

CLIMATOLOGÍA DE LA DINÁMICA DE ESCALA PLANETARIA en la región de la Mesósfera y Baja Termósfera sobre la Costa Central de Perú

J. Suclupe¹, J. L. Chau¹, J. F. Conte¹, M. Milla², K. Kuyeng³,
D. Scipion³, Rodolfo Rodriguez⁴

¹ Leibniz Institute of Atmospheric Physics at Rostock University, Kühlungsborn, Germany

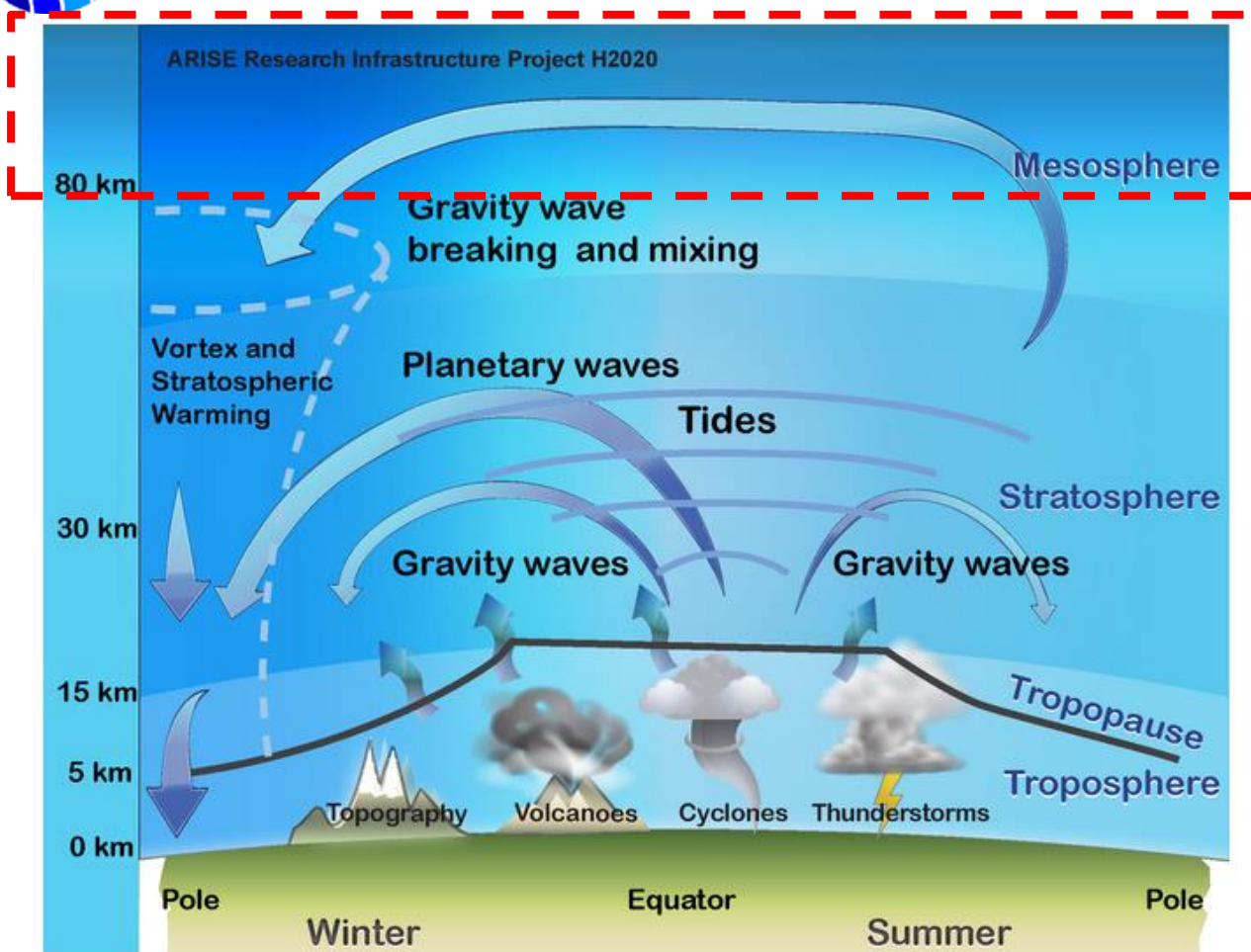
² Pontificia Universidad Católica del Perú, Sección de Electricidad y Electrónica, Lima – Peru

³ Instituto Geofísico del Perú, Radio Observatorio de Jicamarca, Lima, Peru.

⁴ Estación Científica Ramón Mujica, Universidad de Piura, Piura, Peru



Introducción: Región MLT / Mareas y Ondas Planetarias



Mesósfera y Baja Termósfera (MLT)

Región de transición entre nuestra atmósfera y el
geoespacio

Mareas Solares

- Periodos: **24h, 12h, 8h, y subarmónicos**
- Transporte de momento y energía (ascendente)
- **Migrante** (Sun-synchronous) o **no migrante** (not Sun-synchronous)

