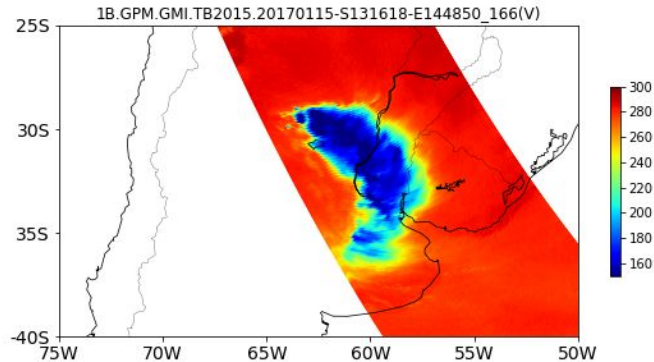
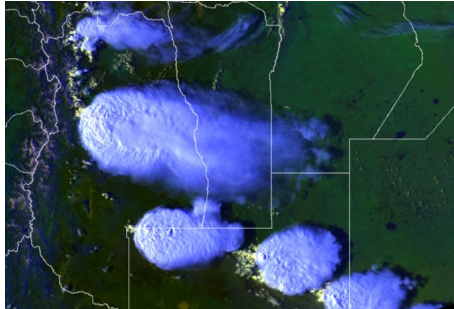
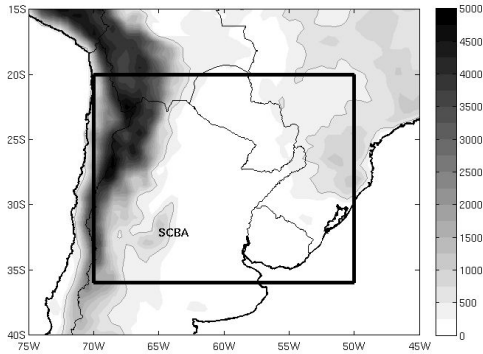


# SATÉLITES Y RADARES DE MICROONDAS PARA EL ESTUDIO DE LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

Victoria Galligani

e-mail: [victoria.galligani@cima.fcen.uba.ar](mailto:victoria.galligani@cima.fcen.uba.ar)



# RESUMEN

1

LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

2

OBSERVACIONES EN FRECUENCIAS MICROONDAS Y COMO SIMULARLAS (MODELOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA)

3

EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

4

WRF DPR RADAR SIMULATOR

## RESUMEN

1

**LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO**

2

**OBSERVACIONES EN FRECUENCIAS MICROONDAS Y COMO SIMULARLAS (MODELOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA)**

3

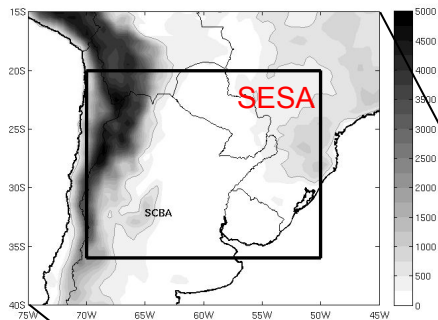
**EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF**

4

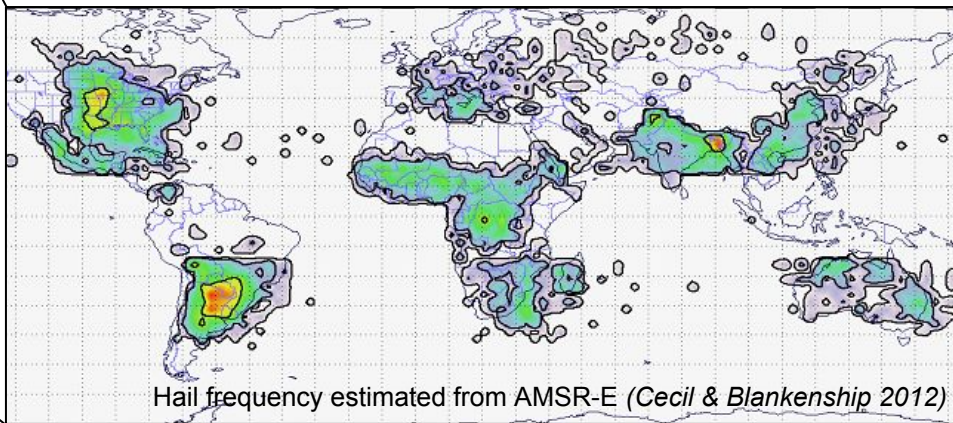
**WRF DPR RADAR SIMULATOR**

# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

La región SESA  
(sureste de Sudamérica)



- ⇒ Mayor cantidad de tormentas de **características extremas**
- ⇒ Desarrollo de **sistemas convectivos de mesoescala** muy intensos (**desarrollo vertical** ~ 18 km)
- ⇒ La causa del mayor porcentaje de precipitaciones en la región (**80%**)
- ⇒ La causa principal de **fenómenos severos** (vientos fuertes, granizo, actividad eléctrica, tormentas, lluvias fuertes)



# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

Una buena caracterización de la precipitación es fundamental ...



Debido a la escasez de datos en el área no sabemos mucho acerca de los aspectos de estos sistemas incluyendo los que rigen su estructura, iniciación, ciclo de vida, comportamientos extremos, etc ...

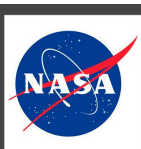
# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

- ❑ RELAMPAGO busca estudiar el inicio, la predicción y los impactos de sistemas convectivos
- ❑ Siglas en inglés para **Sensado Remoto de Electrificación, Relámpagos, y Procesos de Meso Escala/Micro Escala con Observaciones Adaptativas desde Tierra**
- ❑ Consorcio internacional que incluye la NSF como patrocinador

Entidades  
Auspicientes



Entidades Patrocinadoras



COLOQUIOS CIMADCAO 2017





# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

El estudio de estos sistemas se basa en:

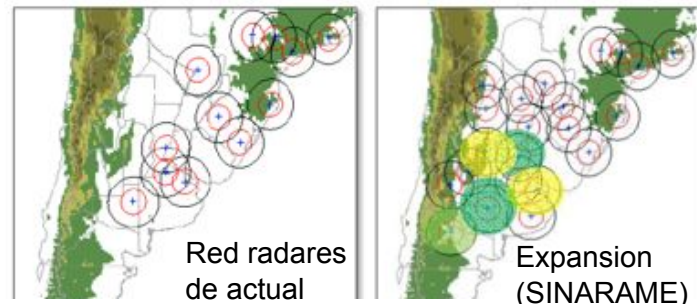
- ❑ **MODELOS ATMOSFÉRICOS que resuelvan la convección:** experimentos numéricos (e.g., The Weather Research and Forecasting model, WRF)
- ❑ **REDES OBSERVACIONALES DE MESOESCALA DENSAS:** necesarias para iniciar y validar simulaciones atmosféricas

# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

El estudio de estos sistemas se basa en:

- ❑ **MODELOS ATMOSFÉRICOS** que resuelvan la convección: experimentos numéricos (e.g., The Weather Research and Forecasting model, WRF) → USAN PARAMETRIZACIONES QUE REQUIEREN EVALUACIONES SISTEMÁTICAS
- ❑ **REDES OBSERVACIONALES DE MESOESCALA DENSAS**: necesarias para iniciar y validar simulaciones atmosféricas → ESCASAS EN LA REGIÓN

Aunque los últimos años hayan marcado el desarrollo de las redes observacionales

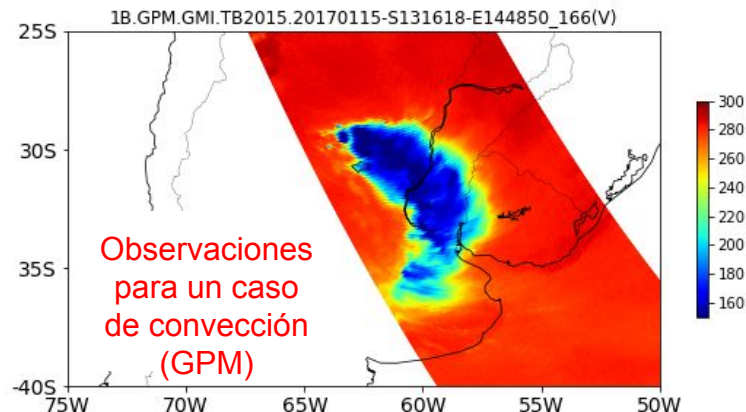




# LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

Las **observaciones de microondas satelitales** (sensoramiento remoto) proveen herramientas poderosas

- ❑ Ofrecen alta resolución espacial y temporal
- ❑ **Microondas**: potencial específicamente para la caracterización de nubes/precipitación (convección)
- ❑ Permiten validar modelos atmosféricos (y sus parametrizaciones) usando modelos de transferencia radiativa para generar “imágenes sintéticas” de observaciones y compararlas con observaciones reales (model-to-satellite approach)



# RESUMEN

1

LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

2

OBSERVACIONES EN FRECUENCIAS MICROONDAS Y COMO SIMULARLAS (MODELOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA)

3

EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

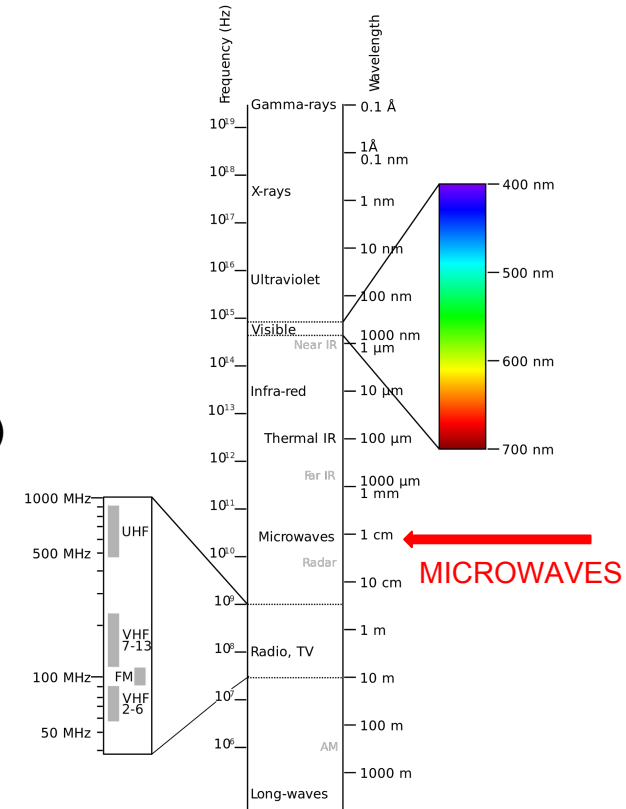
4

WRF DPR RADAR SIMULATOR

# BREVE INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO MICROONDAS

## Donde estan las microondas?

- ❑ El rango de frecuencias microondas: 1-200 GHz (0.15-30cm)
- ❑ Monitoreo global y continuo
  - ❑ Banda espectral grande
  - ❑ Observaciones pasivas (radiómetros) y activas (radares)
- ❑ Sensibilidad para penetrar a la columna de la nube vs. e.g., Infrarrojo (IR) - tope de nube  
Señal radiométrica de los hidrometeoros



