

Características de lluvias convectivas extremas sobre Suramérica usando radares meteorológicos

Manuel D. Zuluaga

Universidad Nacional de Colombia

Seminario

Departamento de Geociencias y Medio Ambiente

Universidad Nacional de Colombia

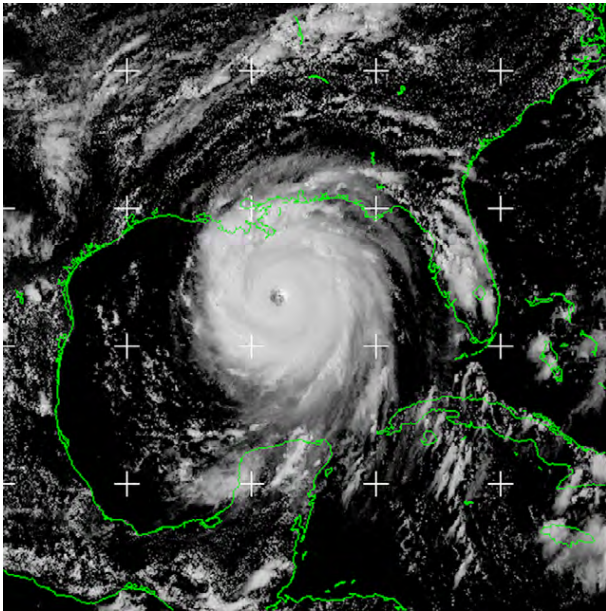
Medellín, Agosto 28 de 2015

Resumen

- Introducción
- Identificación de eventos extremos
- Distribución espacial
- Condiciones ambientales
- Contribución a la climatología de la precipitación
- Trabajo en progreso
- Conclusiones

De donde proviene la mayor parte de la precipitación terrestre?

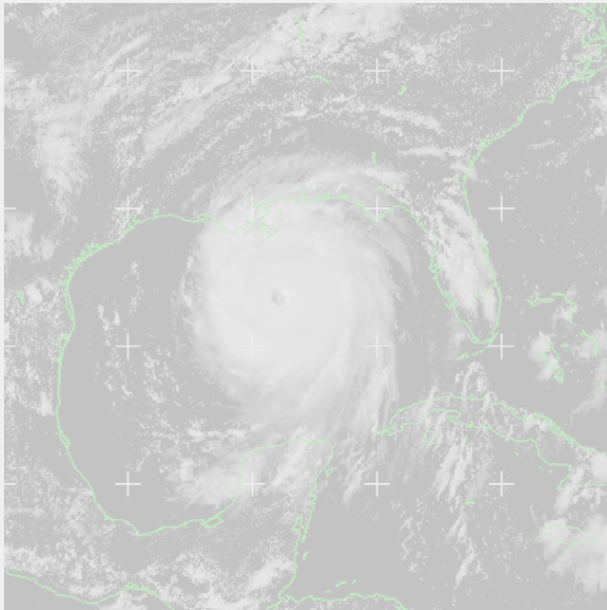
- Ciclones tropicales
- Frentes de latitudes medias
- Sistemas Convectivos de Mesoescala



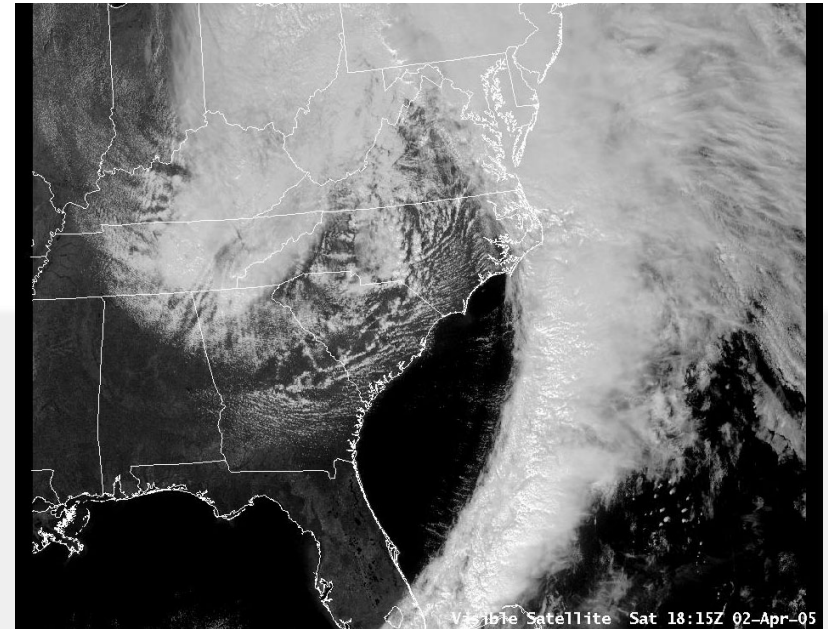
Ciclones tropicales

De donde proviene la mayor parte de la precipitación terrestre?

- Ciclones tropicales
- Frentes de latitudes medias
- Sistemas Convectivos de Mesoescala



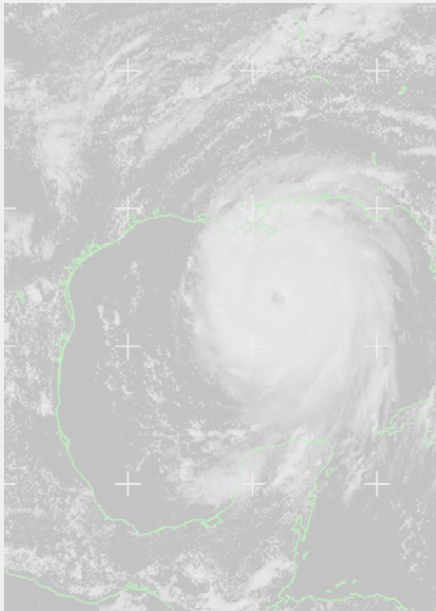
Ciclones tropicales



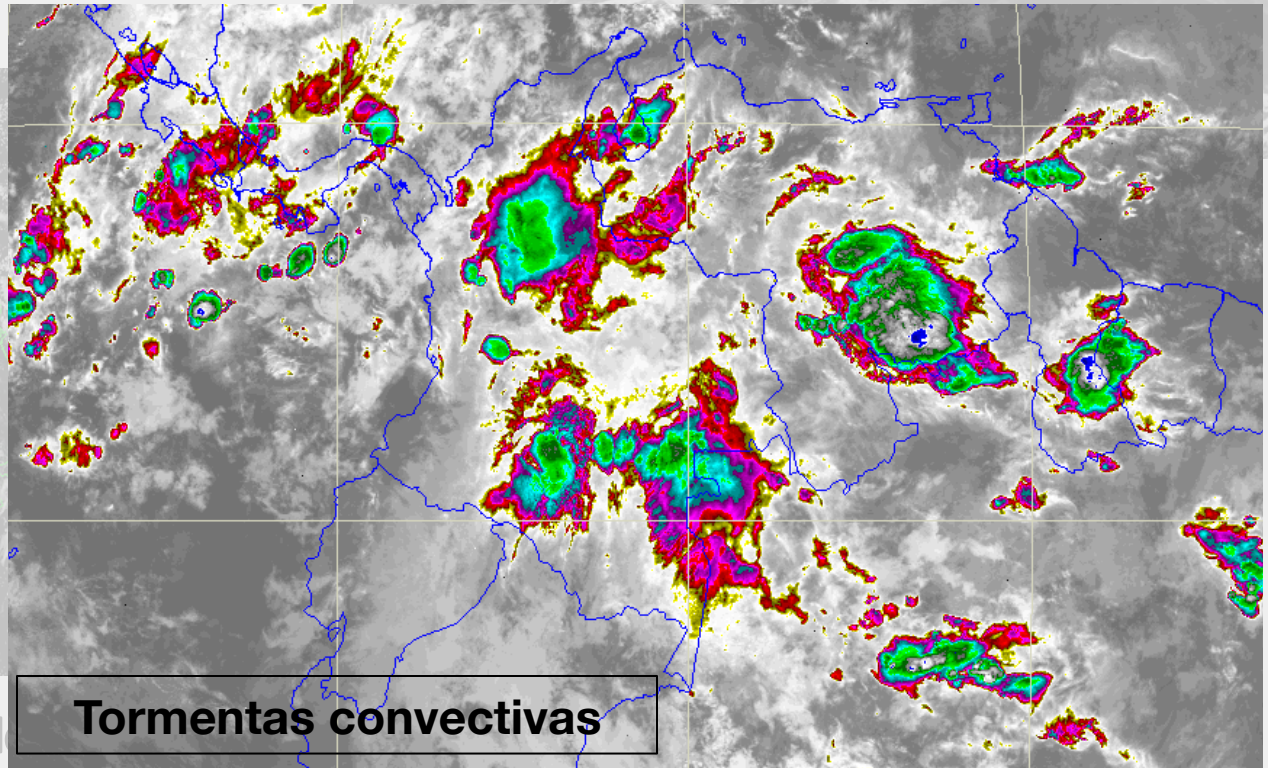
Sistemas frontales

De donde proviene la mayor parte de la precipitación terrestre?

- Ciclones tropicales
- Frentes de latitudes medias
- Sistemas Convectivos de Mesoescala

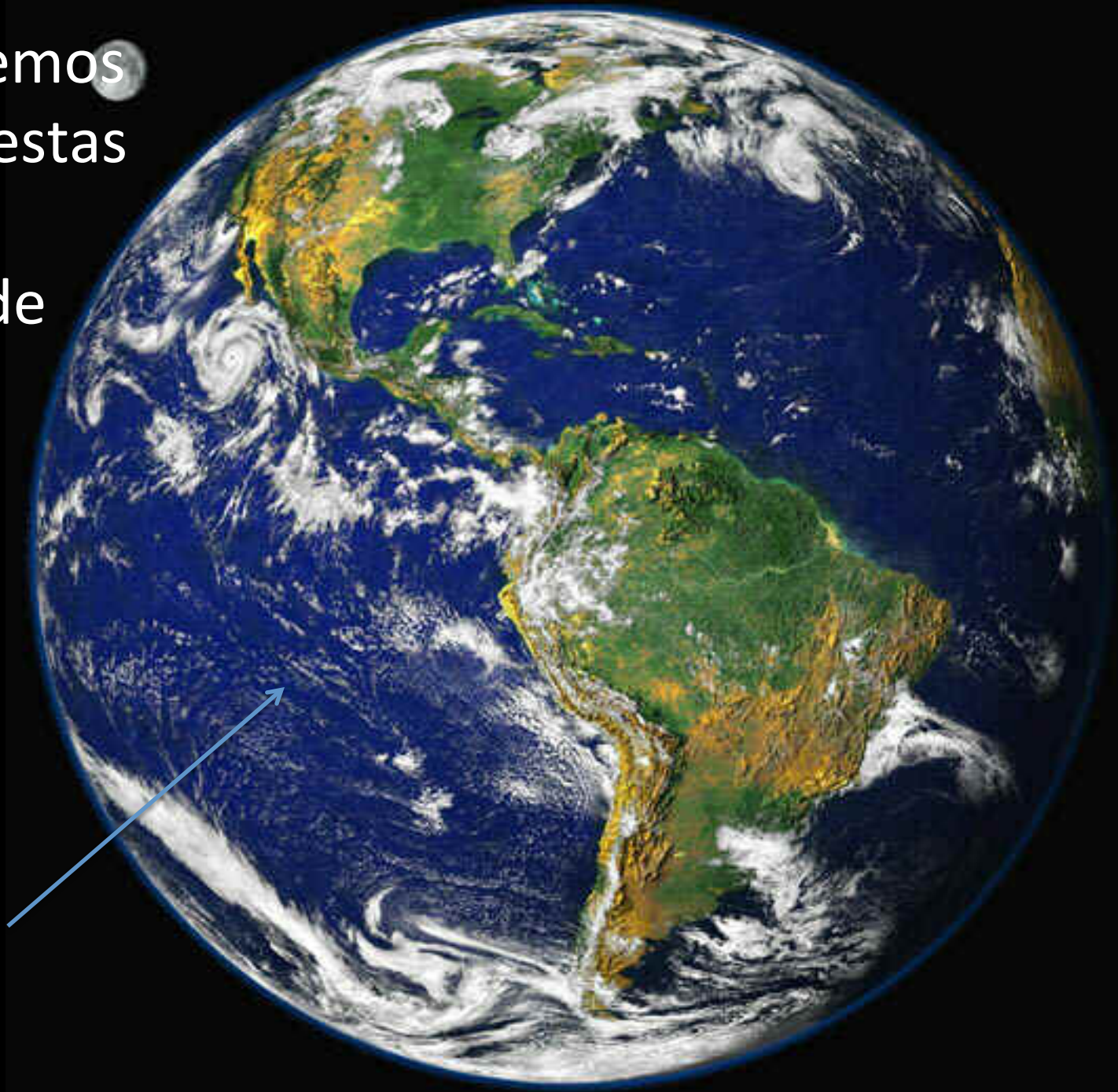


Ciclones tropical



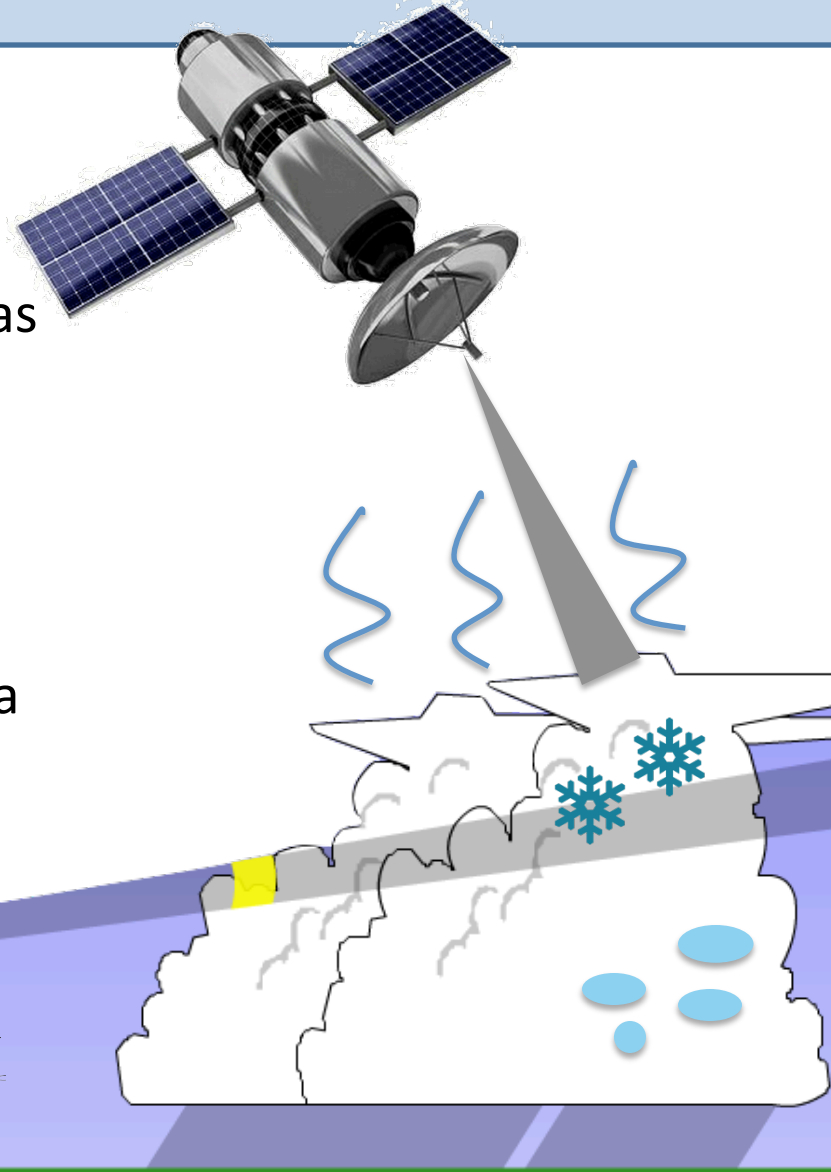
Tormentas convectivas

Cómo podemos
identificar estas
tormentas
alrededor de
la tierra?



Identificación de tormentas usando sensores remotos

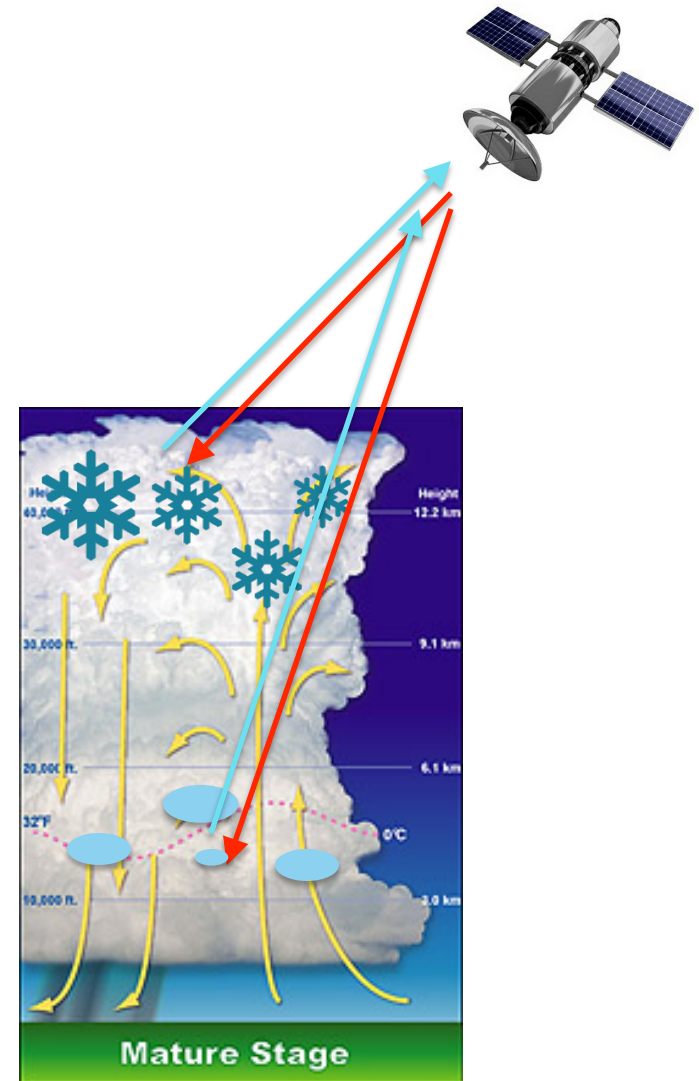
- Usamos herramientas de detección remota porque permiten la identificación de propiedades asociadas con la atmósfera, con un mayor cubrimiento espacial y temporal.
- Energía electromagnética reflejada o dispersada por objetos en la atmosfera



- Utilizan sensores que emiten una señal de energía, la cual interactúa con las partículas de agua e hielo, retorna al radar
- Permite estimar localización, cantidad aproximada y tamaño de las partículas precipitables

$$p_r = \frac{\pi^3 p_t g^2 \theta \varphi h |K|^2 l z}{1024 \ln(2) \lambda^2 r^2}$$

$$Z = \sum_{i=1}^n D_i^6$$



- Utilizan sensores que emiten una señal de energía, la cual interactúa con las partículas de agua e hielo, retorna al radar
- Permite estimar localización, cantidad aproximada y tamaño de las partículas precipitables
- Ventajas sobre la radiometría IR, MW o Visible