Ondas Planetarias

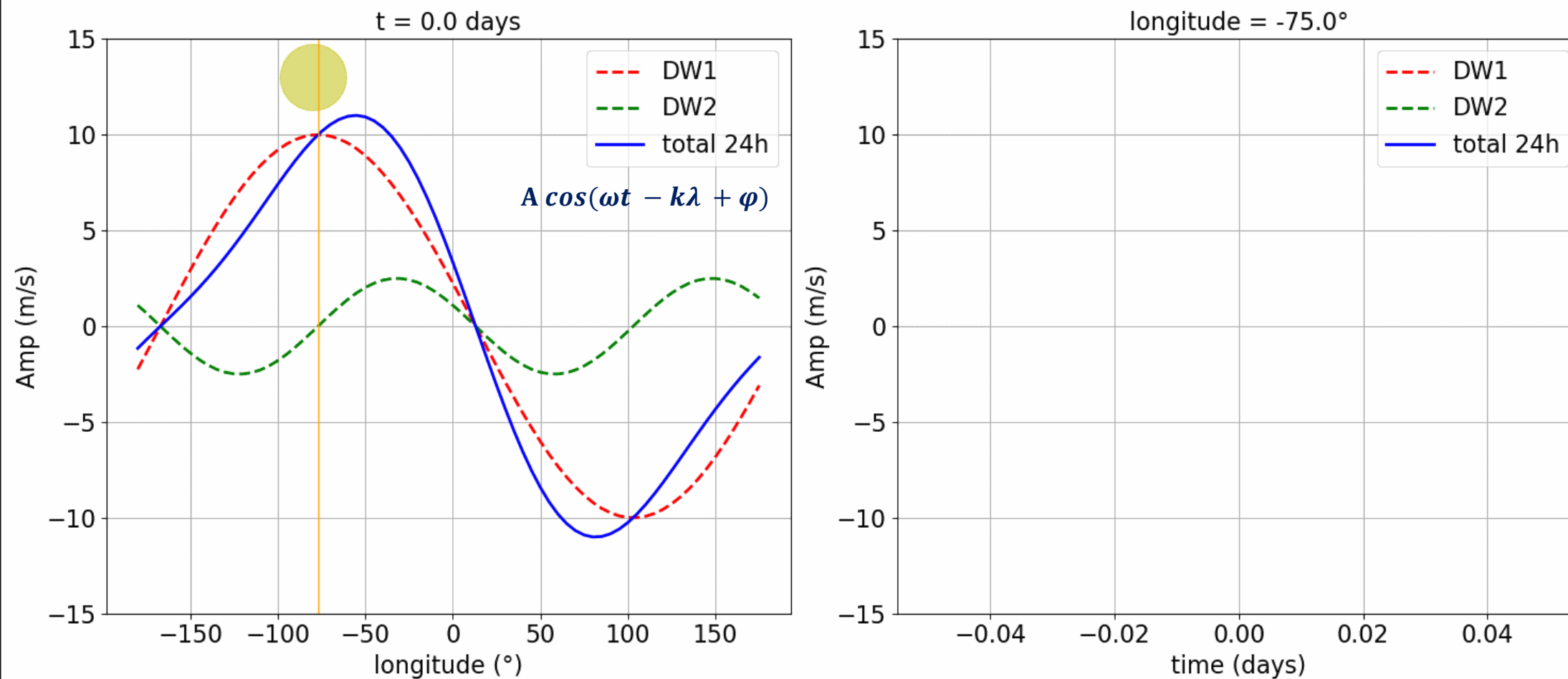
- Periodos: **2-30 días**
- **E.g.** Q2DW (T = 2 días) alcanza grandes amplitudes en la región MLT.

Ref: <http://arise-project.eu/atmospheric-dynamics.php>



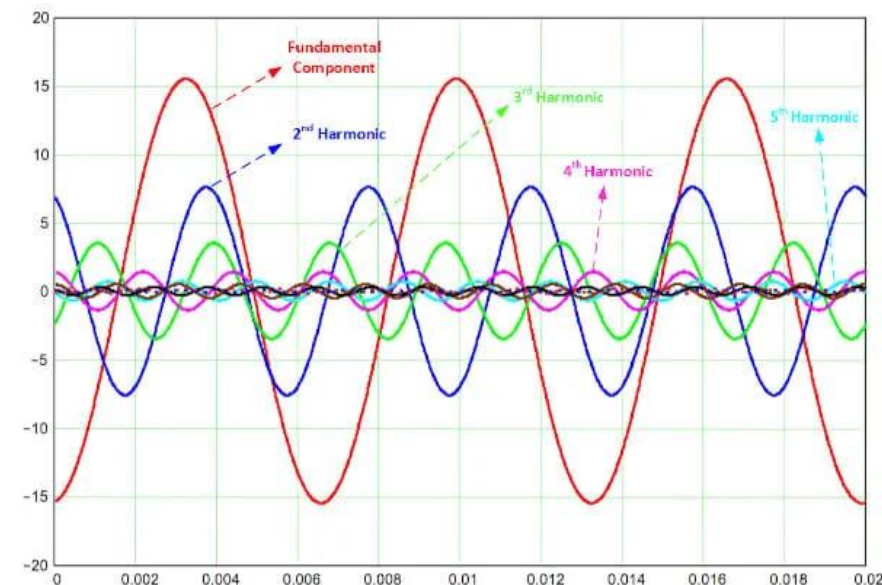
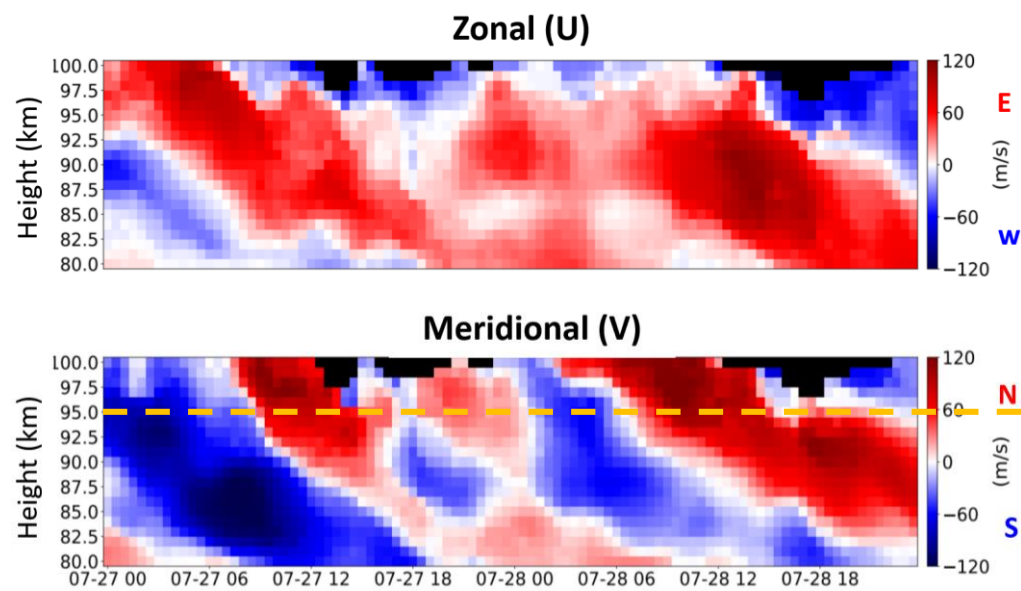
Introducción: Mareas Diurnas Migrante y no migrantes

