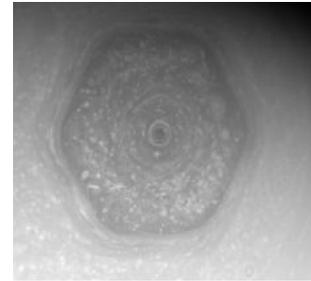
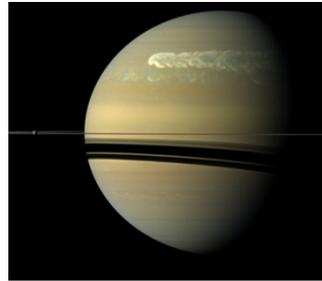


Estructura vertical de nubes y nieblas y función de fase en la atmósfera de Saturno a partir de imágenes de Cassini ISS



IV Reunión sobre Ciencias Planetarias y Exploración del Sistema
Solar (CPESS4)

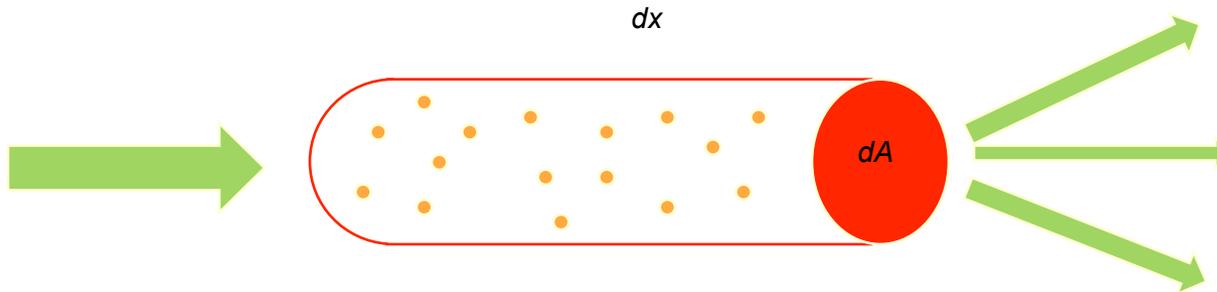
Alicante 8, 9, y 10 Junio, 2015

José Francisco Sanz Requena
Santiago Pérez Hoyos
Agustín Sánchez-Lavega



Grupo de Ciencias Planetarias

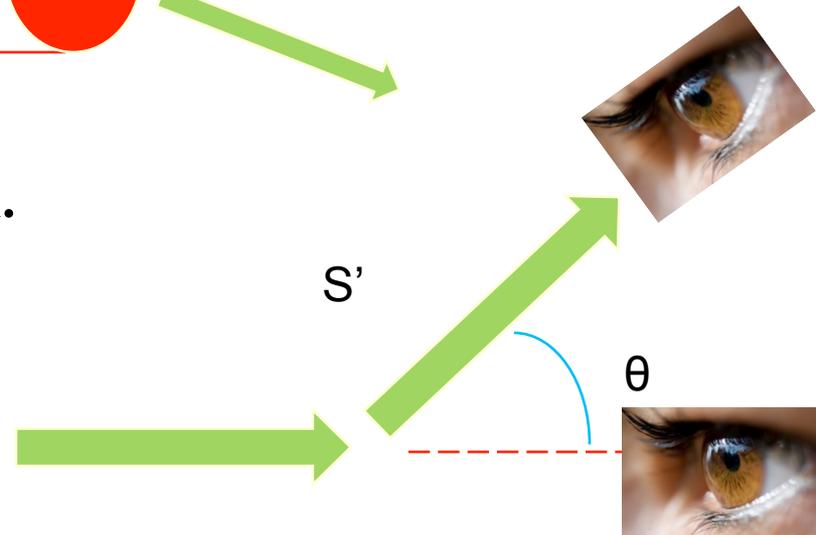
Propagación de la radiación en un medio



- **Extinción= Absorción + Dispersión.**

$f(\theta)$: función angular de dispersión

$$p(\theta) = \frac{4\pi}{\sigma_s} f(\theta)$$



Propiedades atmosféricas tales como la altura de las nubes o la distribución de la densidad de aerosoles atmosféricos.

Funciones Sintéticas

$$P(\cos(\phi)) = \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \phi)^{3/2}} \quad \text{Henyey-Greenstein}$$

$$P(\cos \phi) = f \frac{1 - g_1^2}{(1 + g_1^2 - 2g_1 \cos \phi)^{3/2}} + (1 - f) \frac{1 - g_2^2}{(1 + g_2^2 - 2g_2 \cos \phi)^{3/2}}$$

Función doble
Henyey-Greenstein

Depende del ángulo de dispersión

Difusión hacia delante Difusión hacia atrás

Reproducimos observaciones sin establecer relaciones directas con parámetros físicos como el tamaño de partícula, índices de refracción,...

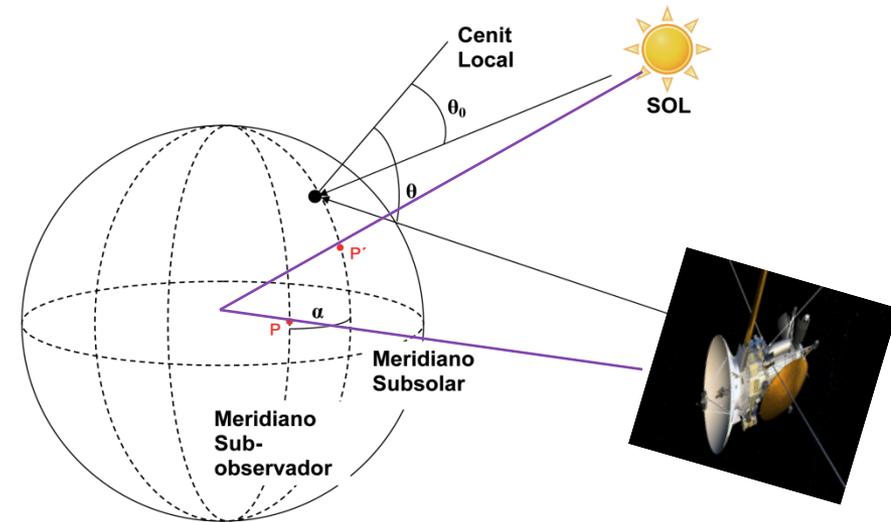
Regiones Ecuatoriales y Latitudes Medias (Gran Tormenta 2010)

Sánchez-Lavega et al. Nature (2011)