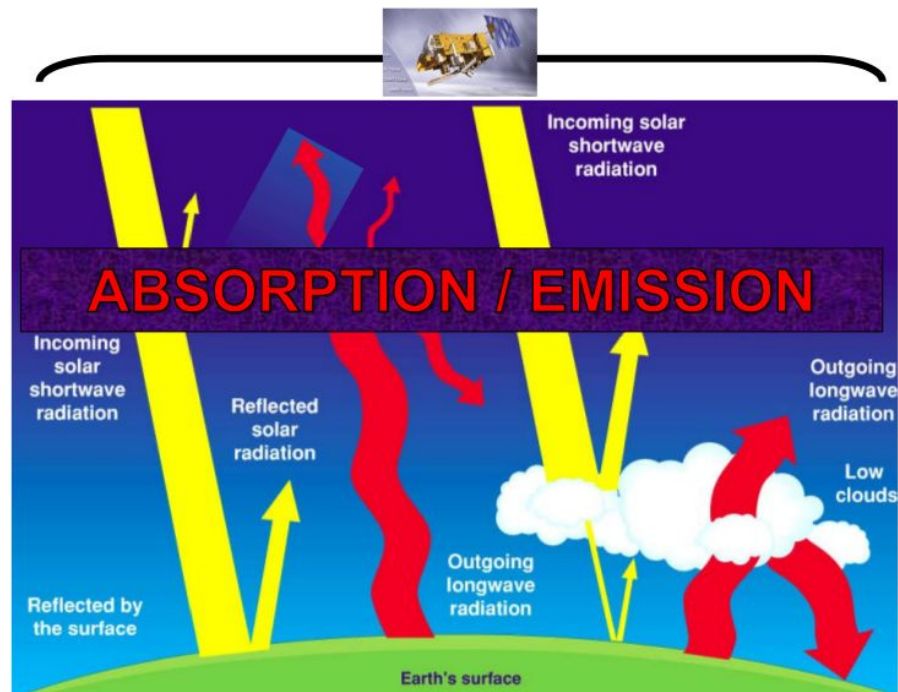
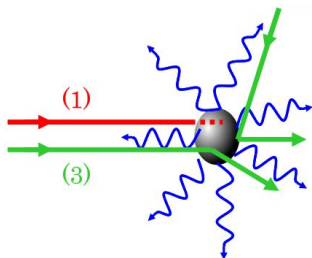
# BREVE INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO MICROONDAS

Los instrumentos satelitales miden la radiación que llega al tope de la atmósfera en la frecuencia de observación. La interacción radiación - atmósfera:

## (1) Absorción

(2) Emission (Kirchhoff's law: emissivity= absorptivity)

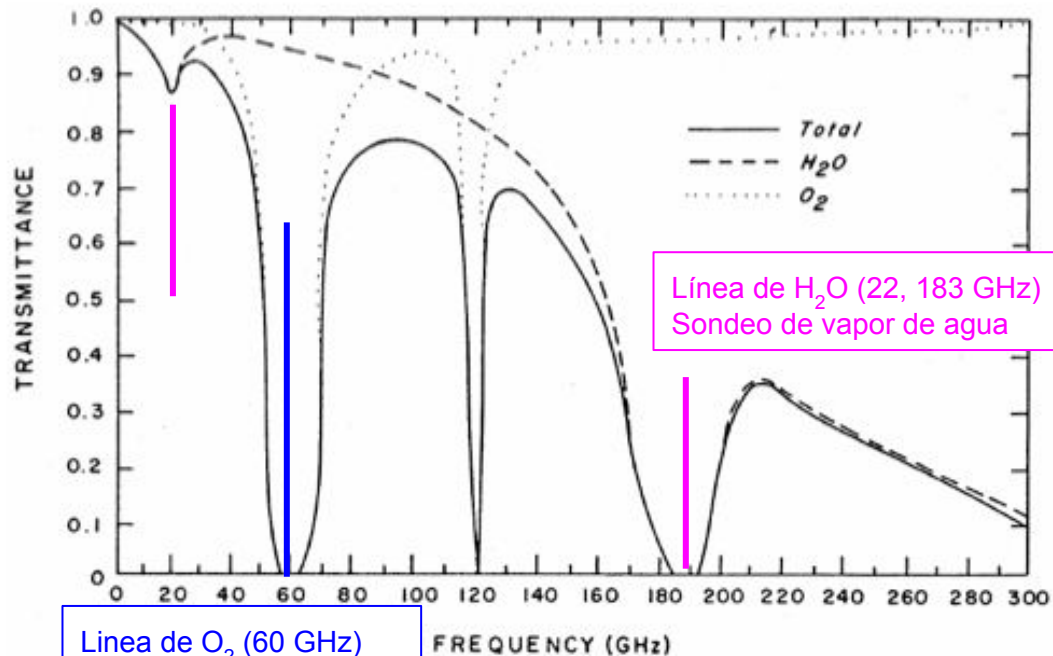
(3) Dispersión/Scattering (nubes): proceso físico mediante el cual una partícula en el camino de una onda electromagnética recibe la energía de la onda incidente y luego irradia la energía en todas las direcciones.



# BREVE INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO MICROONDAS

Transmitancia atmosférica

El espectro microondas  
(en cielo despejado)

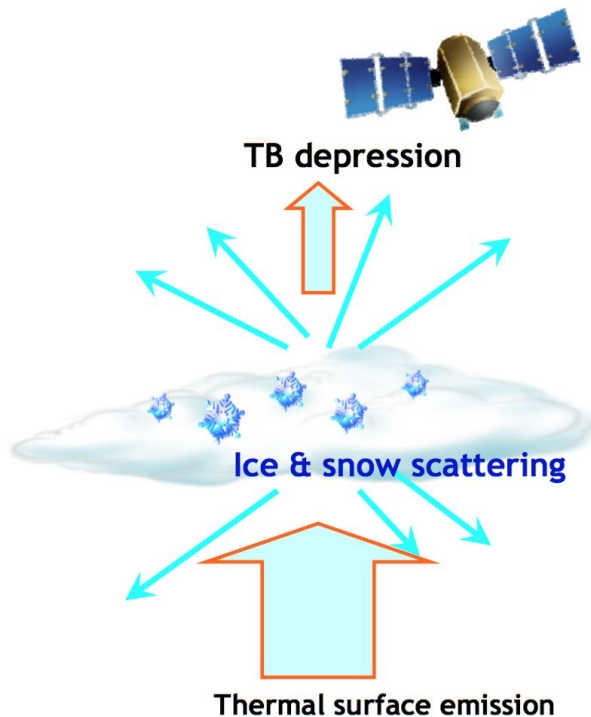
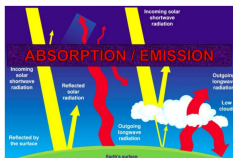


Línea de H<sub>2</sub>O (22, 183 GHz)  
Sondeo de vapor de agua

Línea de O<sub>2</sub> (60 GHz)  
Sondeo de temperatura

# BREVE INTRODUCCIÓN AL ESPECTRO MICROONDAS

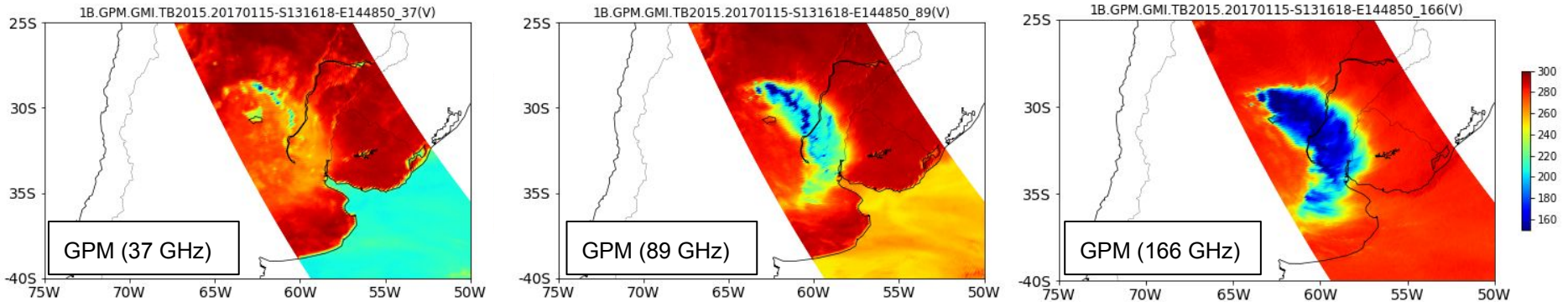
**Interacción con las nubes (dispersión)**