Simulation DW1 and DW2





Introducción: Mediciones de vientos MLT con un radar



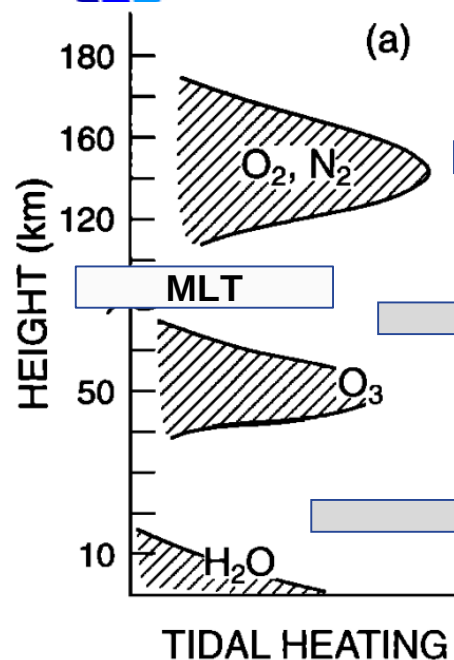
$$x(t_n) = \bar{x} + \sum_{q=1}^M C_q \cos(2\pi f_q t_n - \phi_q)$$

Buscamos descomponer la serie de tiempo en un valor medio y sus M-armónicos dominantes.

Usando un solo radar,
Solo podemos estimar mareas totales.
No podemos separar diferentes números de onda!



Introducción: Forzamiento de las mareas atmosféricas



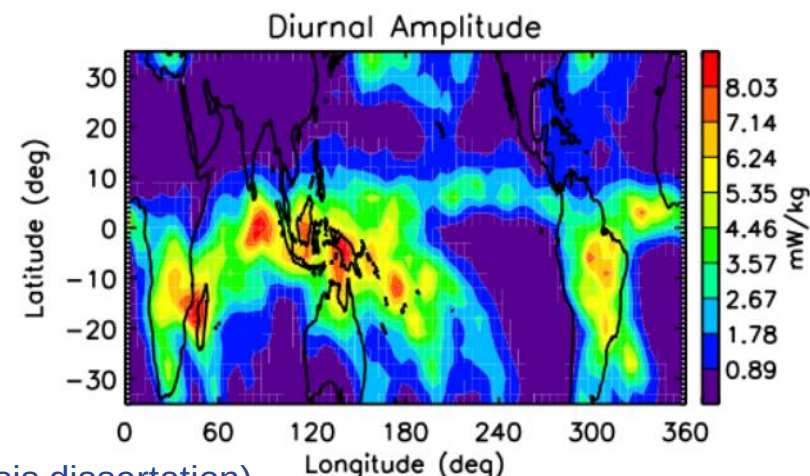
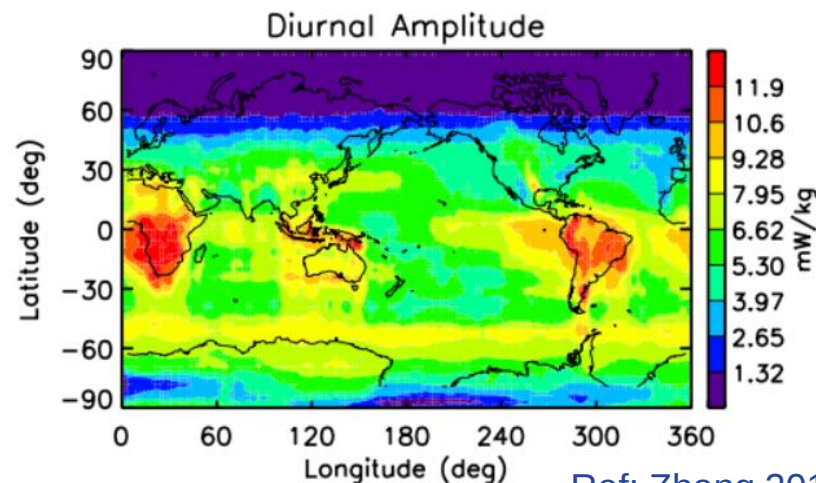
Ref: Forbes 1995

EUV absorption and exothermic thermospheric reactions involving O recombinations
UV radiation absorbed by O₂ in the thermosphere

UV radiation absorbed by O₃ in the stratosphere

Radiative heating: Near IR-red solar radiation absorbed by vapor of H₂O in the troposphere