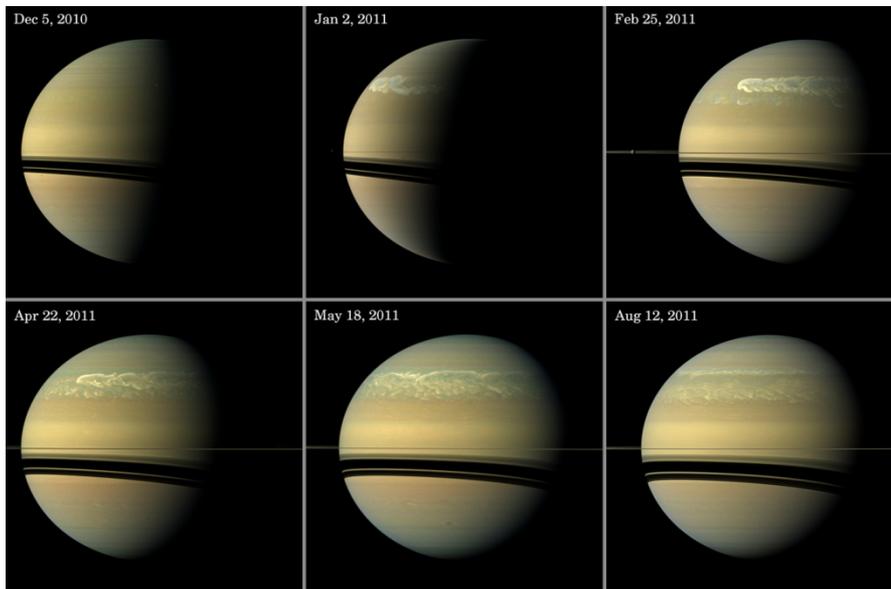
Observaciones

#	Date	B	B'	α
1	2010-12-05	-0.02	7.21	80.17
2	2010-12-23	-0.02	7.46	60.83
3	2010-12-24	-0.03	7.48	71.15
4	2011-01-06	-0.07	7.66	113.27
5	2011-01-15	+0.26	7.80	77.98
6	2011-01-21	+0.31	7.88	95.44
7	2011-03-07	+0.37	8.52	84.83
8	2011-04-22	+0.29	9.16	57.58
9	2011-05-03	+0.37	9.31	86.26
10	2011-06-14	+0.38	9.90	94.76
11	2011-07-14	+0.10	10.31	20.55
12	2011-08-06	+0.16	10.63	28.17
13	2011-09-06	+0.30	11.05	53.64
14	2011-11-30	+0.20	12.18	41.79
15	2011-12-31	-0.79	12.58	79.35

15 visitas x 21 latitudes x 3 filtros

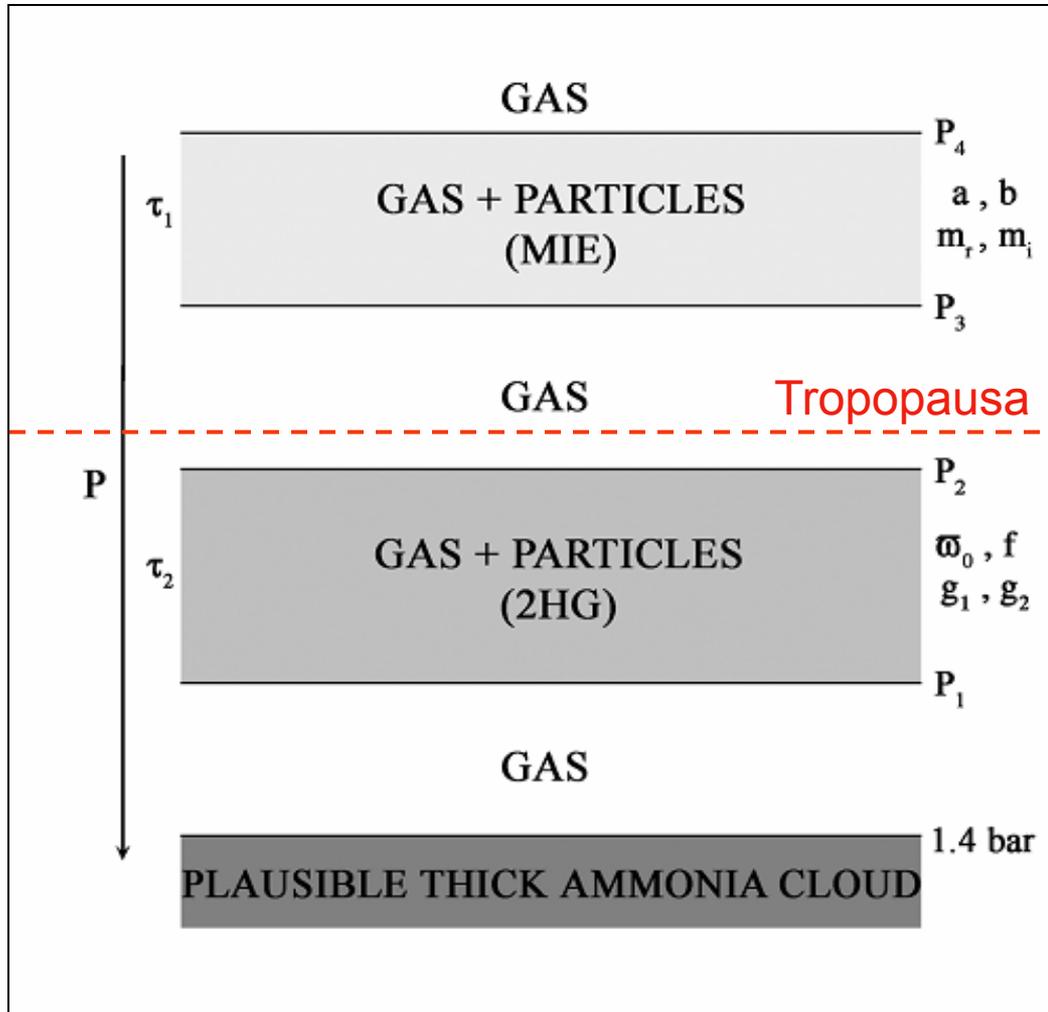


B : Sub-solar planetocentric latitude
B' : Sub-spacecraft planetocentric latitude
 α : phase angle



Filtros:
MT2 (727 nm)
CB2 (752 nm)
MT3 (890 nm)