# OBSERVACIONES MICROONDAS: GMI (radiómetro de GPM)

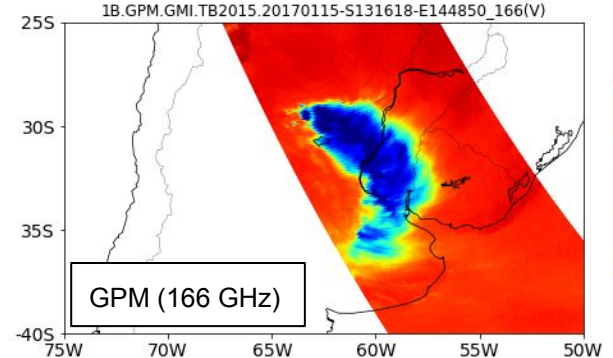
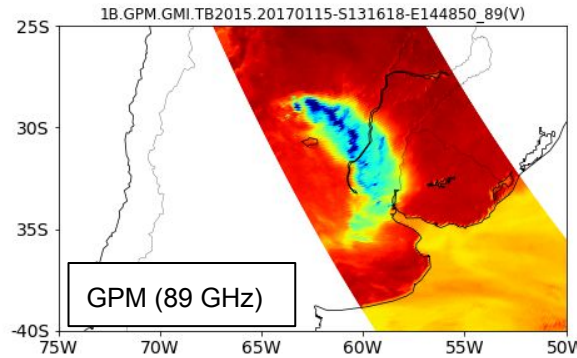
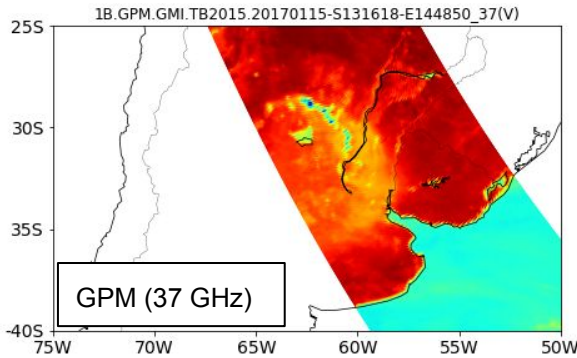
Frecuencia (GHz) →



- Radiación en términos de las Temperaturas de Brillo (K)

# OBSERVACIONES MICROONDAS: GMI (radiómetro de GPM)

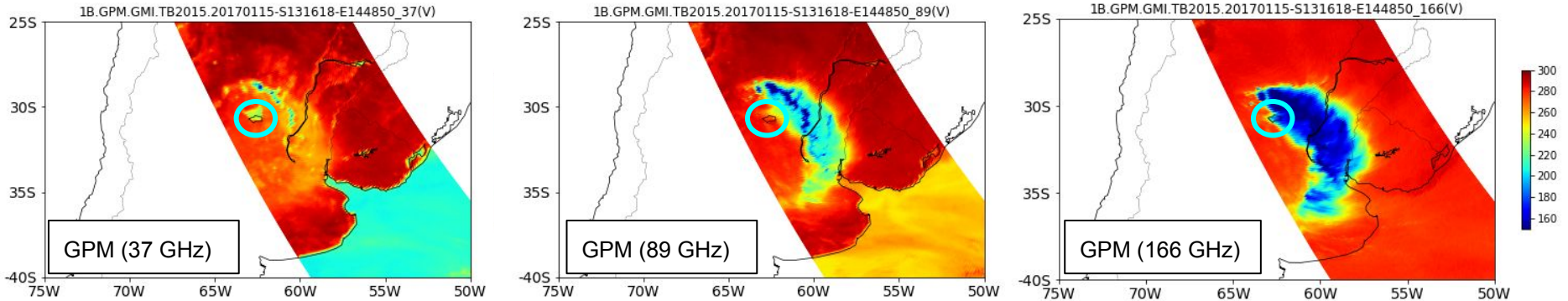
Frecuencia (GHz) →



Land surface emissivity (~0.9)  
Ocean surface emissivity (~0.3-0.6)

# OBSERVACIONES MICROONDAS: GMI (radiómetro de GPM)

Frecuencia (GHz) →

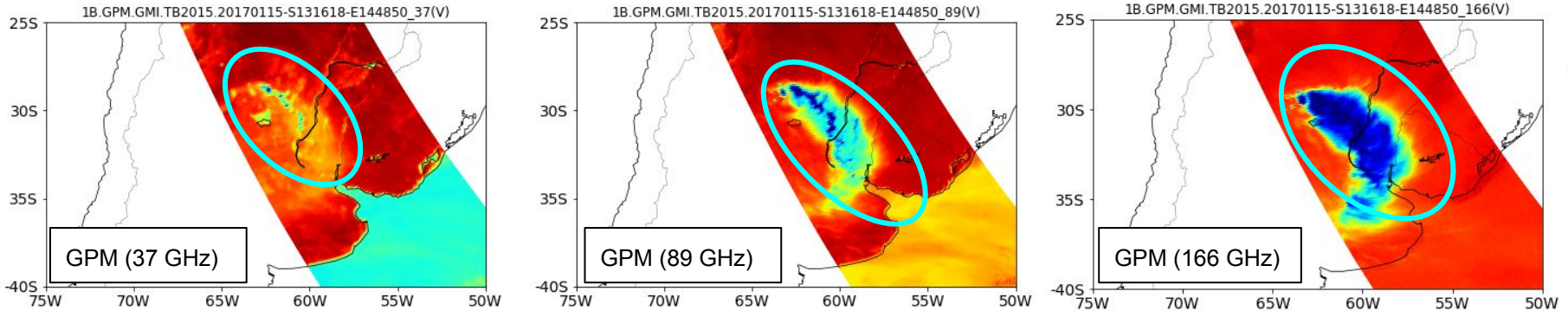


Land surface emissivity (~0.9)  
Ocean surface emissivity (~0.3-0.6)

## Laguna de Mar Chiquita

# OBSERVACIONES MICROONDAS: GMI (radiómetro de GPM)

Frecuencia (GHz) →



nubes/precipitación  
Difusión = depresiones en temperaturas de brillo

# GENERAR IMÁGENES SINTÉTICAS DE OBSERVACIONES MICROONDAS - TRANSFERENCIA RADIATIVA

→ Poder simular estas observaciones es muy útil para validar modelos atmosféricos

Los radiómetros satelitales miden la radiancia  $L(\nu)$  que llega al tope de la atmósfera en la frecuencia  $\nu$

Las radiancia está relacionada a variables geofísicas atmosféricas (temperatura, vapor de agua, nubes, etc) mediante la ecuación de transferencia radiativa

measured by the satellite

Our description of the atmosphere

$$L(\nu) = \int_0^{\infty} B(\nu, T(z)) \left[ \frac{d\tau(\nu)}{dz} \right] dz + \text{Surface emission} + \text{Surface reflection/scattering} + \text{Cloud/rain contribution} + \dots$$

Planck source term\* depending on temperature of the atmosphere

Absorption in the atmosphere

Other contributions to the measured radiances

# BREVE INTRODUCCIÓN A LA TRANSFERENCIA RADIATIVA

“Forward problem”

measured by the  
satellite

depends on the state of the atmosphere

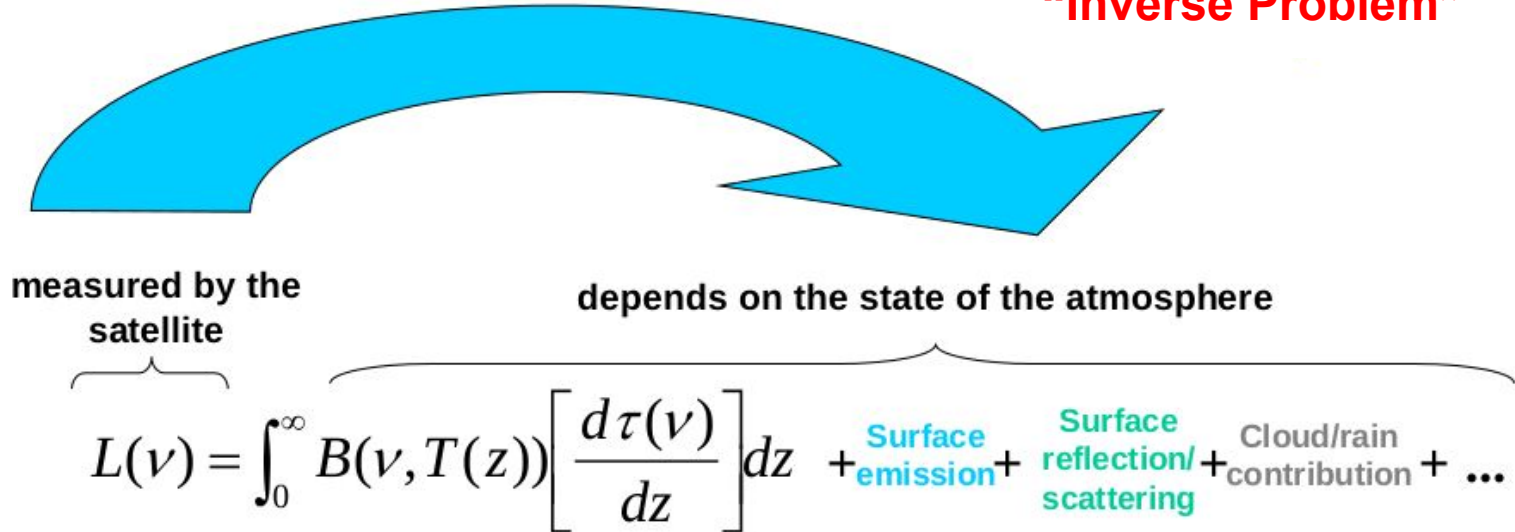
$$L(\nu) = \int_0^\infty B(\nu, T(z)) \left[ \frac{d\tau(\nu)}{dz} \right] dz + \text{Surface emission} + \text{Surface reflection/scattering} + \text{Cloud/rain contribution} + \dots$$

... dado el estado de la atmósfera, cuál es la radiancia?



# BREVE INTRODUCCIÓN A LA TRANSFERENCIA RADIATIVA

“Inverse Problem”



... dado la radiancia observada, cuál es el estado de la atmósfera?