Latent heating: Release of latent heat by deep tropical convection

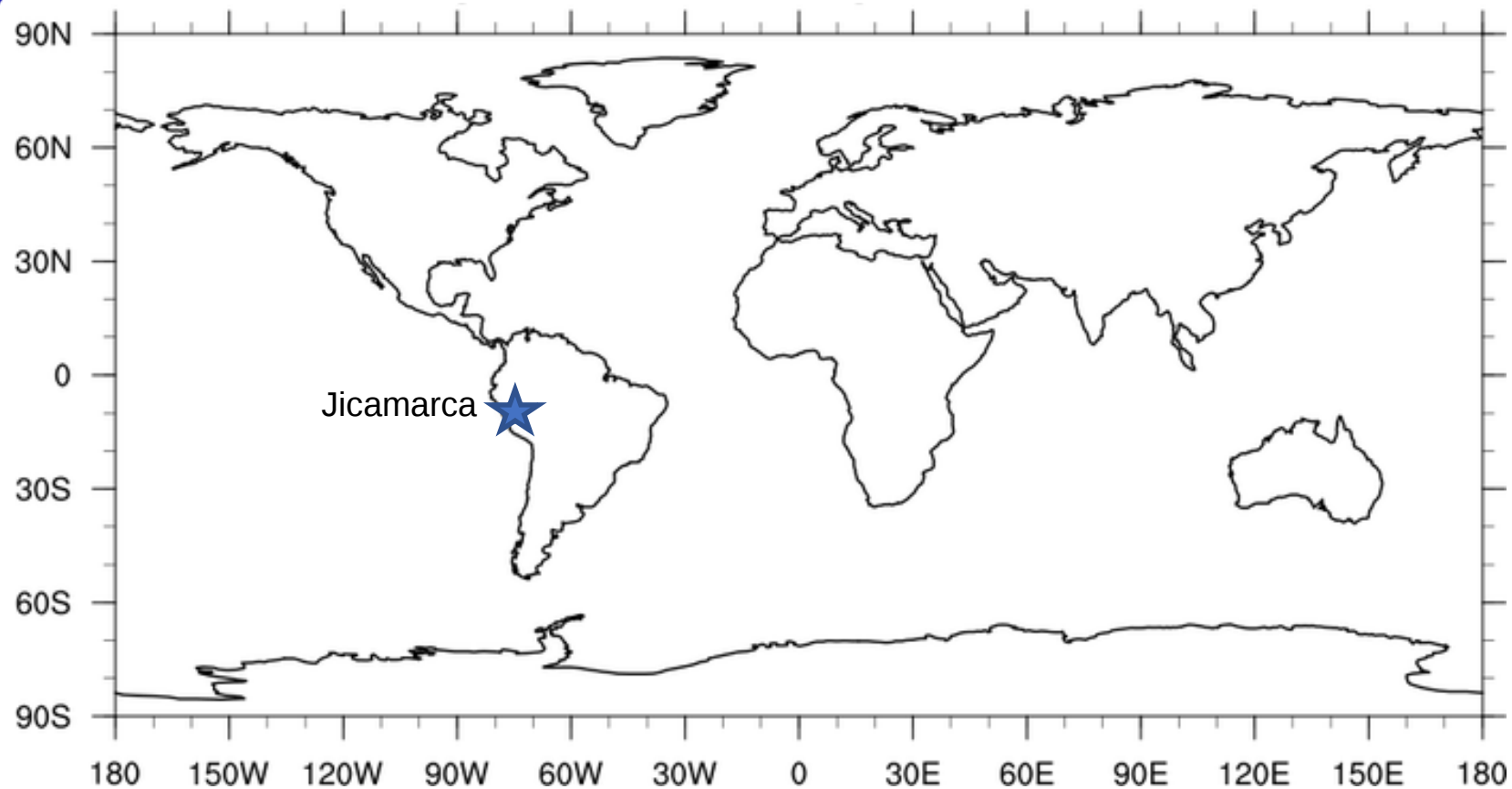


Ref: Zhang 2010 (thesis dissertation)



Climatología MLT sobre Jicamarca (12°S, 77°W)