CODIGO LAYERS
método doubling-adding

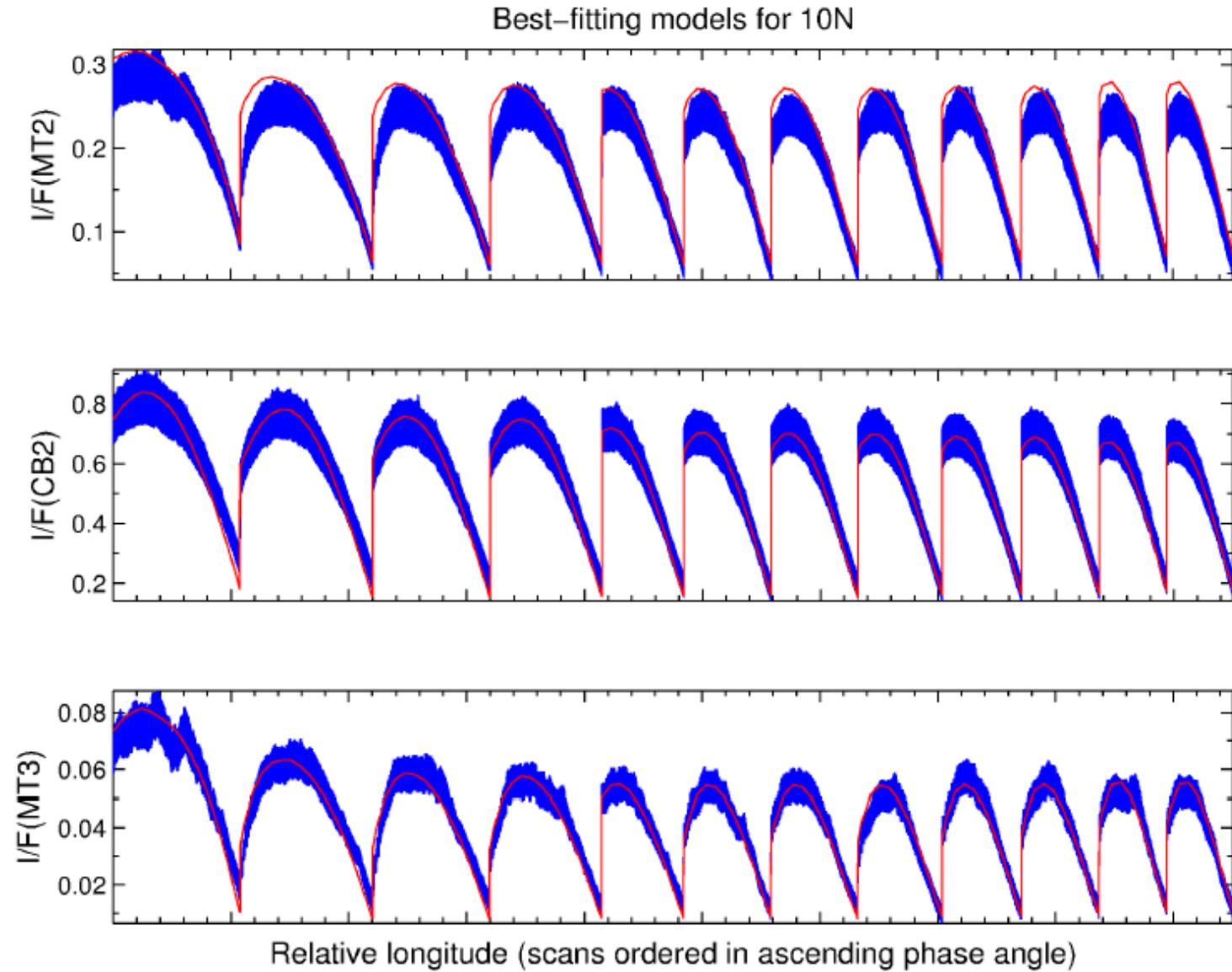


→ Niebla estratosférica

→ Niebla troposférica

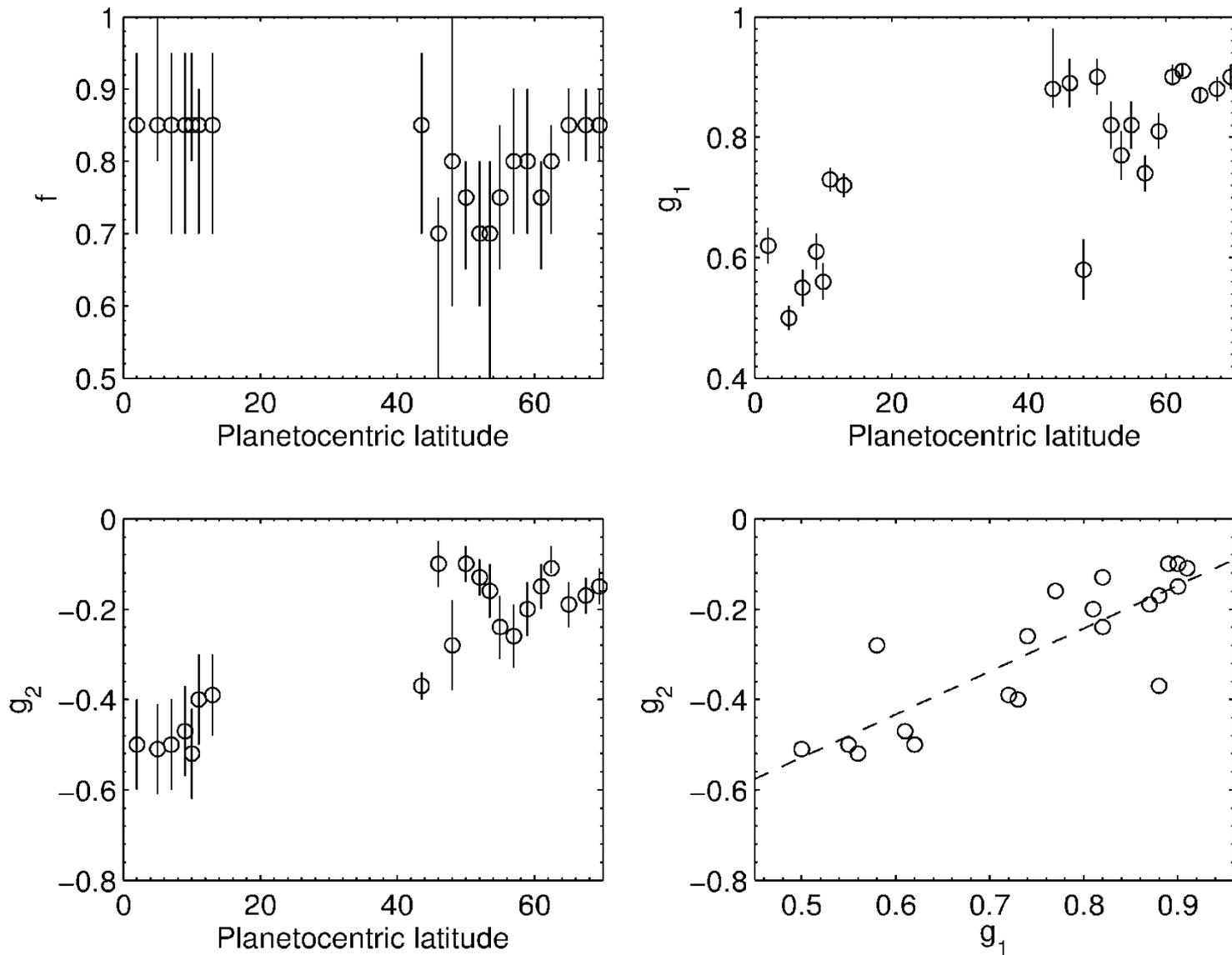
→ Nube de amoníaco

Layer	Parameter	Type	Value
Stratospheric Haze	P_1	Fixed	10 mbar
	P_2	Fixed	15 mbar
	τ_1	Free	0 - 0.05
	m_r	Fixed	1.43
	m_j	Fixed	-0.001
	a	Fixed	0.1 μm
	b	Fixed	0.1
Tropospheric Haze	P_3	Free	15-200 mbar
	P_4	Fixed	500 mbar
	τ_2	Free	0 - 50
	ϖ_{02}	Free	0.8 - 1.0
	f	Free	0.5 - 0.99
	g_1	Free	0.5 - 0.99
	g_2	Free	-0.05 - -0.5
Bottom Cloud	P_5	Fixed	1.4 bar
	P_6	Fixed	1.5 bar
	τ_3	Fixed	5
	ϖ_{03}	Fixed	0.995



