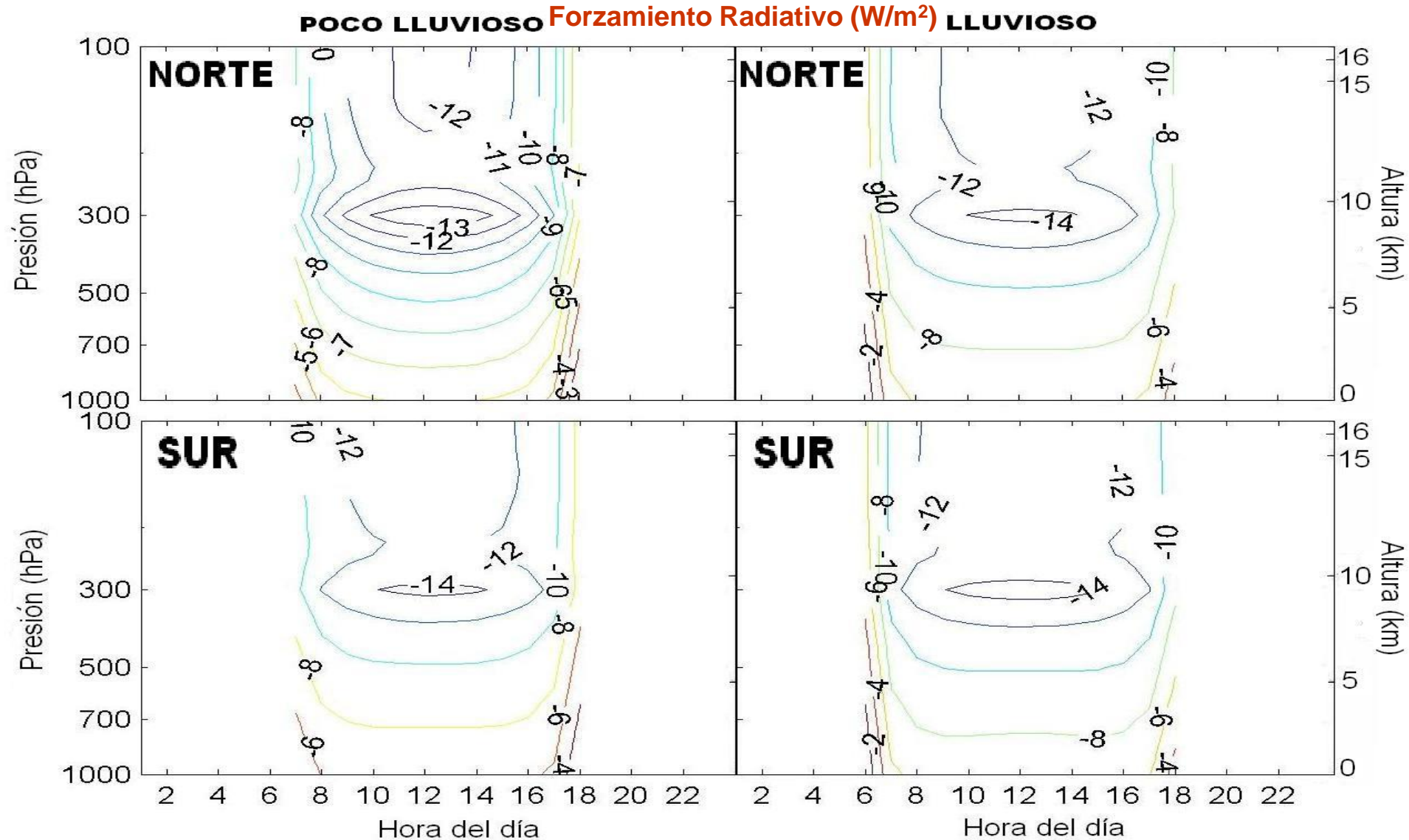
Diferencias de horas de los máximos con respecto al mediodía en función del espesor óptico