★ Radar



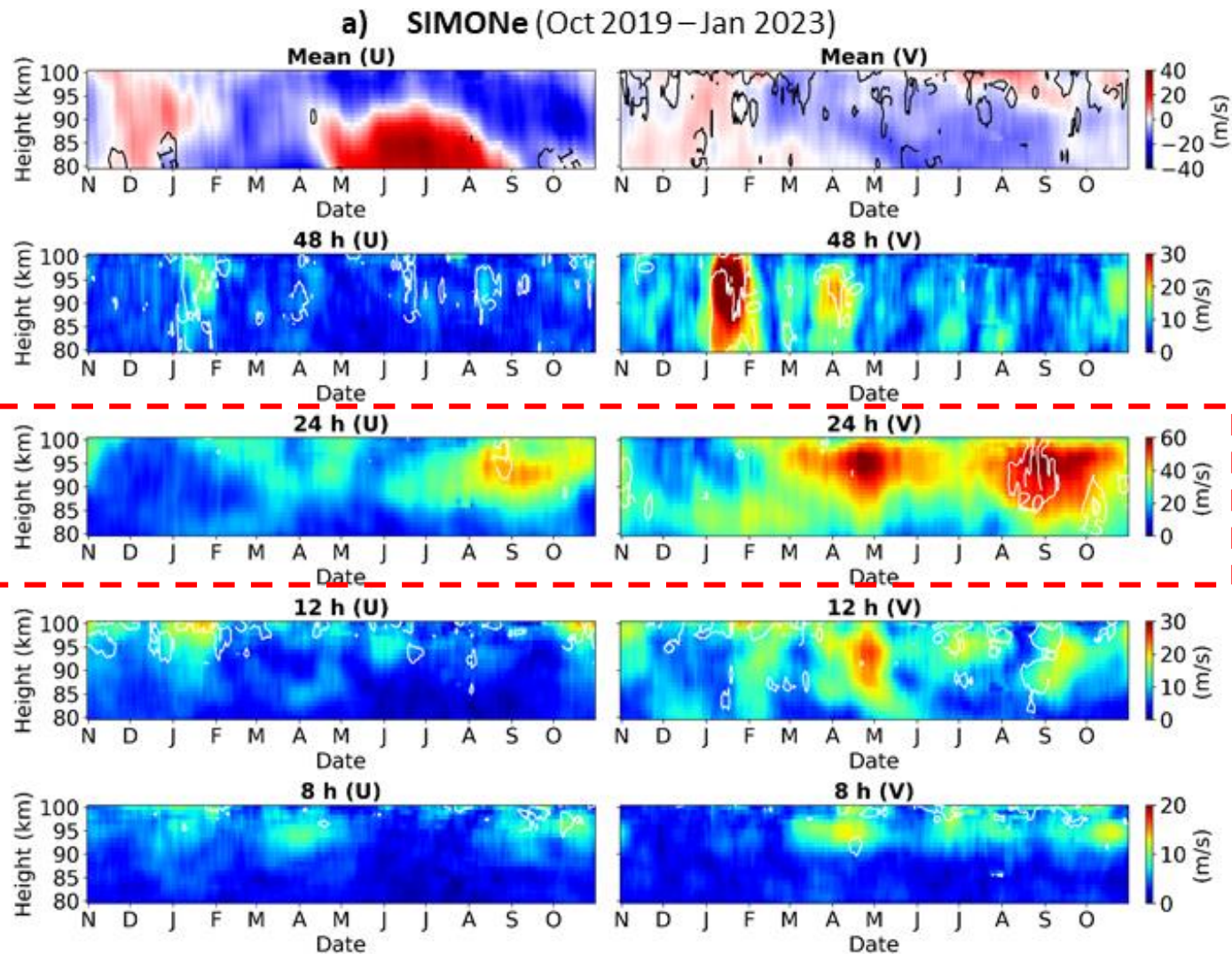
Climatología de
la marea diurna
total



Climatología MLT sobre Jicamarca (12°S, 77°W)

Observaciones

24h (U) solo muestra un máximo prominente en Agosto-Septiembre

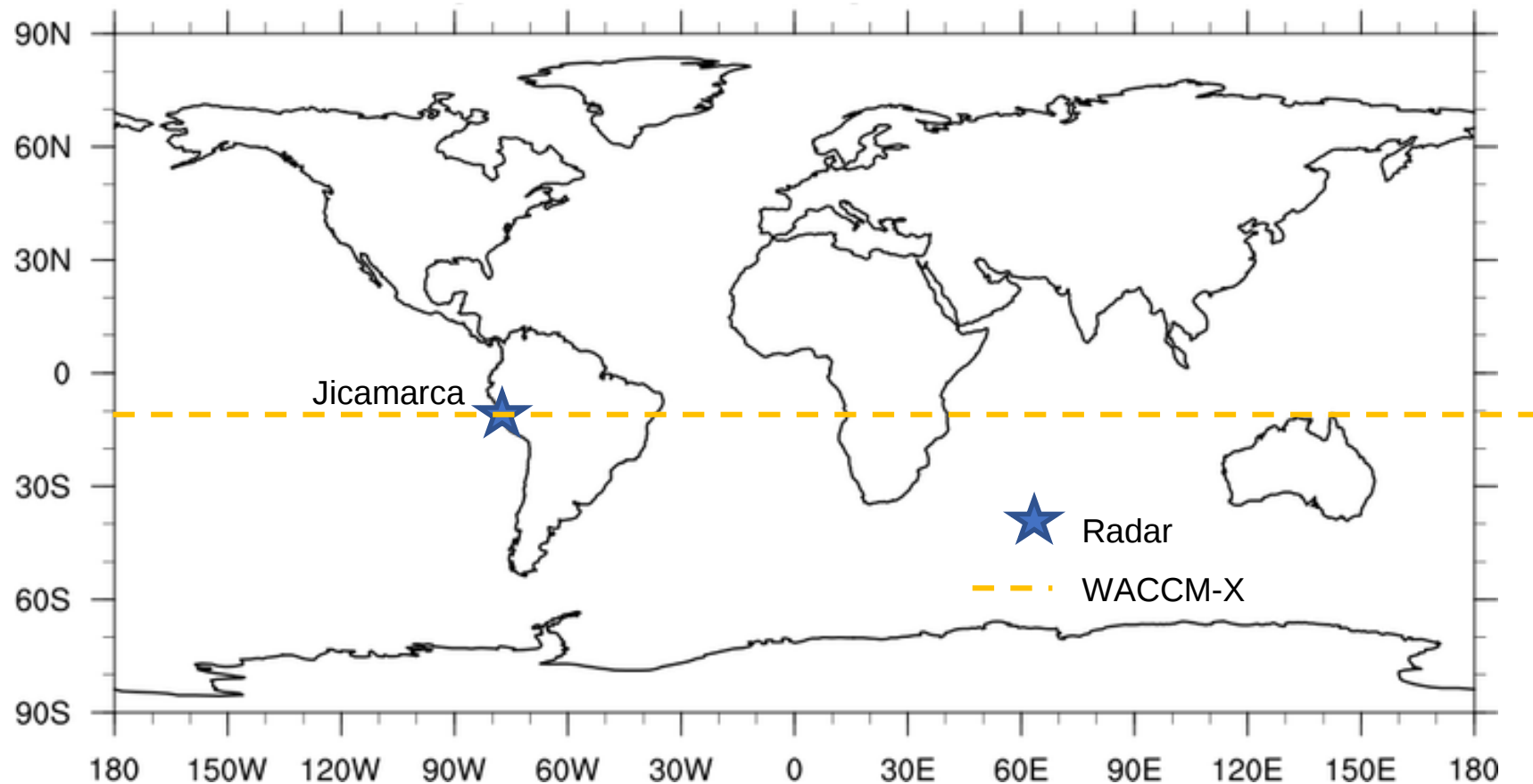


24h (V) exhibe sus máximos desplazados con respecto a los equinoccios (Máximos: Agosto-Septiembre, y Abril-Mayo).