Resultados: Parámetros de la 2HG con la Latitud

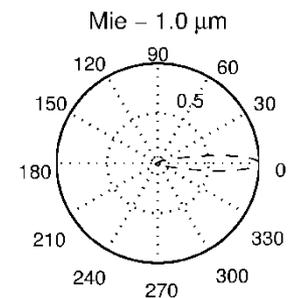
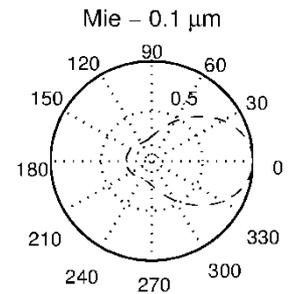
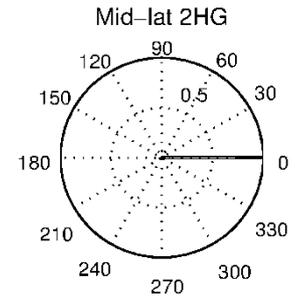
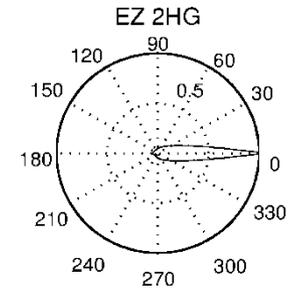
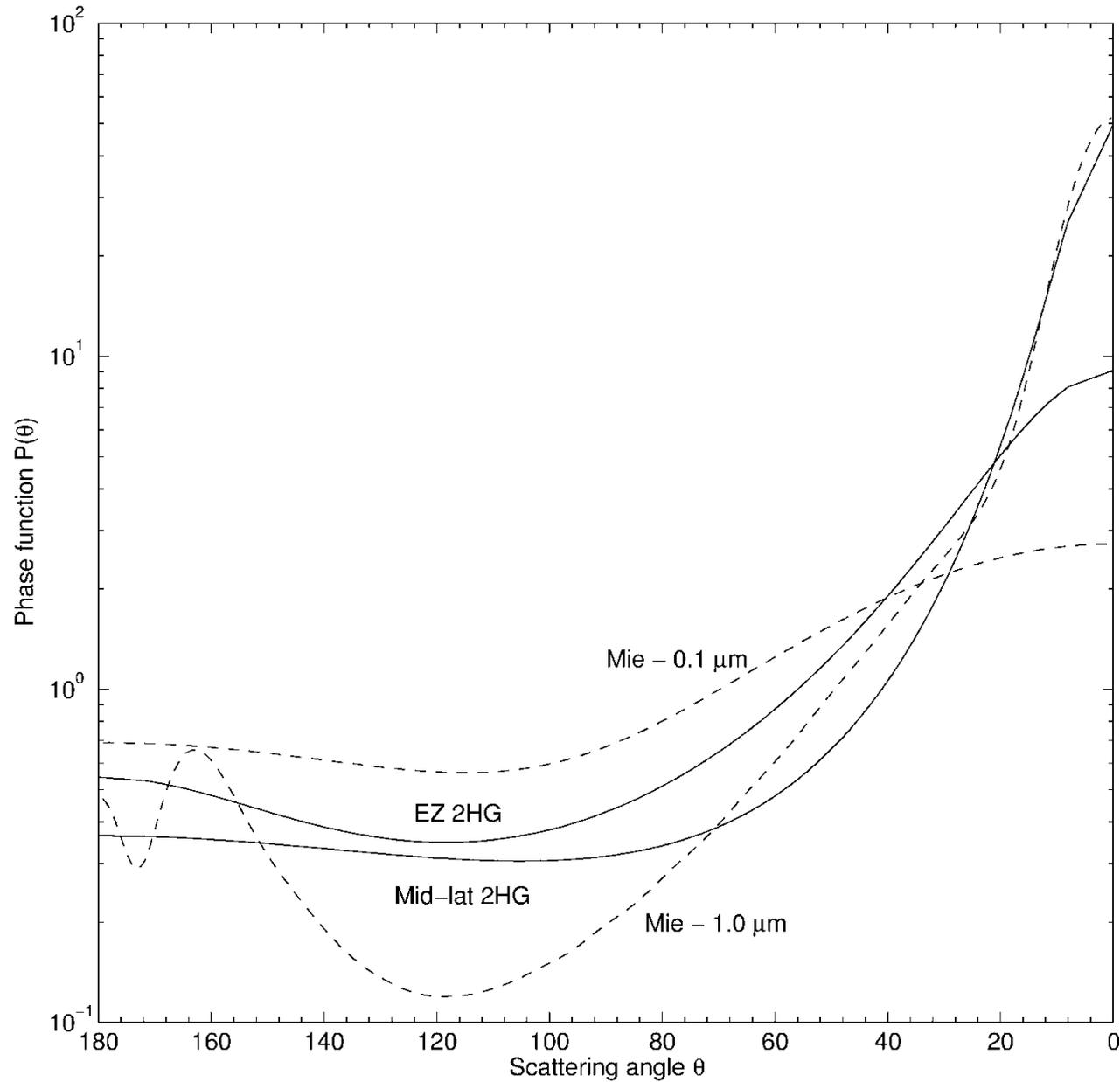
$$P(\cos \phi) = f \frac{1 - g_1^2}{(1 + g_1^2 - 2g_1 \cos \phi)^{3/2}} + (1 - f) \frac{1 - g_2^2}{(1 + g_2^2 - 2g_2 \cos \phi)^{3/2}}$$