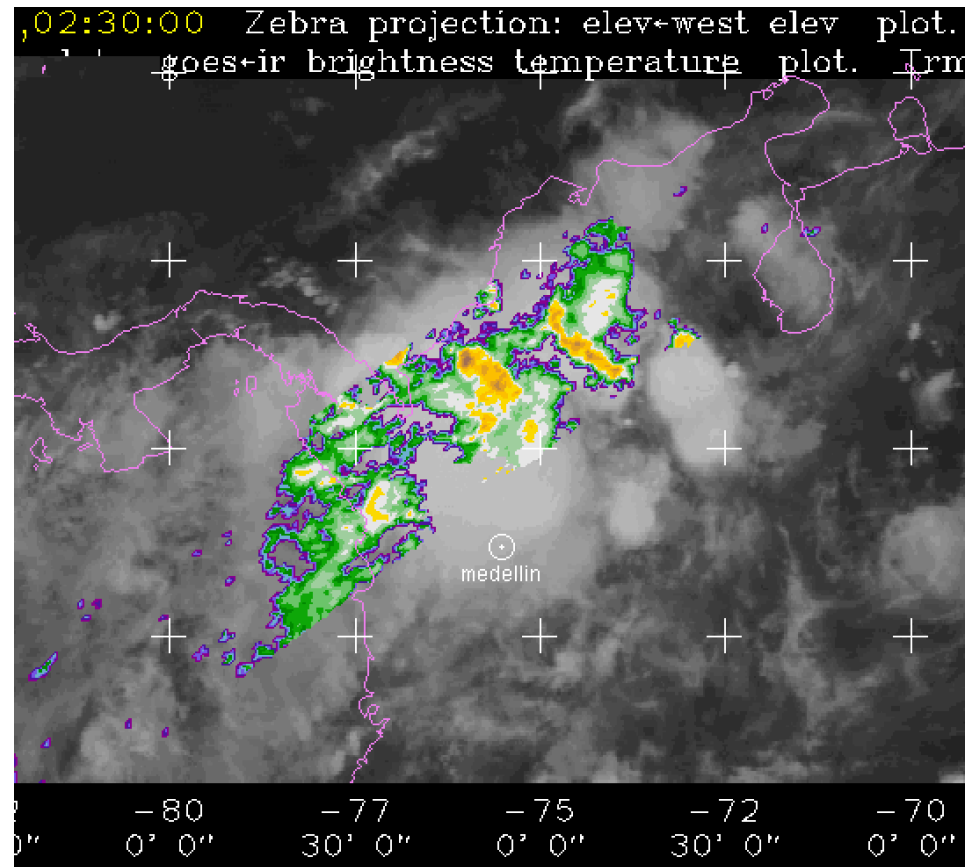
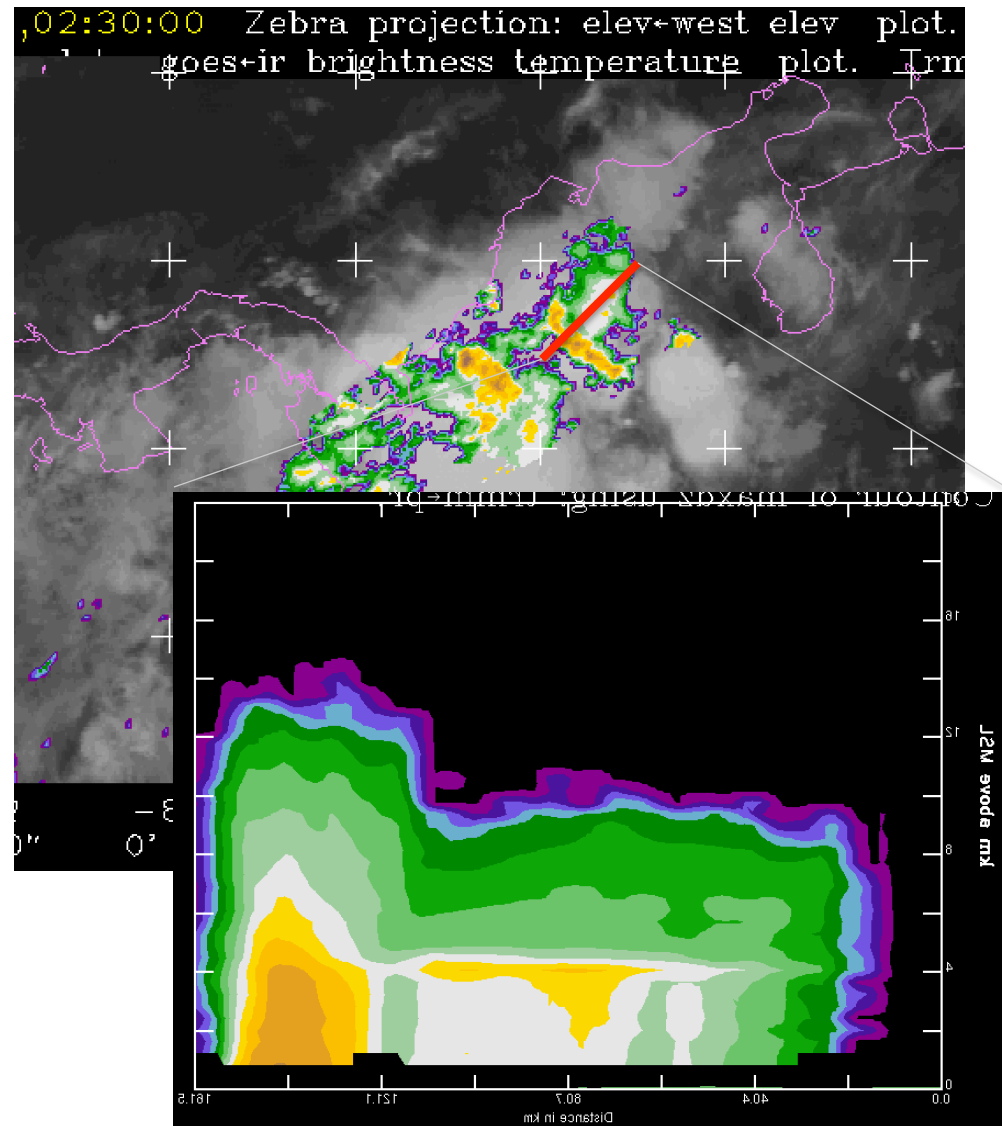
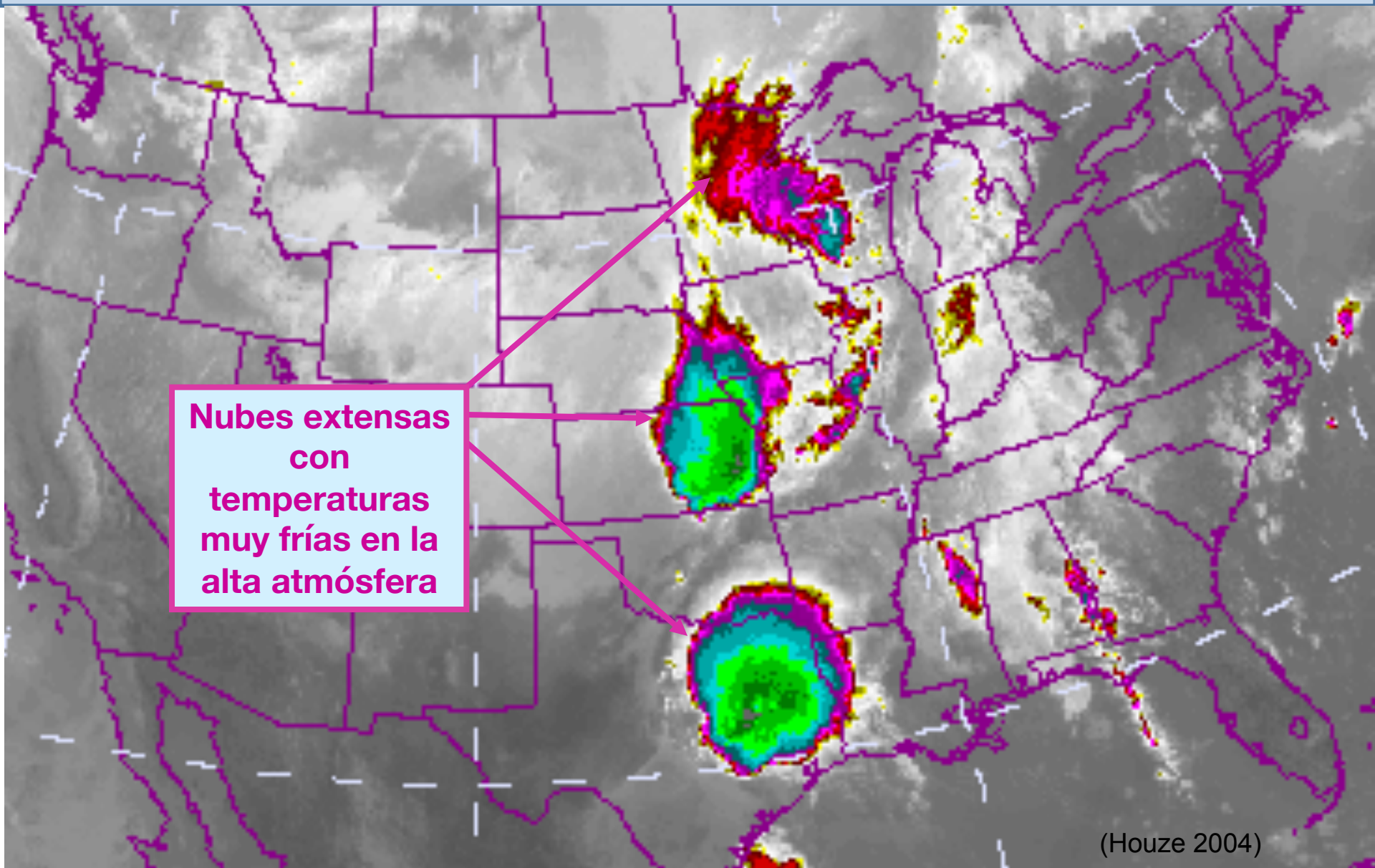


Imagen de un radar de precipitación en el satélite TRMM de las tormentas ocurridas sobre el Bajo Cauca en Septiembre 29 de 2008 a las 02:30 UTC

- Utilizan sensores que emiten una señal de energía, la cual interactúa con las partículas de agua e hielo, retorna al radar
- Permite estimar localización, cantidad aproximada y tamaño de las partículas precipitables
- Ventajas sobre la radiometría IR, MW o Visible
- Mayor resolución espacial y detalles tridimensionales de las nubes precipitables



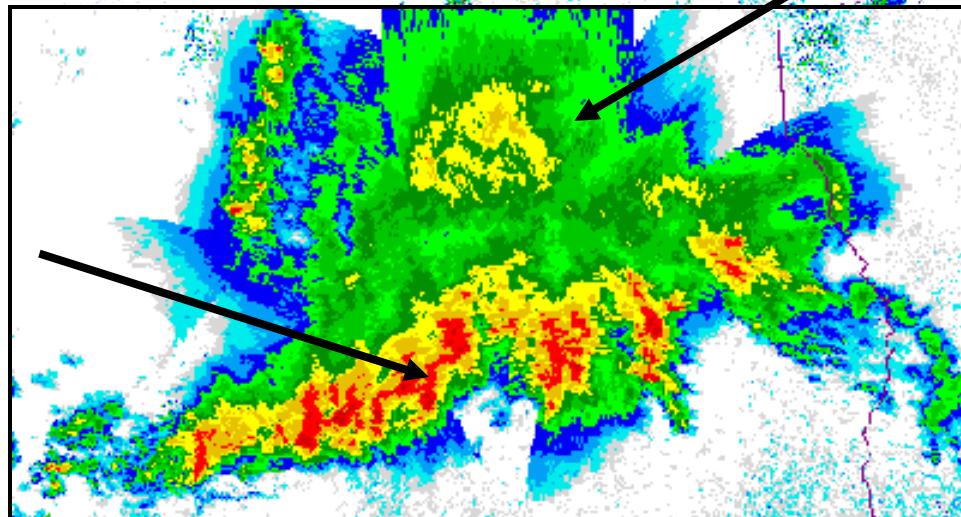
Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)



Imágenes de radar que muestran la precipitación de los 3 SCM

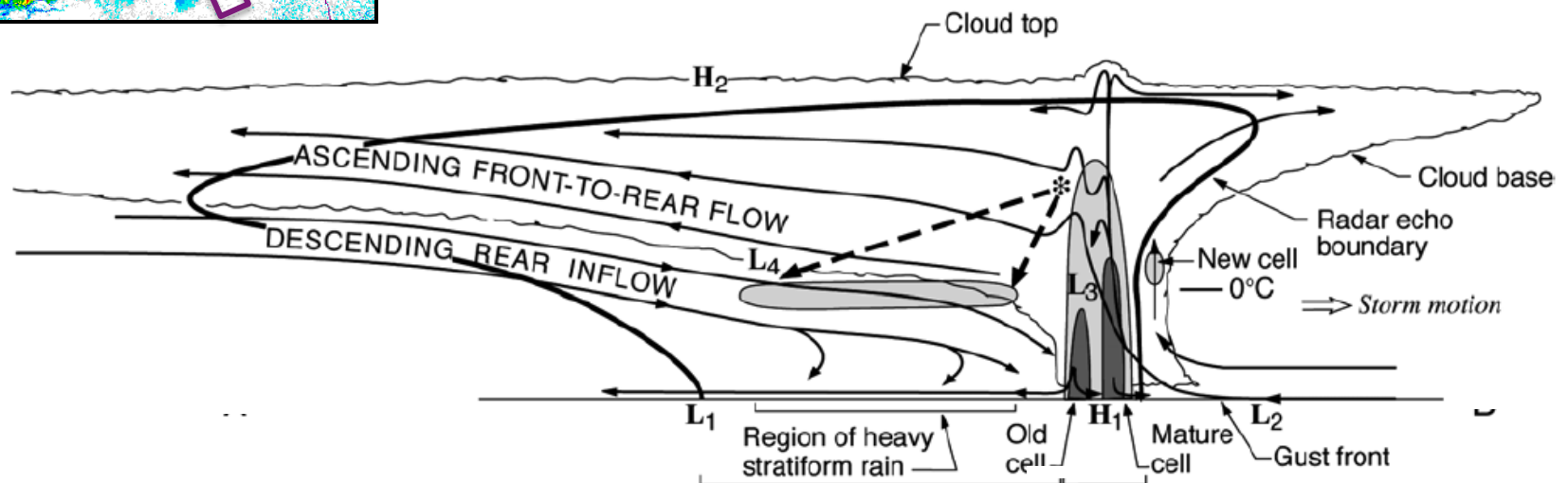
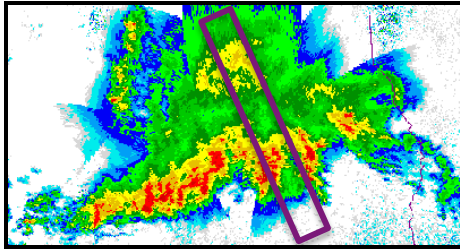
**Precipitación
Convectiva**

**Precipitación
Estratiforme**



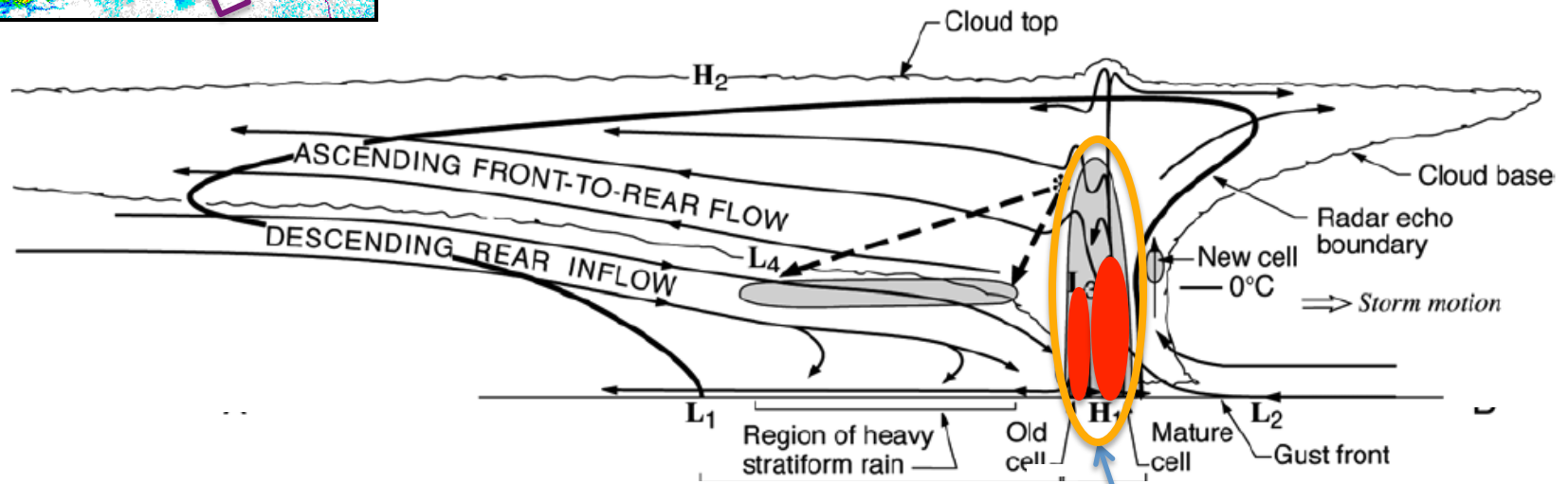
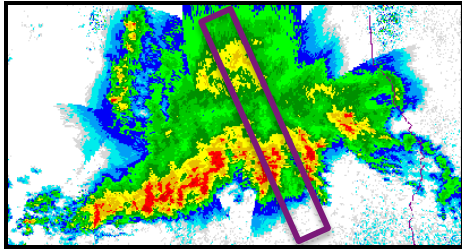
1458GMT 13 May 2004

Corte vertical de un SCM



(Houze et al. 1989)

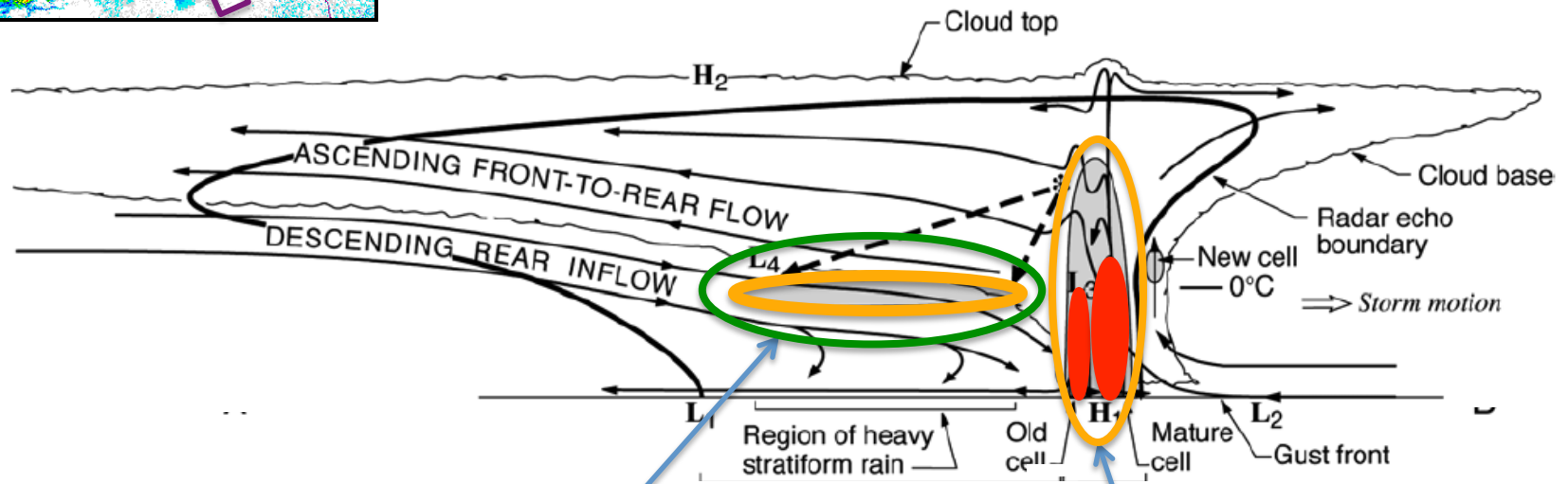
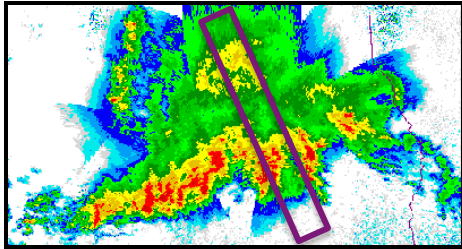
Corte vertical de un SCM