Suclupe et al. (2023)



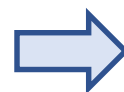
Climatología MLT sobre Jicamarca (12°S, 77°W)



Climatología de
la marea diurna
total



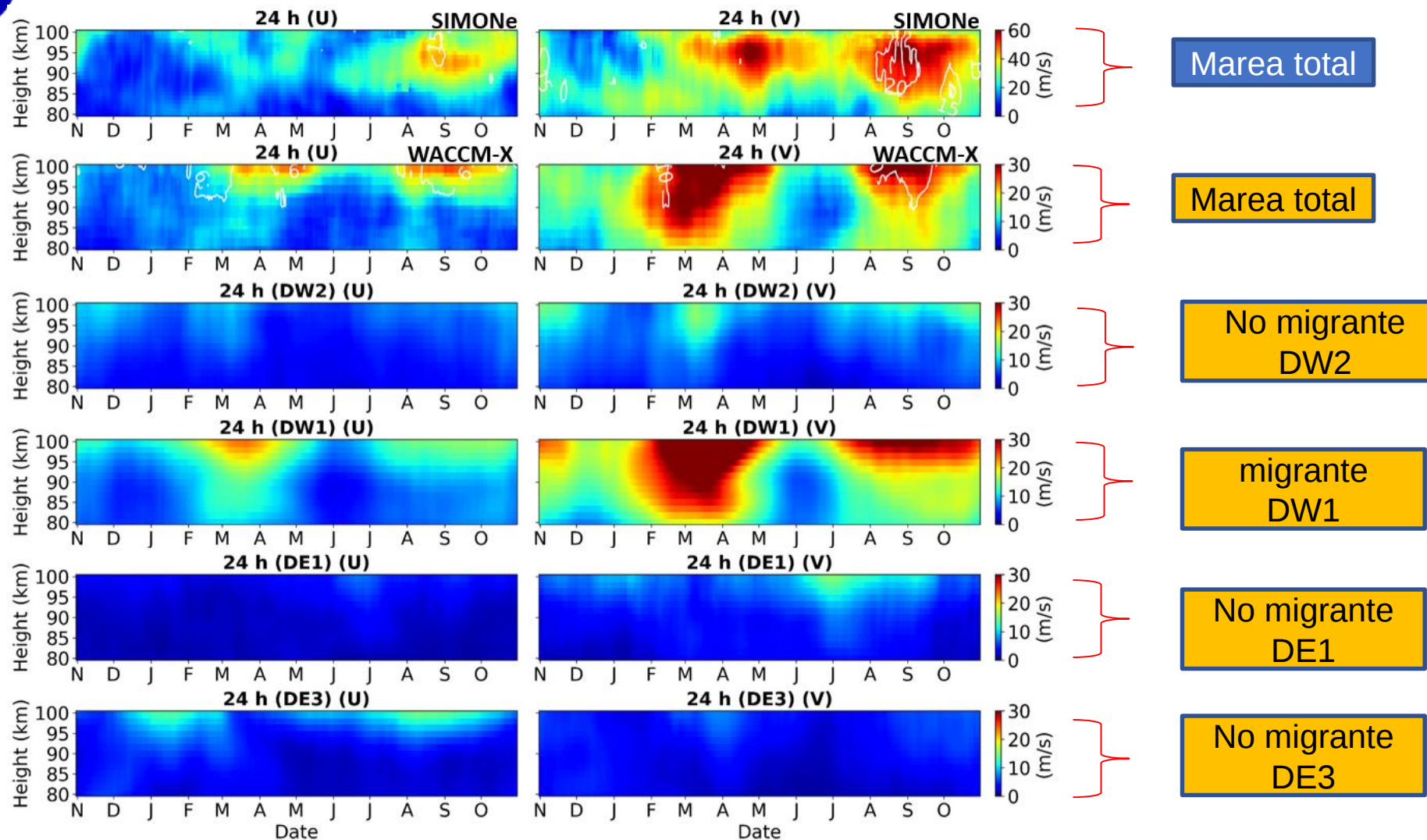
Separación de la marea
diurna migrante y no
migrante



