

# Radares SIMONe en el Perú

*Marco A. Milla<sup>1</sup>, Jorge L. Chau<sup>2</sup>, Karim Kuyeng<sup>3</sup>, José Súclupe<sup>3</sup>, Danny Scipión<sup>3</sup>,  
Christian Mauricio<sup>4</sup>, Rodolfo Rodriguez<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup> Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima, Perú*

*<sup>2</sup> Leibniz Institute of Atmospheric Physics, University of Rostock, Kühlungsborn, Alemania*

*<sup>3</sup> Radio Observatorio de Jicamarca, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú*

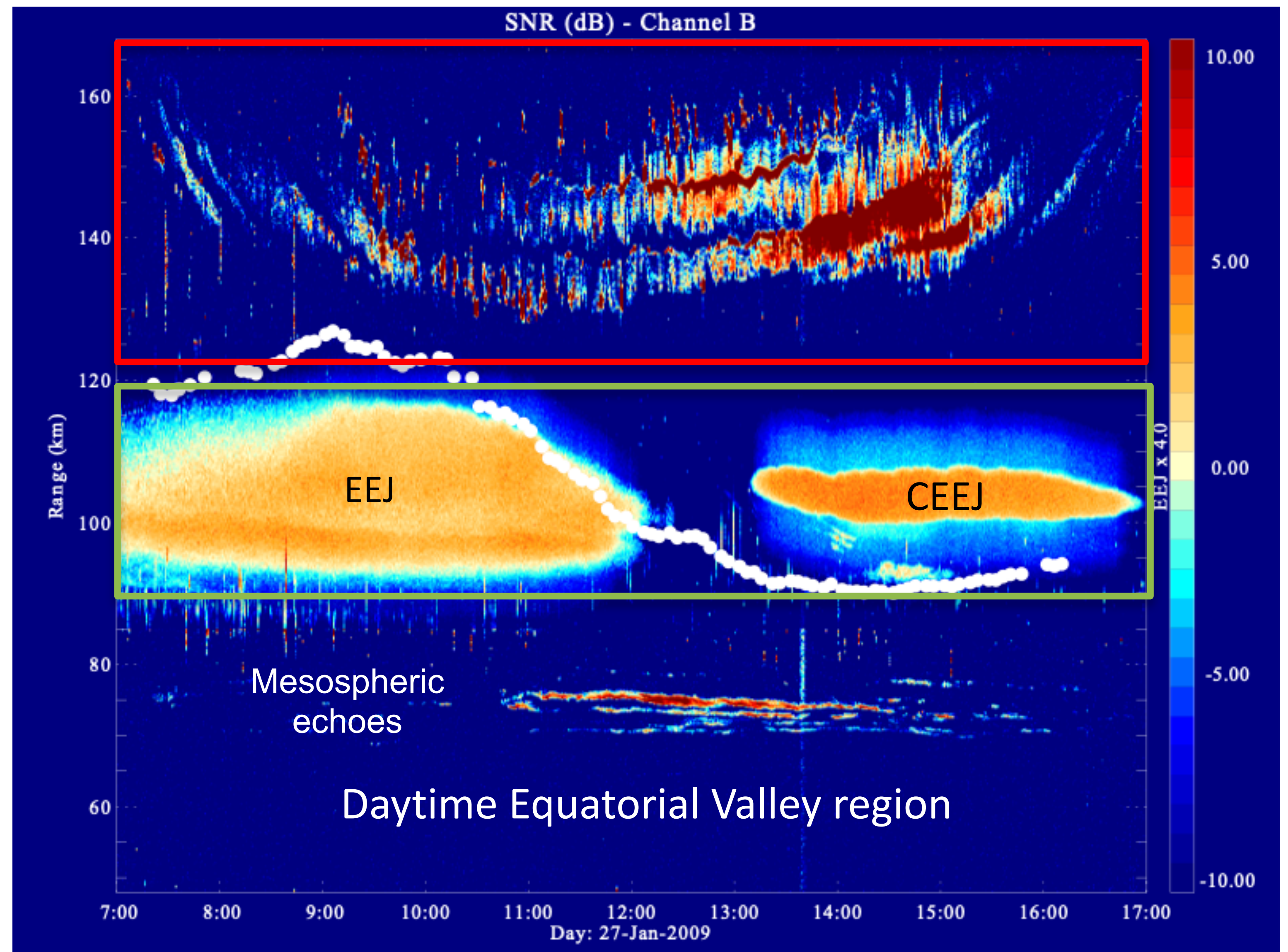
*<sup>4</sup> Universidad de Piura, Piura, Perú*





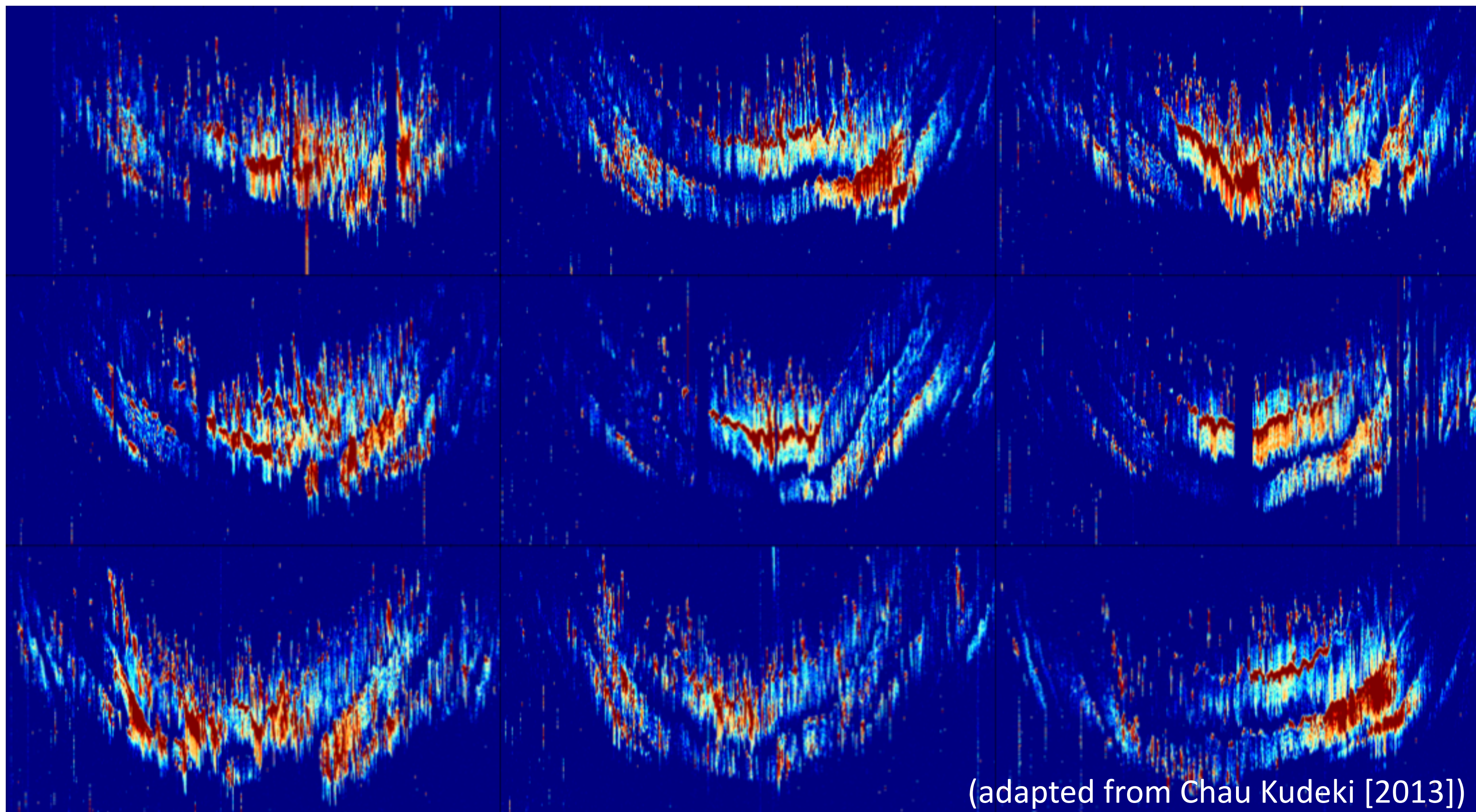
# Motivación

- Estudio del valle ionosférico y la región MLT (mesósfera y baja termosfera).
- El radar de Jicamarca permite la observación de diversos fenómenos en estas regiones:
  - Ecos de 150 km
  - Electrochorro ecuatorial
  - Ecos mesosféricos diurnos
- Sin embargo, el entendimiento del comportamiento de estas regiones es aún limitado.