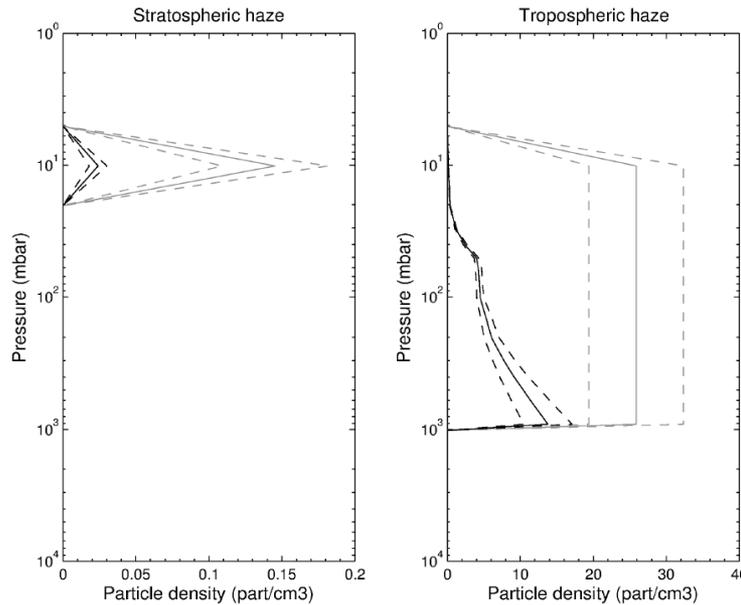
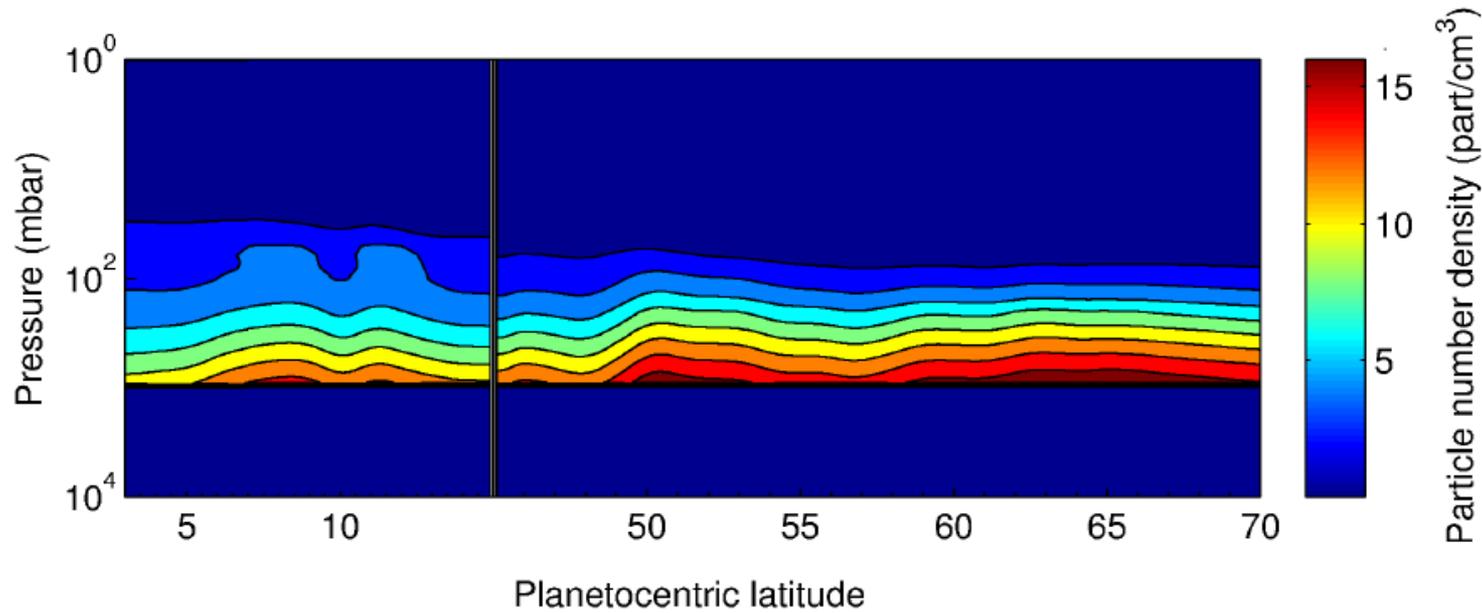
Discusión: Comparación con Resultados Anteriores

Latitude	f	g ₁	g ₂	Source
0-15N	0.85±0.1	0.61±0.09	-0.47±0.05	This work
45-70N	0.78±0.06	0.83±0.09	-0.19±0.08	This work
0-70N	0.80±0.06	0.8±0.1	-0.3±0.1	This work
7-11S	0.763	0.620	-0.294	Tomasko and Doose (1984)
15-17S	0.768	0.603	-0.302	Tomasko and Doose (1984)

Discusión: Comparación con función de Mie



Distribución Espacial de partículas



NEMESIS (Oxford Team Irwin et al. (2008))

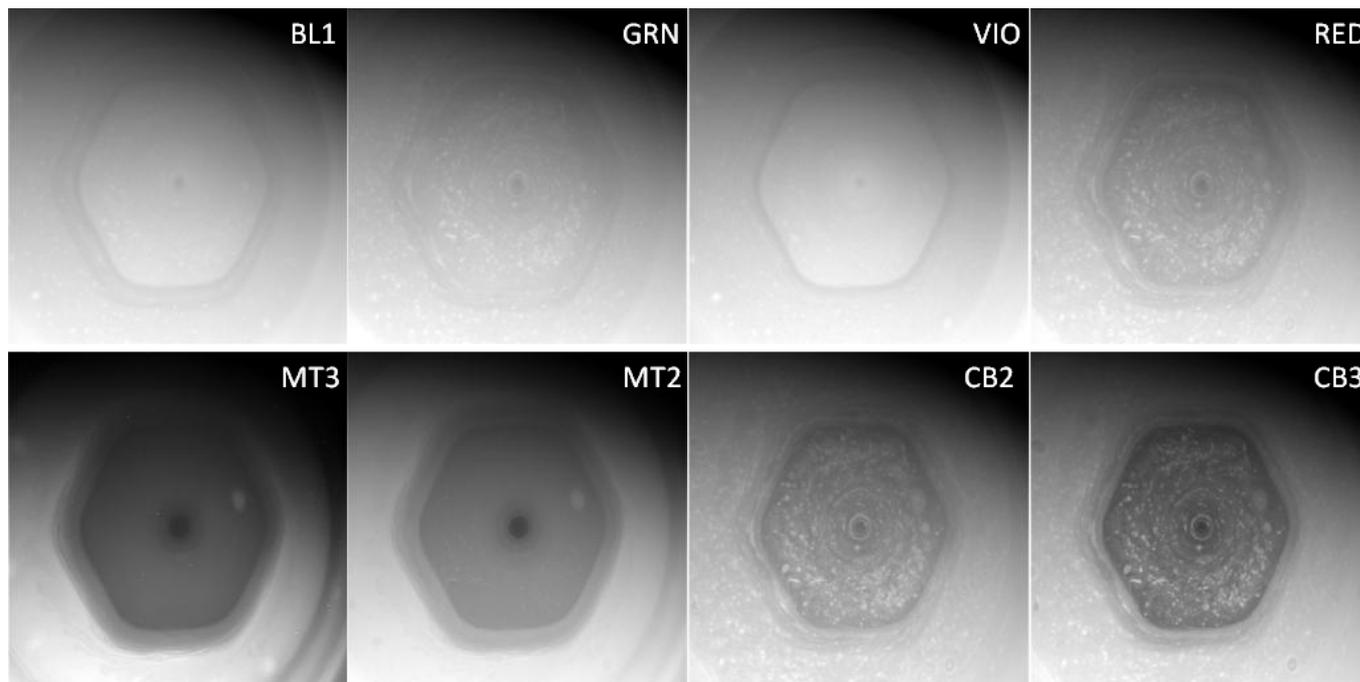
Método de rápida convergencia .

Buena discretización de la atmósfera.