# BREVE INTRODUCCIÓN A LA TRANSFERENCIA RADIATIVA

“Forward problem”

measured by the  
satellite

*Estado de la atmósfera modelado por WRF por ejemplo*

$$L(\nu) = \int_0^\infty B(\nu, T(z)) \left[ \frac{d\tau(\nu)}{dz} \right] dz + \text{Surface emission} + \text{Surface reflection/scattering} + \text{Cloud/rain contribution} + \dots$$

**interacción de nubes y precipitación con la radiación de microondas**

# INTERACCIONES RADIACIÓN - HIDROMETEOROS (PARTÍCULAS)

La intensidad de la dispersión depende de la relación del tamaño de partícula y longitud de onda

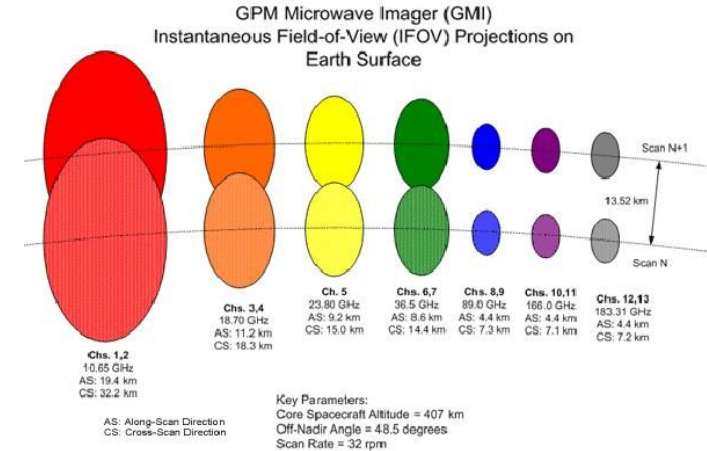


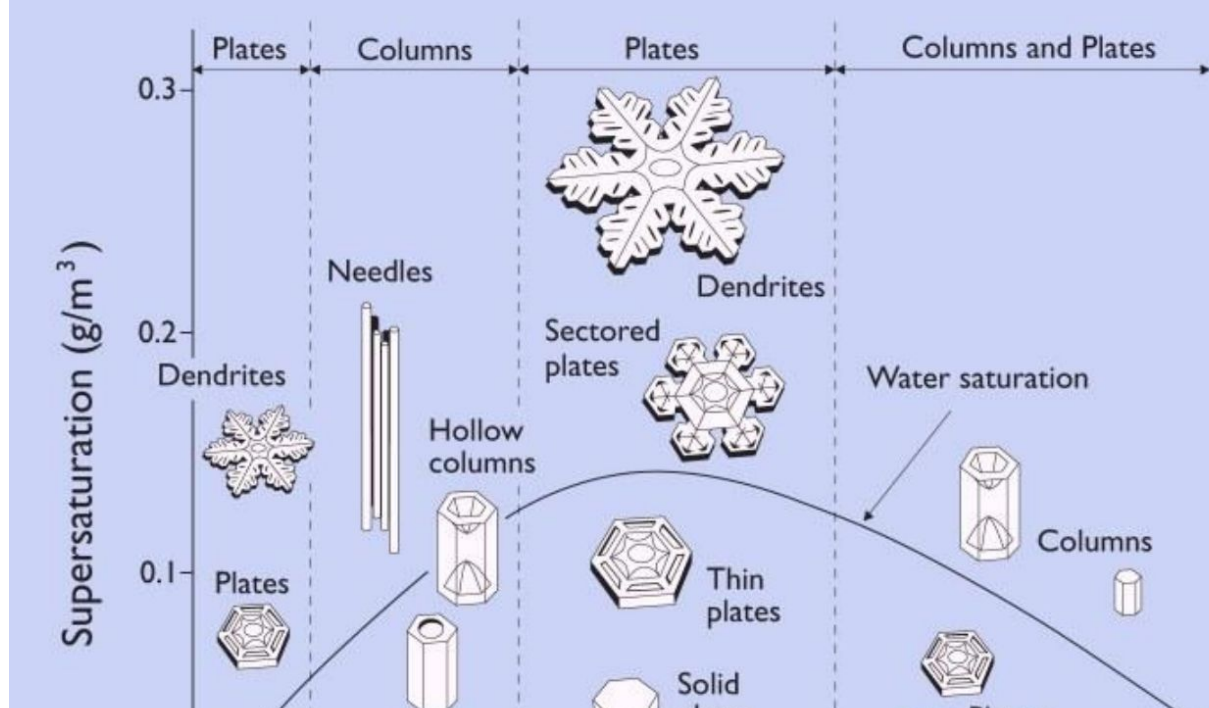
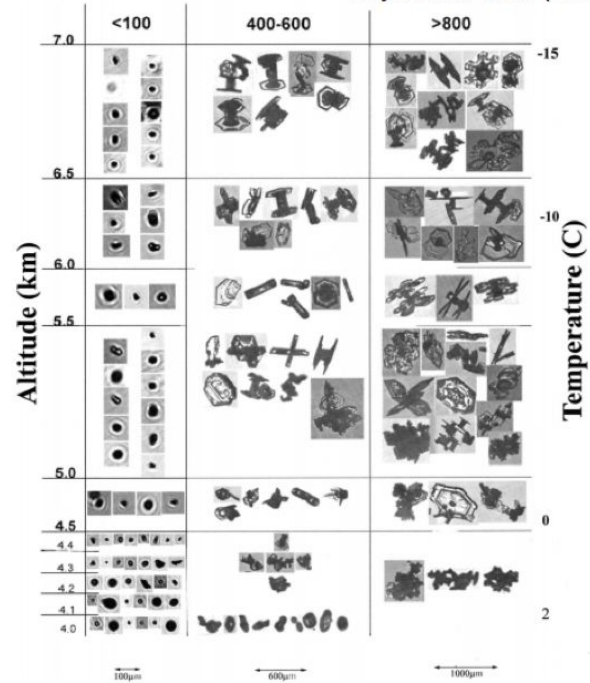
$$\text{Size parameter } x = 2\pi r/\lambda$$

Particle type	Size range, r	Size parameter, x (30 GHz)	Scattering solution
Cloud droplets	5 – 50 $\mu\text{m}$	0.003 – 0.03	Rayleigh
Drizzle	~100 $\mu\text{m}$	0.06	Rayleigh
Rain drop	0.1 – 3 mm	0.06 – 1.8	Mie
Ice crystals	10 – 100 $\mu\text{m}$	0.006 – 0.06	Rayleigh, DDA
Snow	1 – 10 mm	0.6 – 6	Mie, DDA
Hailstone	~10 mm	6	Mie, DDA

# INTERACCIONES RADIACIÓN - HIDROMETEOROS (PARTÍCULAS)

- ❑ Propiedades de dispersión para cada hidrometeoro
- ❑ Pero, el siguiente paso es caracterizar el conjunto de las propiedades **sumadas/o** promediadas de la población total
  - ❑ Diferentes orientaciones
  - ❑ Diferentes tamaños (distribución de talla o PSD)
  - ❑ Diferentes materiales (nieve, hielo puro, lluvia, etc)





La señal de dispersión depende de propiedades microfísicas con gran variabilidad espacial y temporal y no hay parametrizaciones robustas

- Tamaño (PSD)
- Composición (e.g. snow density)
- Forma y orientación

# RESUMEN

1

LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

2

OBSERVACIONES EN FRECUENCIAS MICROONDAS Y COMO SIMULARLAS (MODELOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA)

3

EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

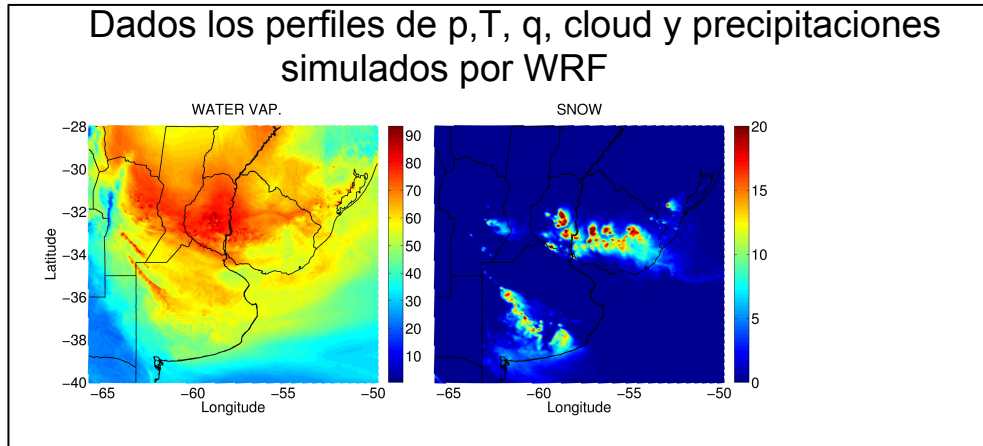
4

WRF DPR RADAR SIMULATOR



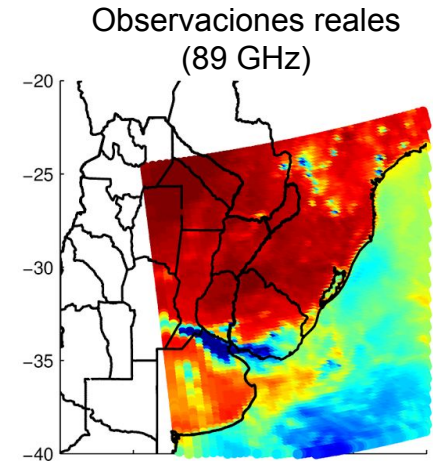
# EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

**METODOLOGÍA:** acoplar WRF con un modelo de transferencia radiativa (TR)



Simular  
mediante  
TR

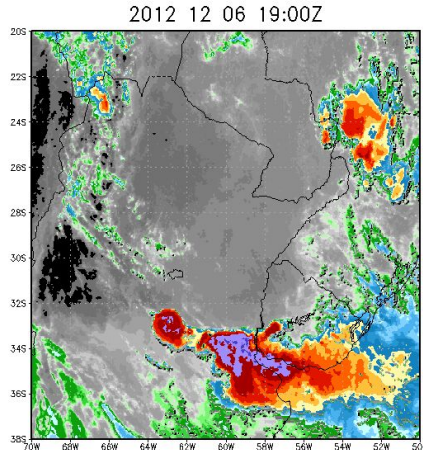
A large white arrow pointing from the simulated profiles to the real observations map.



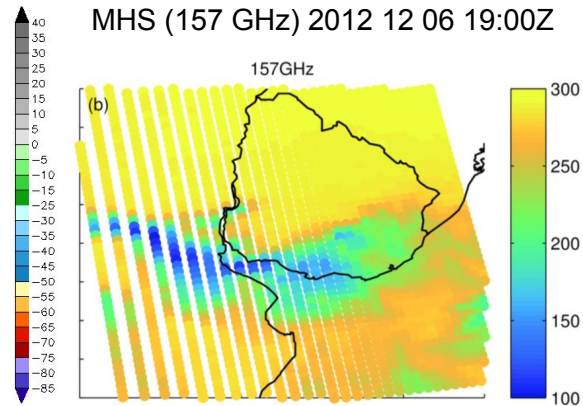
“Forward problem”... dado el estado de la atmósfera, cuál es la radiancia?