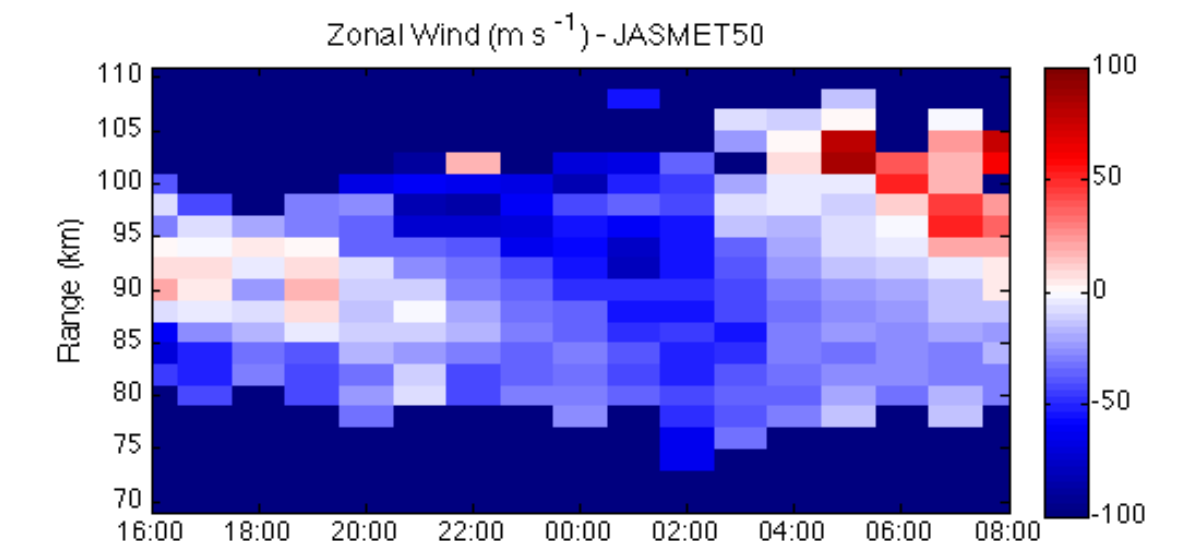
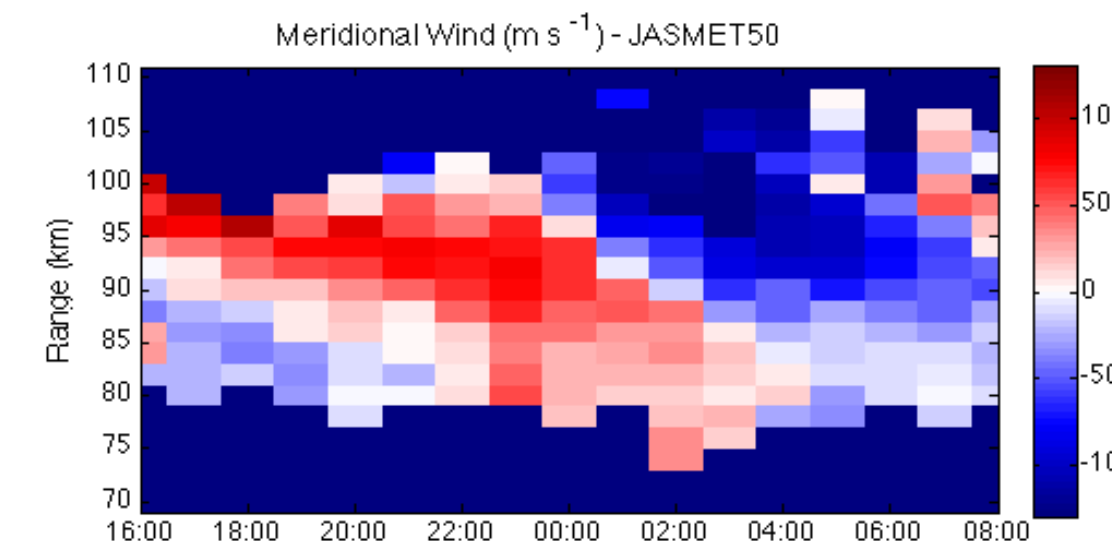
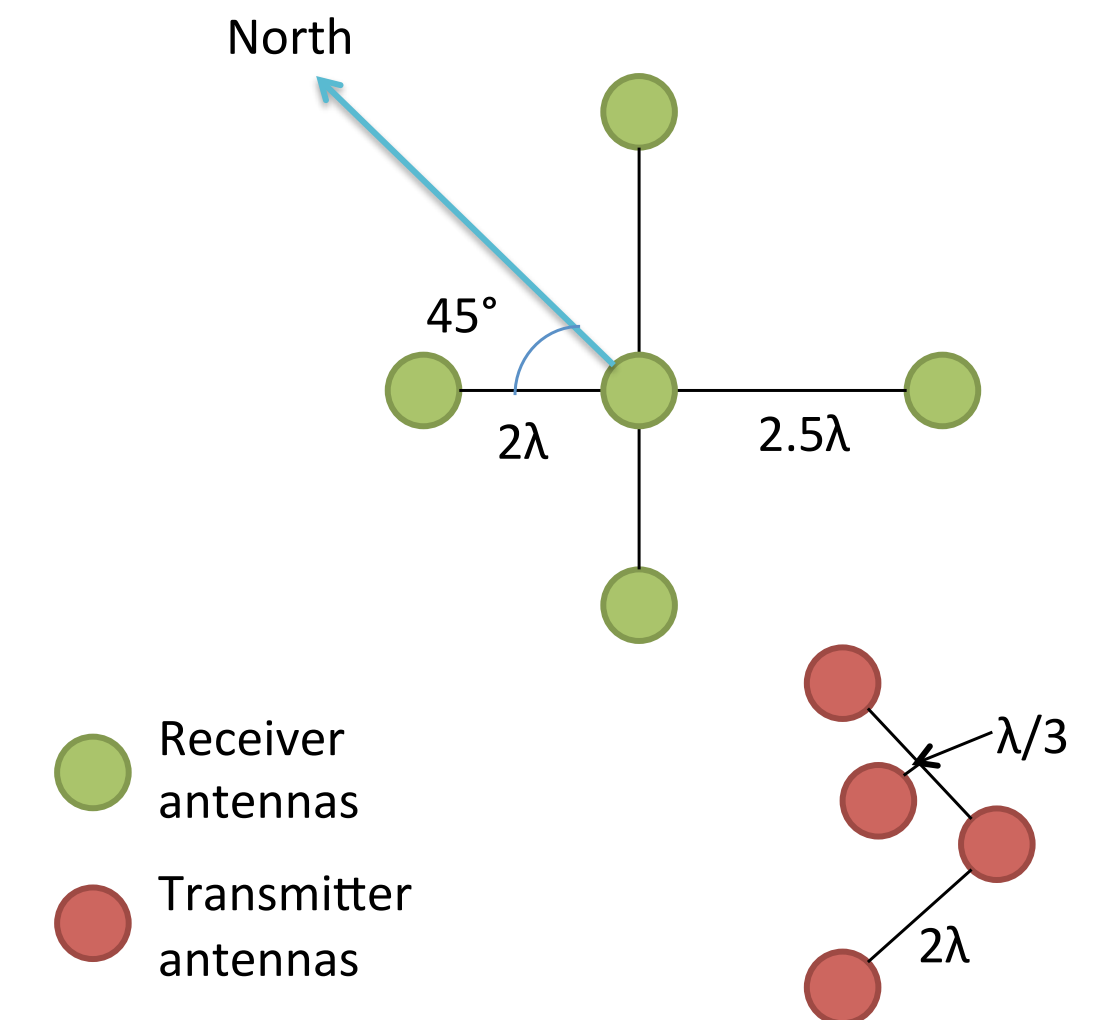
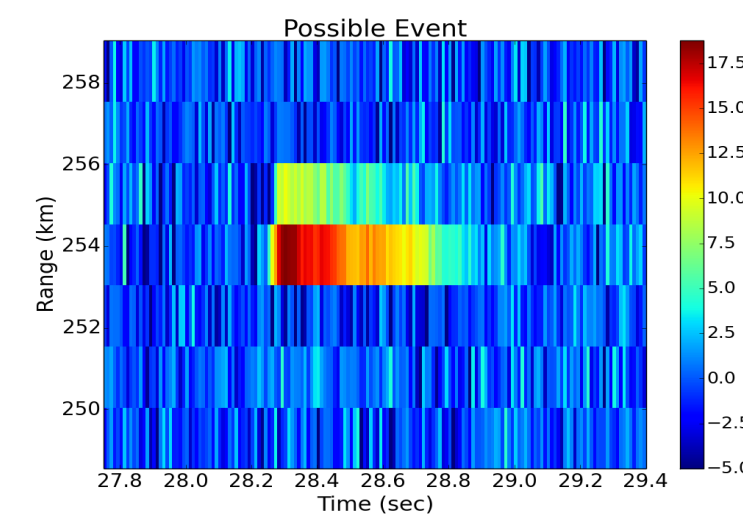
# Variabilidad diaria de los ecos de 150 km





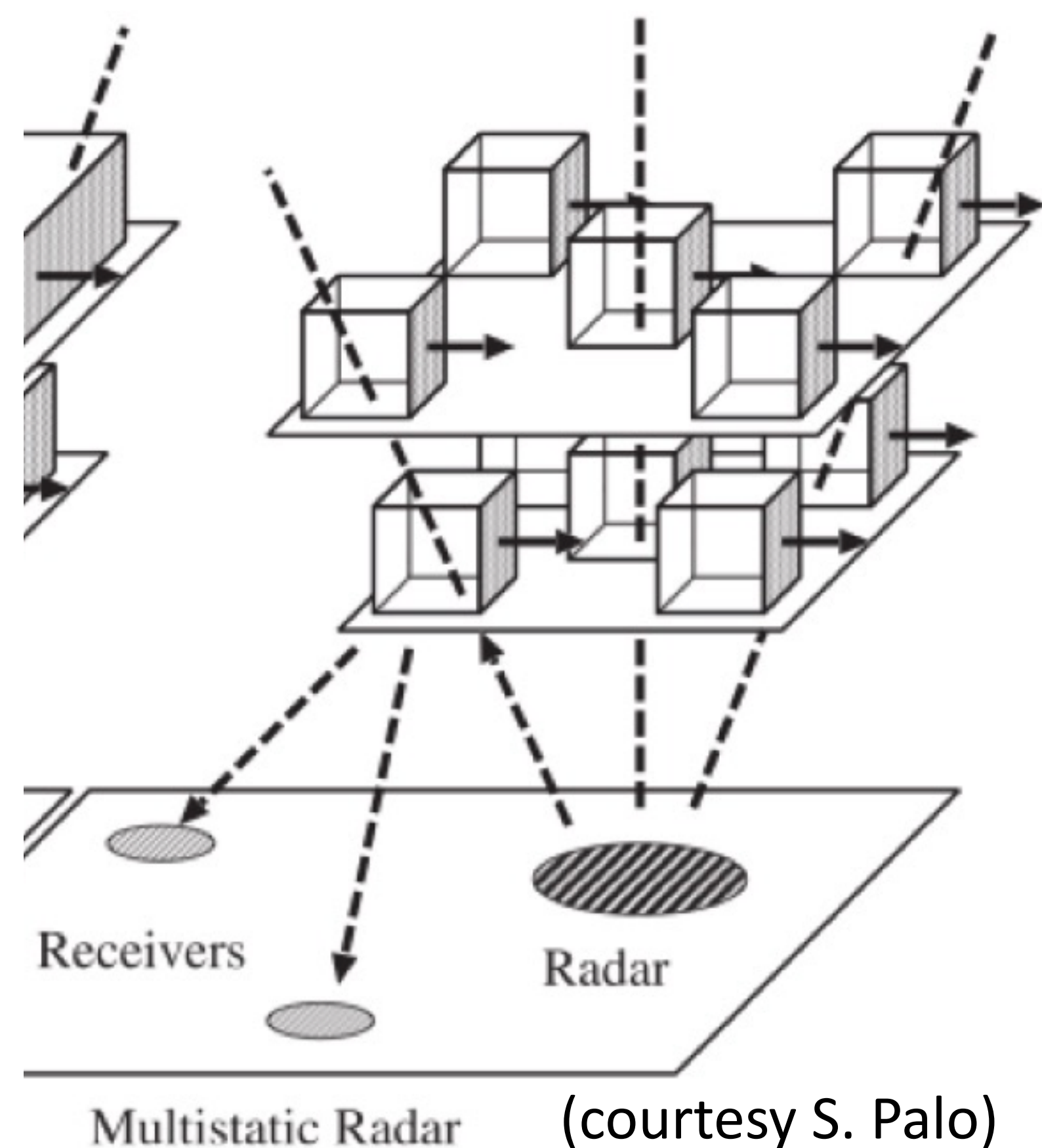
# Radares de meteoros especulares

- Los meteoroides generan una columna de plasma cuando colisionan con las moléculas atmosféricas. Estas columnas pueden reflejar ondas de radio.
- Condición de especularidad: Los meteoros con trayectoria perpendicular al beam del radar pueden ser detectados.
- La estela dejada por los meteoros a su paso son usados como trazadores de los vientos en la región MLT.
- El desplazamiento Doppler medido por el radar es usado para estimar vientos en las direcciones zonal, meridional y vertical.