Buena resolución espacial tanto vertical como horizontal

Regiones Polares (Onda Hexagonal)

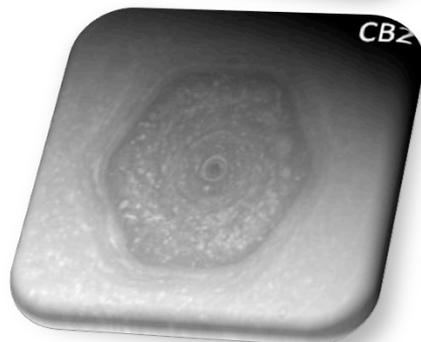
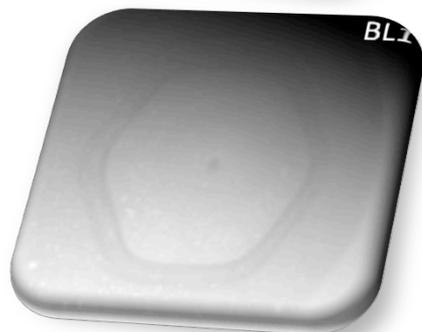
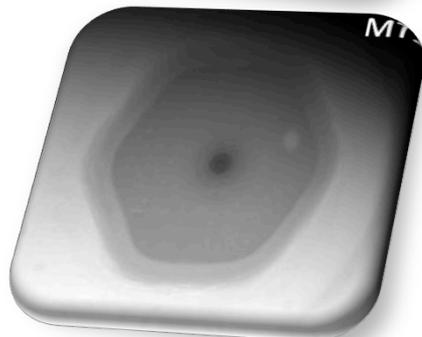
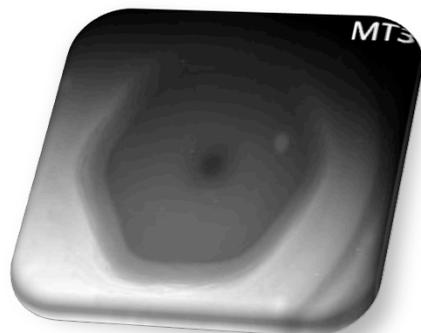
Trabajo en curso



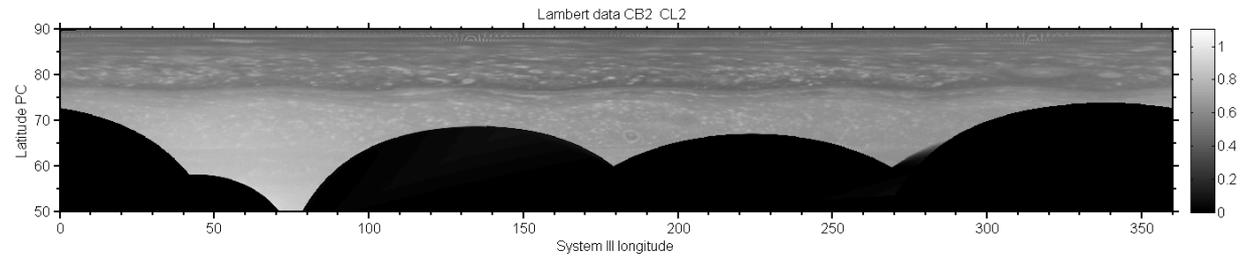
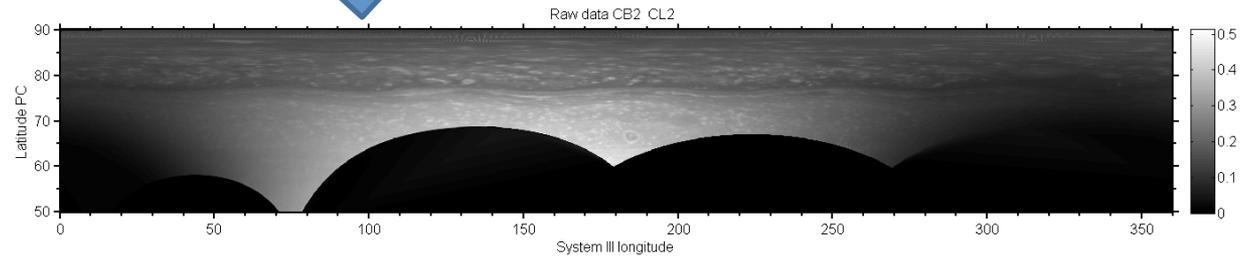
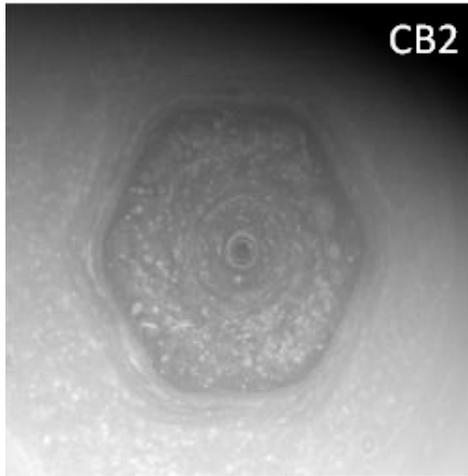
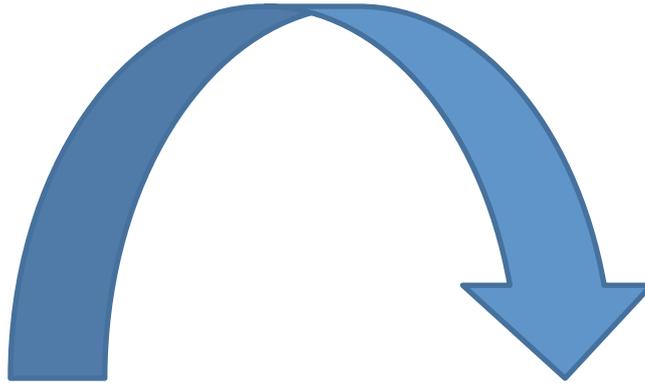
Finales Junio 2013

Filtros	B	B'	α
CL1-BL1 (451 nm)	18,96	58,78	61°
MT2-CL2 (727 nm)	18,96	54,43	48.56°
CB2-CL2 (752 nm)	18,96	51	42,18°
MT3-CL2 (890 nm)	18,96	50,09	40,67°
	18,96	47,28	36,24°
	18,97	44,82	32,62°
	18,97	42,73	29°

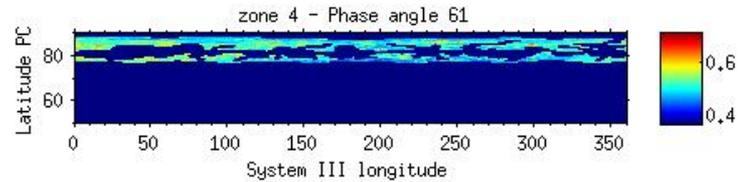
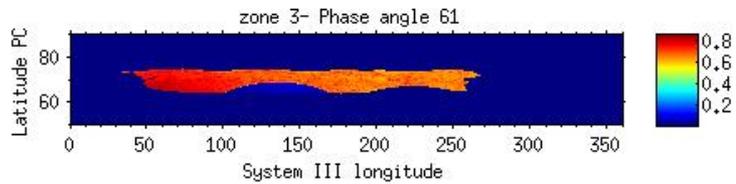
Presión