(Houze et al. 1989)

**Regiones con
Lluvia convectiva**
(chubascos intensos)

Corte vertical de un SCM

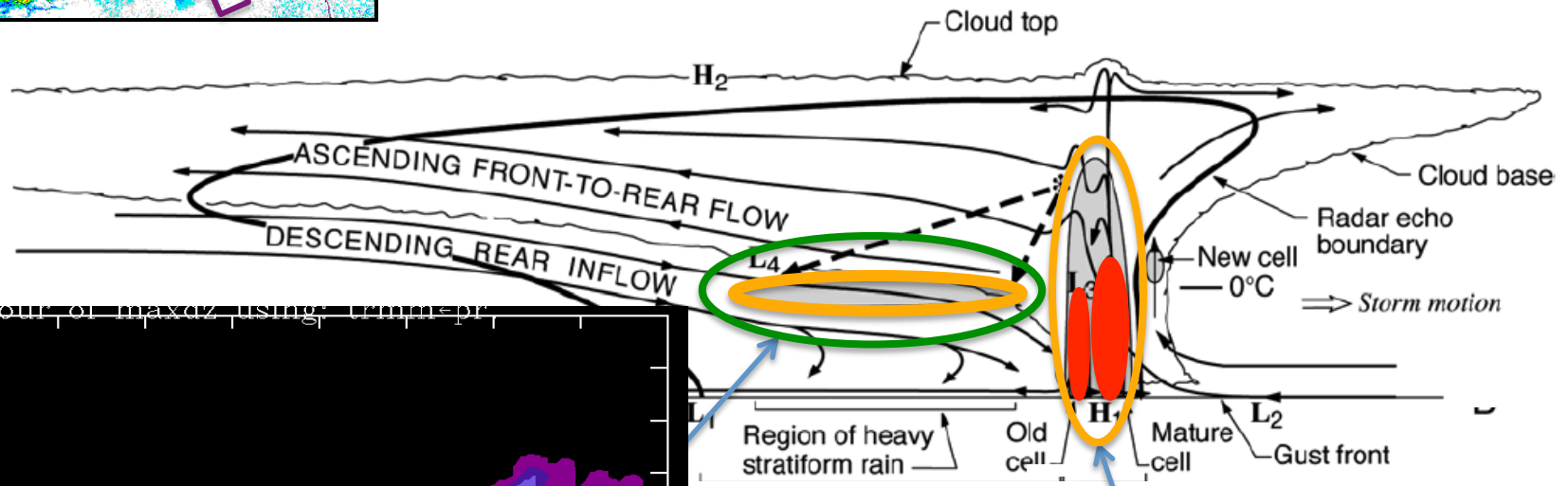
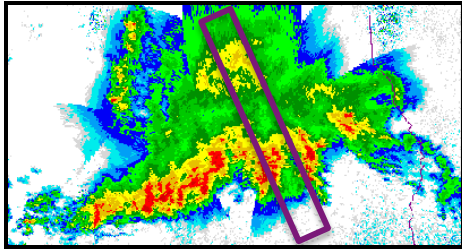


(Houze et al. 1989)

**Regiones con lluvia
estratiforme**

**Regiones con
Lluvia convectiva**
(chubascos intensos)

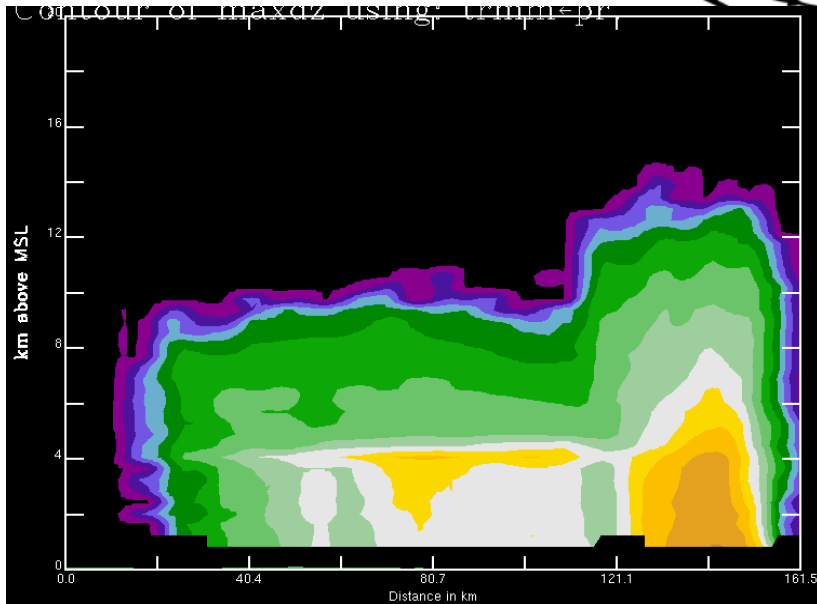
Corte vertical de un SCM



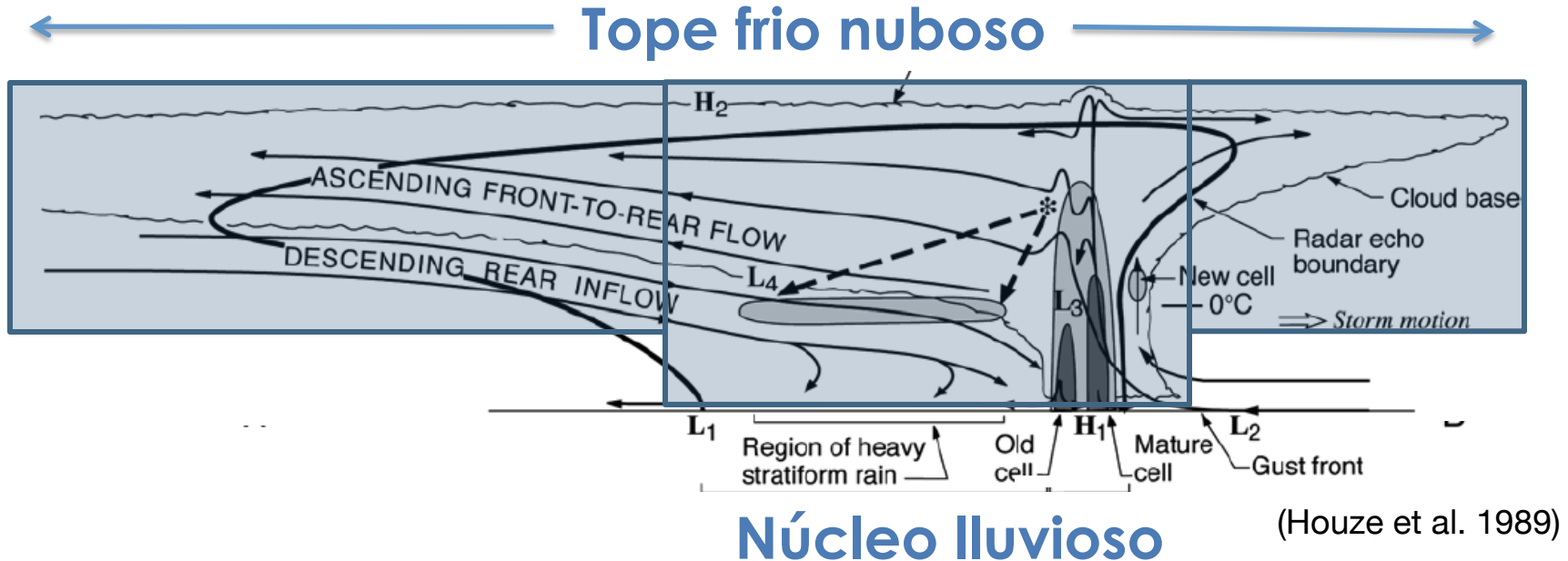
(Houze et al. 1989)

via

**Regiones con
Lluvia convectiva
(chubascos intensos)**



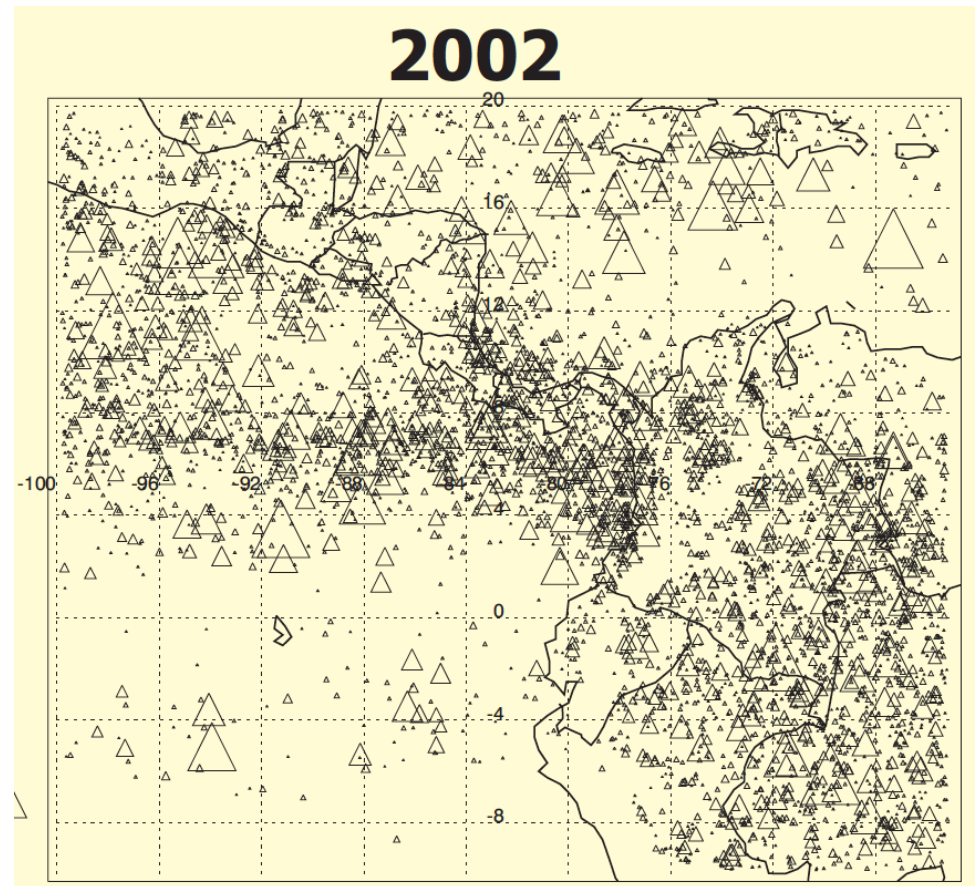
Identificación de convección extrema



- Inicialmente los estudios usaban imágenes IR o MW para determinar la climatología de los eventos extremos

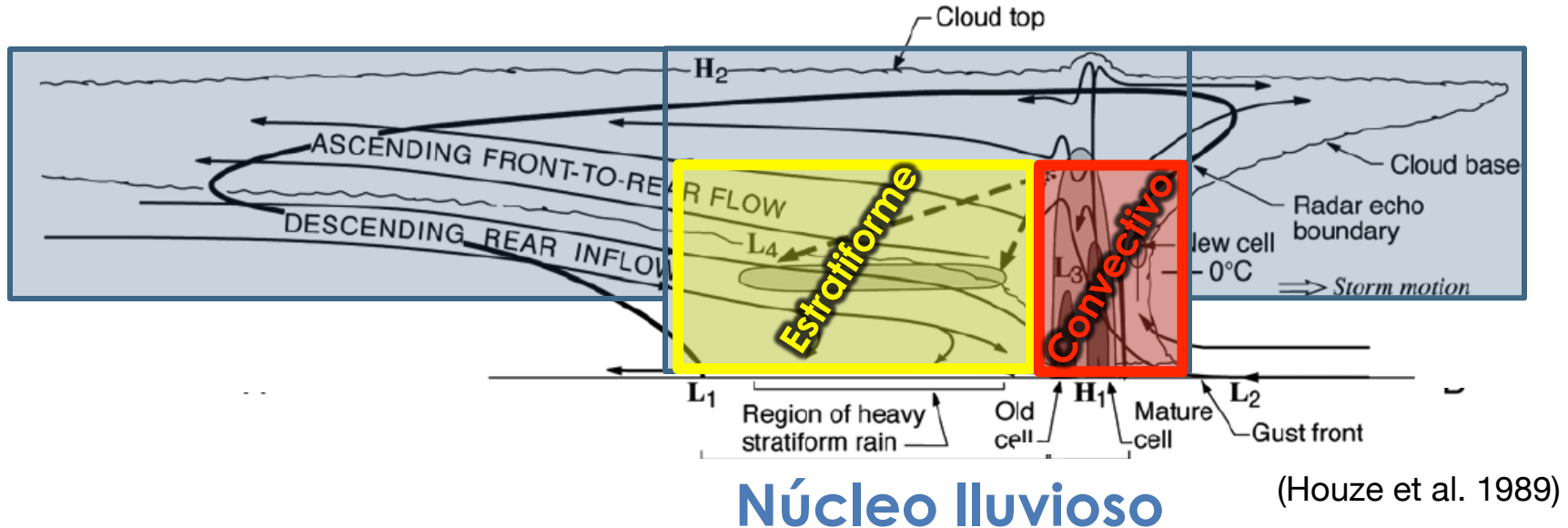
Colombia y regiones circundantes

- Identificación de SCM sobre Colombia usando TRMM-TMI
- Alta concentración de eventos en la región Pacífica, los valles del Magdalena y Cauca, la ZCIT y en la Amazonía y Orinoquía Colombiana
- Pocos detalles de la estructura interna y del estado convectivo



(Zuluaga y Poveda 2004)

Identificación de convección extrema



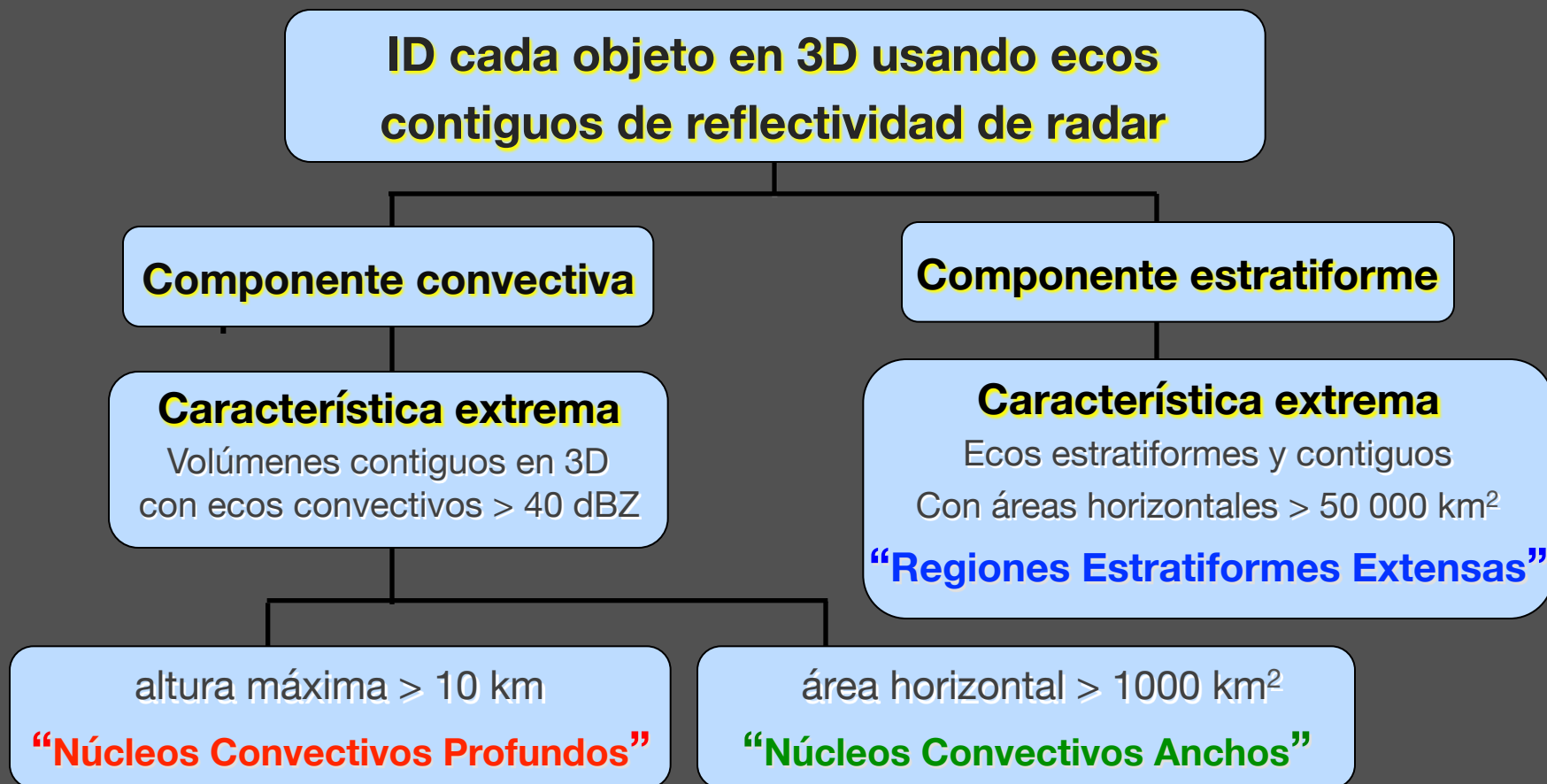
- Inicialmente los estudios usaban imágenes IR o MW para determinar la climatología de los eventos extremos
- Los radares meteorológicos son capaces de diferenciar objetivamente entre núcleos con características convectivas y estratiformes

Mediciones con el radar TRMM-PR

- Satélite para la Medición de la Lluvia Tropical (TRMM)
- Sensores de Radar, de MW, Visible y detector de rayos (LIS)
- Cubrimiento de los trópicos (36N-36S) desde Diciembre de 1997-2014.
- Reemplazado desde 2014 por el satélite GPM

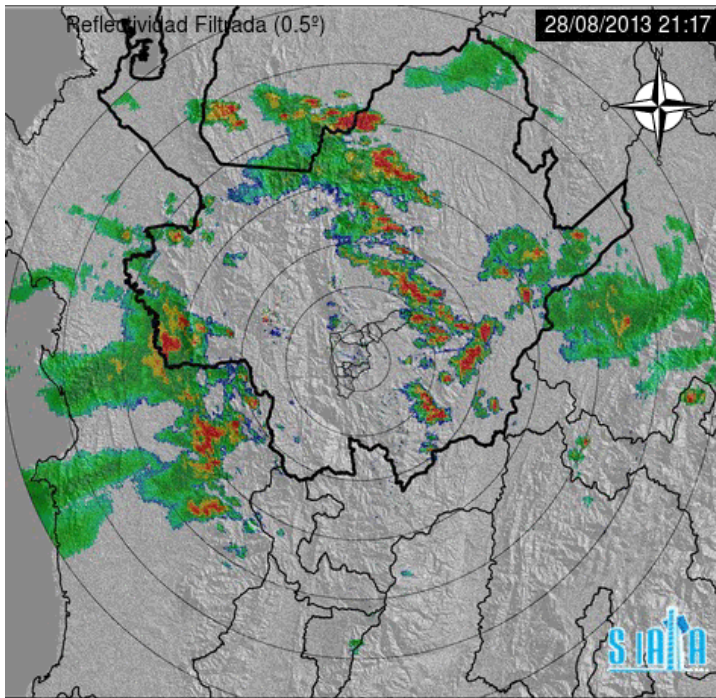


Uso de información de radar para identificar los elementos convectivos y estratiformes más extremos