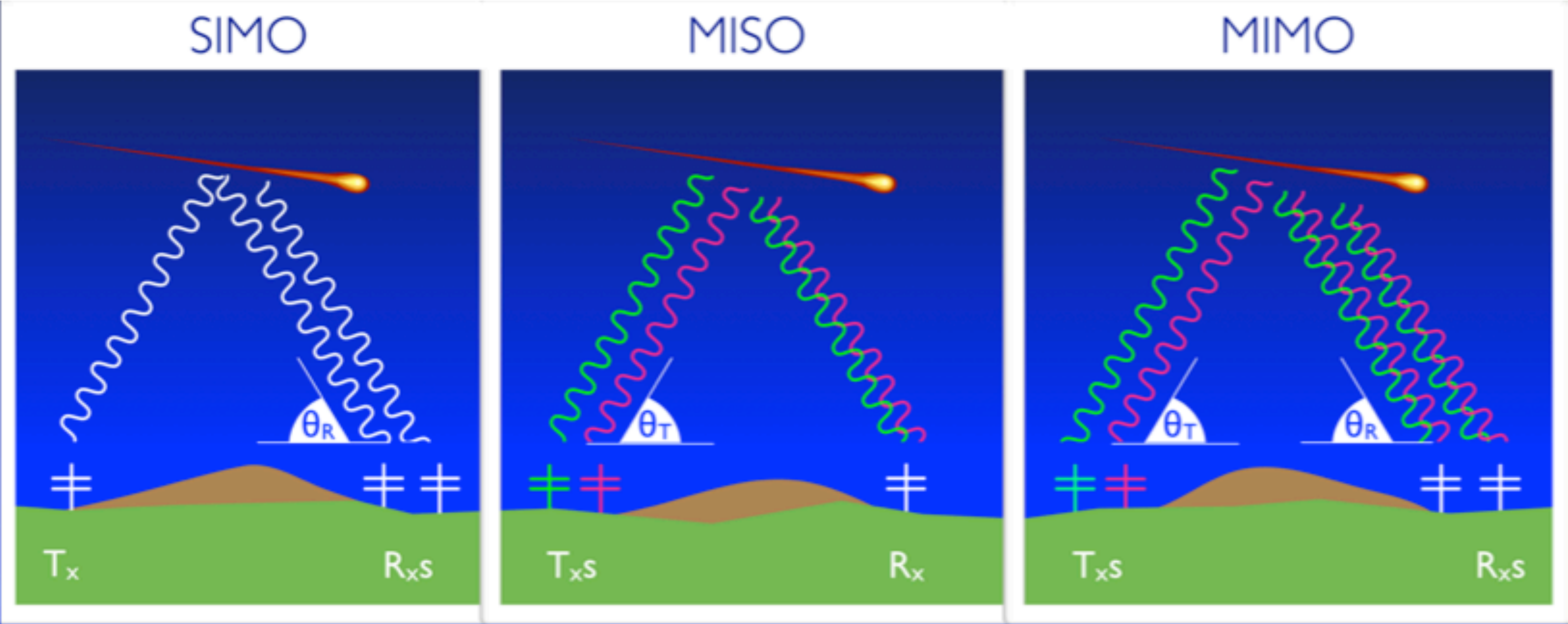




# Radares multi-estáticos de meteoros especulares



**SIMONe:** Spread Spectrum Interferometric Multistatic meteor radar Observing Network



CONDOR (30°S)  
MMARIA-SAAMER (54°S)

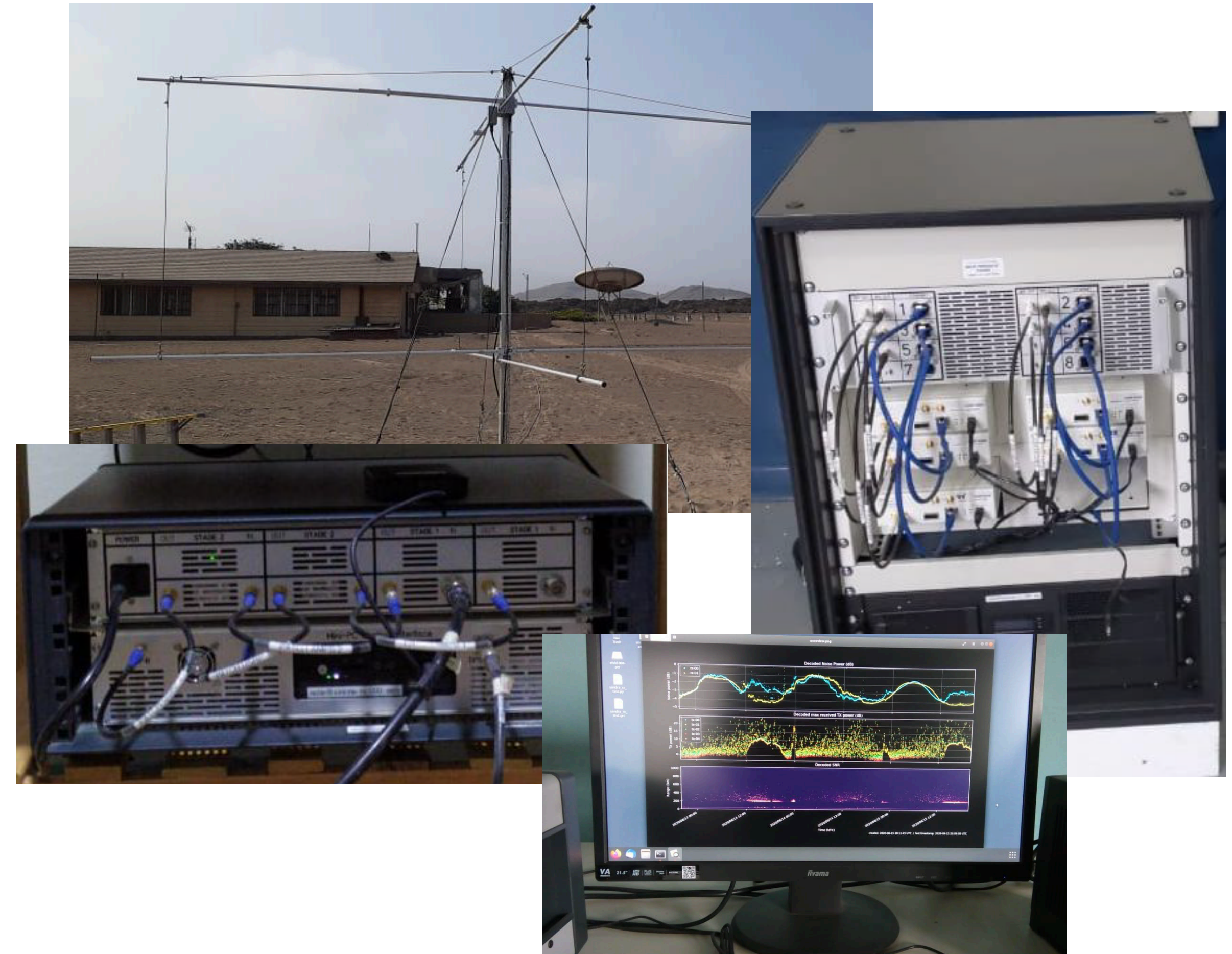
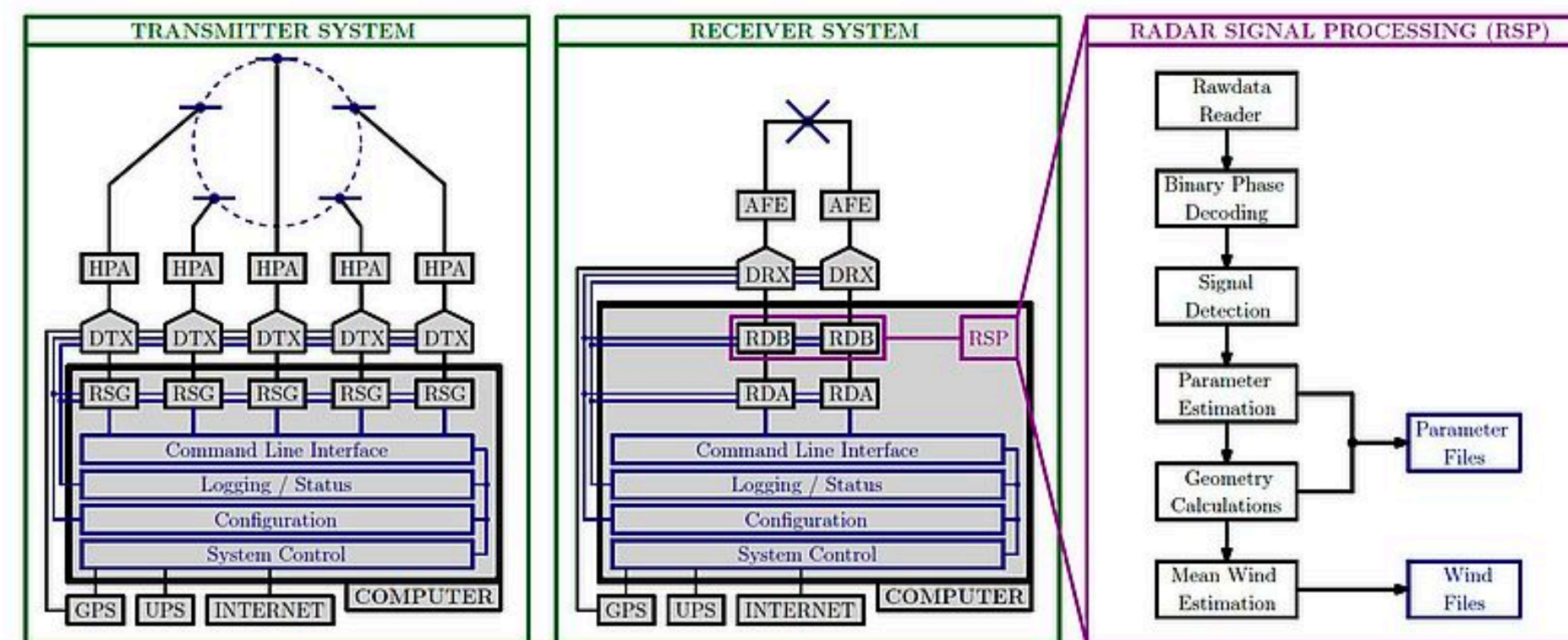
SIMONe-Piura (5°S)  
SIMONe Jicamarca (12°S)  
SIMONe Argentina (49°S)

(Chau et al., 2019)