Nos permite inferir los números de
onda dominantes



Marea diurna total/ migrante/ no migrantes



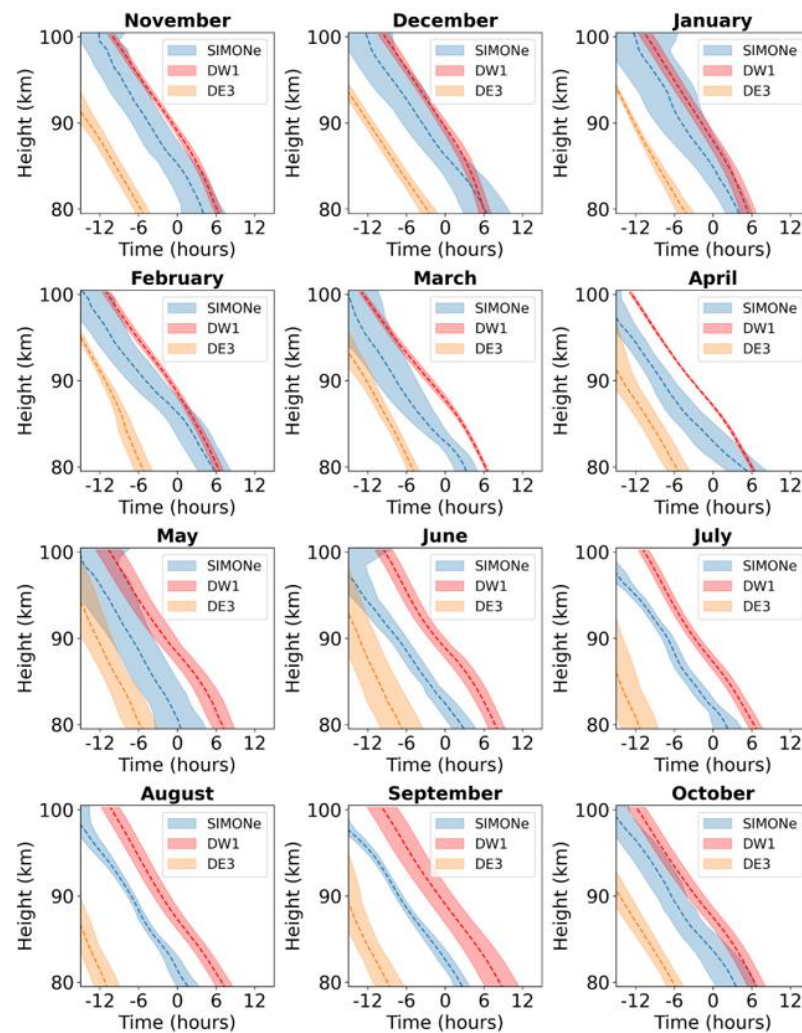
Números de onda dominantes (modelo):
 Zonal: DW1 & DE3
 Meridional: DW1 & DW2

Suclupe et al.
 (2023)



Perfiles de fase de la marea diurnal zonal

a) Zonal



Basado en la separación entre los perfiles de la marea total y DE3

Se infiere

DE3 es más significativo desde Junio a Septiembre.

Suclupe et al.
(2023)

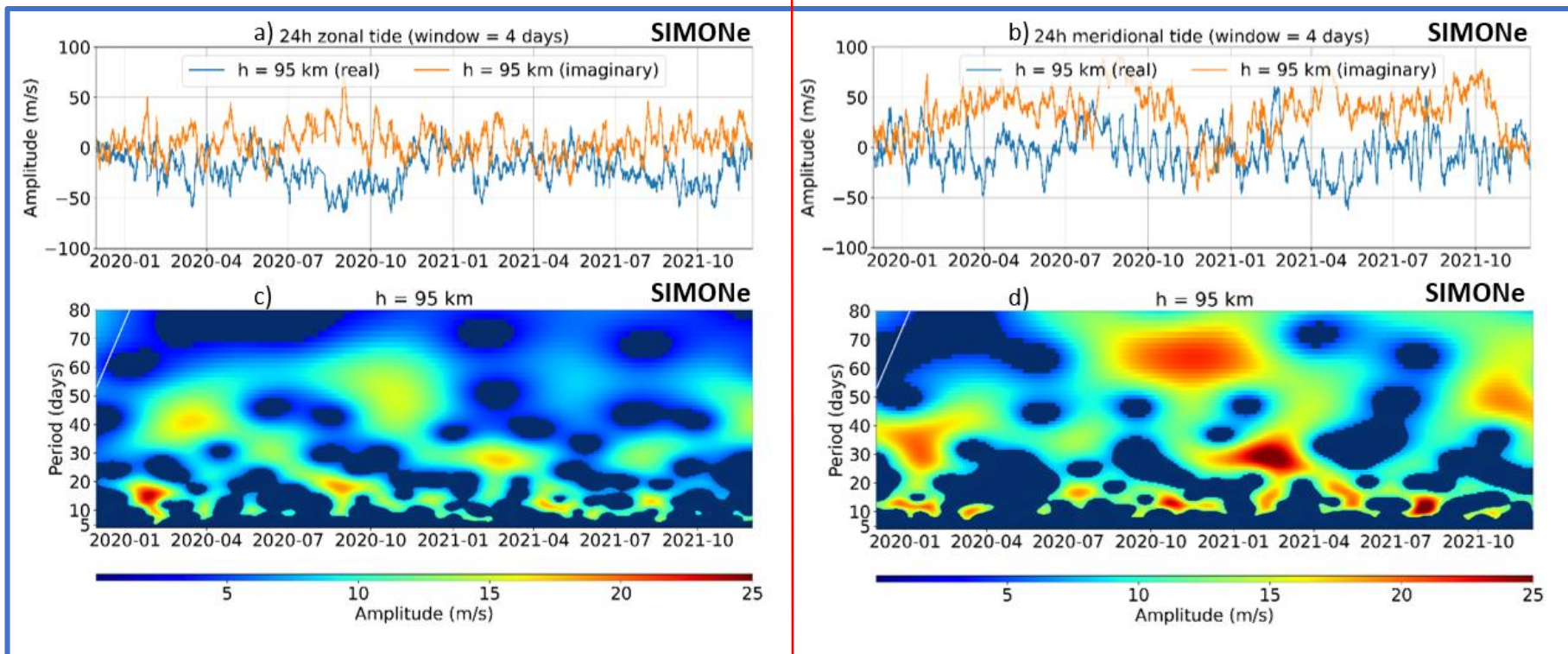


Modulación de la marea total diurna a 95 km: Observaciones

Observaciones

Zonal

Meridional



Variabilidad a corto plazo de la marea diurna total

Observaciones muestran **modulaciones** entre 5-80 días:

Probablemente debido a:

- **Ondas Planetarias** (5-25 días),
- **Oscilaciones troposféricas** (>25 días)