Elementos convectivos identificados por un radar

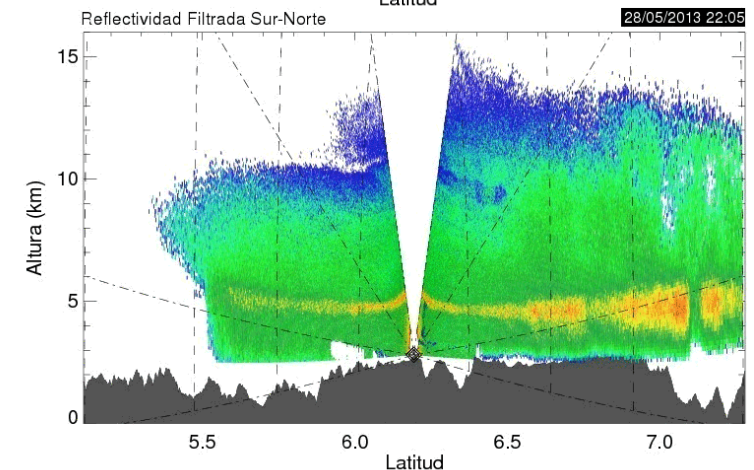
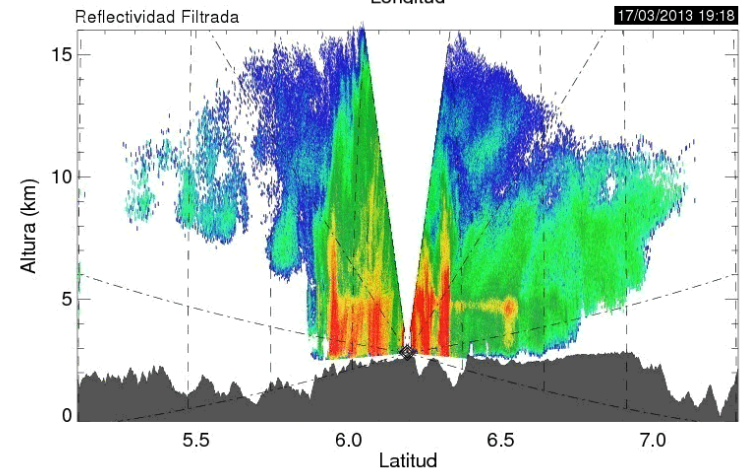
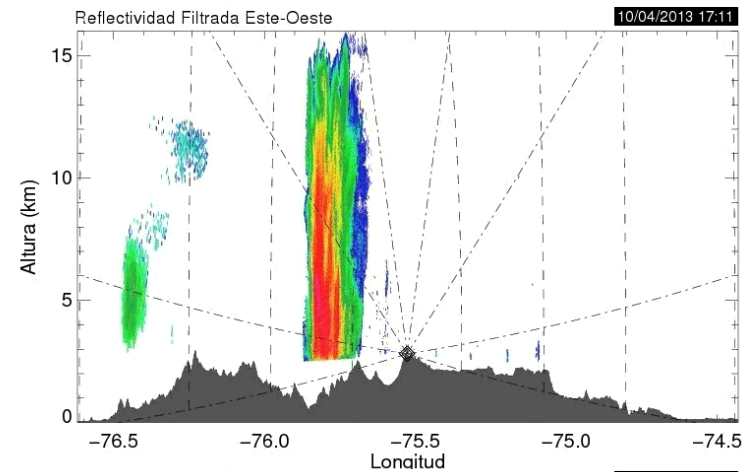
Secciones del radar C del SIATA localizado en Medellín



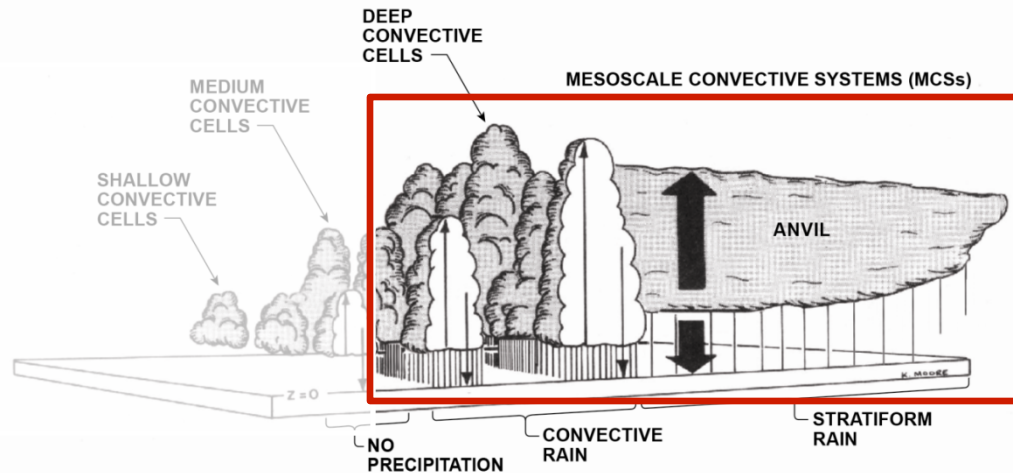
**Núcleos
Convectivos
Profundos**

**Núcleos
Convectivos
Anchos**

**Regiones
Estratiformes
Extensas**



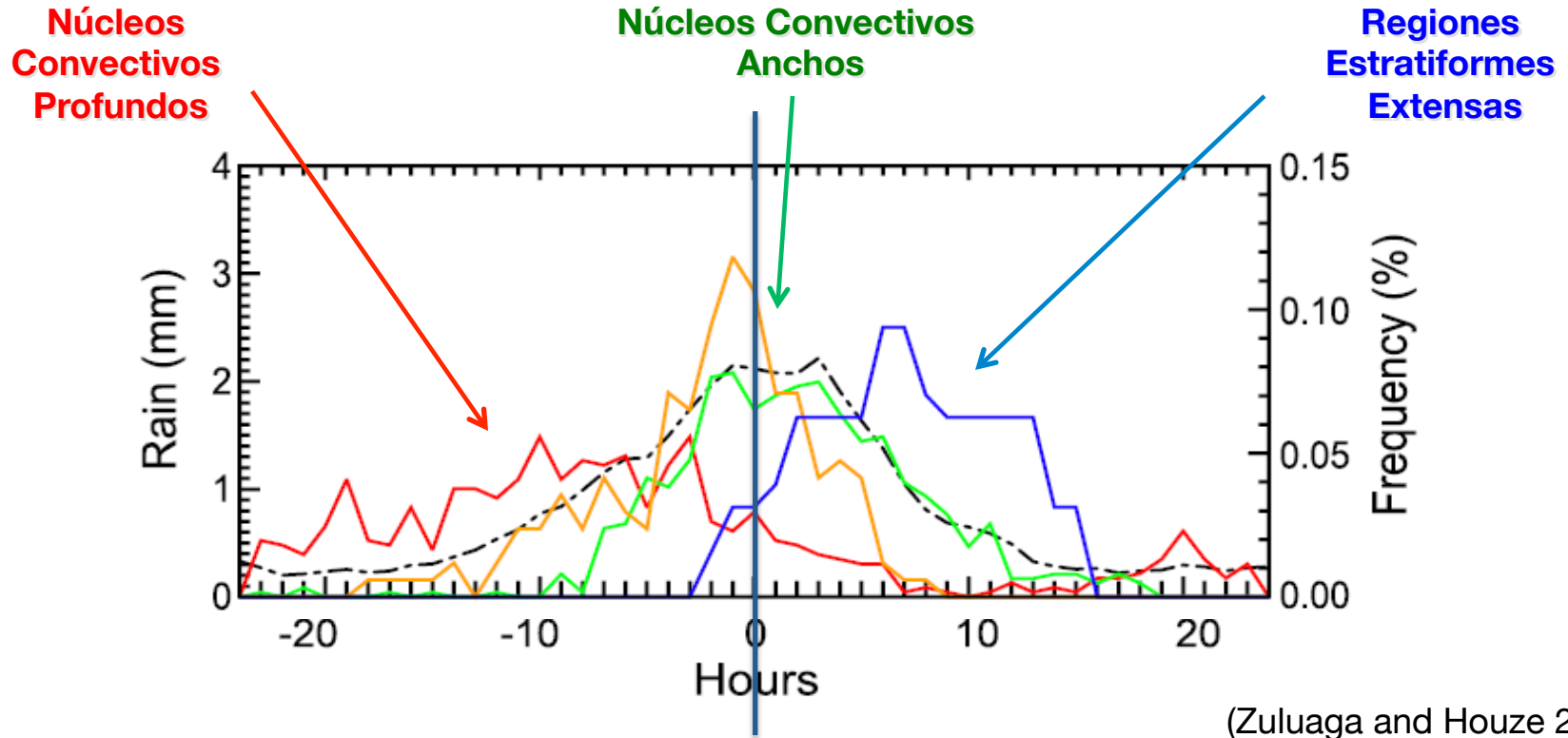
Modelo de la Población de Nubes Convectivas



(Houze et al. 1980)

- **Ventaja:** Asociar cada eco convectivo con características de los elementos básicos dentro de la población de nubes convectivas
- Tres tipos de ecos de radar y características del ciclo de vida
 - **Núcleos Convectivos Profundos** -> estados iniciales
 - **Núcleos Convectivos Anchos** -> estados maduros
 - **Regiones Estratiformes Extensas** -> estados finales

Evolución de los tipos de eco en relación con la precipitación máxima



- Frecuencia de elementos convectivos extremos identificados con un radar de precipitación en una Isla en el Océano Índico.
- Los elementos dentro de la población convectiva cambian en un orden secuencial con respecto a la lluvia máxima acumulada

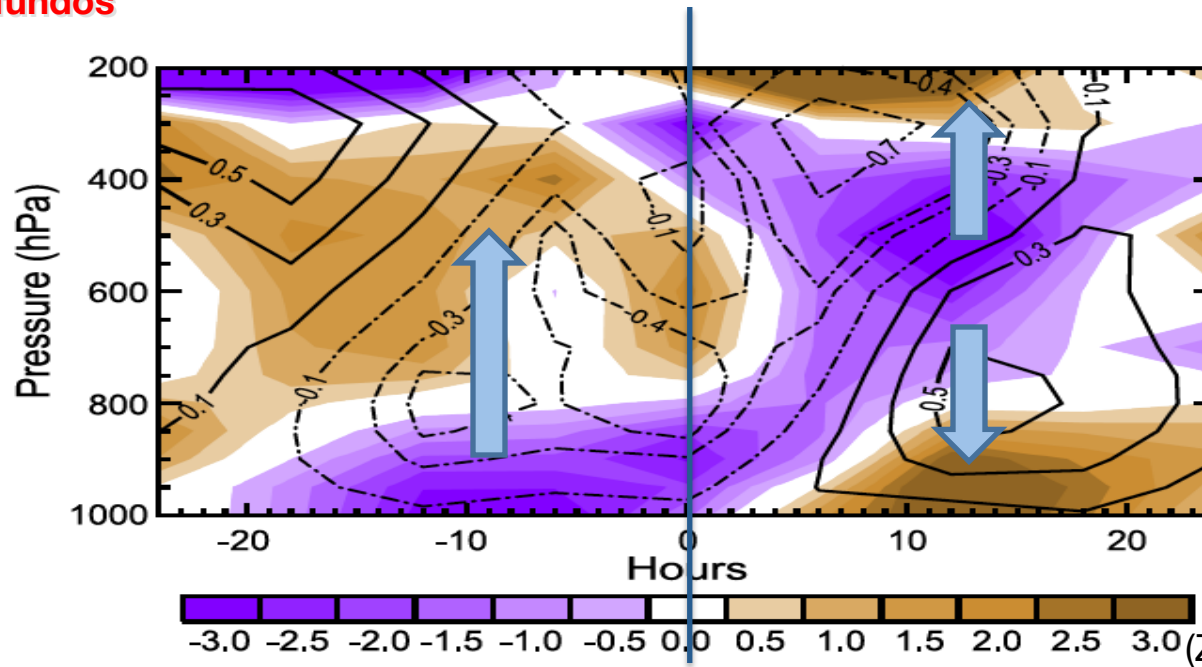
Evolución de los tipos de eco en relación con la precipitación máxima



**Núcleos
Convectivos
Profundos**

**Núcleos Convectivos
Anchos**

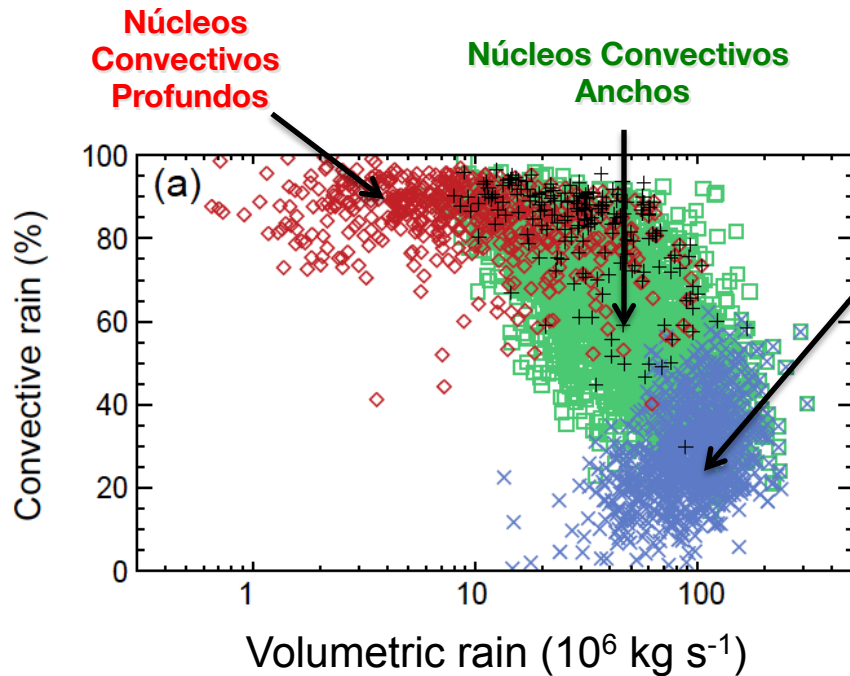
**Regiones
Estratiformes
Extensas**



(Zuluaga and Houze 2013)

- Evolución de campo de anomalías de divergencia (colores, 10^{-6} s^{-1}) y velocidad vertical (contornos, $10^{-3} \text{ hPa s}^{-1}$)
- La atmósfera cambia al unísono con los cambios de la población de nubes convectivas

Precipitación, % convectiva y tipo de eco



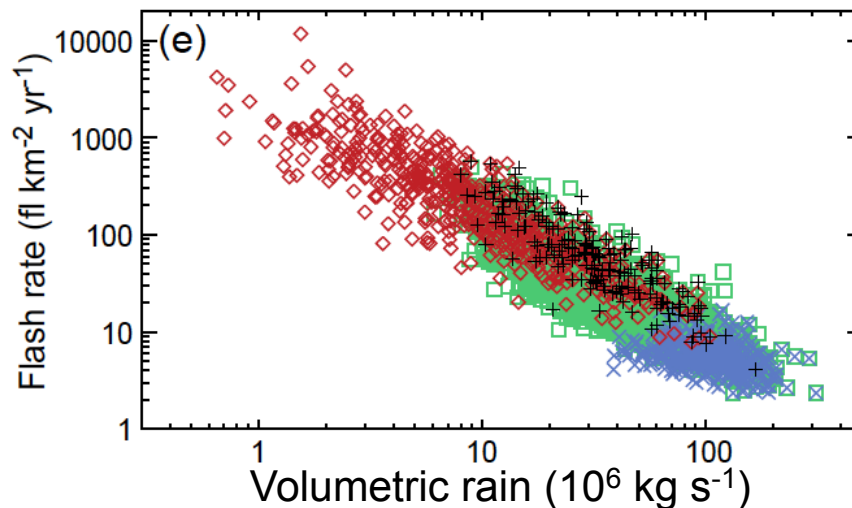
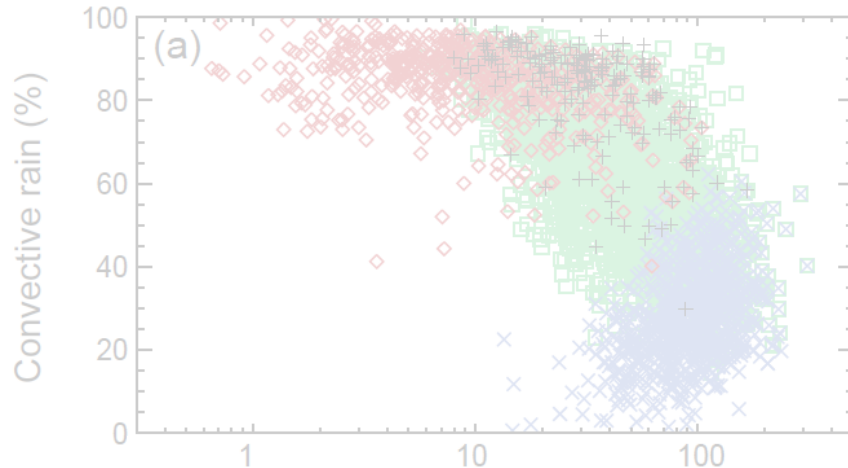
- Tormentas que contienen **NCP** tienen un alto porcentaje de lluvia convectiva, pero poca acumulación volumétrica
- Comparativamente, tormentas con **REE** tienen poca lluvia convectiva y alta acumulación

Precipitación, % convectiva y tipo de eco

Núcleos
Convectivos
Profundos

Núcleos Convectivos
Anchos

Regiones
Estratiformes
Extensas



- Tormentas que contienen **DCC** tienen un alto porcentaje de lluvia convectiva, pero poca acumulación volumétrica
- Comparativamente, tormentas con **BSR** tienen poca lluvia convectiva y alta acumulación
- La gran parte de tormentas con **REE** producen pocas descargas eléctricas
- Por el contrario, tormentas con **NCP** son energéticamente eficientes en la producción de descargas eléctricas

(Zuluaga and Houze 2015)