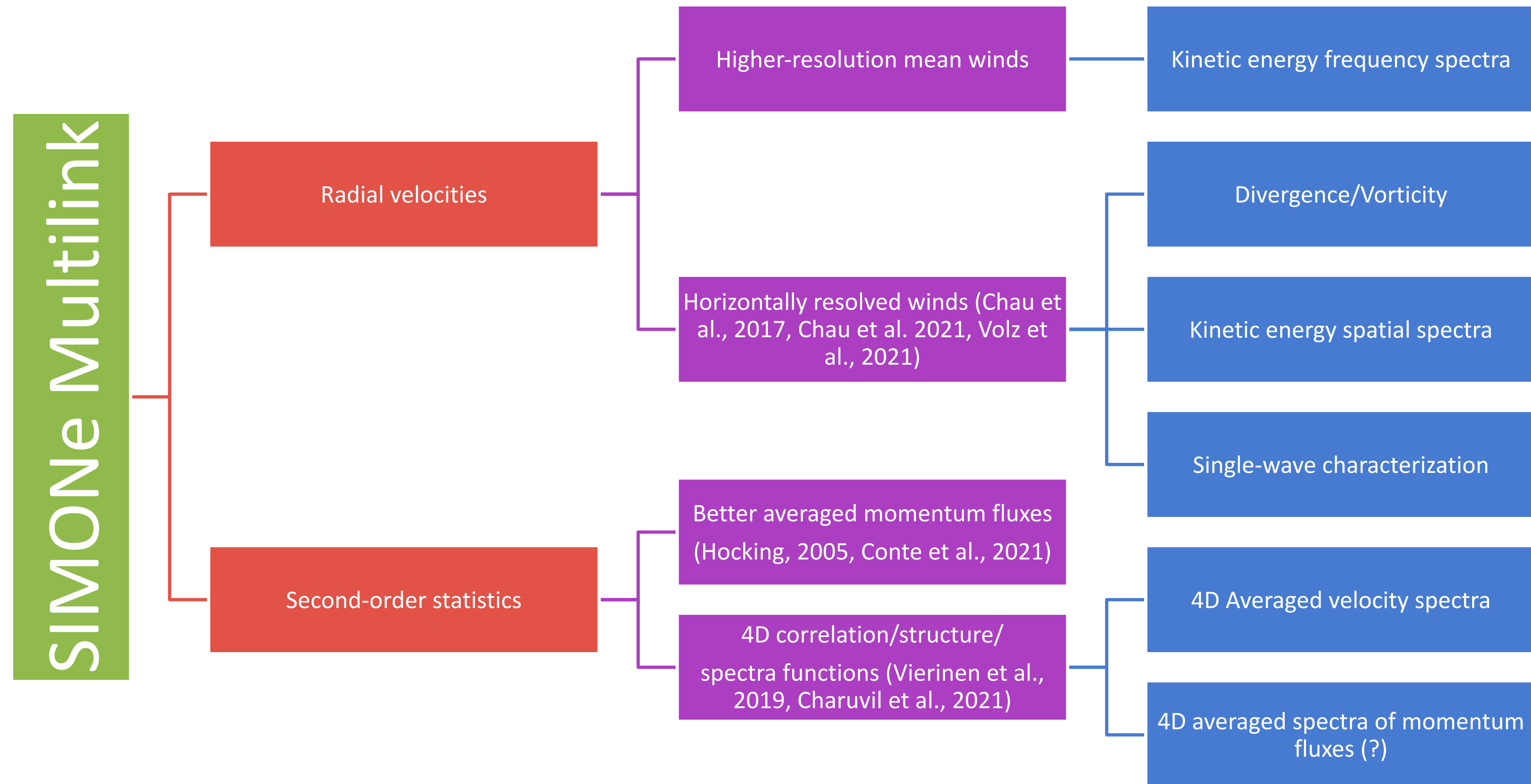
# Características técnicas de SIMONe

- Frecuencia de radar: 32.55 MHz
- Basado en sistemas SDR (USRP2) con sincronización GPS.
- Transmisión:
  - 500 W (onda continua)
  - 5 o 6 antenas polarización simple (diversidad en código)
- Recepción:
  - 5 estaciones distribuidas (antena con doble polarización)