# Case study: evento convectivo intenso 6-7 diciembre 2012

- ❑ Tiempo severo asociado
  - ❑ Tornados reportados en el Litoral
  - ❑ Vientos por arriba de 100 km/hr en Córdoba
  - ❑ Precipitaciones fuertes (e inundaciones en Buenos Aires)
- ❑ **Observaciones de los radiómetros TMI & MHS**

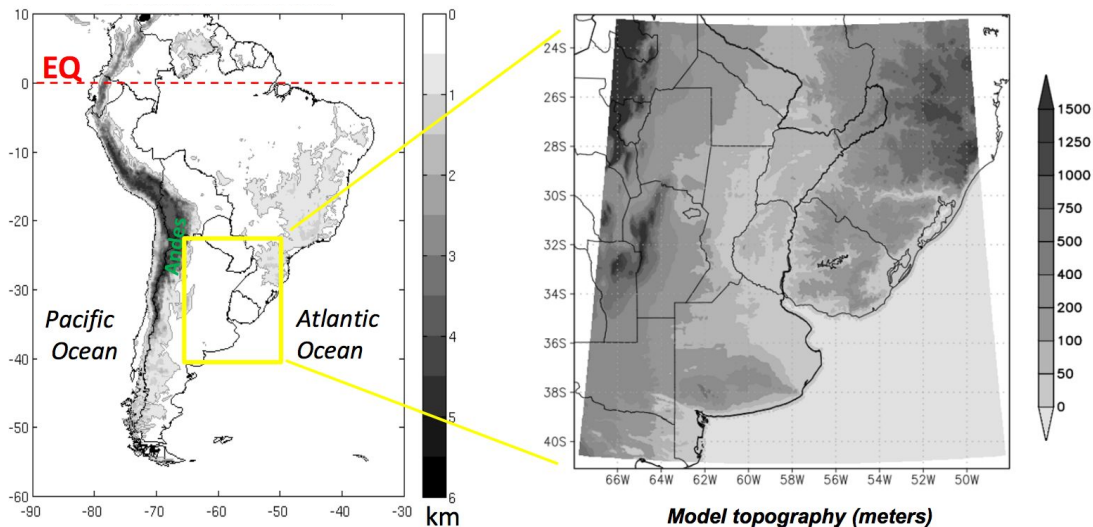


GOES data



# Configuración de WRF (WRF-ARW 3.6)

- ❑ Resolución de 4 km y 38 niveles verticales
- ❑ Condiciones iniciales: GFS (Global Forecast System) a 0.5° de resolución a las 00:00 UTC del 6/12
- ❑ Integrado a 36 hours, con updates en las condiciones de borde del GFS cada 3 horas
- ❑ Parametrizaciones PBL (MYJ)
- ❑ **Parametrizaciones microfísicas: Thompson, WSM6, WDM6**



# Parametrizaciones microfísicas de WRF

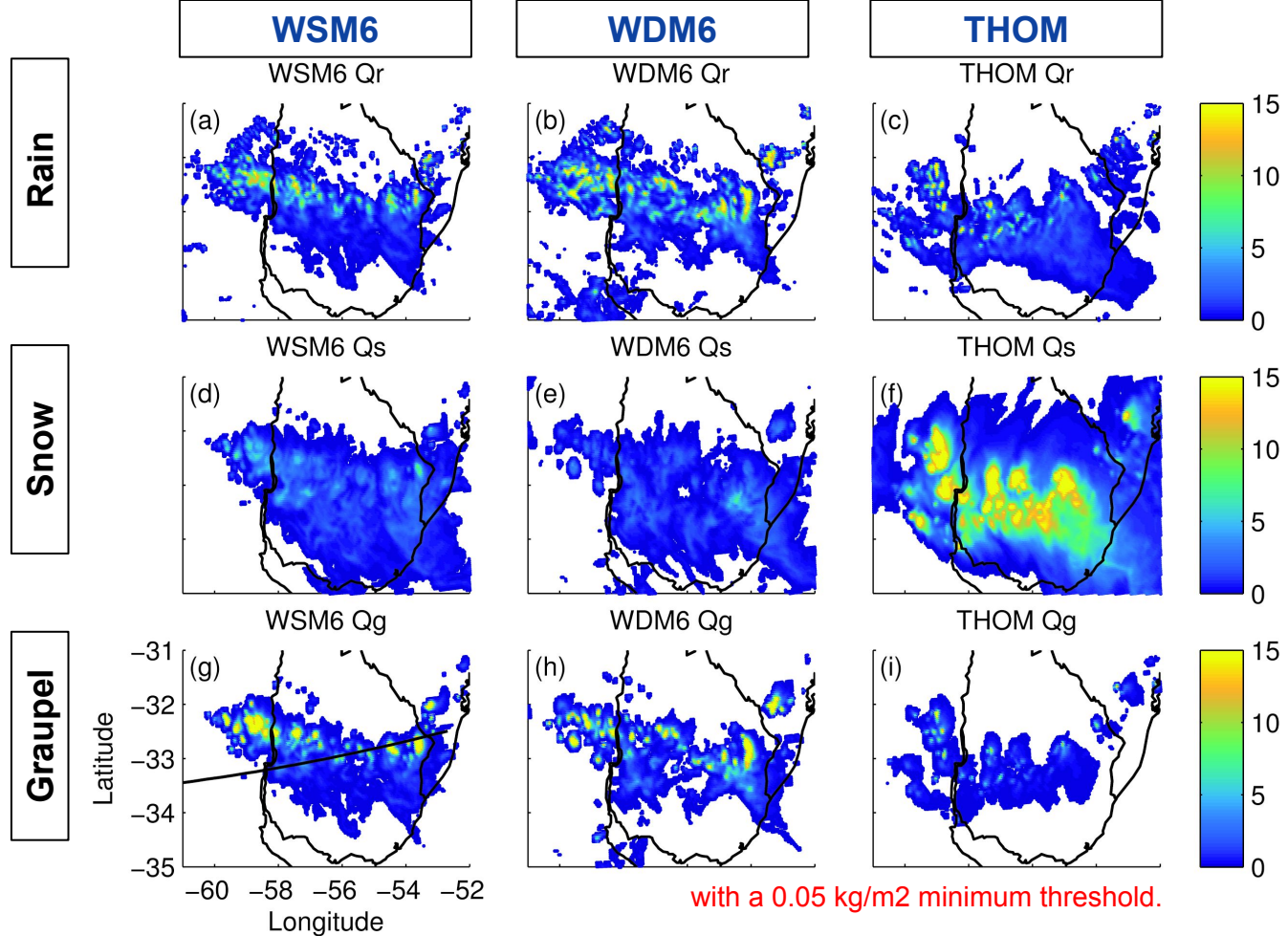
- ❑ Modelan la evolución de uno o dos momentos (e.g., mixing ratio, number mixing ratio) de x tipos de hidrometeoros (o especies)

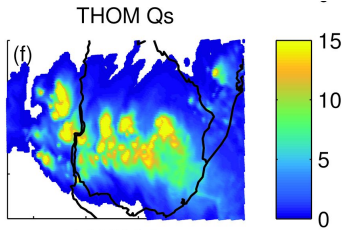
Scheme	Mass variables	Number Variables	Reference
WSM6	Qc, Qr, Qs, Qg, Qi		Hong and Lim 2006
WDM6	Qc, Qr, Qs, Qg, Qi	Nc, Nr	Lim and Hong 2010
THOM	Qc, Qr, Qs, Qg, Qi	Ni, Nr	Thompson et al., 2008

- ❑ ... y asumen la función para describir la distribución de la talla de partículas (particle size distribution, PSD), e.g., distribución gamma:
  - ❑  $N(D)=N_0 D^\mu e^{-\lambda D}$ , donde  $N_0, \mu$  están parametrizadas para cada especie ( $\lambda$  depende de  $N_0, \mu, \rho_x, Q_x$ )
  - ❑ e.g., la nieve se parametriza con una distribución exponencial (en WSM6, WDM6)
- ❑ Hay otras parametrizaciones importantes: mass-size relation,  $m=aD^b$ , (y por ende la densidad)
  - ❑ e.g., nieve  $\rho(\text{WSM6, WDM6}) = 0.1 \text{ kg/m}^3$

WRF integrated  
column contents at  
time of MHS passage  
(19:00 UTC)

Gran sensibilidad

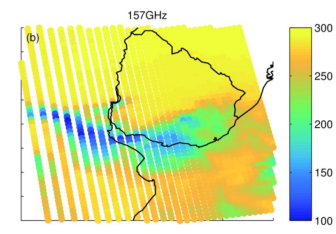




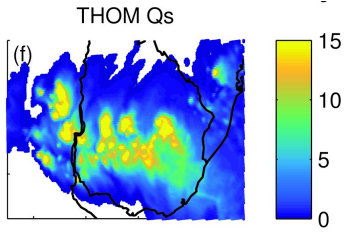
**WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)**



**TBs simuladas**





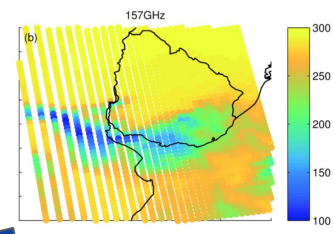
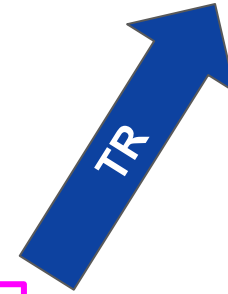


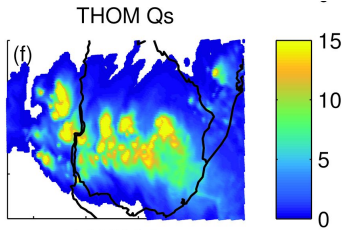
WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)



Propiedades de dispersión individuales + PSD

TBs simuladas

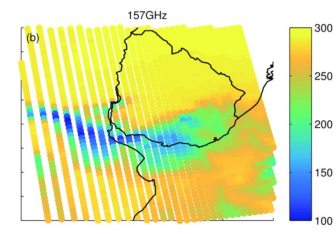




WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)



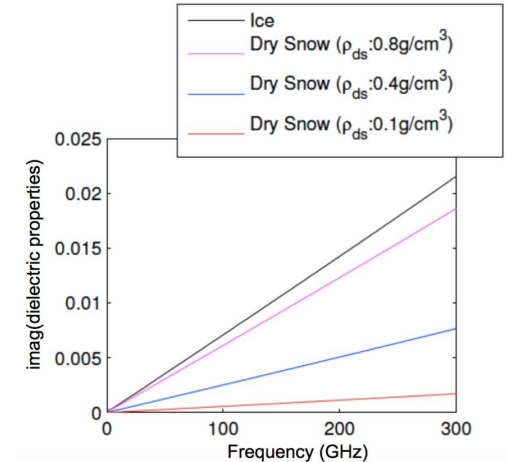
TBs simuladas

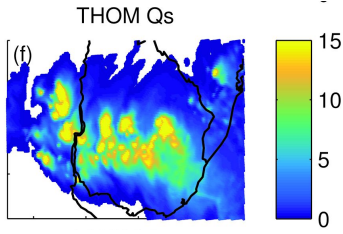


No todas las características microfísicas necesarias para calcular las propiedades de dispersión individuales se consideran en modelos atmosféricos como WRF y es necesario asumir ciertas cosas para la fase hielo (snow, graupel) ...