Distribución espacial de
elementos convectivos extremos
sobre Suramérica

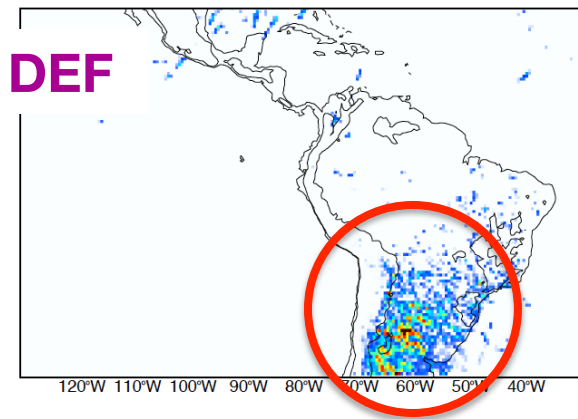
Probabilidad TRMM-PR

Núcleos
Convectivos
Profundos

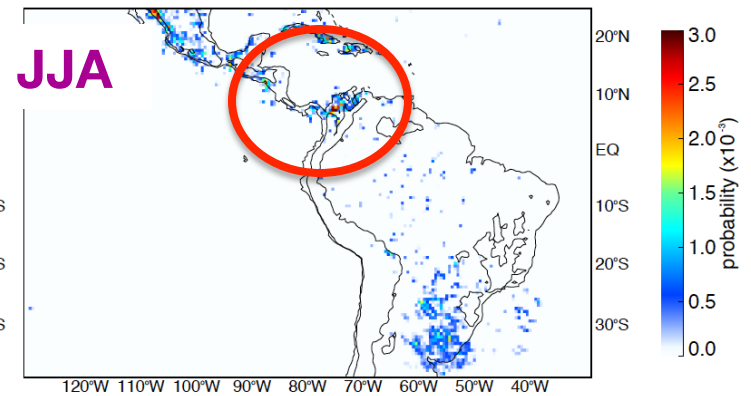
Núcleos
Convectivos
Anchos

Regiones
Estratiformes
Extensas

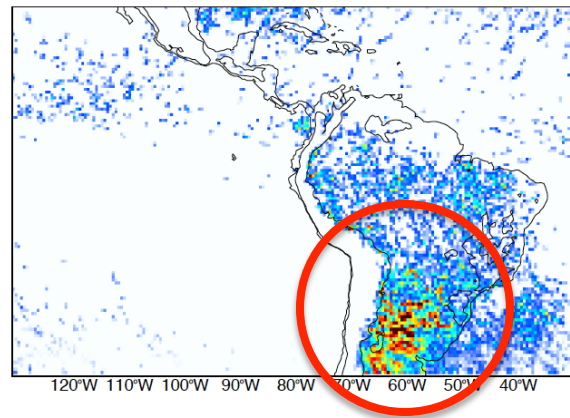
a) DJF Deep convective cores



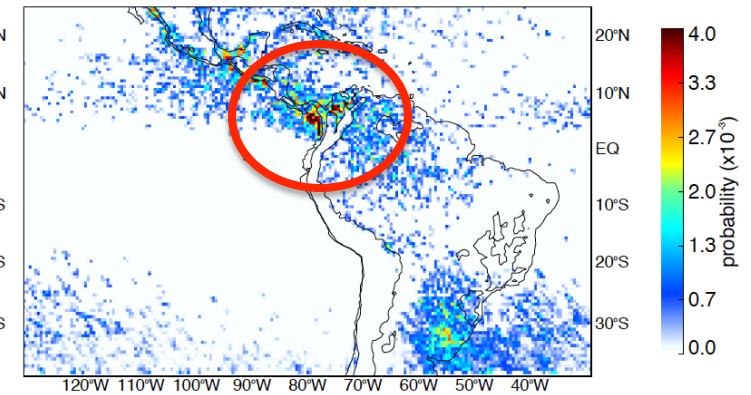
b) JJA Deep convective cores



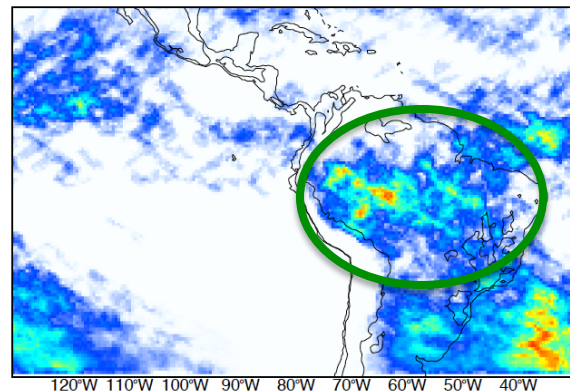
c) DJF Wide convective cores



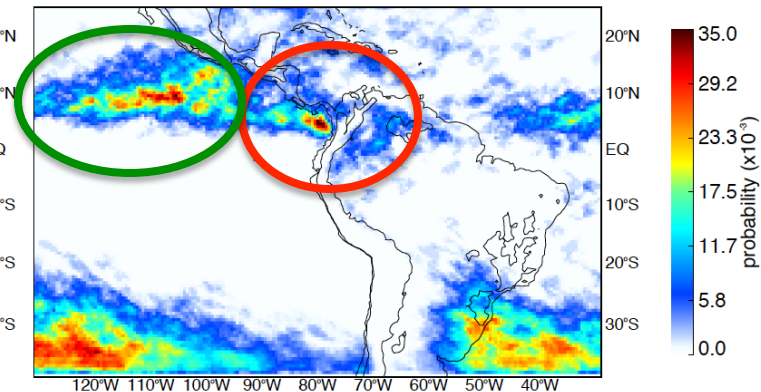
d) JJA Wide convective cores



e) DJF Broad Stratiform regions



f) JJA Broad Stratiform regions



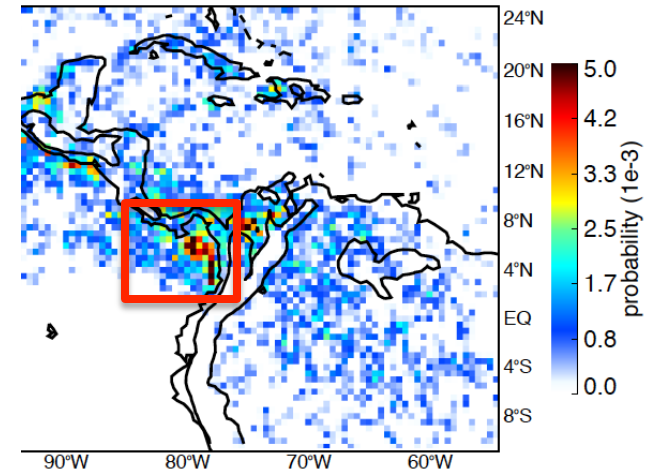
(Zuluaga y Houze 2015; Houze et al. 2015; Rasmussen et al. 2015)



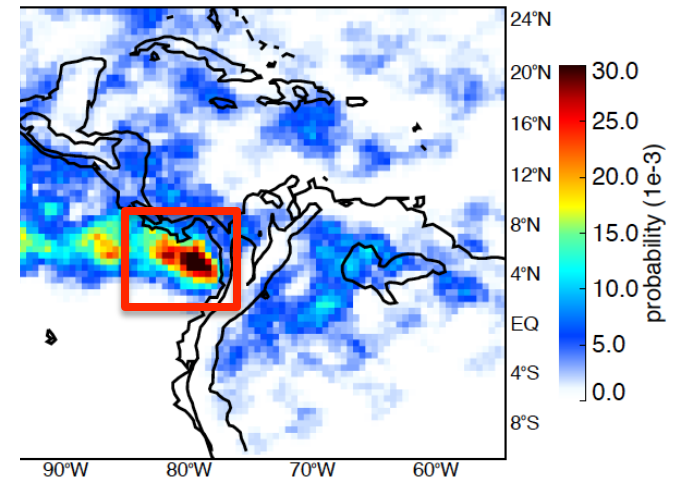
Condiciones del ambiente donde se desarrollan
los eventos convectivos extremos

Costa Pacífica Colombiana

Wide
Convective
Cores



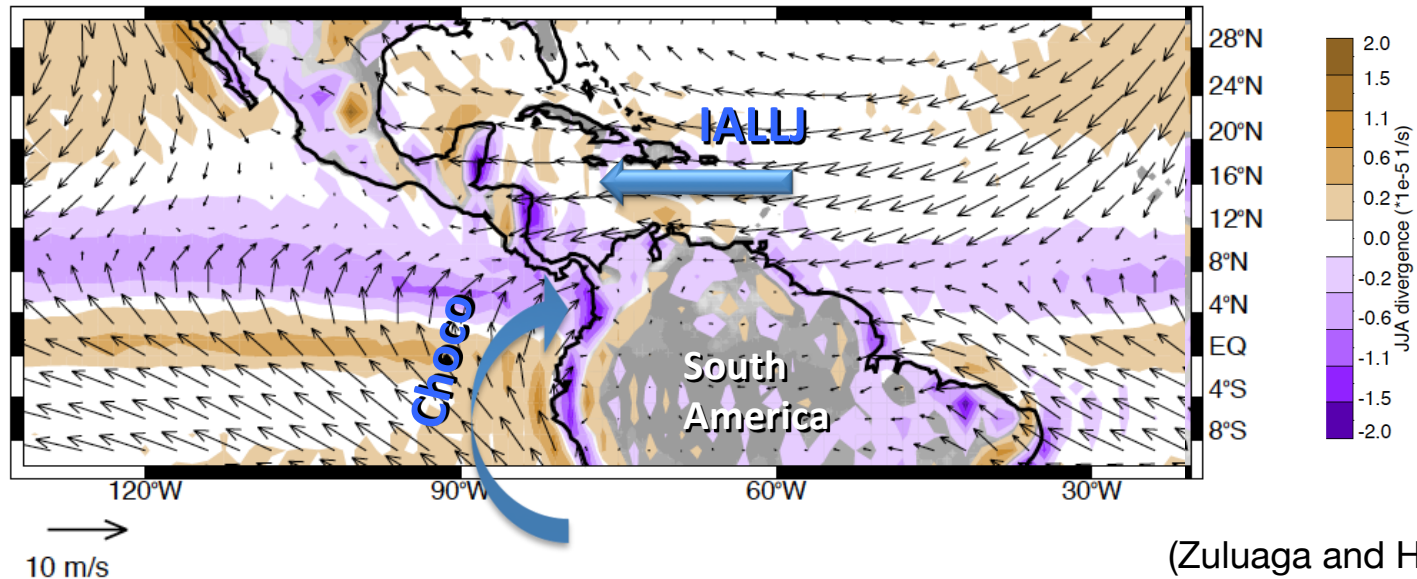
Broad
Stratiform
Regions



(Zuluaga and Houze 2015)

Climatología de vientos y divergencia durante JJA

JJA Surface - ERA Interim 1998-2013

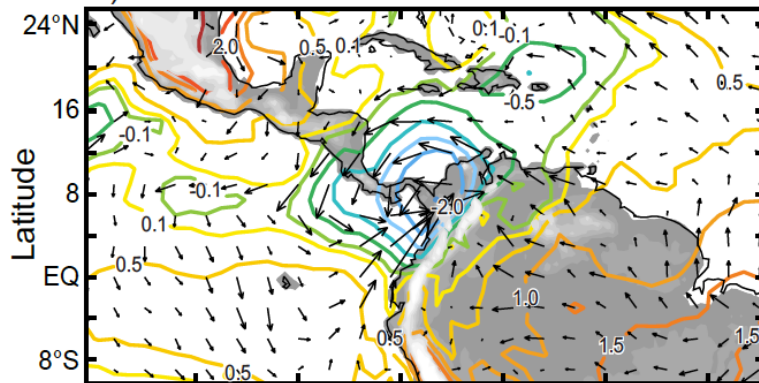


(Zuluaga and Houze 2015)

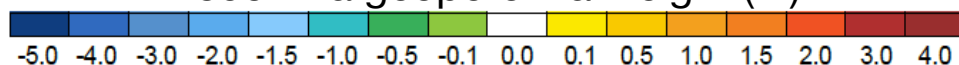
- Región donde la ZCIT **intersecta** el continente Americano y los Andes
- La convección extrema se ve afectada por **convergencia local**: Jet de bajo nivel de Intra-Américas (IALJ), y el jet de bajo nivel del Chocó.

Tormentas con NCA

b) Hour 0 for WCC



850 hPa geopotential height (m)



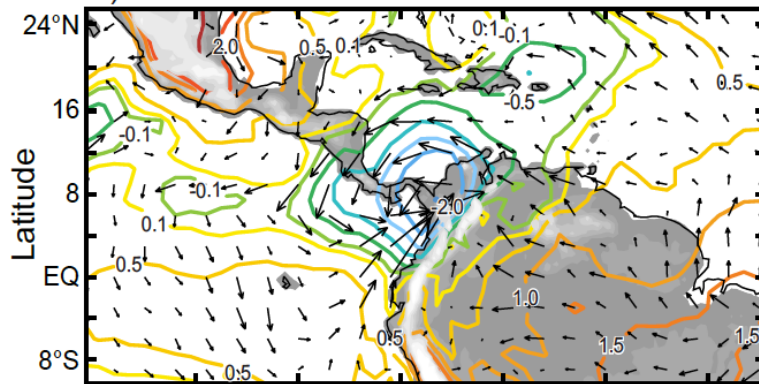
m (Zuluaga and Houze 2015)

Imágenes compuestas de anomalías de altura geopotencial y de vector de viento en 850 hPa

Costa Pacífica Colombiana

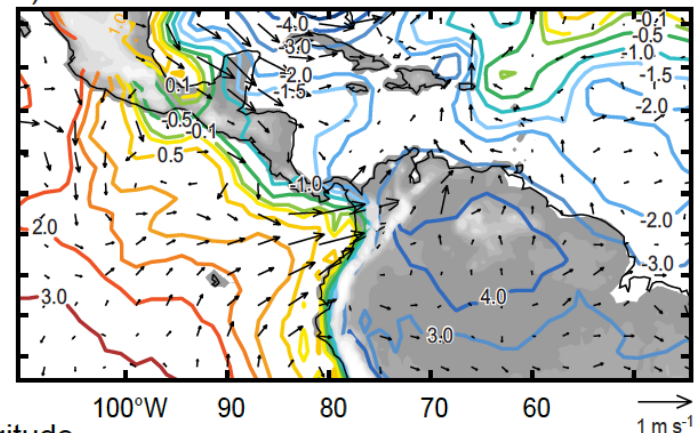
Tormentas con NCA

b) Hour 0 for WCC



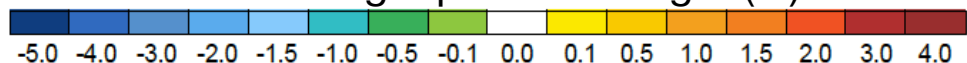
Tormentas con REE

f) Hour 0 for BSR



Longitude

850 hPa geopotential height (m)

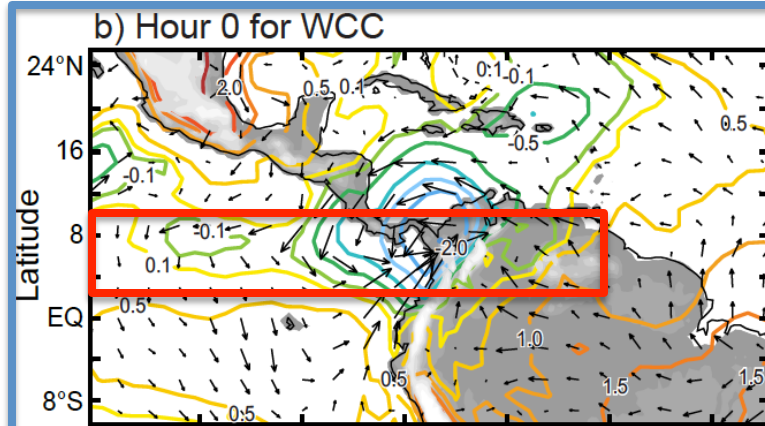


m (Zuluaga and Houze 2015)

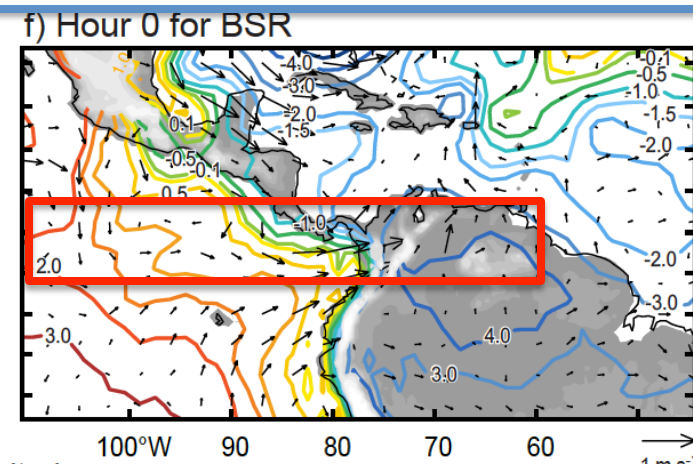
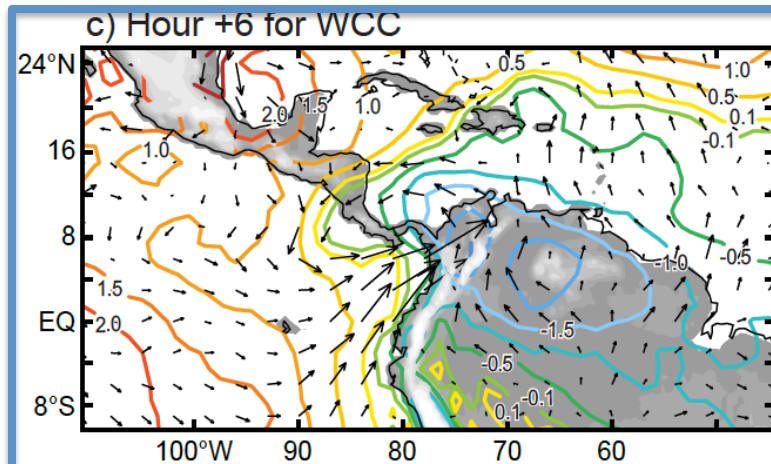
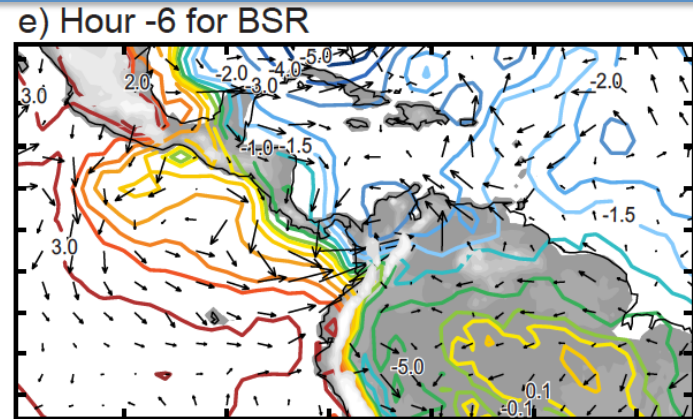
Imágenes compuestas de anomalías de altura geopotencial y de vector de viento en 850 hPa

Costa Pacífica Colombiana

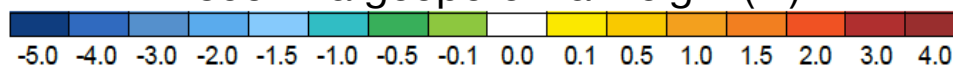
Tormentas con NCA



Tormentas con REE



850 hPa geopotential height (m)