  - Ancho de banda receptor: 100 kHz
  - Técnica de Compressed Sensing para detección de meteoros.



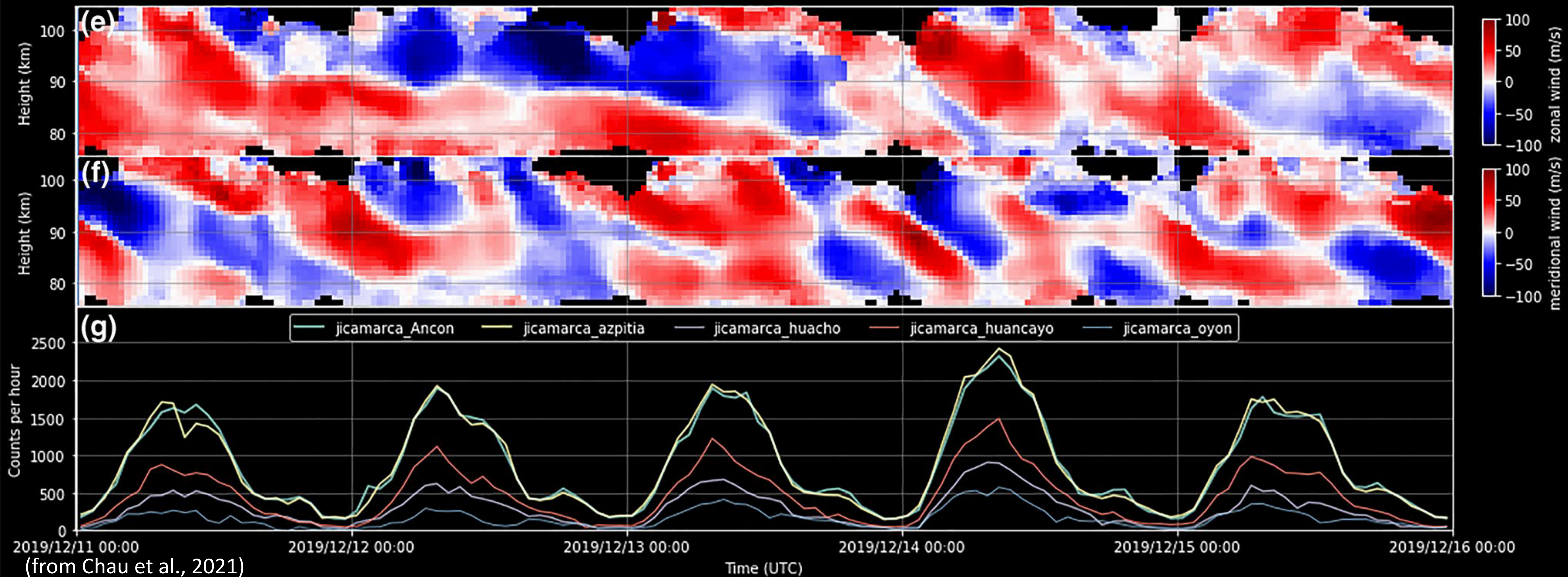
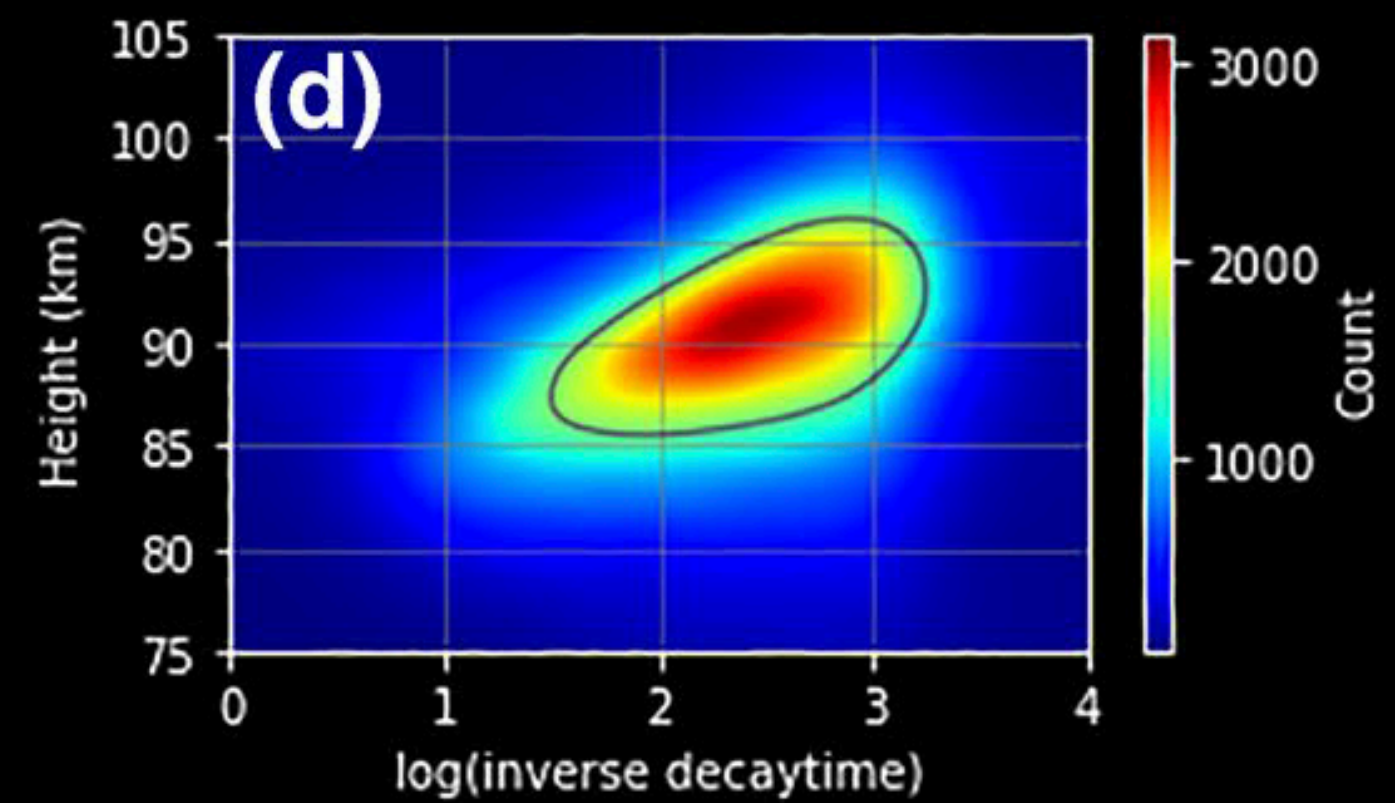
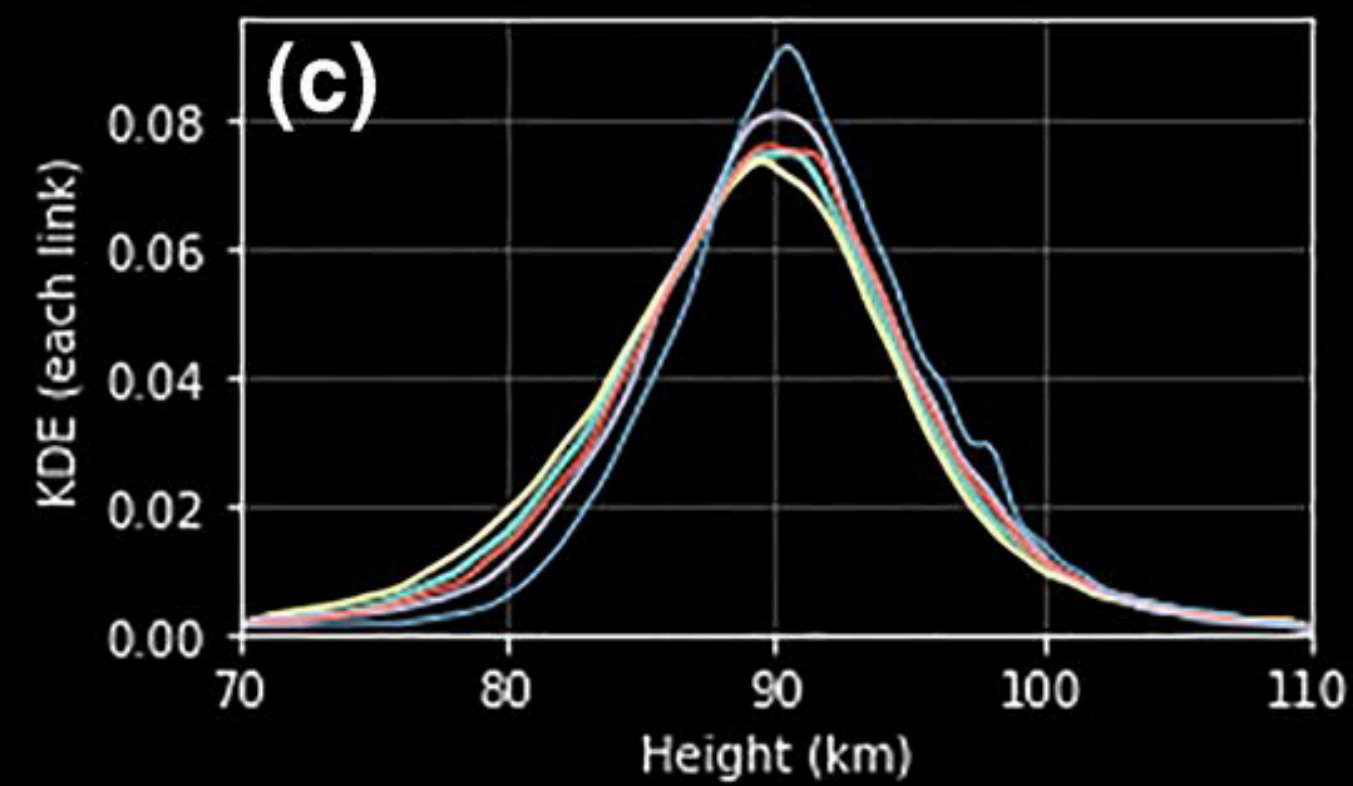
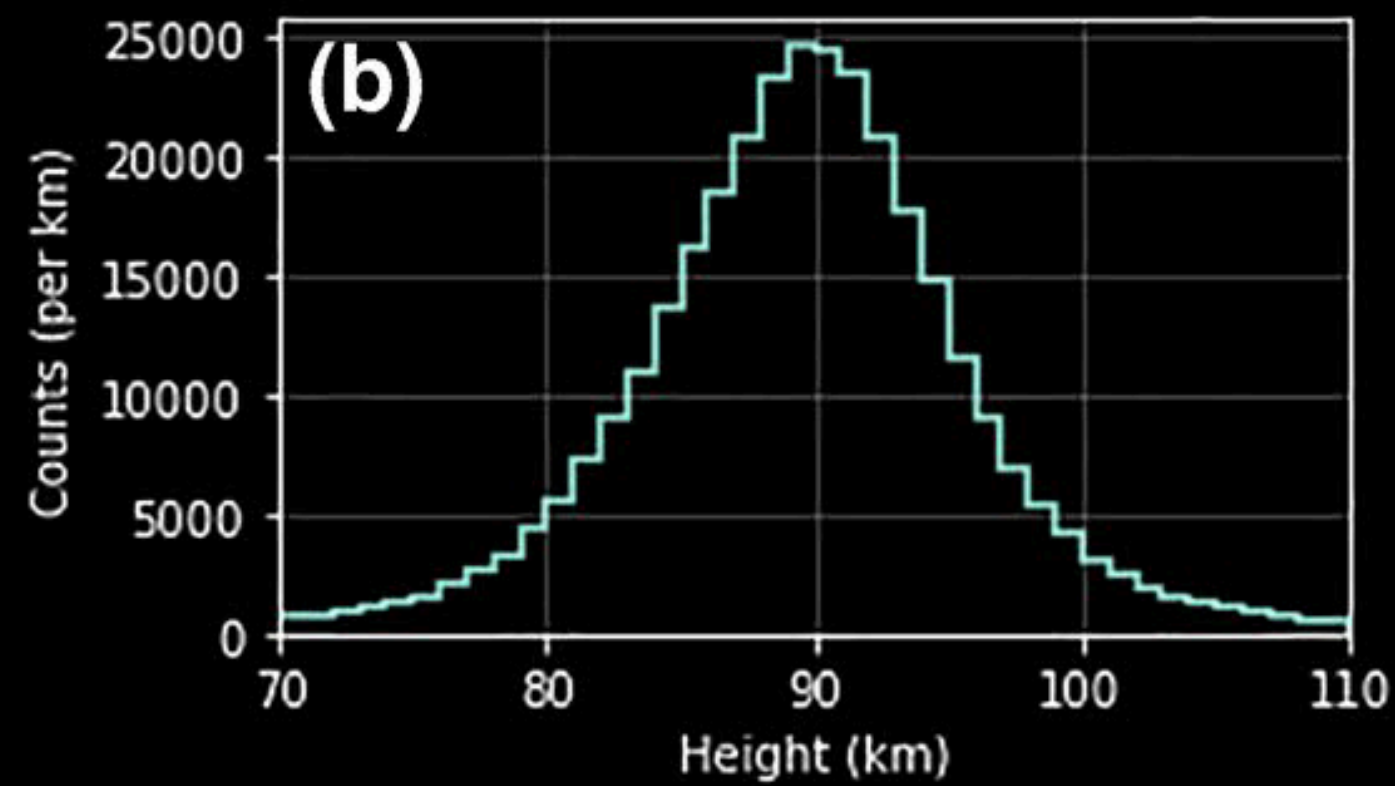
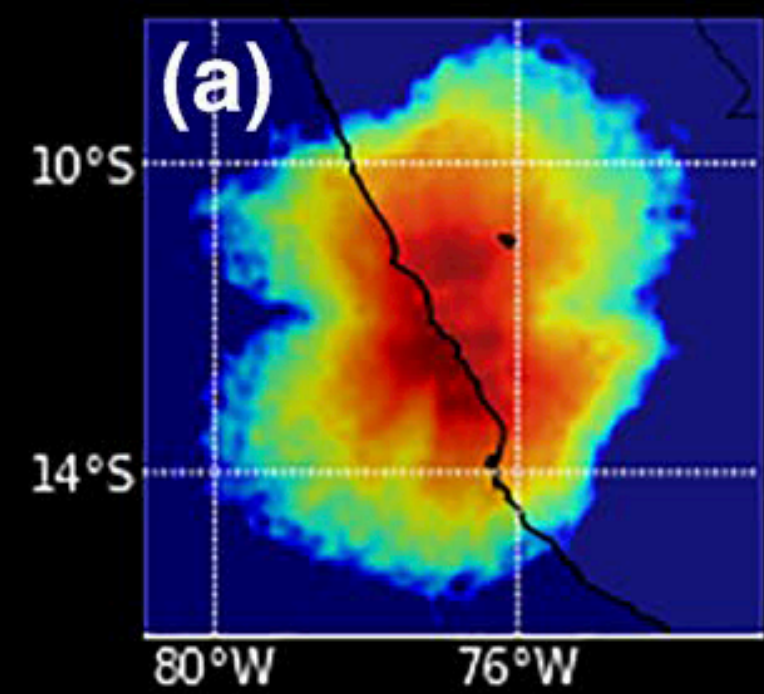