- ❑ Composición (nieve=hielo+aire?) propiedades dieléctricas?
- ❑ Forma?
- ❑ Orientaciones?

Dielectric properties for different snow densities

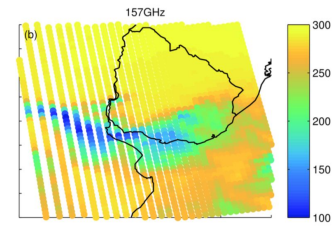




WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)



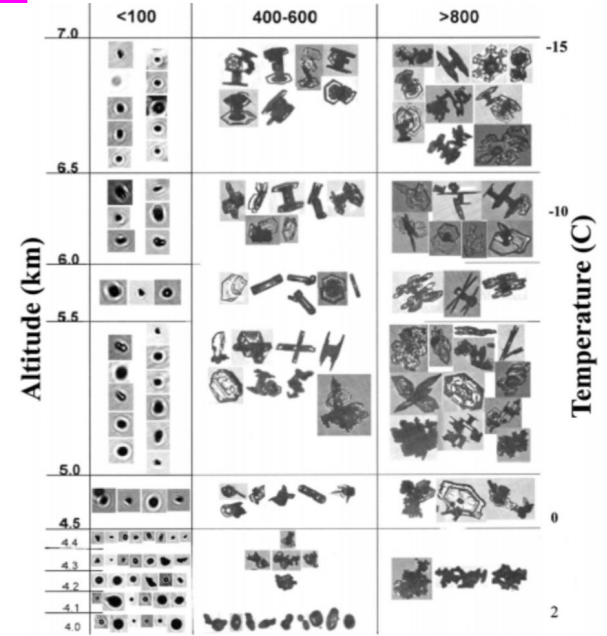
TBs simuladas



No todas las características microfísicas pueden ser representadas en los modelos atmosféricos como WRF. Algunas cosas para la fase de simulación:

- ❑ Composición de las gotas
- ❑ Formas de las gotas
- ❑ Orientación de las gotas

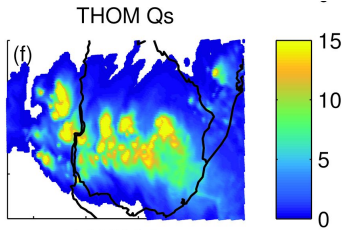
**Representar la variabilidad en la naturaleza**



100µm

600µm

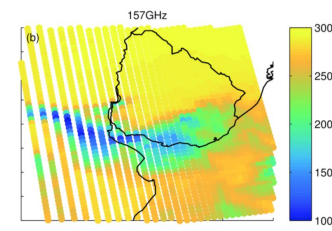
1000µm



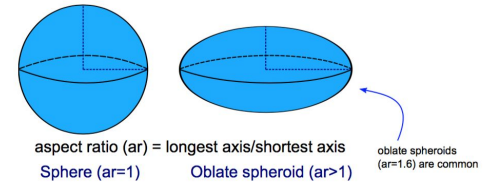
WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)



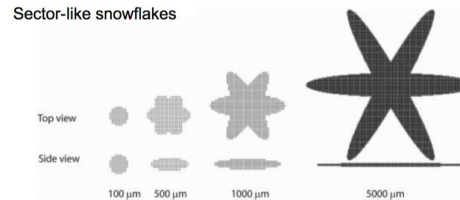
TBs simuladas



- ❑ Aproximación Soft-sphere (asumir esferoides + calcular propiedades de difusión individuales requiriendo asumir la composición de la nieve por ejemplo aire+hielo)

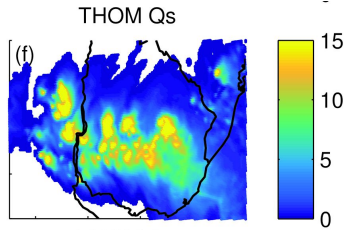


- ❑ Dispersión individual a partir de base de datos precalculada de realistic shapes: Liu (2008)



Dendrite snowflakes

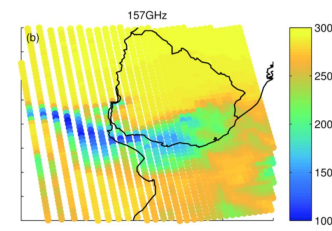




**WRF (atmospheric + cloud profiles + microphysics parameterizations)**



**TBs simuladas**

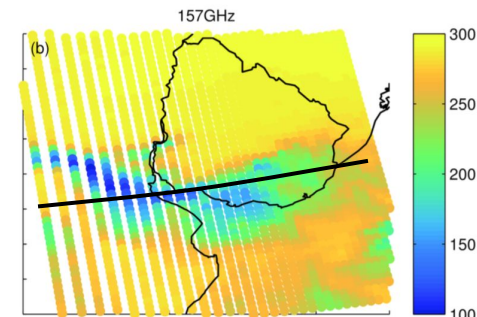
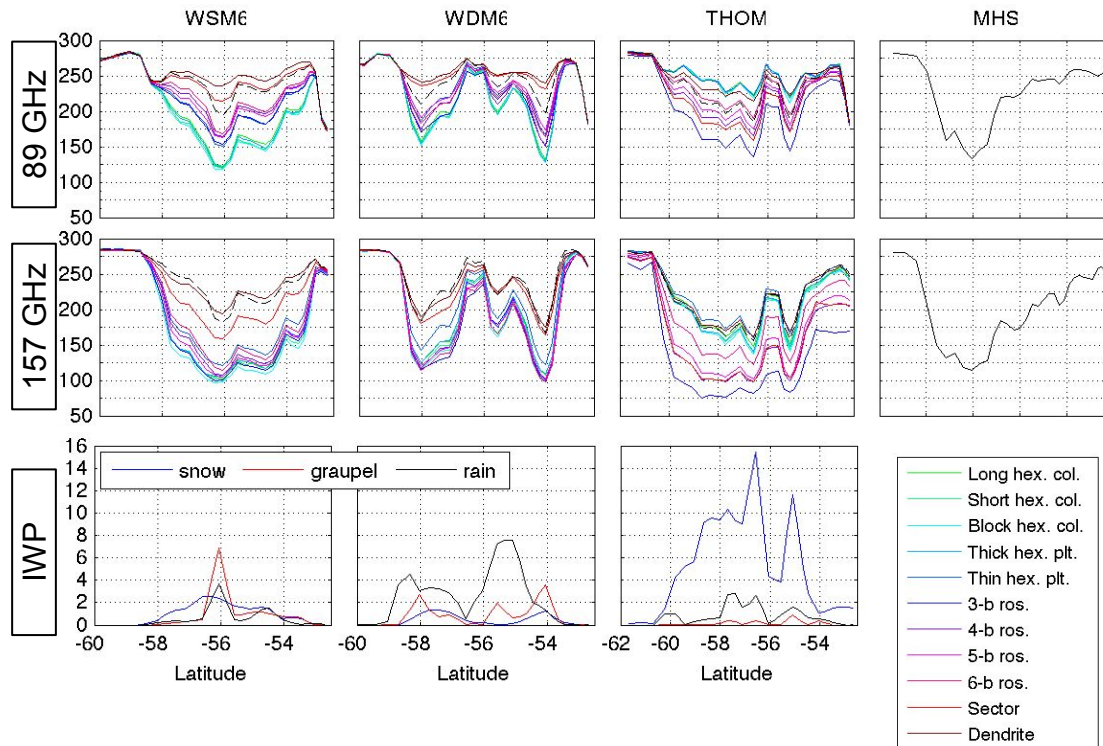


**DDA database a and b coefficients ( $m=aD^b$ )**

Habit	Range of max dimension ( $\mu\text{m}$ )	a	b
Long hexagonal column	121 - 4835	37.09	3.00
Short hexagonal column	83 - 3304	116.12	3.00
Block hexagonal column	66 - 2532	229.66	3.00
Thick hexagonal column	81 - 3246	122.66	3.00
Thin hexagonal column	127-5059	32.36	3.00
3-bullet rosette	50 - 10000	0.32	2.37
4-bullet rosette	50 - 10000	0.06	2.12
5-bullet rosette	50 - 10000	0.07	2.12
6-bullet rosette	50 - 10000	0.09	2.13
Sector snowflake	75-12454	0.002	1.58
Dendrite snowflake	2-2000	0.01	1.90