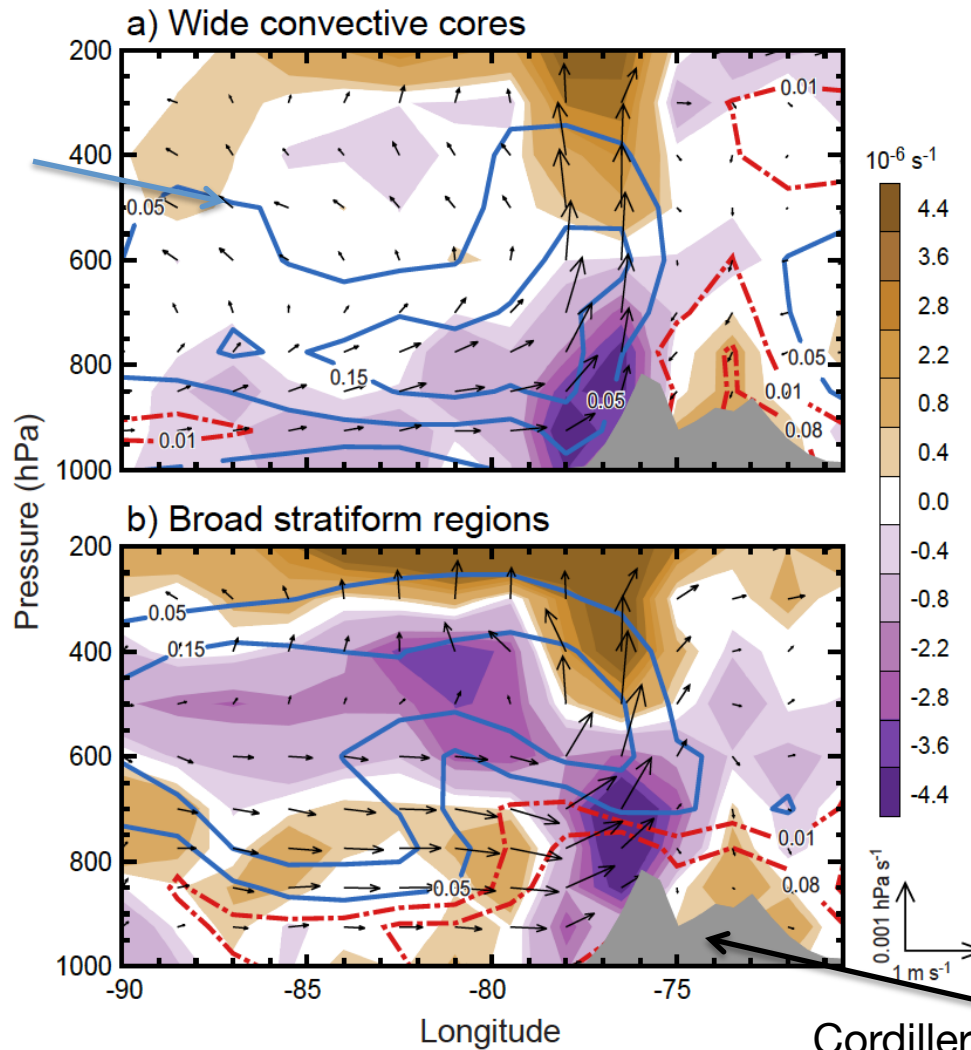


m (Zuluaga and Houze 2015)

Corte Vertical [2°N-8°N]

Costa Pacífica
Colombiana

Anomalías de
humedad
específica



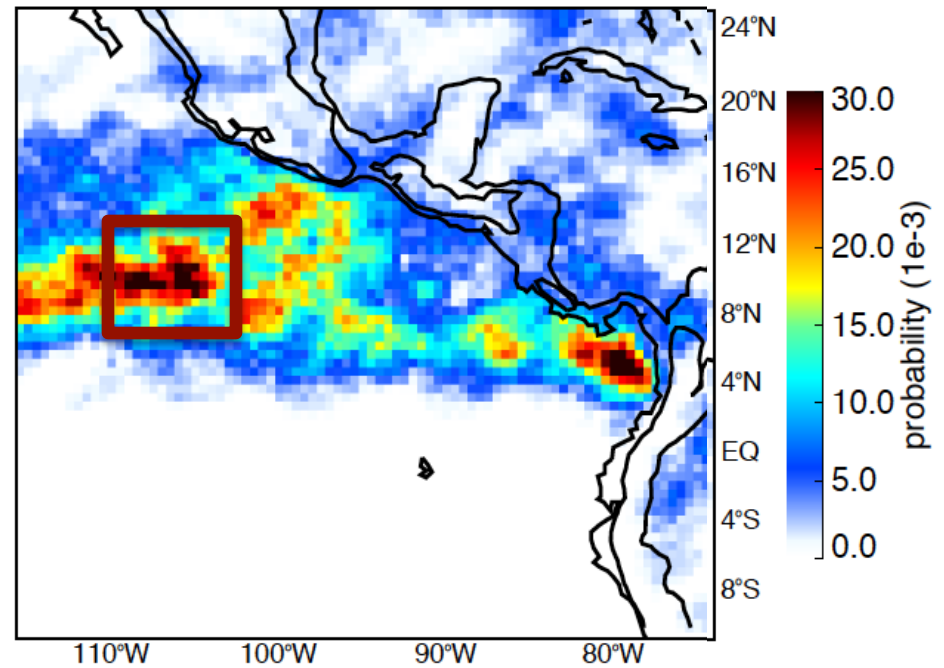
Anomalías de
divergencia

Cordilleras de Los
Andes

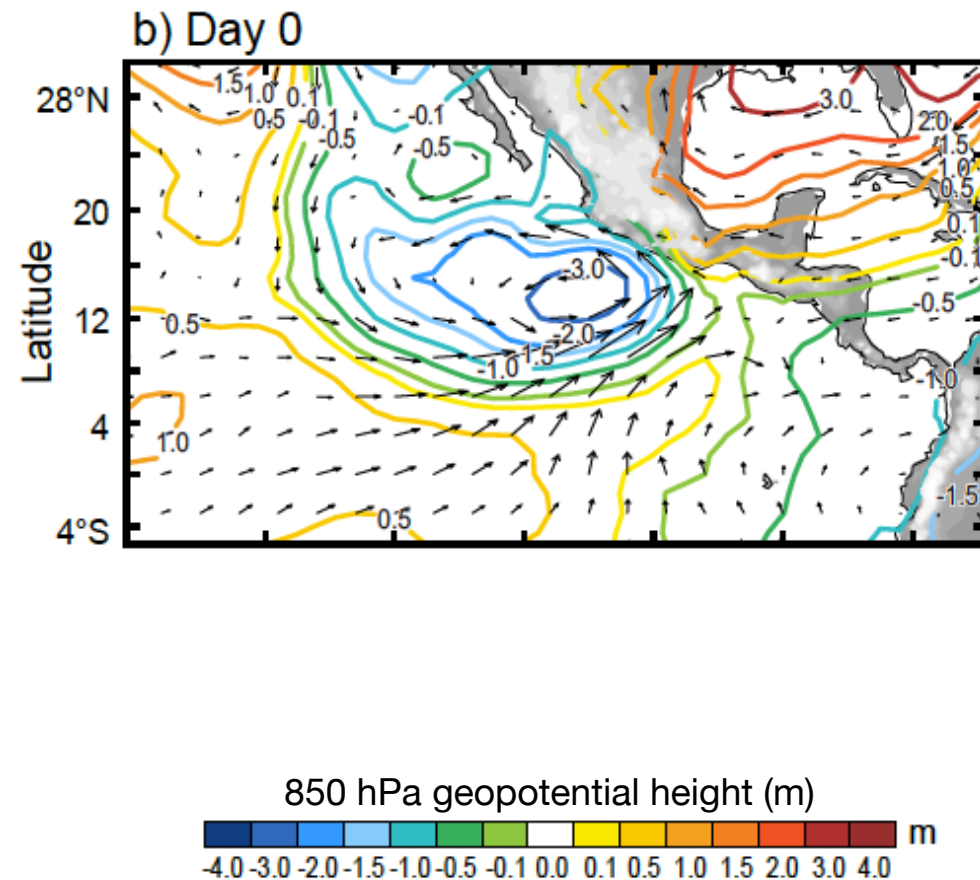
(Zuluaga and Houze 2015)

Océano Pacífico Oriental (ZCIT)

Broad
Stratiform
Regions

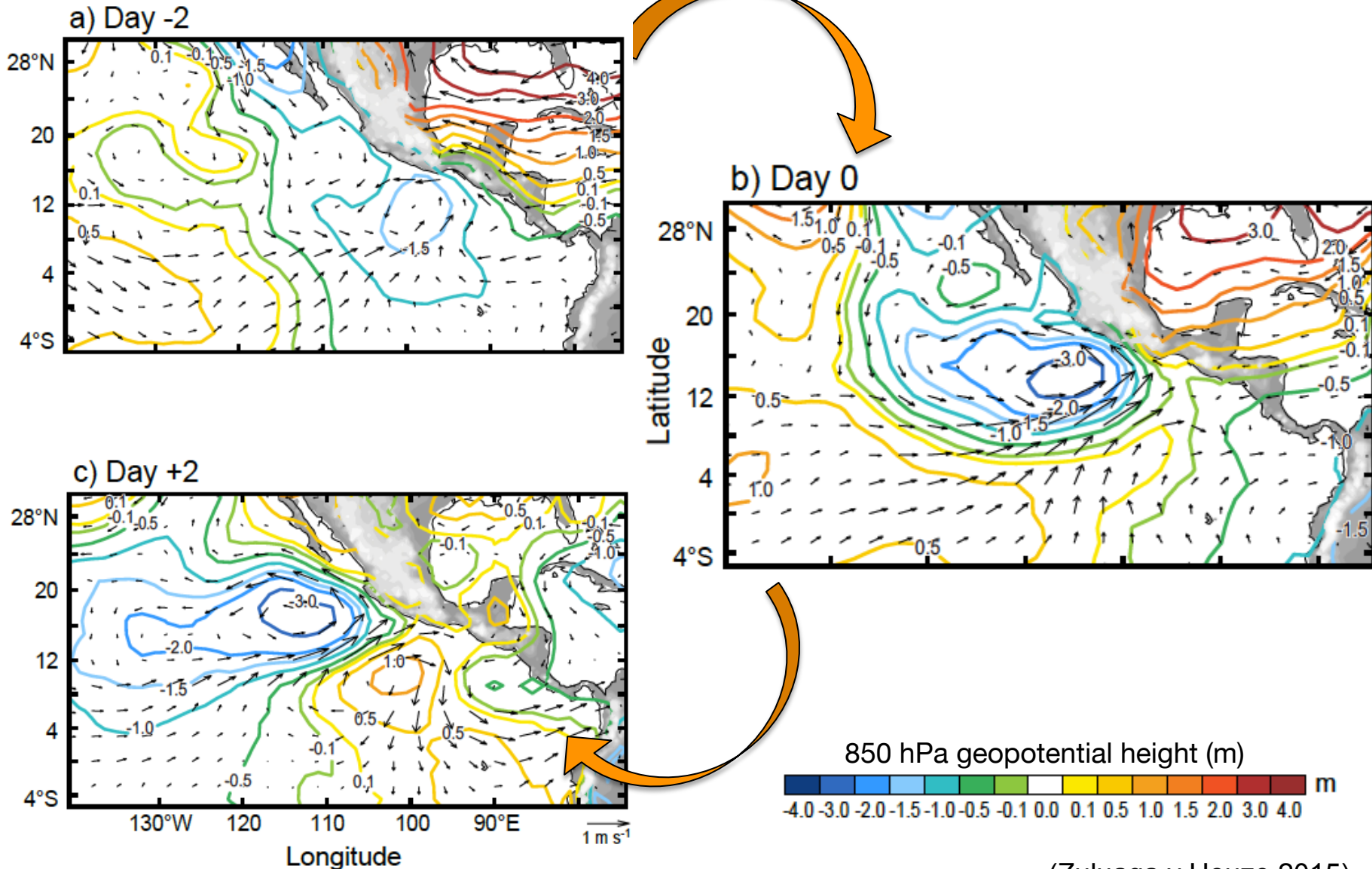


(Zuluaga and Houze 2015)



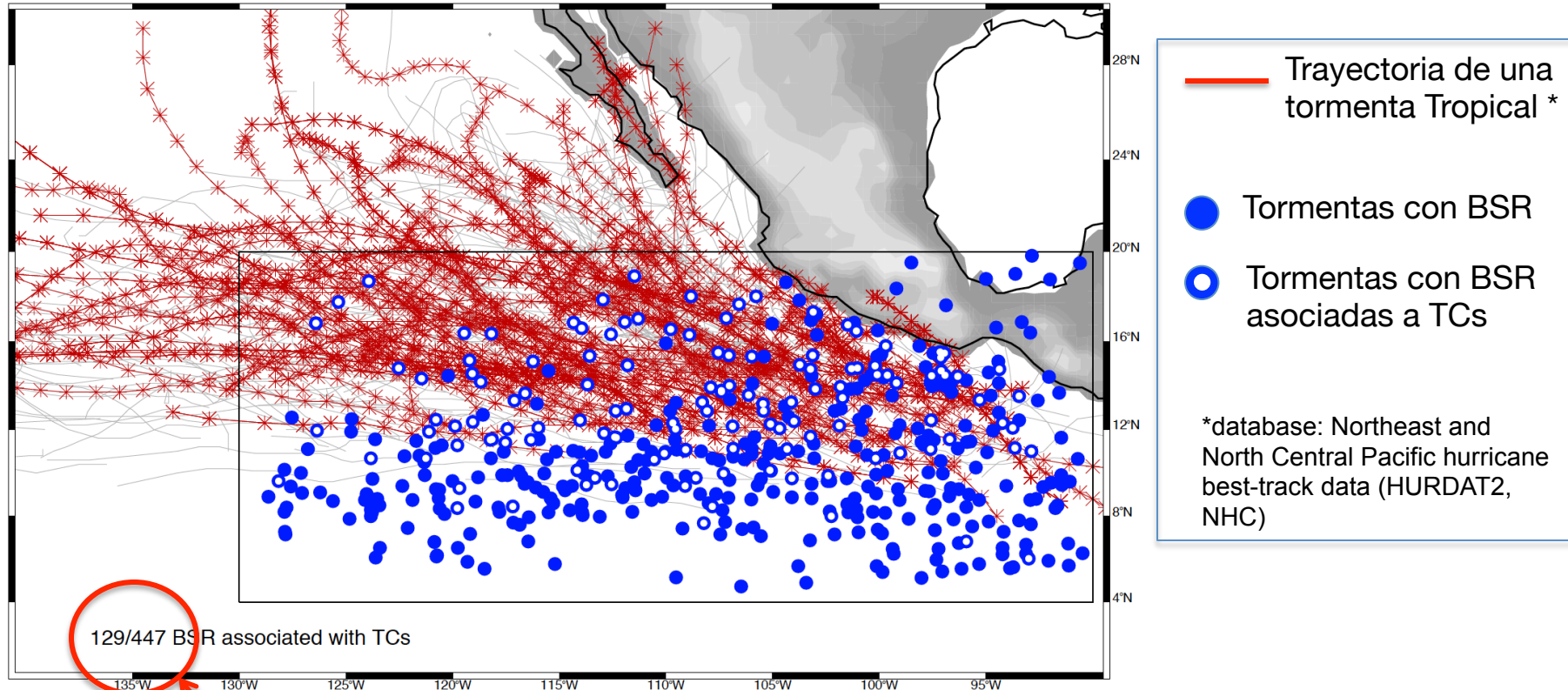
Imágenes compuestas de anomalías de altura geopotencial y de vector de viento en 850 hPa

Océano Pacífico Oriental (ZCIT)



Tormentas con BSR asociadas a Ciclones Tropicales (TC)

Océano Pacífico Oriental (ZCIT)



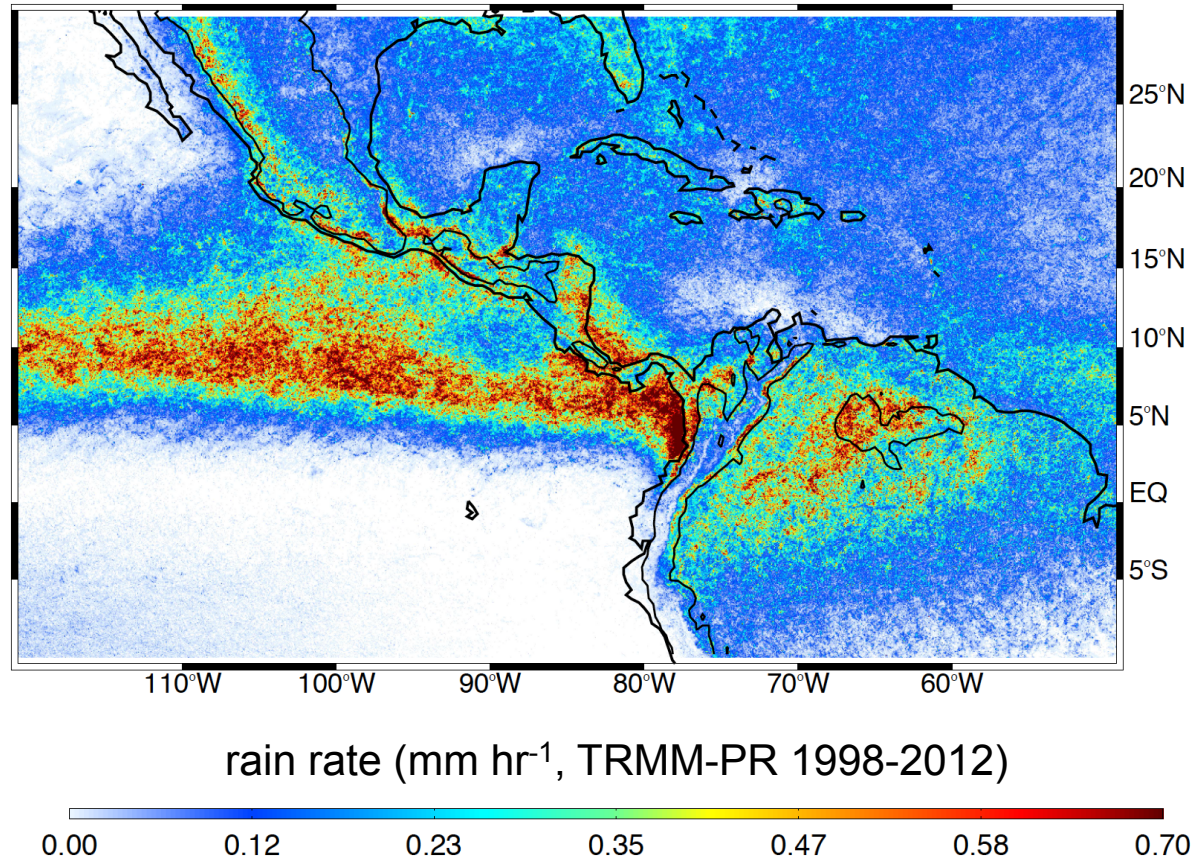
~30% de las
tormentas

(Zuluaga and Houze 2015)



Contribución de los eventos convectivos extremos a la precipitación climatológica

TRMM PR - precipitación climatológica de JJA

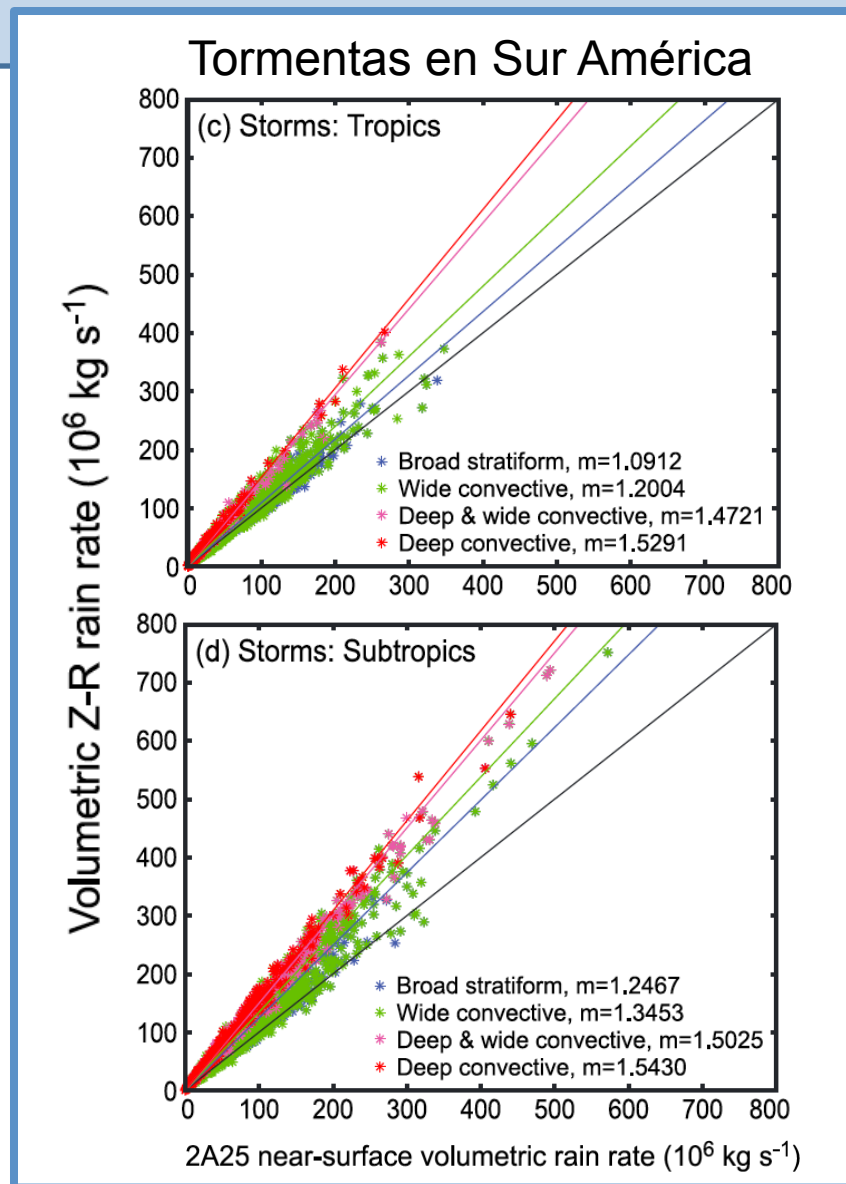


Qué porcentaje de la precipitación es producida por eventos extremos?