Selección de zonas

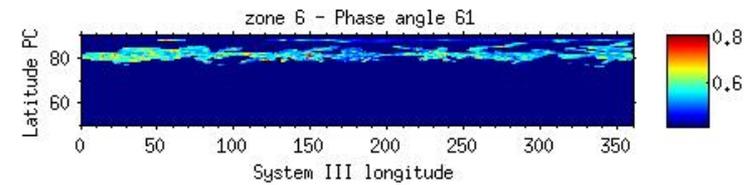
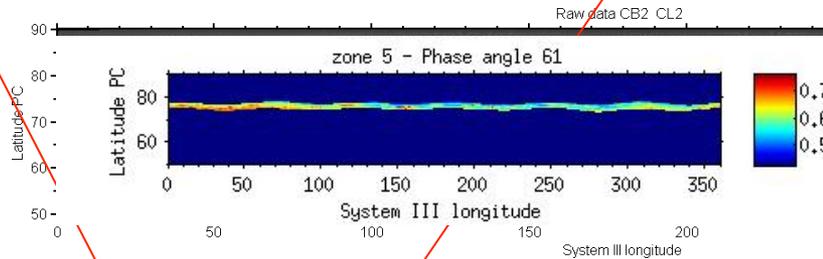


Selección de zonas



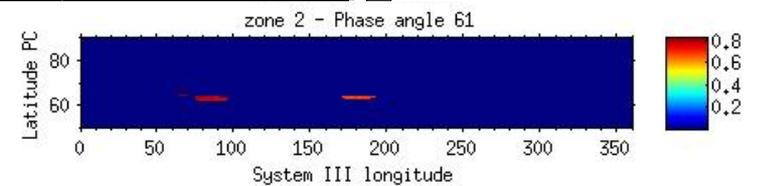
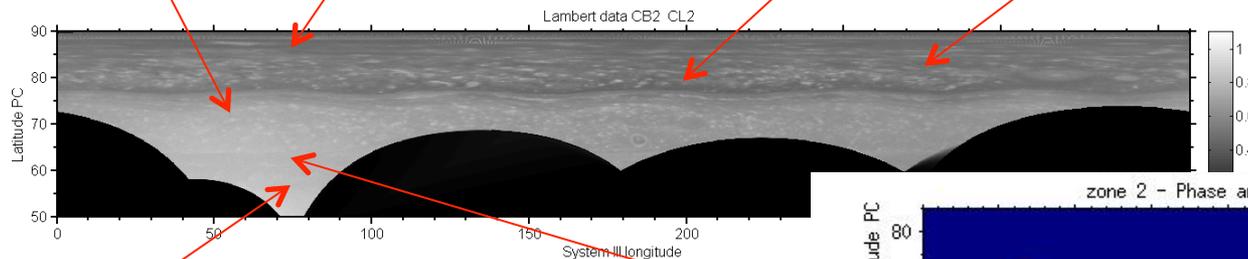
Zona 3
(65°-74°)

Zona 4 (76.5°-90°)

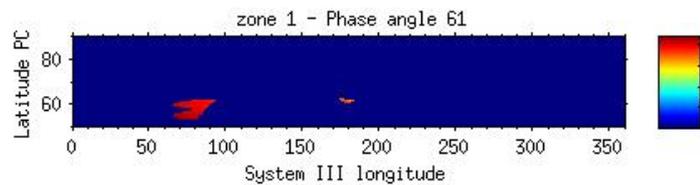


Zona 5
(73°-78.5°)

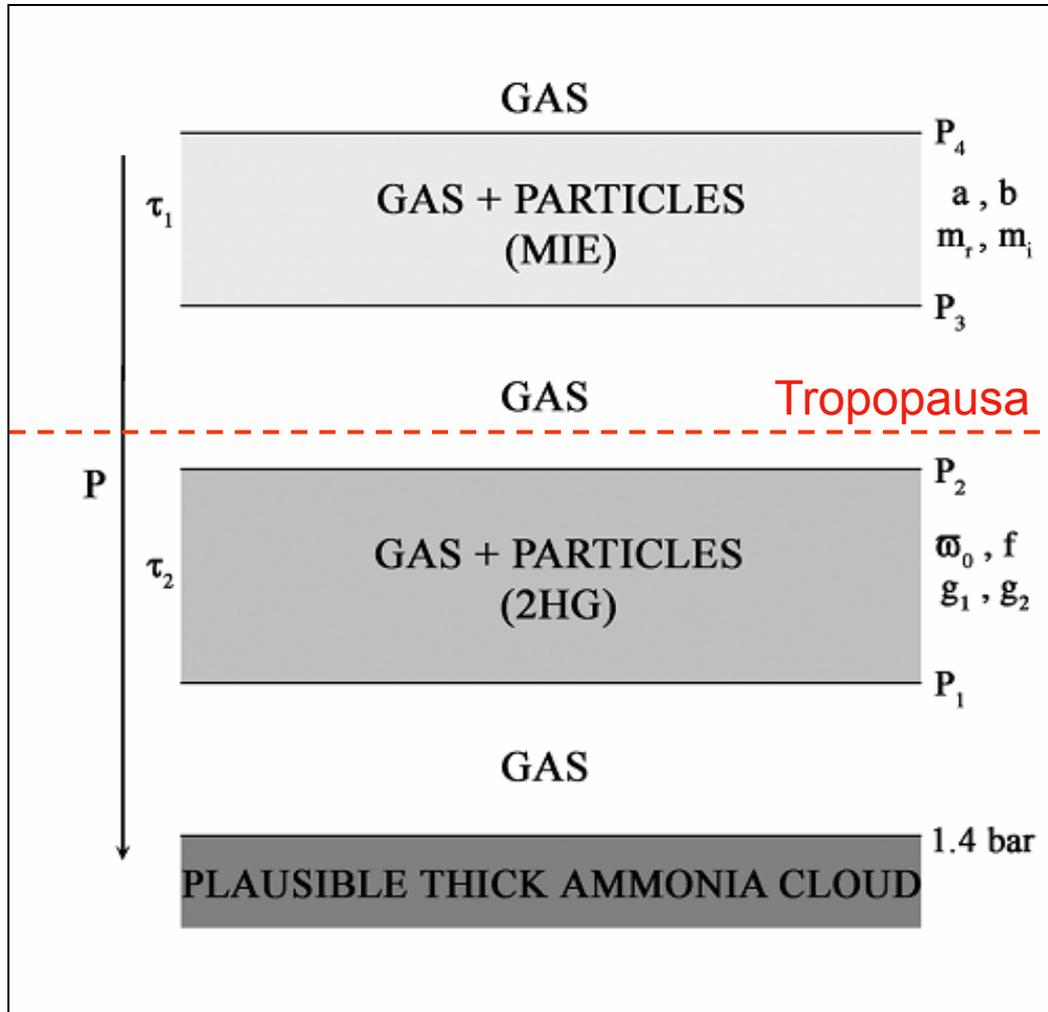
Zona 6
(76.5°-90°)