# ¿Qué podemos hacer con SIMONe en el Peru?





# mmaria\_multilink\_simone-peru 2019\_12



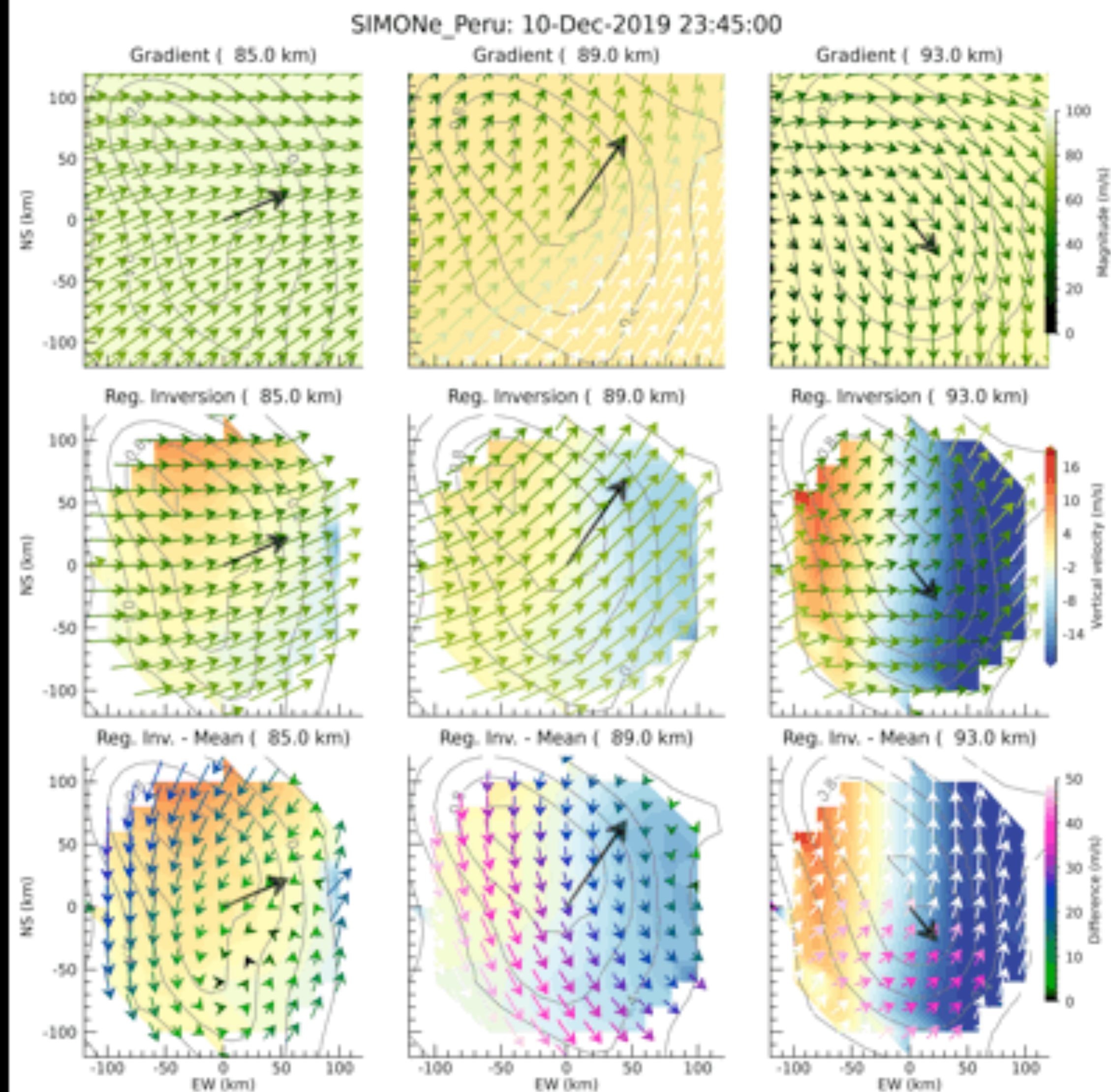
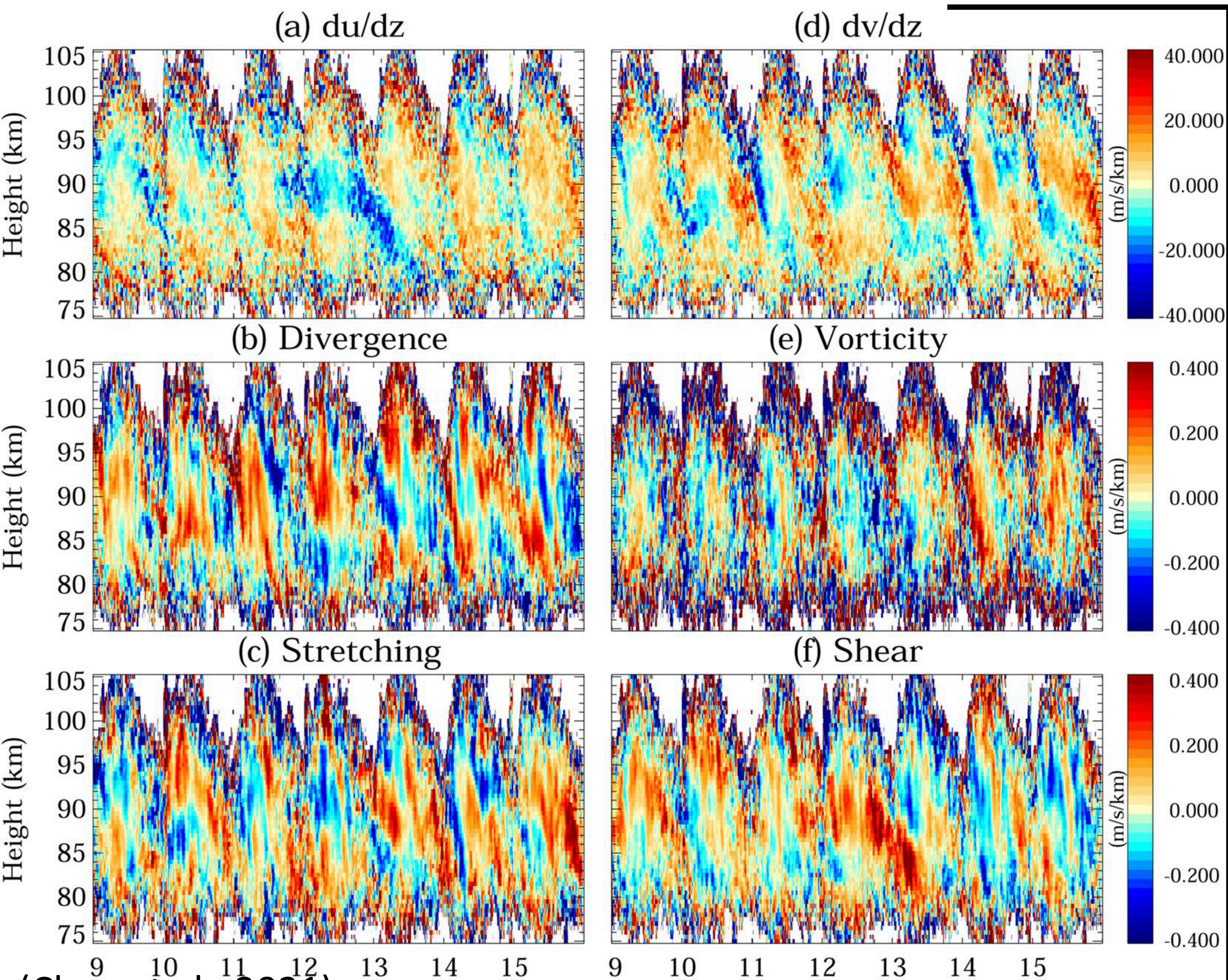
(from Chau et al., 2021)



# MLT (10s-100s km): Estadísticas de primer orden

Derived MLT parameters from gradient method

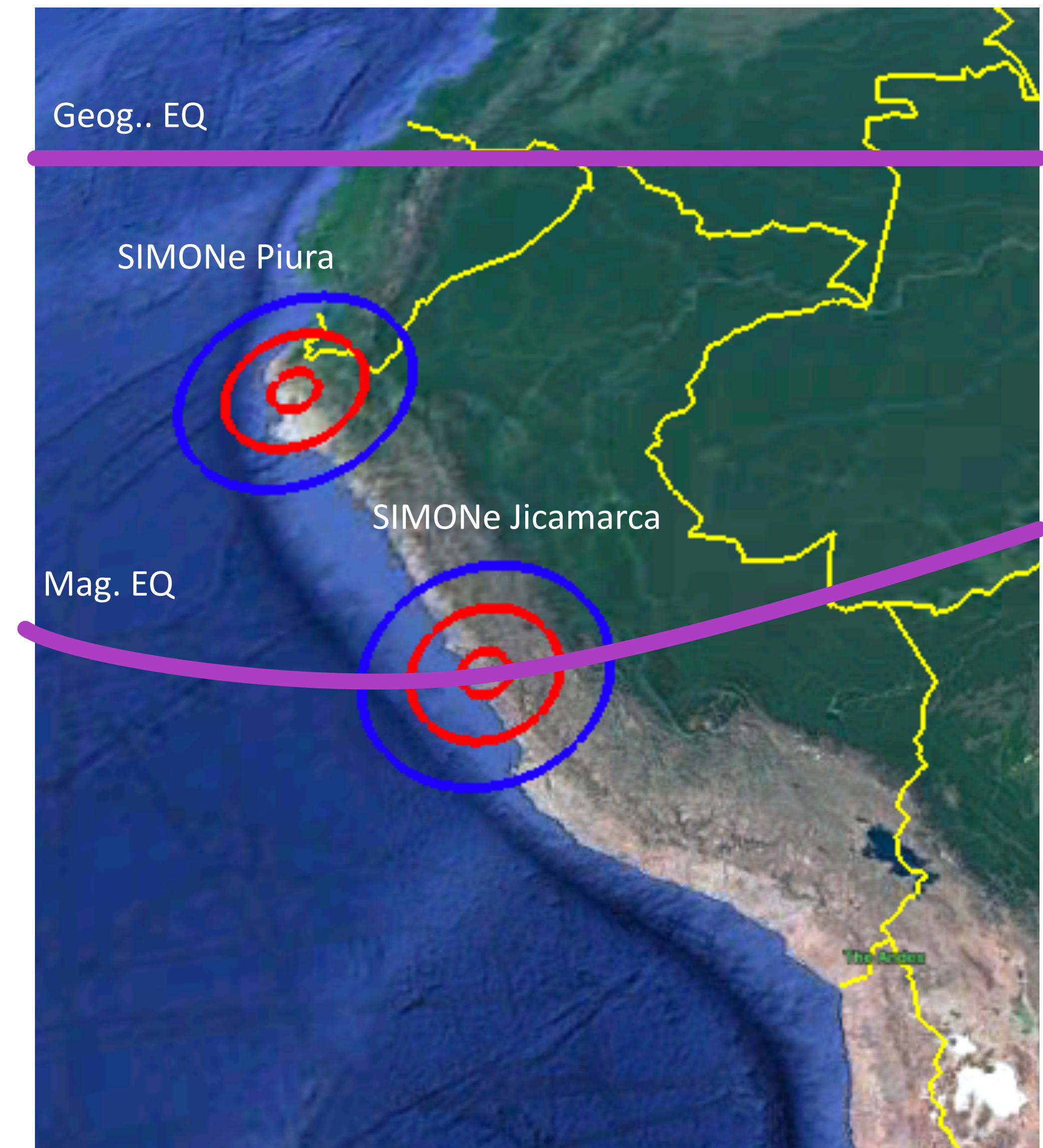
Derived MLT wind fields





# SIMONe Peru

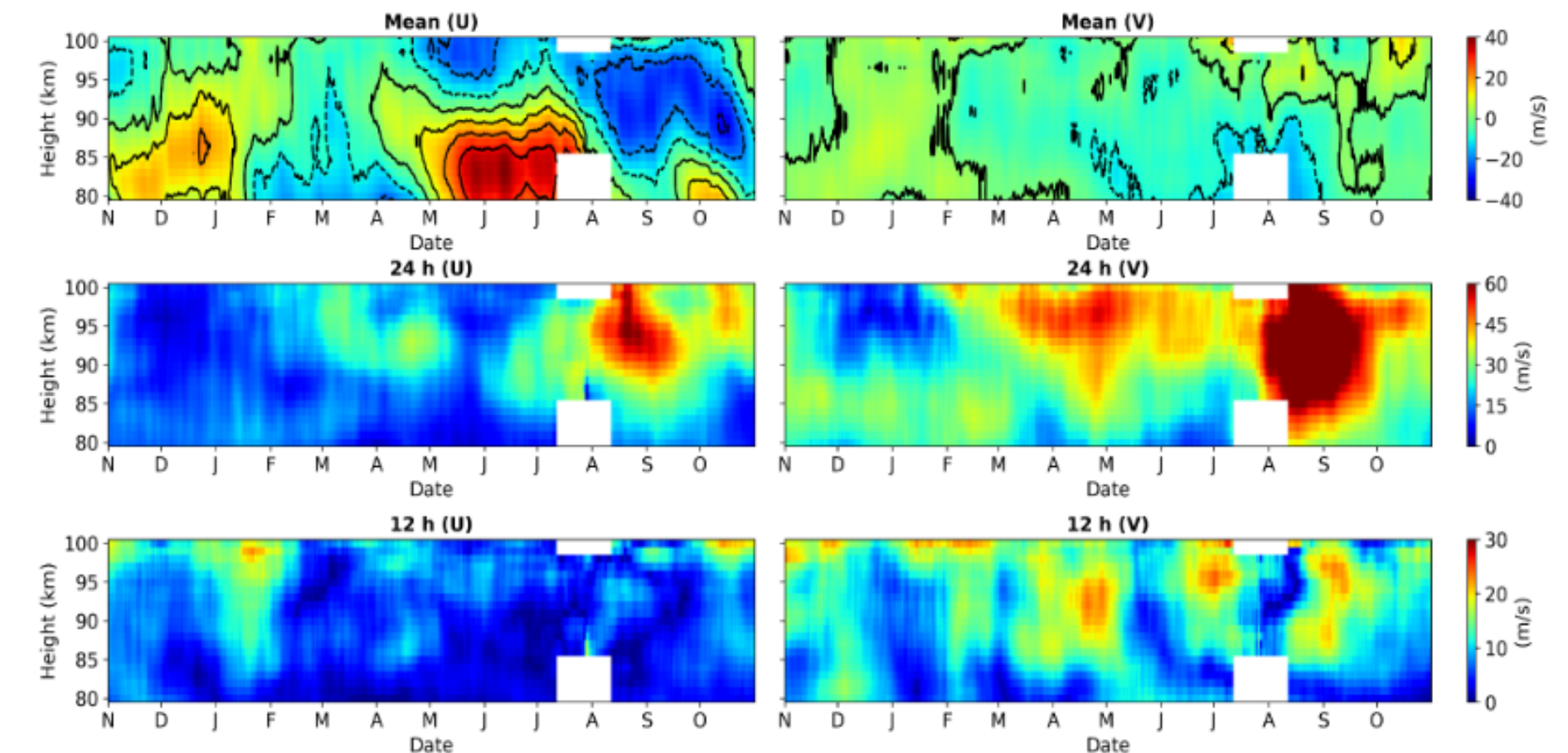
- Dos sistemas instalados en el Perú
  - SIMONe Jicamarca
    - Costa Central
    - Ecuador Magnético
  - SIMONe Piura
    - Costa Norte
    - Punto medio entre el Ecuador magnético y el Ecuador geográfico





# SIMONe Jicamarca & Piura

- SIMONe Jicamarca
  - Operación continua desde Sep 2019.
  - 1 estación TX en Jicamarca, 5 estaciones RX (Ancón, Azpitia, Huancayo, Sta. Rosa, Pachacamac)
  - Estudio de la climatología de los vientos MLT en desarrollo.