(Houze, Rasmussen, Zuluaga and Brodzik 2015)

Estimación de la lluvia usando datos de TRMM

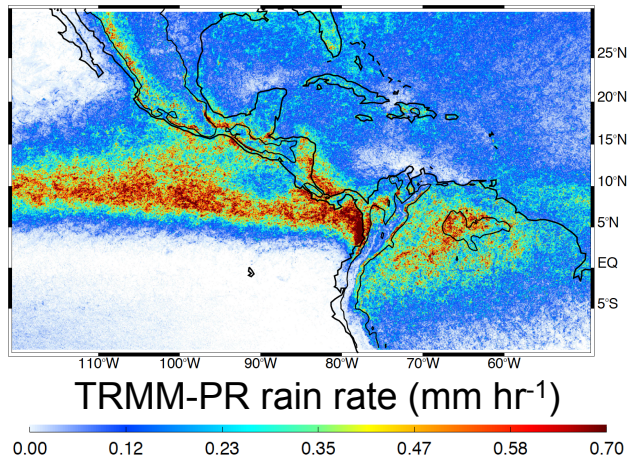
- El objetivo es el entendimiento de la precipitación proveniente de de la **convección extrema**
- El TRMM PR algoritmo para detección de lluvia subvalora precipitación en especial sobre tierra (Iguchi et al. 2009)
- Se encontró que este subvaloración es mucho mas grande para tormentas con ecos mas profundos (cantidades significativas de partículas con fase mixta)
- Necesidad de mitigar esta subvaloración
- Uso de un método Z-R tradicional



(Rasmussen, Choi, Zuluaga and Houze 2013)

Contribución de lluvia por tipo de tormenta

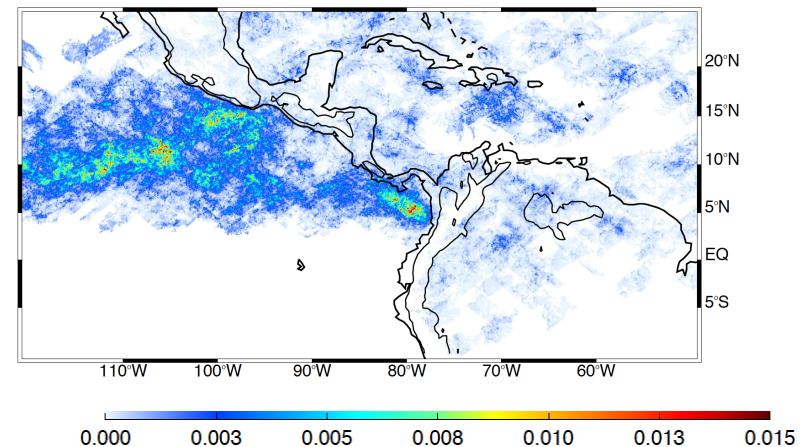
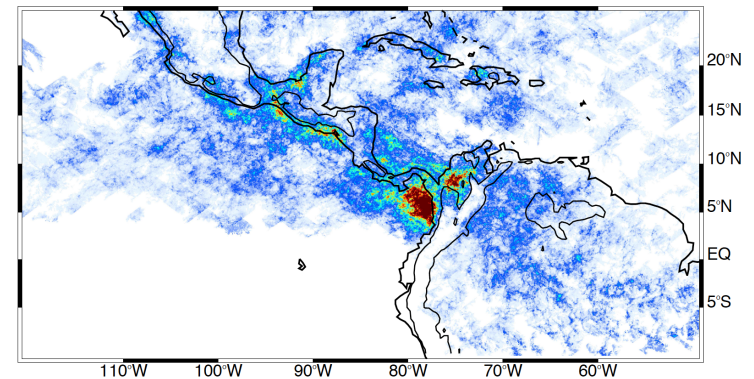
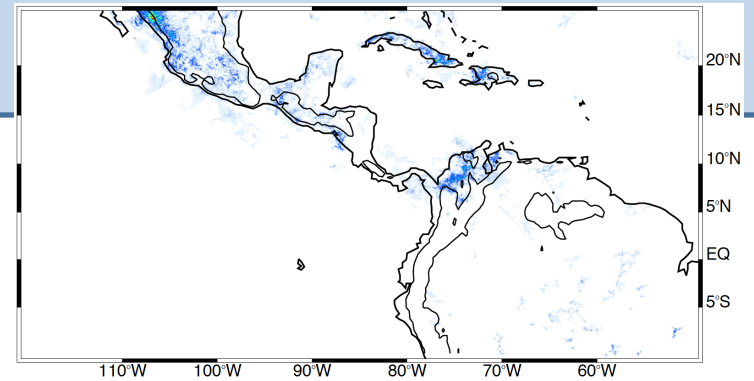
Intensidad de lluvia media para JJA



**Núcleos
Convectivos
Profundos**

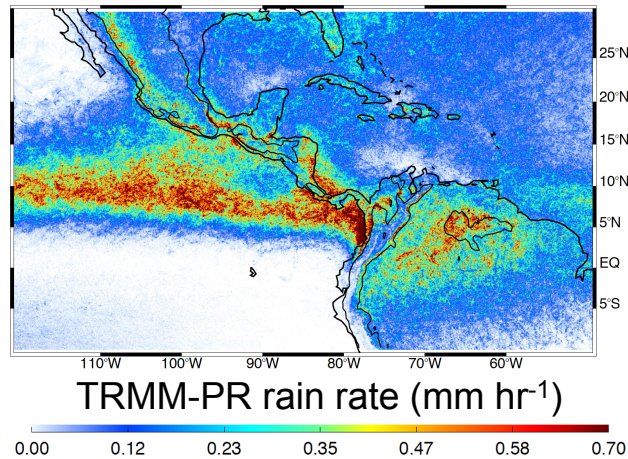
**Núcleos
Convectivos
Anchos**

**Regiones
Estratiformes
Extensas**



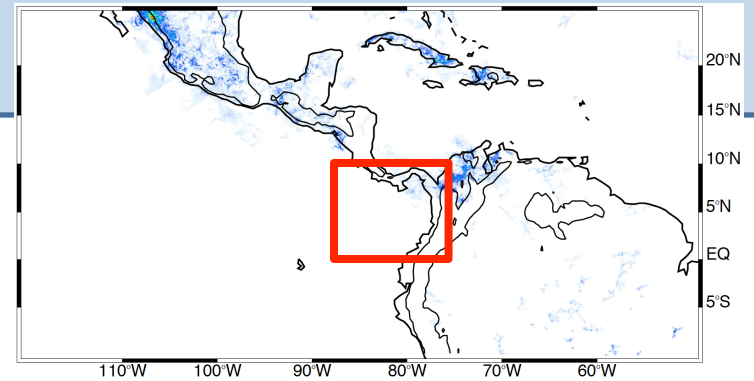
Contribución de lluvia por tipo de tormenta

Intensidad de lluvia media para JJA

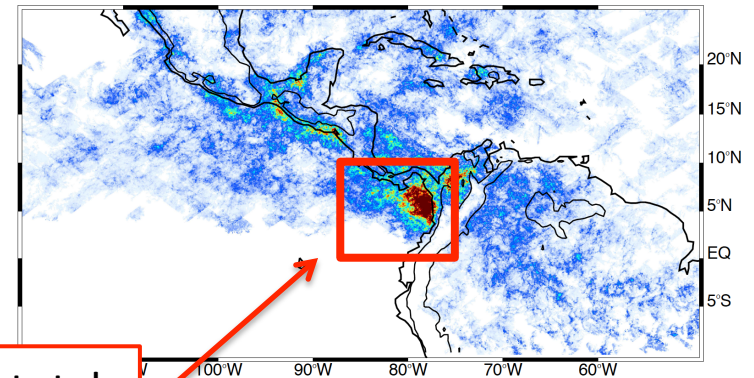


- Contribución de las categorías extremas en la costa Pacífica Colombiana: ~42%

**Núcleos
Convectivos
Profundos**

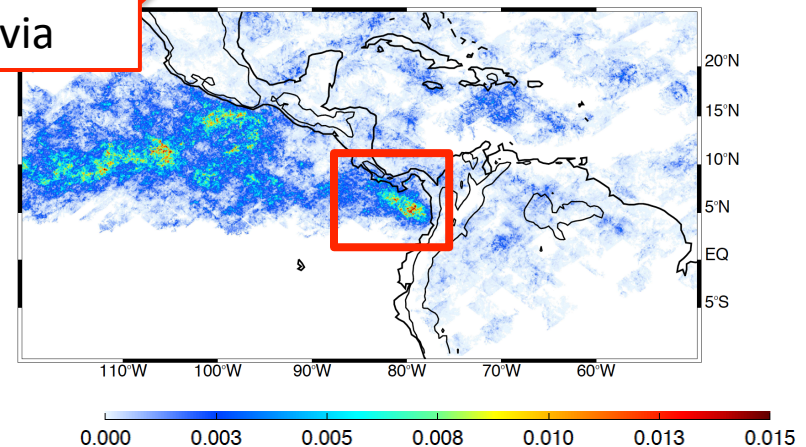


**Núcleos
Convectivos
Anchos**



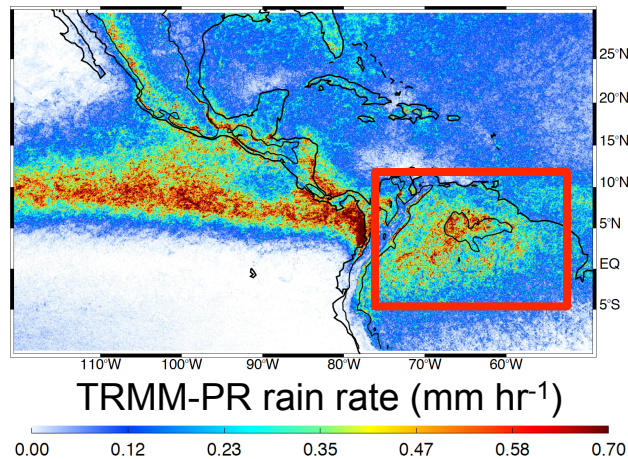
30% del total
de lluvia

**Regiones
Estratiformes
Extensas**



Contribución de lluvia por tipo de tormenta

Intensidad de lluvia media para JJA

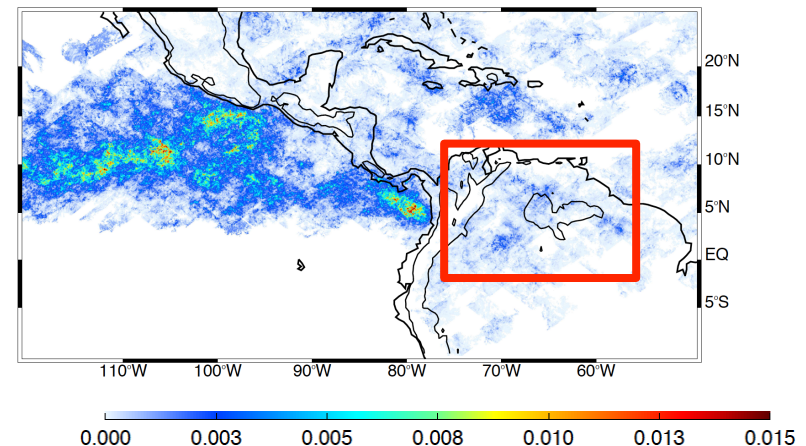
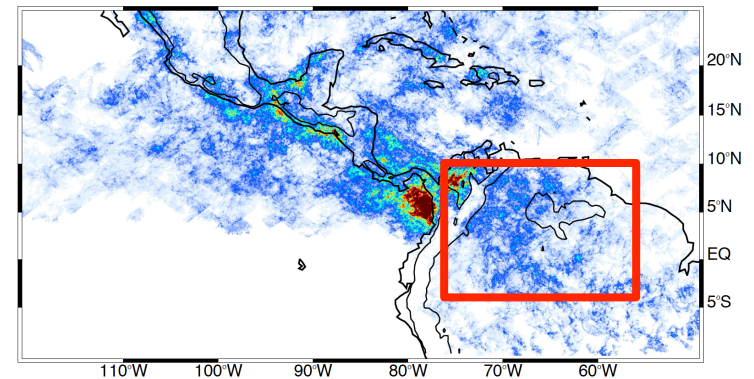
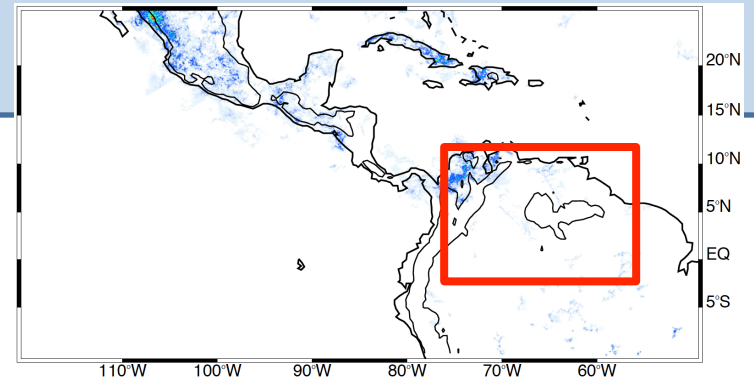


**Núcleos
Convectivos
Profundos**

**Núcleos
Convectivos
Anchos**

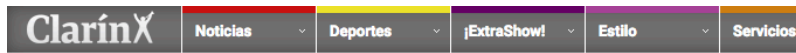
**Regiones
Estratiformes
Extensas**

- Contribución de las categorías extremas en la costa Pacífica Colombiana: ~42%
- En contraste, no existe una contribución significativa por estas tormentas en la región de la Orinoquía y Amazonía



Asociación de tormentas extremas con reportes de inundaciones y granizo

Inundaciones



Clarín.com > Rural > Agricultura > 26/08/15

Peligran 600.000 hectáreas de trigo por las inundaciones, dice la Fauba

Agricultura. Es el área triguera que está en riesgo en el norte bonaerense y el sur de Santa Fe si el agua no baja con rapidez y continúan las lluvias.



En los lotes que permanezcan inundados más de diez días puede haber mortandad de plantas y se "lavan" nutrientes del suelo.

Redes contra el granizo

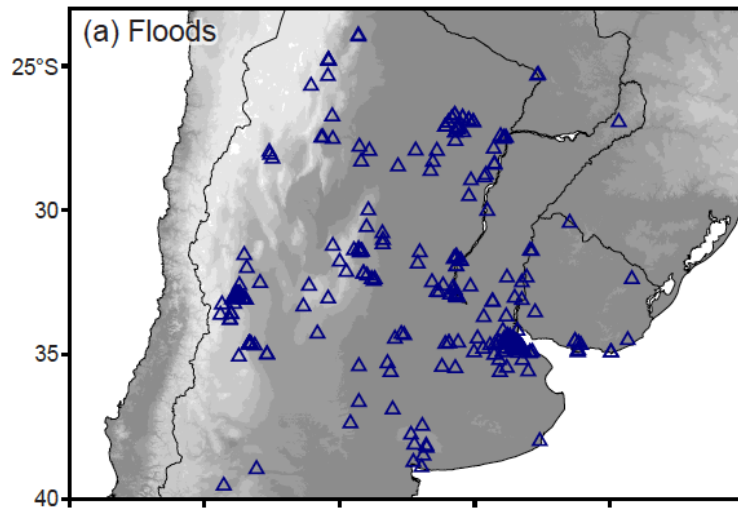


Viñedos y redes anti-granizo, cortesía freshplaza.es

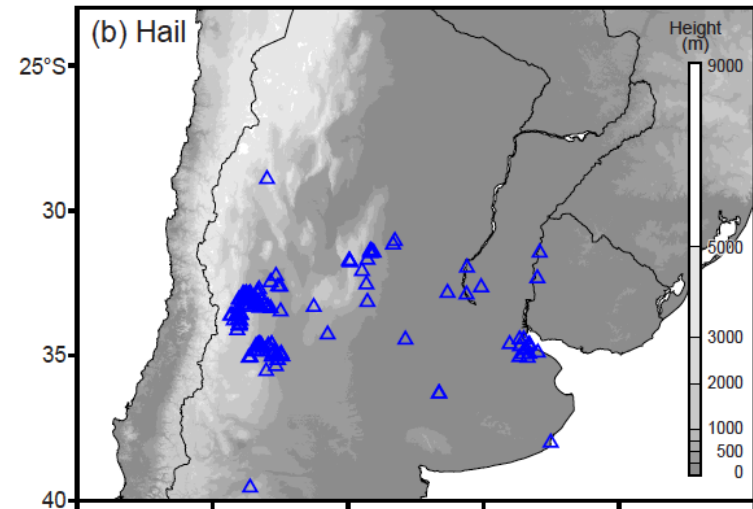
- En las pampas Argentinas se tienden a presentar tormentas severas que en ciertos casos causan inundaciones
- Igualmente, la región de Mendoza conocida por su fuerte actividad vinícola, experimenta fuertes tormentas acompañadas de granizo

Asociación de tormentas extremas con reportes de inundaciones y granizo

Inundaciones



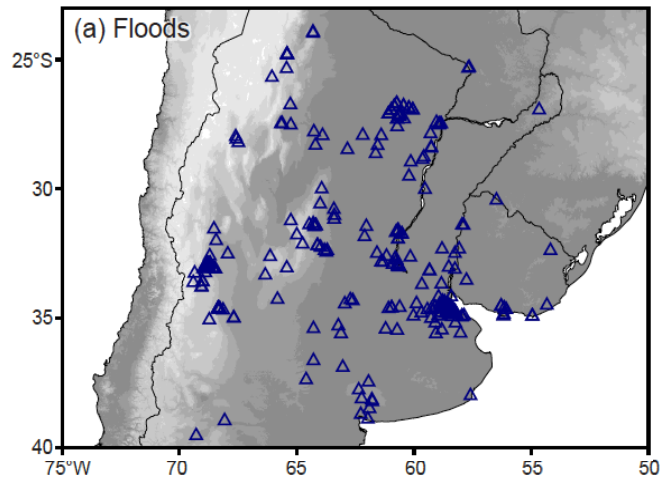
Granizo



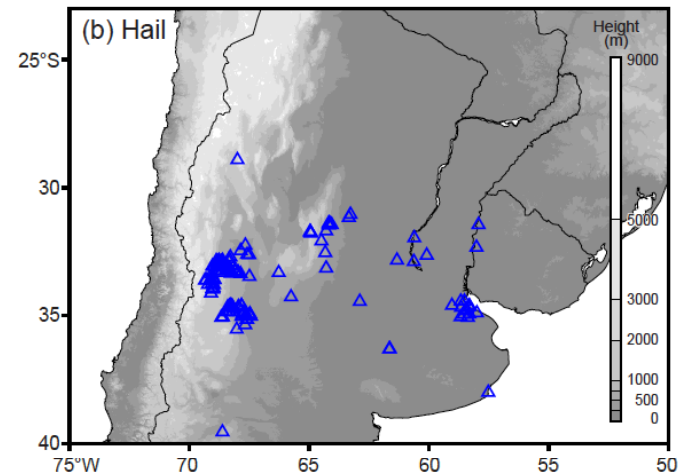
- Se identificó 100 tormentas con elementos extremos (**NCP**, **NCA**, **REE**) y luego buscó reportes de periódico en los cuales estas tormentas hayan ocurrido en regiones y días con un reporte de inundación o granizo fuerte.