0.083 (Umbral para doble máximos)

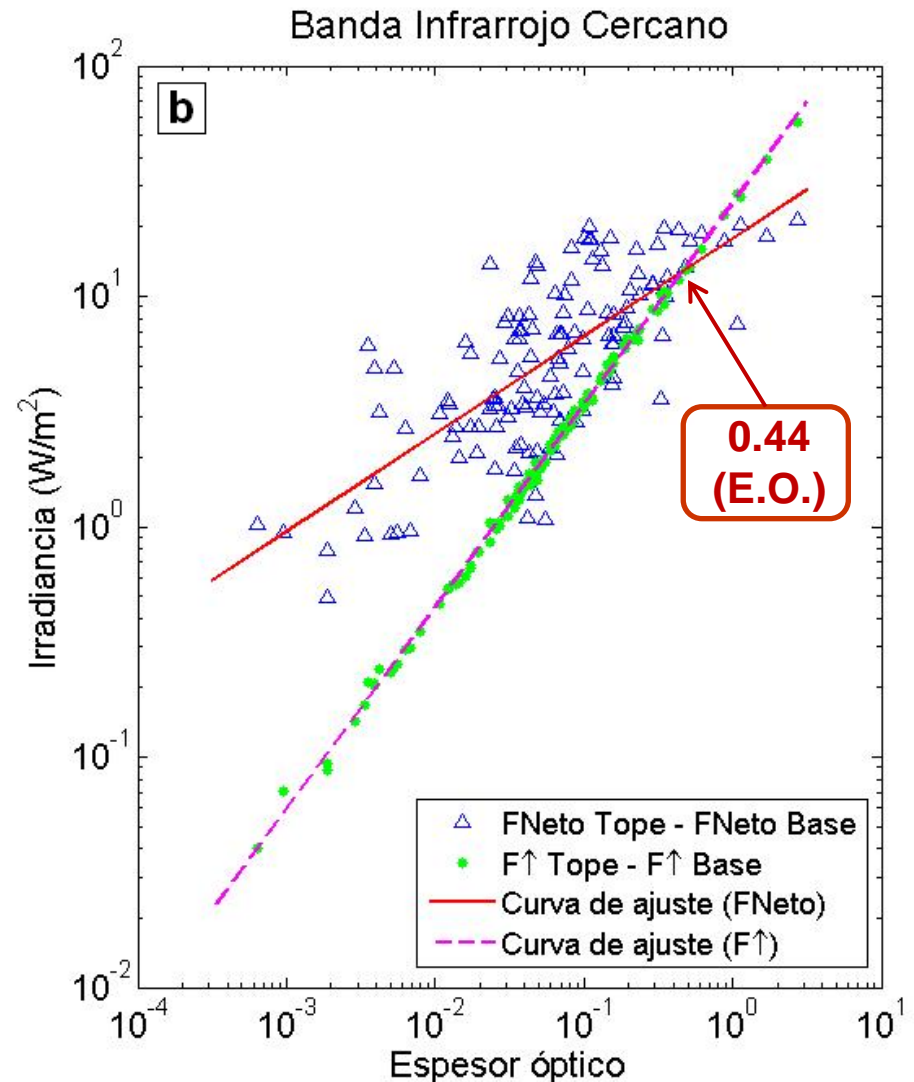