Mean MLT winds, 24-hour and 12-hour tides above central coast of Peru.

- SIMONe Piura
  - La instalación se inició en Junio del 2021.
  - 1 estación TX en la UDEP
  - 5 estaciones RX alterador de Piura.



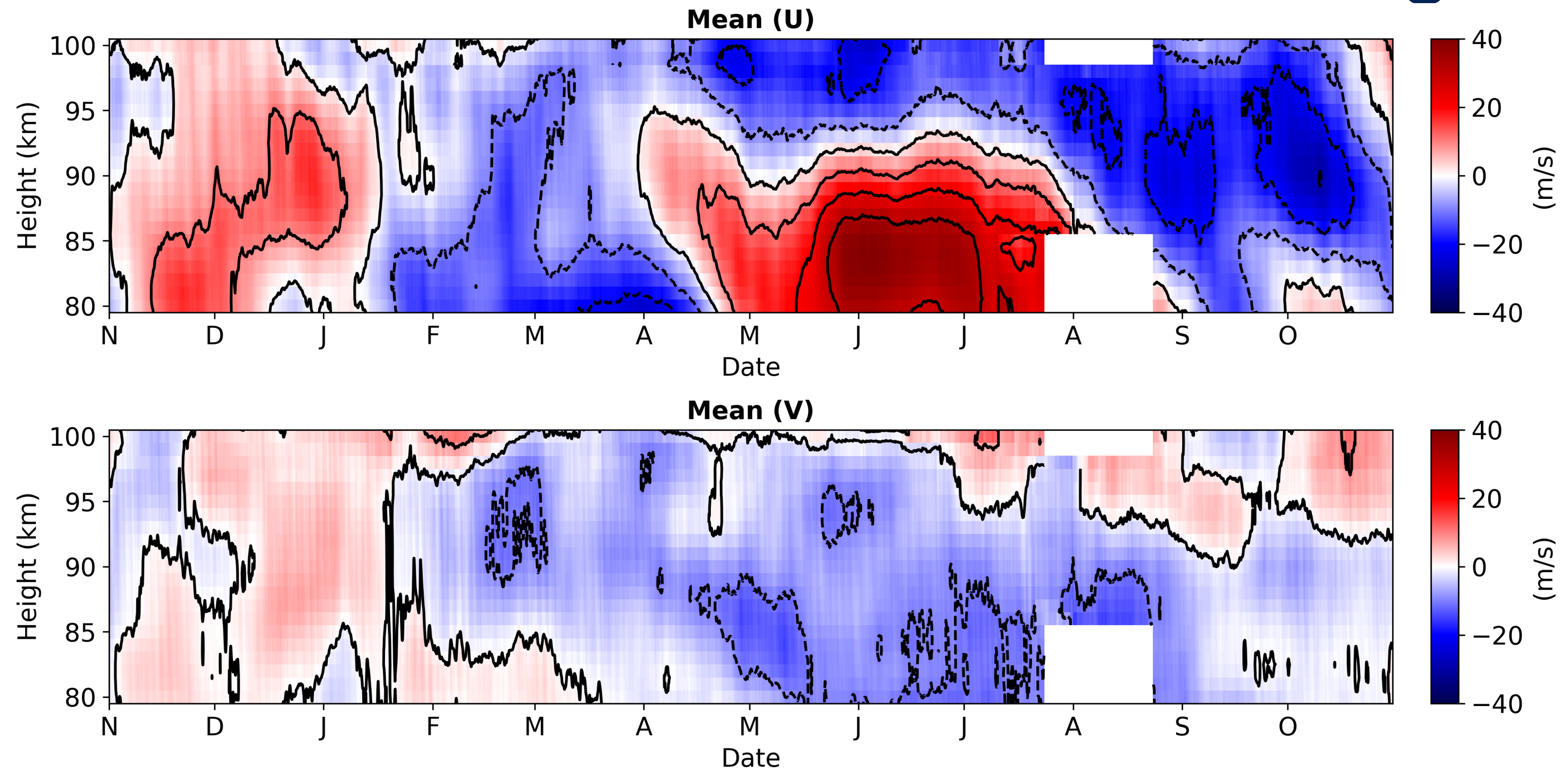








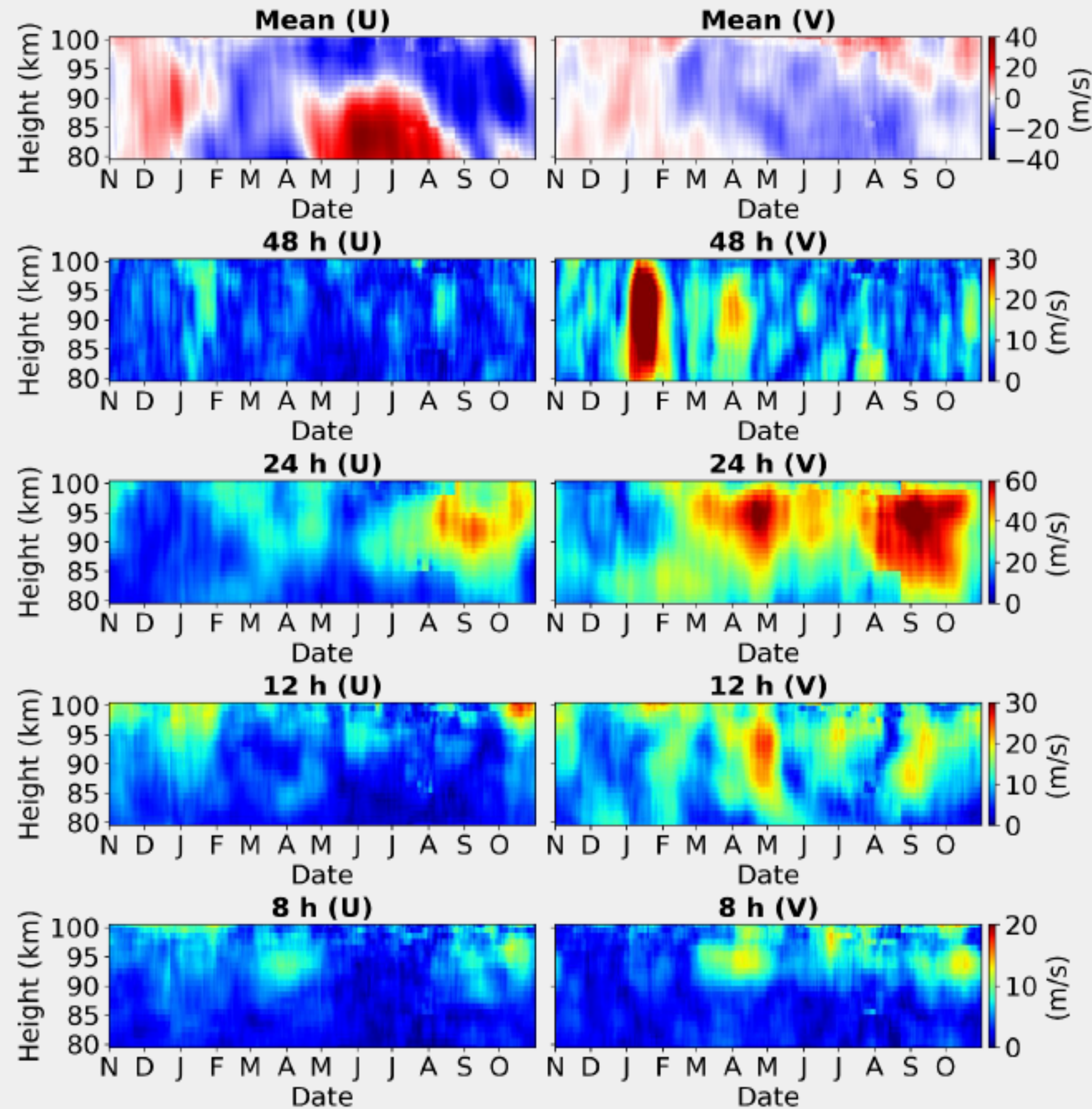
# Vientos MLT Jicamarca: Ecuador Geomagnético