Asociación de tormentas extremas con reportes de inundaciones y granizo

Inundaciones

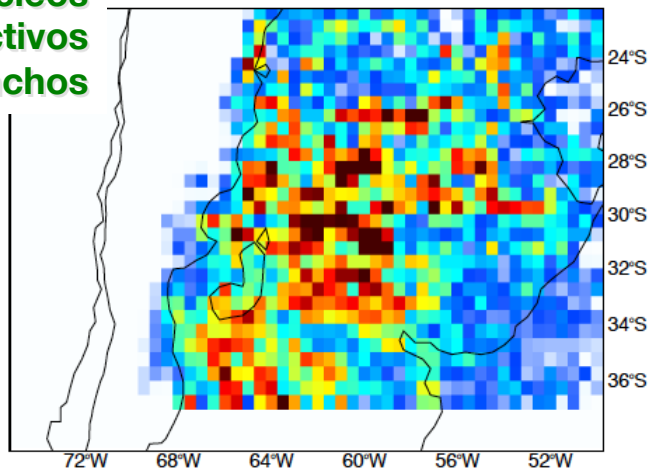


Granizo



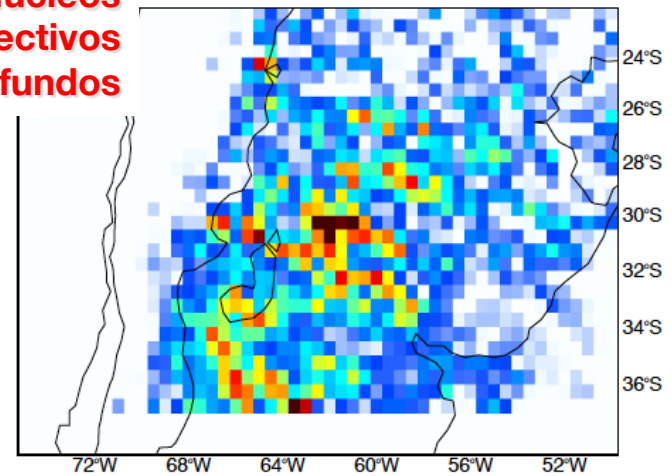
**Núcleos
Convectivos
Anchos**

DJF Wide convective cores



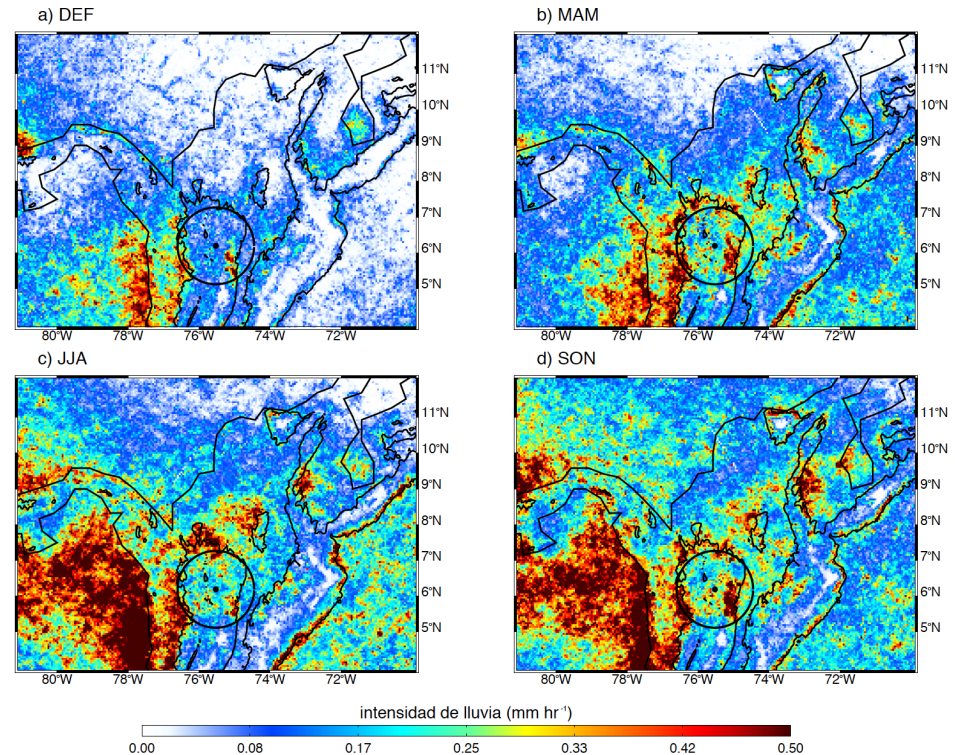
**Núcleos
Convectivos
Profundos**

DJF Deep convective cores



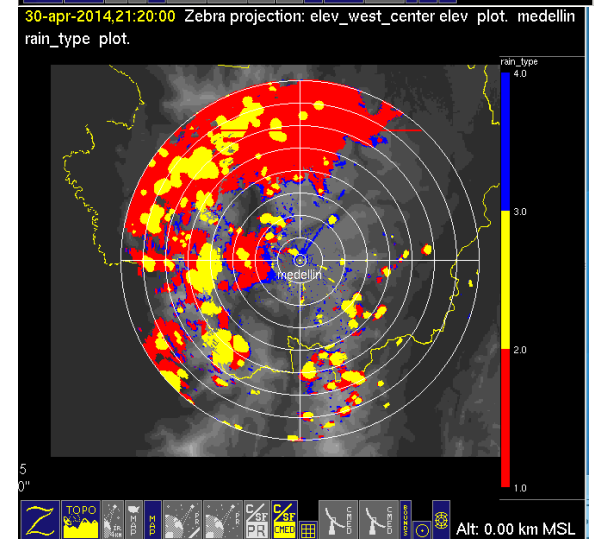
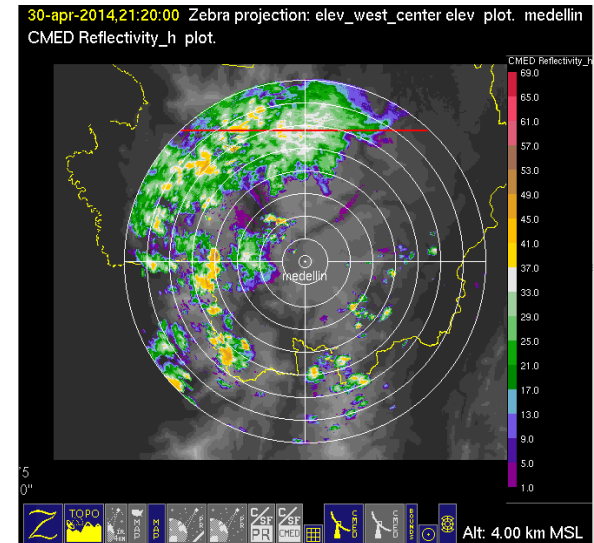
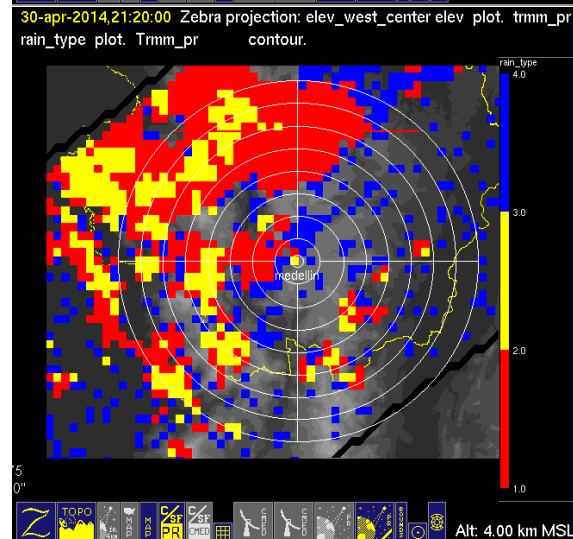
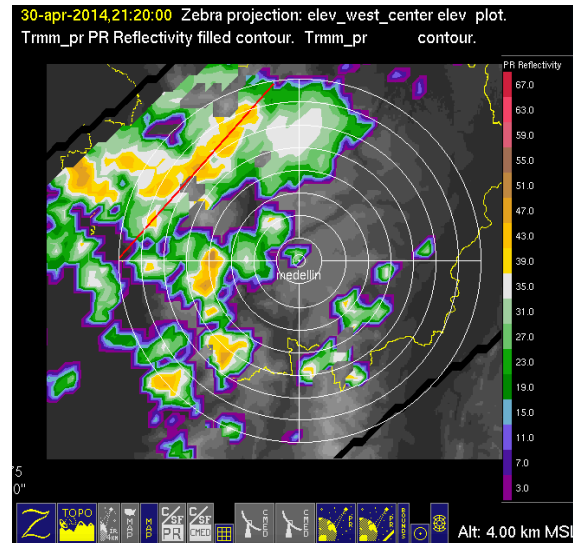
Trabajo en progreso

- Programa Colciencias
“Es Tiempo de Volver”.
- Profesor Carlos D. Hoyos
- Extendido la base de datos de TRMM con cubrimiento global
www.trmm.atmos.washington.edu
- Análisis extendido en la región de Mesoamérica, para las diferentes temporadas del año
- Contextualización de estos resultados con datos a mayor resolución del SIATA (radar, pluviómetros, perfilador radiómetro, perfilador de vientos, etc.)



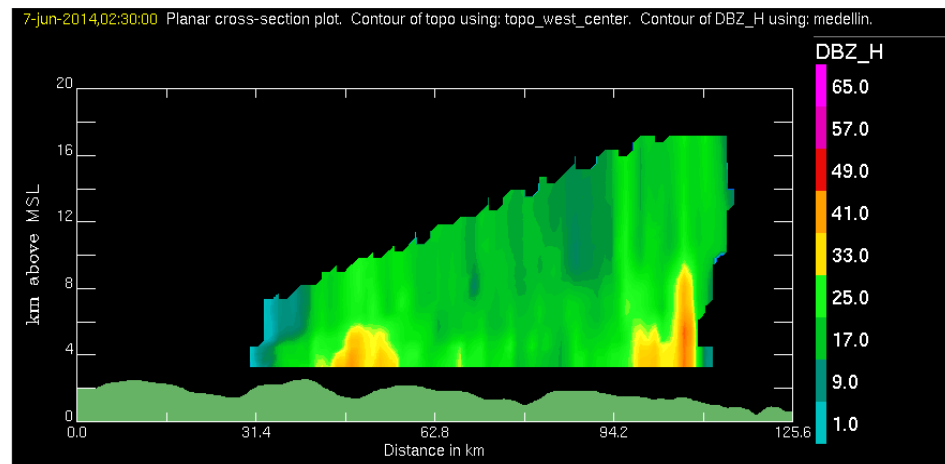
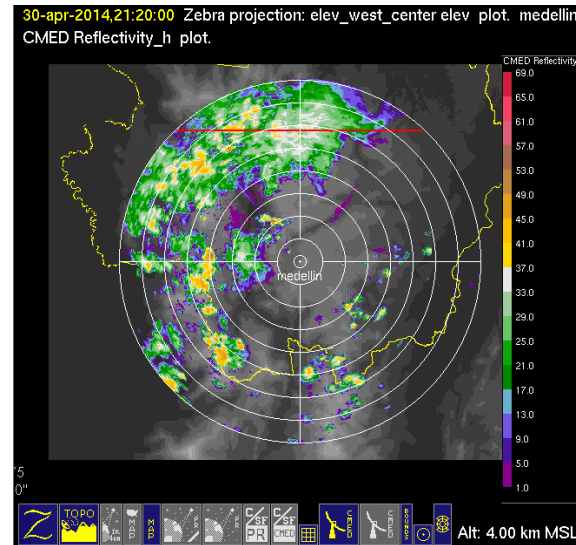
Qué características tienen elementos convectivos extremos en regiones de montaña en el trópico?

- Interpolación de los datos del radar CMED
- Identificación de elementos convectivos y estratiformes



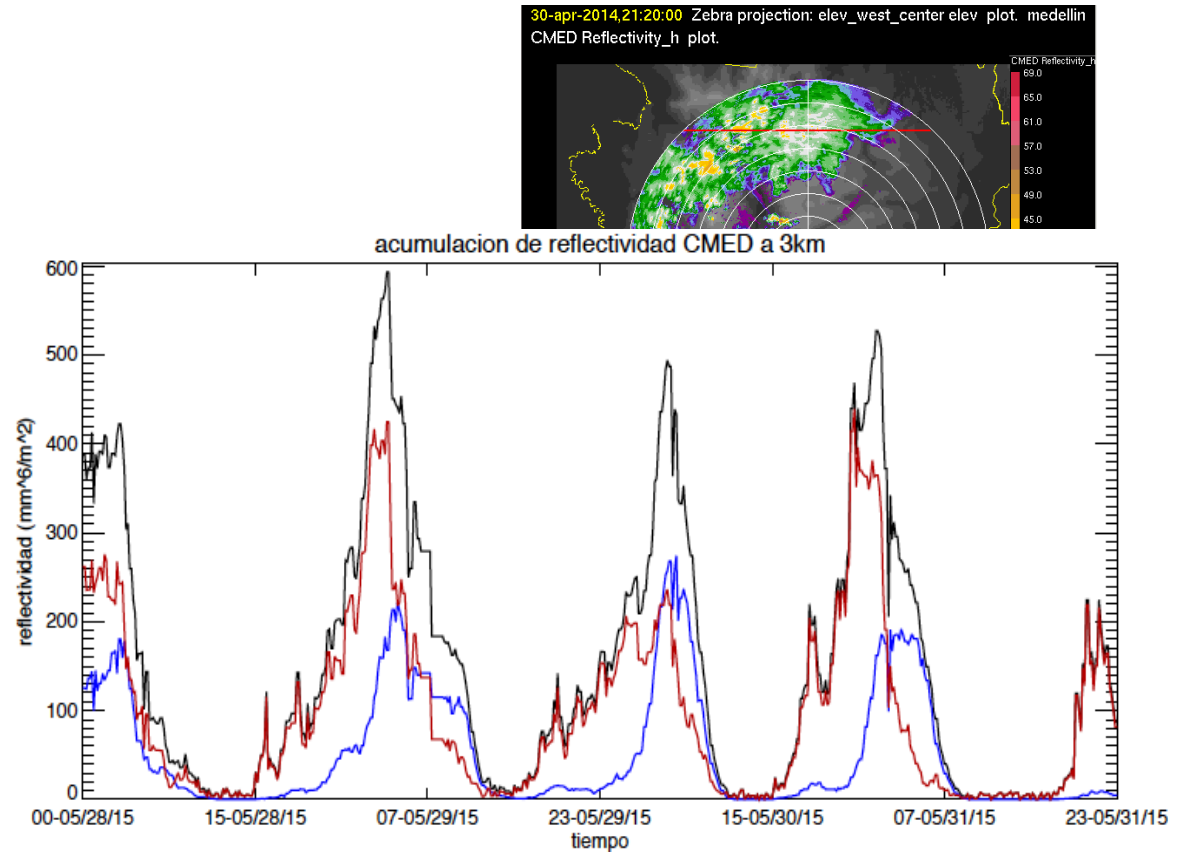
Qué características tienen elementos convectivos extremos en regiones de montaña en el trópico?

- Interpolación de los datos del radar CMED
- Identificación de elementos convectivos y estratiformes
- Modificación y calibración de algoritmos de identificación de ecos extremos



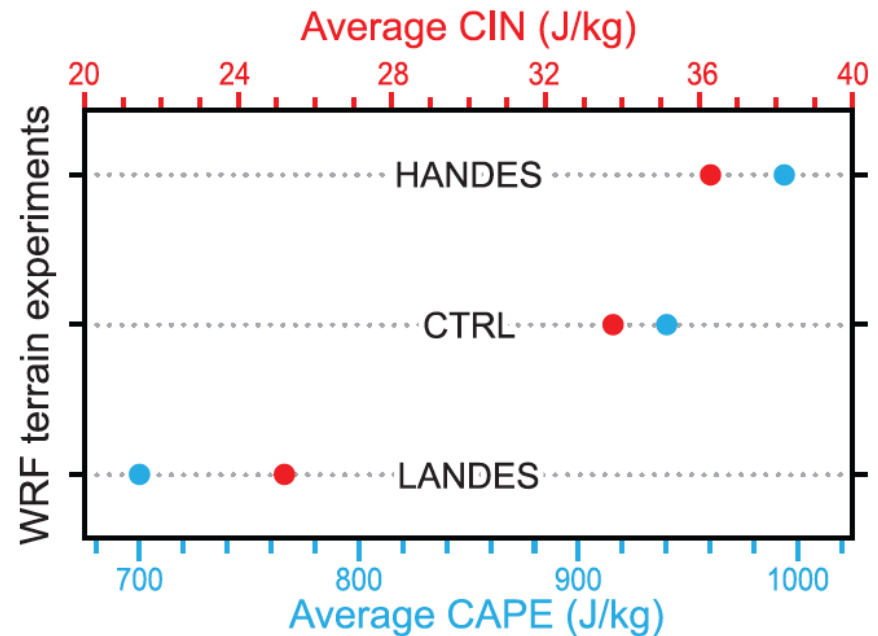
Qué características tienen elementos convectivos extremos en regiones de montaña en el trópico?

- Interpolación de los datos del radar CMED
- Identificación de elementos convectivos y estratiformes
- Modificación y calibración de algoritmos de identificación de ecos extremos



Cual es el papel de la topografía, SST, en la ocurrencia de tormentas con características extremas?

- Usando el modelo WRF para reproducir casos de tormentas con características extremas
- Por ejemplo, Rasmussen and Houze 2015, pudieron reproducir un caso de un sistema de tormentas que se inicia sobre los Andes en Argentina
- Experimentos modificando el terreno para observar el comportamiento de las simulaciones.



(Rasmussen and Houze 2015)

Conclusiones

- Usando sensores remotos podemos identificar los estados convectivos de las tormentas que ocurren en una región determinada y clasificarlas de acuerdo a sus características extremas
- Las tormentas de convección extrema puede tomar varias formas:
 - **Núcleos Convectivos Profundos** ocurren con mayor probabilidad sobre regiones continentales. Asociados a descargas eléctricas y granizo. No presentan una contribución significativa a la climatología de la precipitación.
 - **Núcleos Convectivos Anchos** se localizan en regiones de eventos DCC, pero extendiéndose hacia el océano. Asociados a inundaciones. Presentan la mayor contribución de lluvia.
 - **Regiones Estratiformes extensas** son más frecuentes sobre el océano. Presentan una importante contribución a la lluvia climatológica, en particular sobre el océano.
- Estas formas de convección extrema están controladas por:
 - Cadenas montañosas en Suramérica

Esta investigación ha sido financiada por:
NASA grant NNX13AG71G y NSF grant AGS1144105,
y por el Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, La
Tecnología y la Innovación, Francisco José de Caldas, y la Universidad Nacional de Colombia.