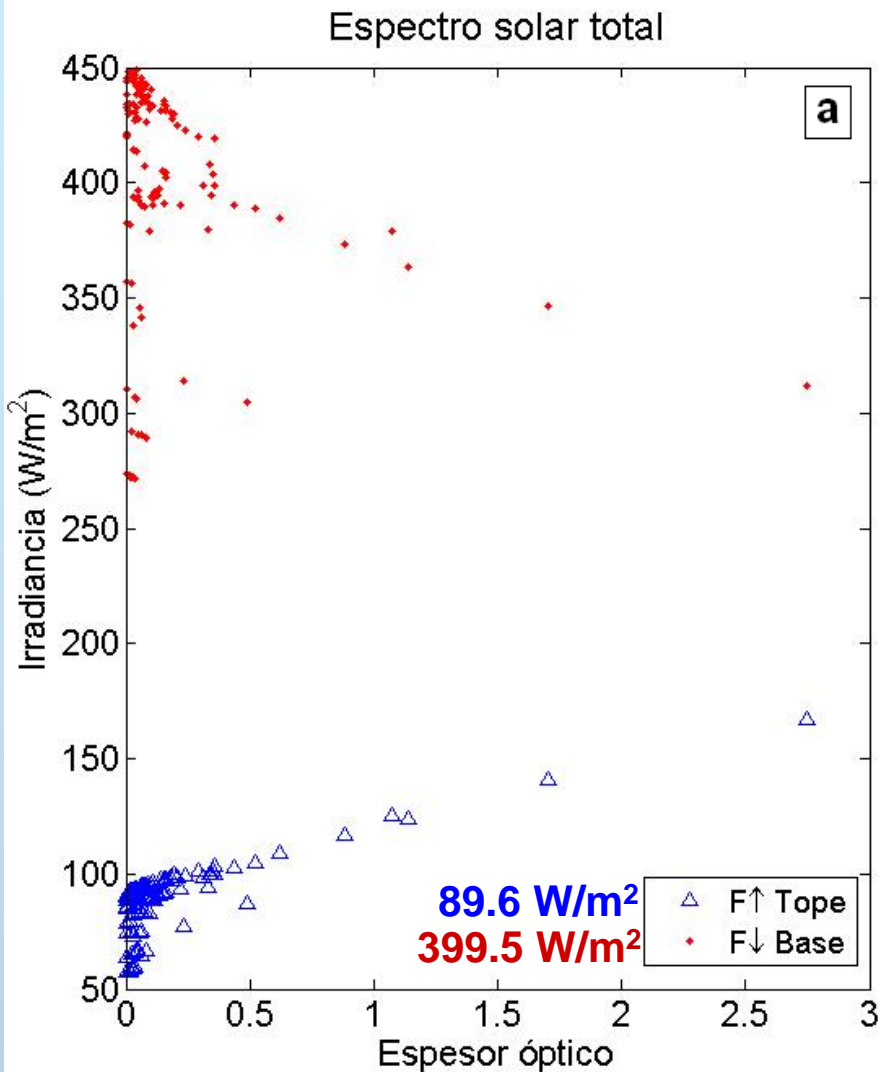
Resultados: Forzamiento