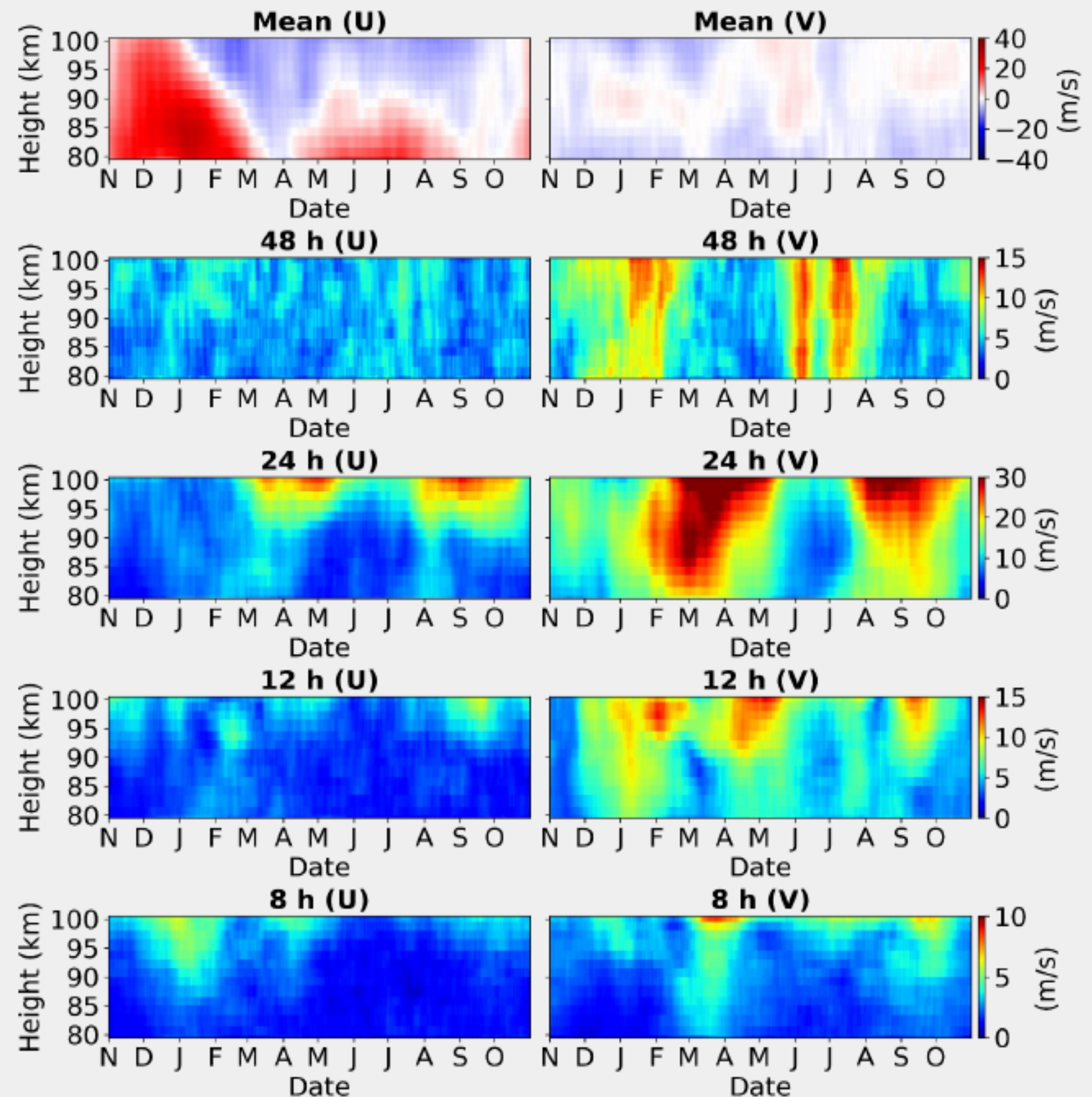


# Dinámica MLT Jicamarca: SIMONe vs. WACCM-X

**SIMONe radar**

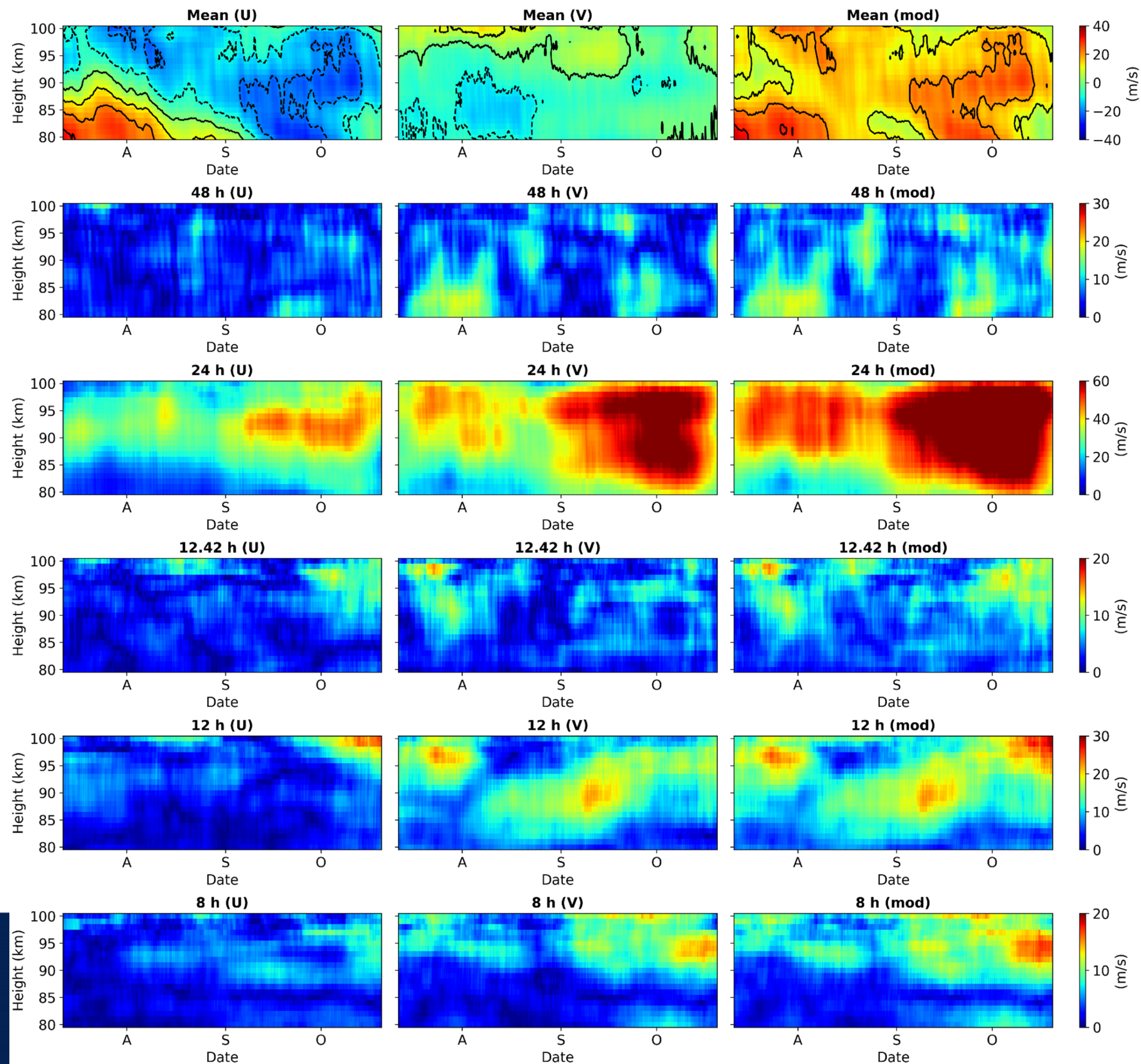


**WACCM-X model**



(J. Suclupe, MSc. Thesis, 2022)

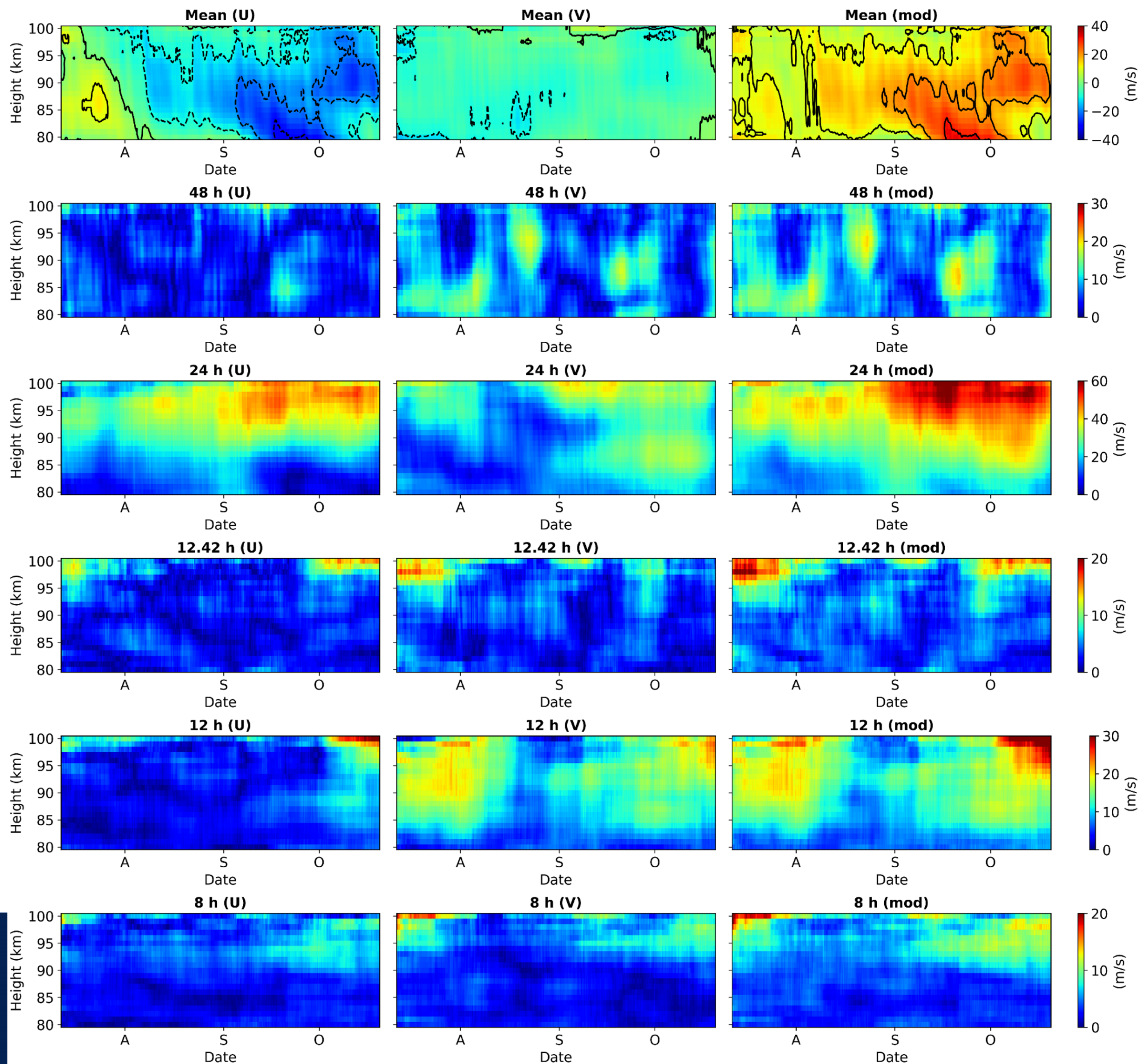




# Jicamarca vs. Piura (Aug-Oct 2021)

SIMONe Jicamarca (12°S)  
Vientos medios, Q2DW y mareas de  
24, 12 y 8 horas.





# Jicamarca vs. Piura (Aug-Oct 2021)

SIMONe Piura (5°S)

Vientos medios, Q2DW y mareas de  
24, 12 y 8 horas.

Comparando con Jicamarca:

- La marea diurna en Piura es más fuerte en la componente zonal y tiene su pico a mayor altura.
- La marea total de 24 horas es más débil en Piura.
- Las ondas Q2DW son comparables en ambas estaciones.
- La marea de 8 horas es más débil en Piura.



# Resumen

- SIMONe Peru complementa las capacidades del Radio Observatorio de Jicamarca para el estudio del valle ionósferico y de la región MLT (mesósfera y baja termósfera).
- La región del valle ionósferico a bajas latitudes muestra variabilidad diaria significativa que probablemente está relacionada con la dinámica neutra en la región MLT.
- SIMONe facilita el estudio de la dinámica de la región MLT a escalas en el orden de 10 a 100 km de distancia.
- Los radares SIMONe en Jicamarca y Piura pueden contribuir al entendimiento de los fenómenos en las regiones D, E y del valle de la ionósfera ecuatorial.
- Jicamarca y Piura, estando separados solo 7 grados de latitud, muestran diferencias significativas en la dinámica de la mesósfera y baja termósfera sobre estos lugares.
- Trabajos en desarrollo:
  - Estudio de climatología de los vientos MLT sobre Jicamarca y Piura.
  - Estudio de pronóstico de los vientos en la región MLT aplicando técnicas de aprendizaje automático.