Zona 1
(53°-57°)



Zona 2 (62°-64°)



Niebla estratosférica

P_4 : 1-10 mbar
 P_3 : 5-15 mbar
 ζ_1 (ref.): 0.015
 $a=0.2$
 $m_r:1.43$
 $m_i=-0.001$

Niebla troposférica

P_2 : 80-95 mbar
 P_1 : 500 mbar
 ζ_2 : 10-18
 f : 0.3-0.65
 $g_1:0.8-0.9$
 $|g_2|:0.2-0.4$

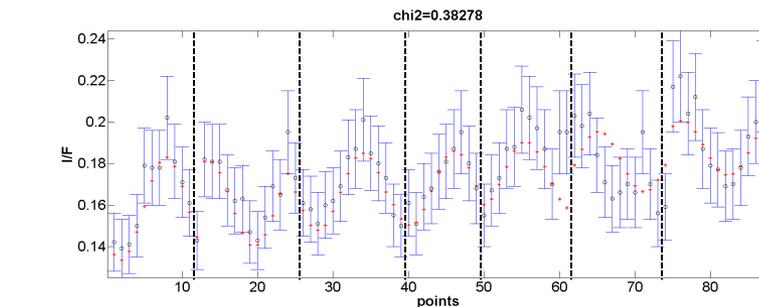
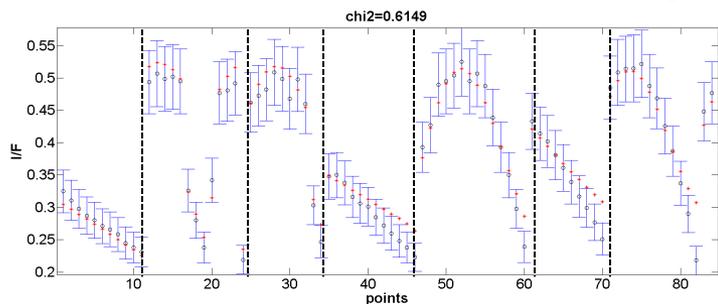
Nube de amoníaco

CB2

Ajustes-Estado del Trabajo

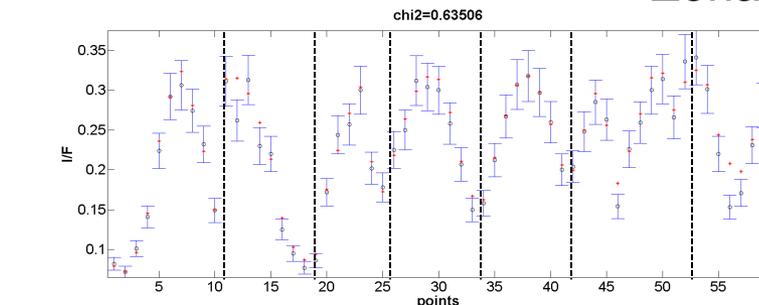
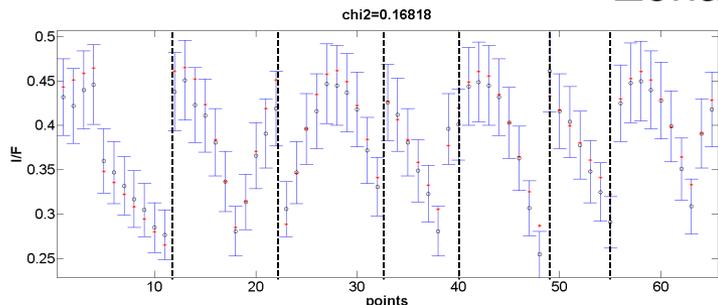
Zona 1

Zona 4



Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°
Zona 2

Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°
Zona 5

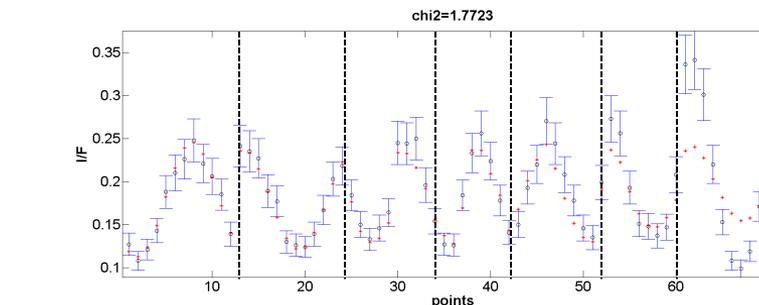
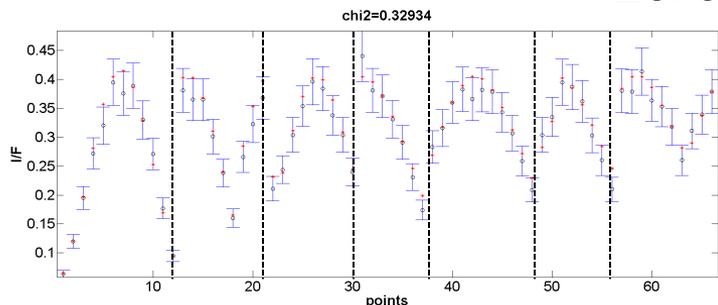


Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°

Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°

Zona 3

Zona 6



Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°

Fases 61° 48° 42° 40° 36° 32° 29°

Conclusiones

- Analizamos observaciones de ISS Cassini en filtros azul y del IR cercano (dos bandas de metano y el continuo intermedio) cubriendo un amplio rango de ángulos de fase, cuestión que no se hace desde los datos de la Pioneer 11, a finales de los años 70.
- Con los filtros seleccionados la función de fase está restringida a la **troposfera superior**, la cual contribuye fuertemente a las observaciones de la radiación reflejada en estas longitudes de onda.
- En la **región ecuatorial y latitudes medias**, a excepción de la zona perturbada por la tormenta (entre 15° N y 40° N), en el resto de latitudes **no** aparecen signos sustanciales de **variación de la reflectividad** en los filtros considerados.
- La función de fase asociada a las nieblas de la **región ecuatorial** tienen una **mayor dispersión hacia atrás** que las nieblas de **latitudes medias**, lo cual sugiere que esté formada por partículas pequeñas. En latitudes medias es **mayor la dispersión hacia adelante** lo que nos indica una partícula de mayor tamaño.
- Los valores medios globales de la **función de fase** encontrados en las región ecuatorial y latitudes medias son **parecidos** a los valores obtenidos por **Tomasko and Doose (1984)** aunque hay algunas diferencias.
- El espesor óptico integrado y la presión superior de la niebla troposférica están de acuerdo con resultados previos.
- La interpretación de los **resultados concuerda con la cizalla vertical** del viento así como las diferentes dinámicas encontradas en la EZ por las observaciones de Cassini.
- En la región **polar** estudiamos **6 zonas** o regiones bien diferenciadas.
- En las nieblas de **las zonas interiores a la onda hexagonal** la dispersión hacia atrás es mayor lo que parece indicar un tamaño de **partícula menor que en el resto de zonas**.