Comportamiento diurno del forzamiento radiativo, para las subregiones Norte y Sur del Gran Caribe, utilizando perfiles medio de cirros.



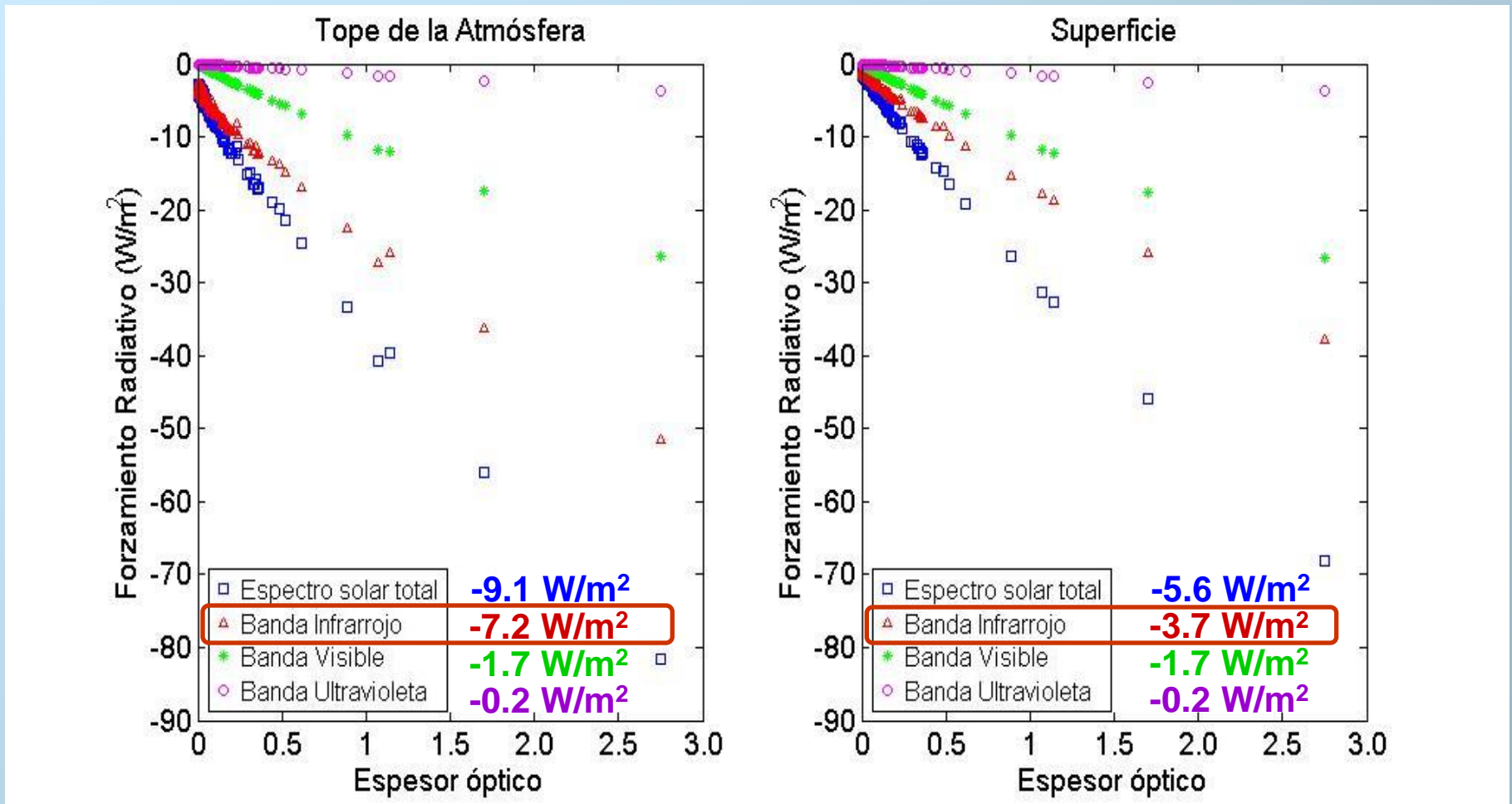
Resultados: Forzamiento

- a) Flujo ascendente en el Tope (F_{\uparrow} Tope) y descendente en la Base de la nube (F_{\downarrow} Base).
- b) Diferencias entre los flujos en el tope y la base de la nube (flujos ascendentes y los flujos netos) en la banda del infrarrojo cercano.



Resultados: Forzamiento

Valores medios diarios del forzamiento radiativo por nubes cirros en el espectro solar en la estación lidar de Camagüey.



Plan de trabajo:

Investigador Visitante – periodo de seis meses a través de proyecto FAPESP No. 2012/16100-1.

Caracterización del espesor óptico de nubes en Amazonía empleando datos medidos, durante la campaña de seca del 2011.

- 1. Determinación del Espesor óptico por nubes (COD) con LIDAR and MFRSR en Manaus;**
- 2. Comparación de los COD obtenidos con los instrumentos en superficie y con instrumentos a bordo de satélites (CALIPSO y MODIS);**
- 3. Evaluación preliminar del efecto radiativo de las nubes sobre la radiación solar a partir de mediciones y modelación.**