**Base de datos de Liu et al., (2008) de single scattering properties + WRF (PSD) de manera CONSISTENTE**

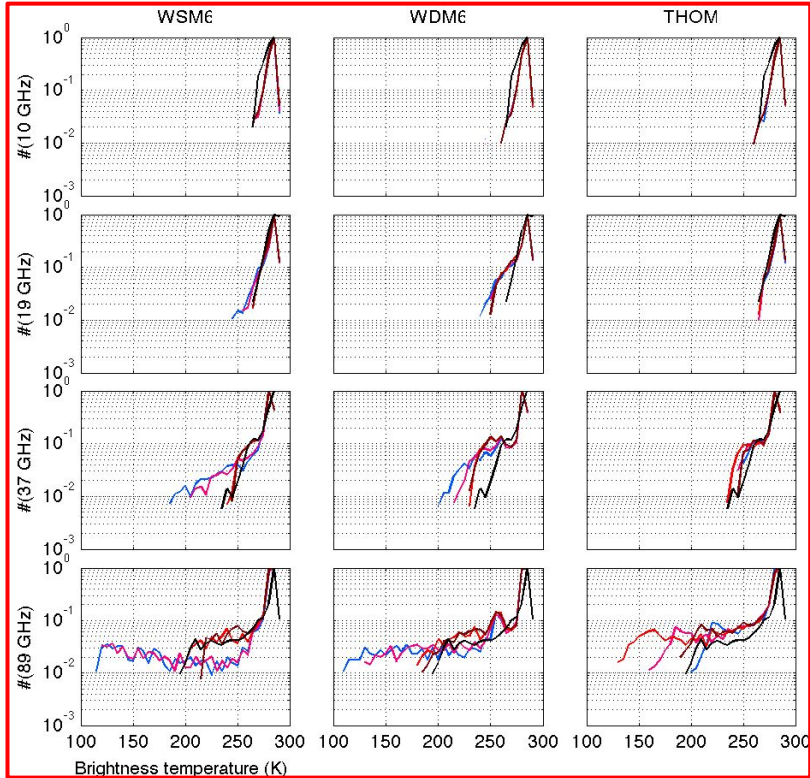
# Simulaciones de transferencia radiativa



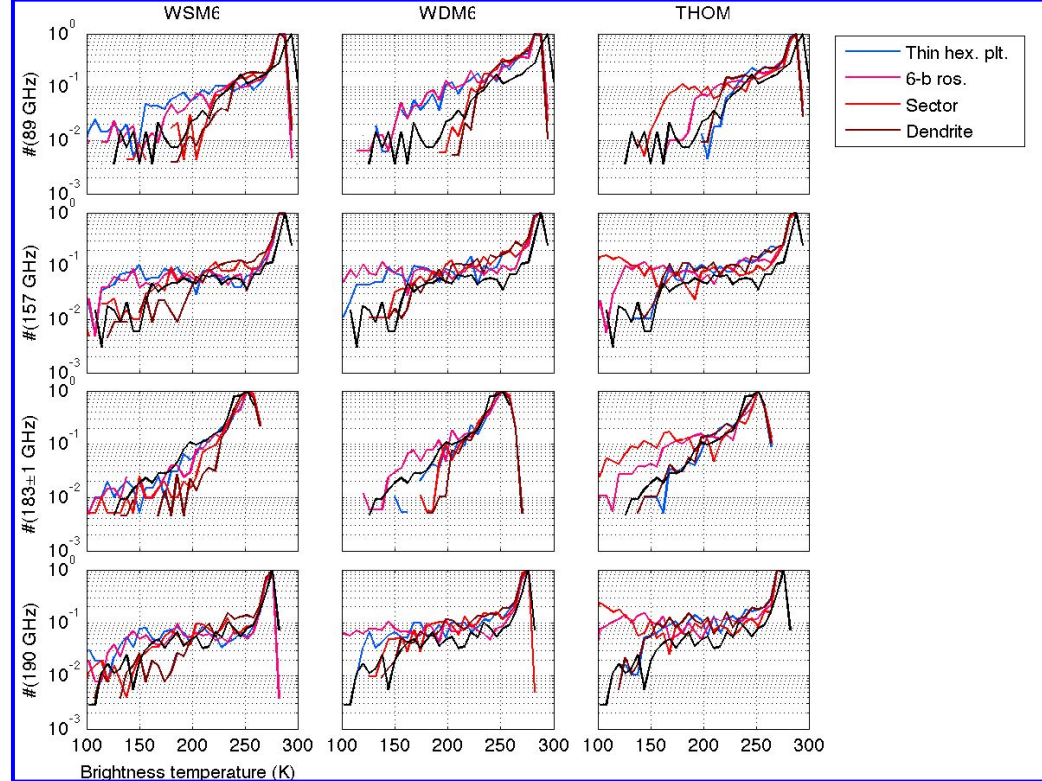


# Simulaciones de transferencia radiativa

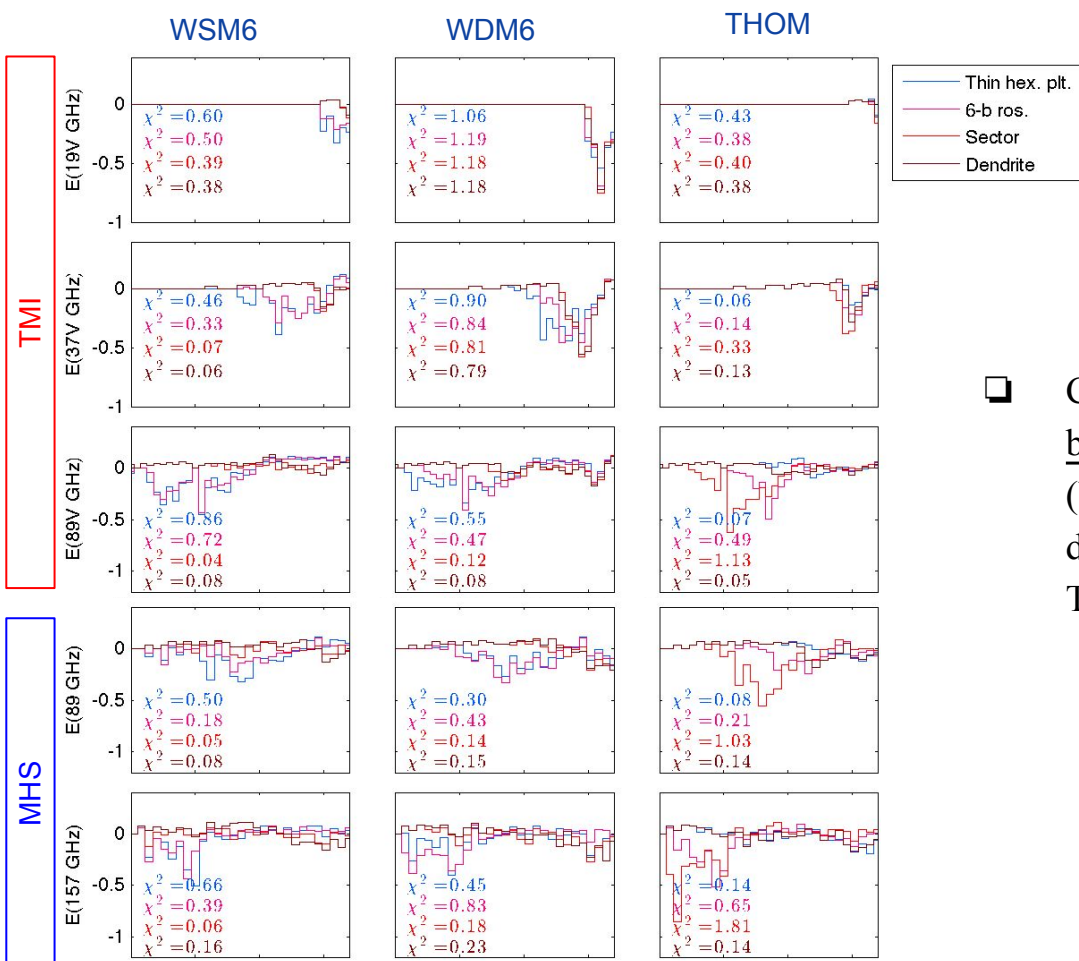
TMI



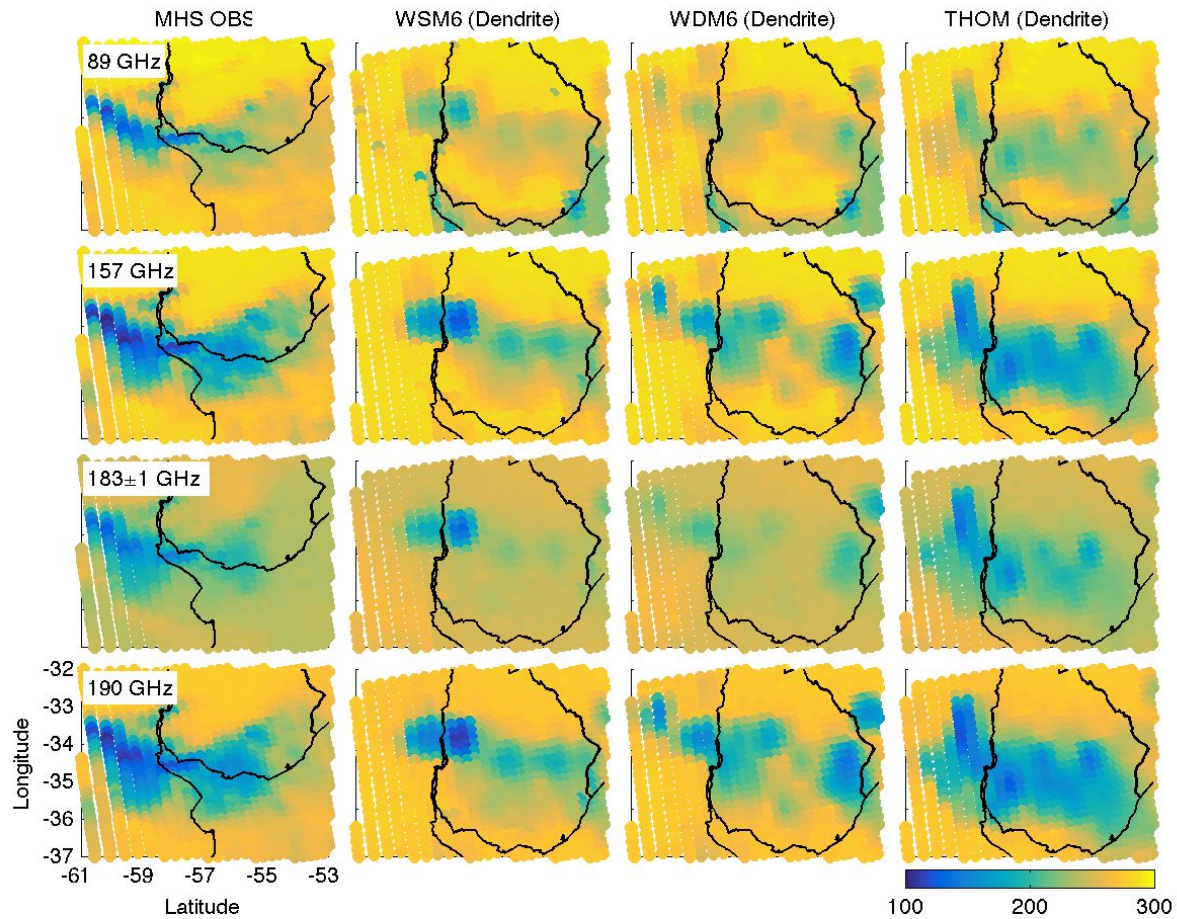
MHS







□ Chi-square test to quantitatively analyze the behaviour of the different DDA habits (Verification method for how close the simulated distributions are to the observed distribution of TBs)