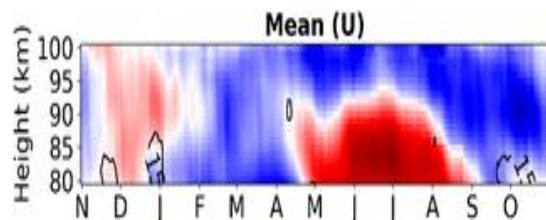
$$x(t) = m(t)_{tot} \cos(\omega t + \varphi_{tot})$$

Suclupe et al. (2023)

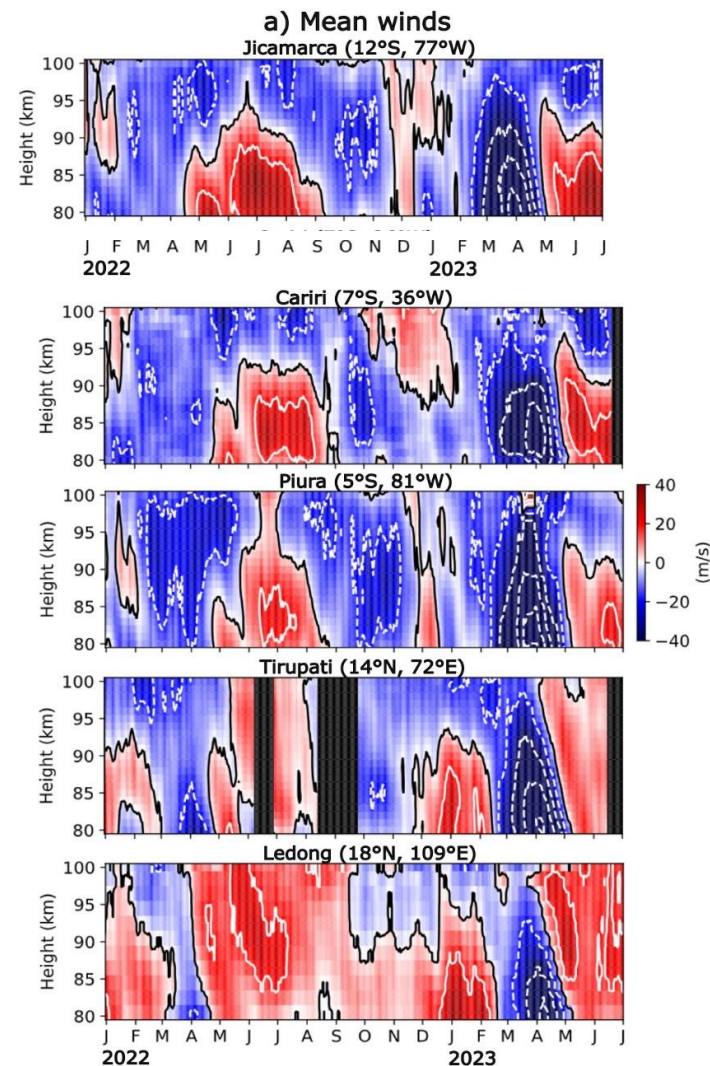
$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t + \varphi_m)$$



Qué permite identificar la climatología?



Climatología (Jicamarca 2019-2023)



Suclupe et al. (2024)



Conclusiones

1. La marea diurna meridional presenta su máximo desplazado con respecto a los equinoccios (Agosto-Septiembre y Abril-Mayo).
2. Mientras que la componente zonal solo presenta un máximo entre Agosto y Septiembre.
3. Se infirió la contribución de las mareas diurnas no migrantes:
Zonal: DE3 de Junio a Septiembre.
4. Se observaron modulaciones de la marea diurnal total, probablemente debido a:
 - Ondas planetarias (5-25 días) y
 - Oscilaciones troposféricas (>25 días).



Referencias

1. Forbes, J. M. (1995). Tidal and planetary waves. *The Upper Mesosphere and Lower Thermosphere: A Review of Experiment and Theory*, Geophys. Monogr. Ser, 87, 67-87.
2. Zhang, X. (2010). *Atmospheric tides forced by troposphere heating: Longitudinal variability of upper atmosphere consequences* (Doctoral dissertation, University of Colorado at Boulder).
3. Chau, J. L., Urco, J. M., Vierinen, J. P., Volz, R. A., Clahsen, M., Pfeffer, N., y Trautner, J. (2019). Novel specular meteor radar systems using coherent mimo techniques to study the mesosphere and lower thermosphere. *Atmospheric Measurement Techniques*, 12(4), 2113–2127.
4. Suclupe Osorio, J. M. Climatología de las mareas y onda planetaria Q2D en la región de la mesósfera y baja termósfera sobre la costa central de Perú. (2022). Master's thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru).
5. Suclupe, J., Chau, J. L., Conte, J. F., Milla, M., Pedatella, N. M., & Kuyeng, K. (2023). Climatology of mesosphere and lower thermosphere diurnal tides over Jicamarca (12° S, 77° W): observations and simulations. *Earth, Planets and Space*, 75(1), 186.
6. Suclupe, J., Chau, J. L., Conte, J. F., Pedatella, N. M., Garcia, R., Sato, K., ... & Scipion, D. (2024). On the abnormally strong westward phase of the mesospheric semiannual oscillation at low latitudes during March equinox 2023. *Geophysical Research Letters*, 51(16), e2024GL110331.
7. Wu, Q., Ortland, D. A., Killeen, T. L., Roble, R. G., Hagan, M. E., Liu, H. L., ... & Niciejewski, R. J. (2008). Global distribution and interannual variations of mesospheric and lower thermospheric neutral wind diurnal tide: 1. Migrating tide. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 113(A5)



Organizado por:



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ



UNIVERSIDAD
DE PIURA

Con el auspicio de:



Convenio No 075-2021-FONDECYT