# EJEMPLO MODEL TO SATELLITE APPROACH: EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

- ❑ Este ejercicio permite:
  - ❑ Estudiar las propiedades radiativas (relacionadas a la microfísica) de los hidrometeoros y las características de la convención en la región.
  - ❑ Validar parametrizaciones en modelos numéricos
  - ❑ Validar métodos robustos del modelado de transferencia radiativa
  
- ❑ Contexto:
  - ❑ Statistically-based retrievals: entrenados en bases de datos de observaciones simuladas
  - ❑ Asimilación de radiancias
  - ❑ **La precisión de estos metodos depende de la habilidad de reproducir observaciones reales**

# RESUMEN

1

LA CONVECCIÓN EN EL ÁREA DE RELAMPAGO

2

OBSERVACIONES EN FRECUENCIAS MICROONDAS Y COMO SIMULARLAS (MODELOS DE TRANSFERENCIA RADIATIVA)

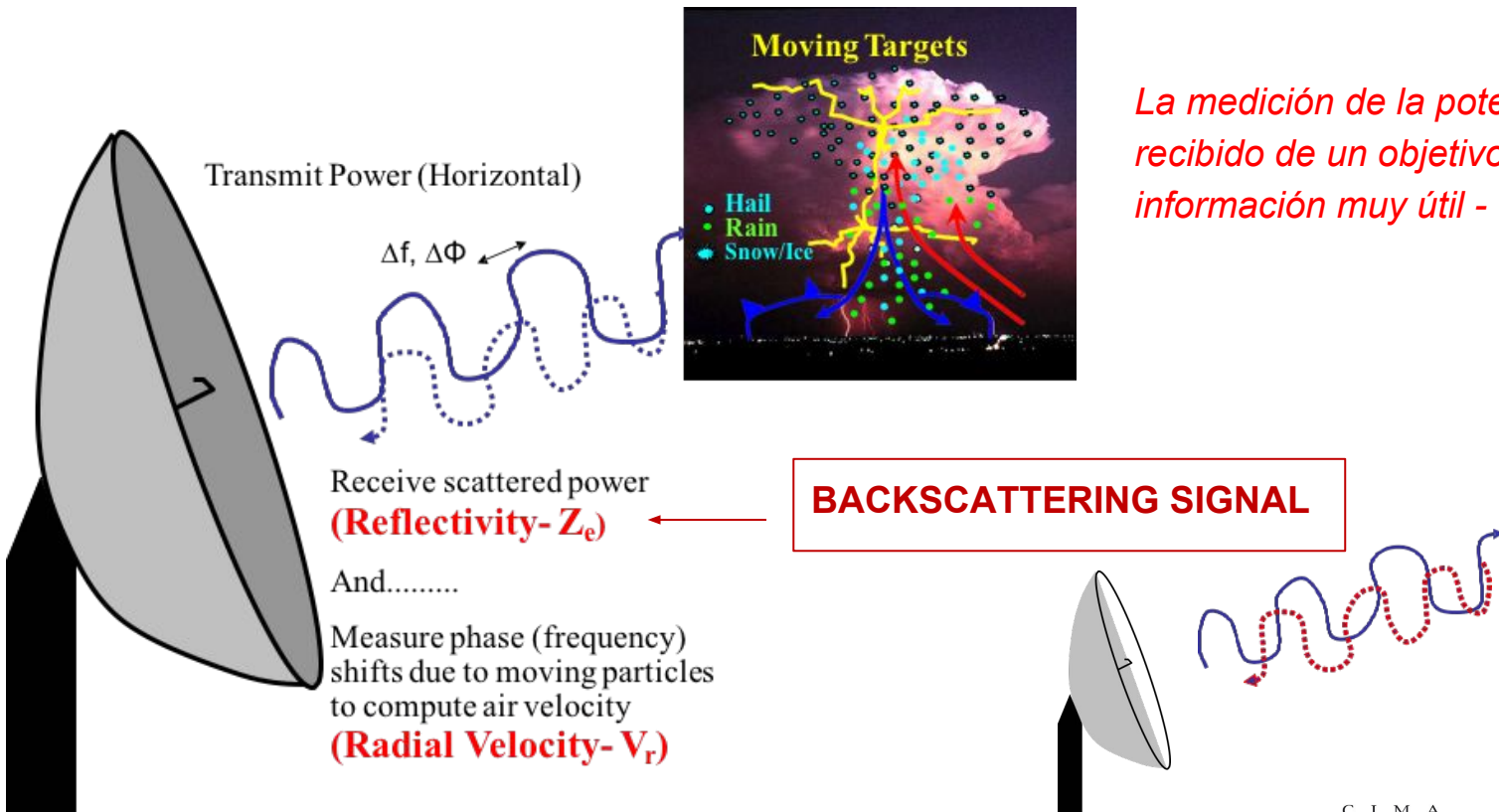
3

EVALUACIÓN DE LAS PARAMETRIZACIONES MICROFÍSICAS DE WRF

4

**WRF DPR RADAR SIMULATOR**

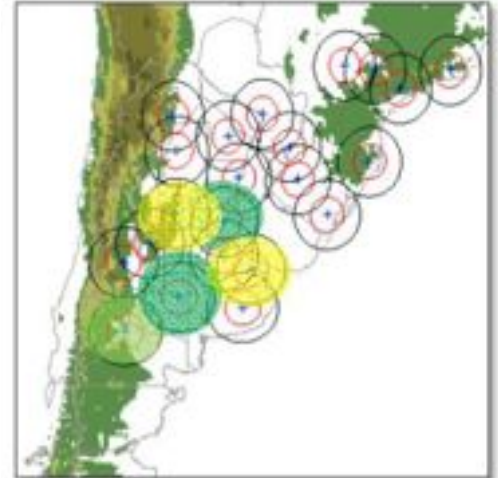
# RADARES METEOROLOGICOS MICROONDAS



*La medición de la potencia del eco recibido de un objetivo proporciona información muy útil -*

# RADARES METEOROLOGICOS MICROONDAS

- ❑ Mediciones de la precipitación
- ❑ Mediciones de viento
- ❑ Nowcasting – Pronóstico a Muy corto plazo (hasta 3 horas)
- ❑ Detección de granizo y hielo
- ❑ Estructura de sistemas precipitantes
- ❑ La asimilación de datos de sus variables en los modelos numéricos de predicción meteorológica
- ❑ Previsión de tiempo severo
- ❑ Resolucion temporal

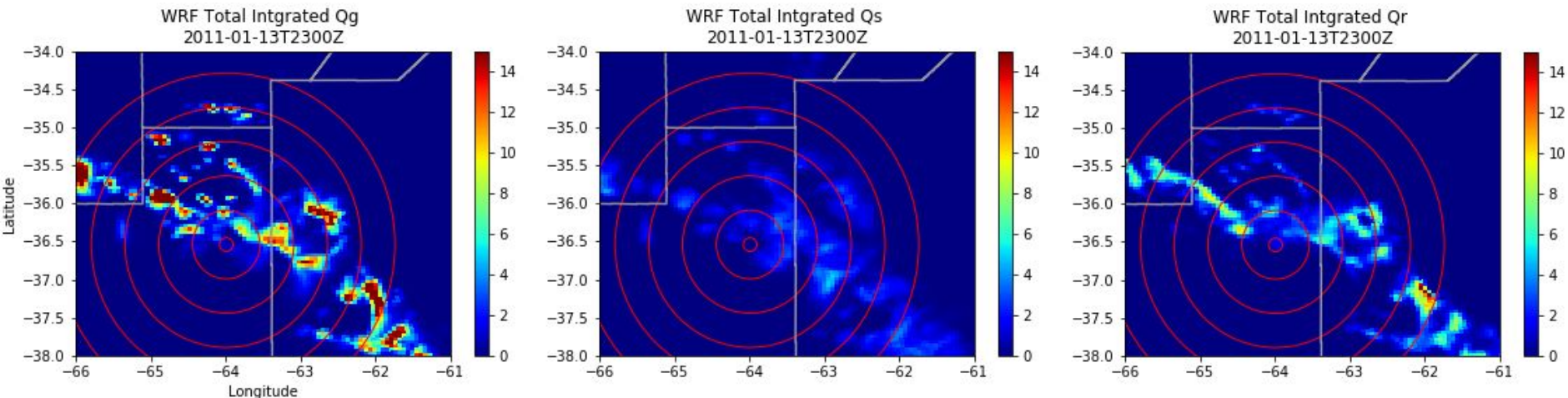


**SINERAME:** radares Dual Polarization Radar (DPR) en C-band (4-8 GHz o 5.4 cm)

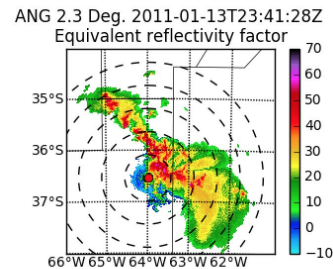


# WRF DPR Radar Simulator

Salidas de WRF: e.g., Qx in geographic coordinates (lat, lon, height)



Transformar en observables del radar  
Reflectividad (Zh, ZDR)  
velocidad radial





# WRF DPR Radar Simulator

1. Transformar WRF grid points (lat, lon, height) a cartesian coordinates (x, y, height) del ground radar



2. Modelar la propagación del haz del radar en la atmósfera (refracción atmosférica)
3. Modelar la ganancia de la antena y el ancho del haz
4. Transformar las variables de WRF en variables del radar

- ❖ Radial velocity
- ❖ Reflectividades simuladas

**BACKSCATTERING SIGNAL**

Gracias !