# Consistencia en la Representación Microfísica de ERA5:

## Un caso de estudio con MRR en Rancagua

Raúl Valenzuela[1,3] · Charlie Opazo[2]
[1] Instituto de Cs. de la Ingeniería (ICI), Universidad de O'Higgins (UOH) [2] Departamento de Geofísica, Universidad de Chile
[3] Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia

**MENSAJE CENTRAL**

**ERA5 ubica la ocurrencia de precipitación y la altura de isoterma 0°C sobre Rancagua de manera generalmente correcta, pero su microfísica es inconsistente con el MRR: la nieve cae demasiado rápido y la lluvia está subestimada en ~7 dBZ cerca de la superficie. En otras palabras, en ERA5, la lluvia "correcta" podría ser producida por las razones "incorrectas" en varios casos.**

## 01 Introducción

Productos de reanálisis como ERA5 son útiles para obtener la climatología de distintos lugares. Sin embargo, es frecuente obtener diferencias importantes respecto a climatologías pluviométricas.

En este trabajo buscamos entender el origen de esas diferencias examinando el campo microfísico de ERA5 a escala de eventos. Para esto comparamos datos ERA5 con observaciones de un Micro Rain Radar (MRR, Ka-band, 24 GHz) ubicado en la ciudad de Rancagua con casi 3 años de mediciones (nov 2023 – jun 2026).

### PREGUNTA / OBJETIVO

¿Cómo se comparan la altura de la isoterma 0°C de ERA5 con la capa de fusión observada por el MRR? Simulando la **reflectividad equivalente** (Ze) proveniente de ERA5 ¿existen patrones similares en las secciones tiempo-altura respecto de MRR?

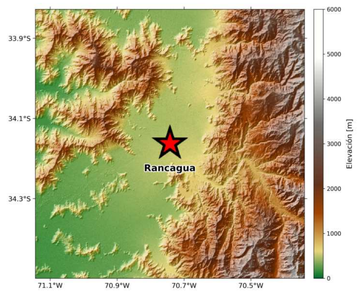
## 02 Datos y métodos

**MRR** ubicado en UOH Rancagua (500 m.s.n.m.), Región de O'Higgins. Datos entre 2023-nov y 2026-jun con resolución vertical de 100-m, procesados con **IMProToo.** MRR compila 43 eventos entre 2023-2026. Inspección visual para segmentar eventos. Uso de algoritmo de Perry para detectar **capa de fusión** (CF).

**ERA5**, desde nivel modelo 137 a 70 (~12 km) a resolución de 0,25° y pasos horarios. Variables: geopotencial, presión, temperatura, viento zonal, viento meridional, viento vertical, humedad específica, contenido de agua líquida de nube, contenido de hielo de nube, lluvia y nieve.

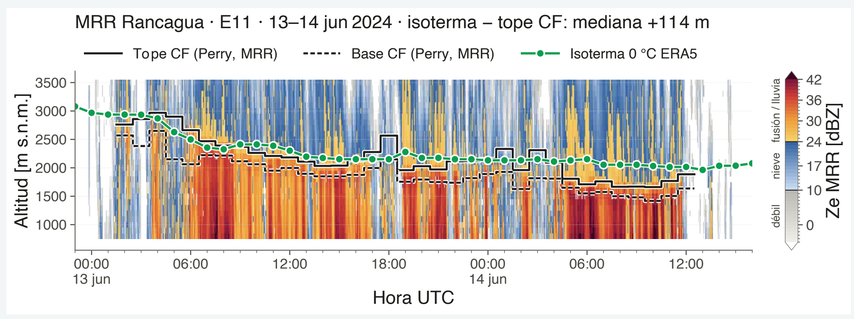
Usamos **PAMTRA** (Passive and Active TRAnsfer), modelo de transferencia radiativa que permite simular mediciones pasivas y activas en el rango de las microondas (e.g. radar), para modelar Ze a partir de campos microfísicos de ERA5. En el caso activo permite simular el espectro Doppler completo y sus momentos. Se aplican supuestos para el modelo IFS, mismo modelo base de ERA5.



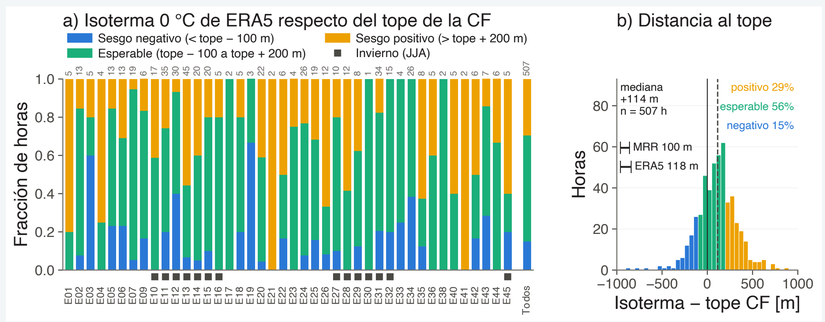



| Parámetro \ Hidrometeoro | Fase líquida: Cloud liquid water content (clwc) | Fase líquida: Rain water content (crwc) | Fase sólida: Cloud ice water content (ciwc) | Fase sólida: Snow water content (cswc) |
|---|---|---|---|---|
| Distribución de tamaños | Monodispersa | Exponencial | Monodispersa | Exponencial |
| Modelo de dispersión | Mie, esferas (mie-sphere) | | Self-Similar Rayleigh–Gans Approximation (SSRGA) | |
| Velocidad de caída | Khvorostyanov & Curry (khvorostyanov01_drops) | | Heymsfield & Westbrook (heymsfield10_particles) | |

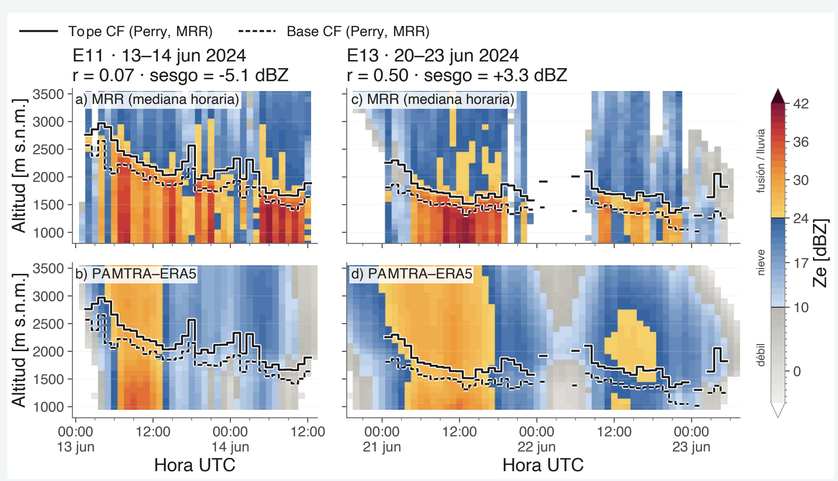
## 03 Resultados




Sección tiempo-altura de MRR con la CF obtenida a partir del algoritmo de Perry (líneas negras) y la altura de isoterma 0°C de ERA5 (línea verde). La condición esperable es que la isoterma esté ligeramente sobre tope de la CF.



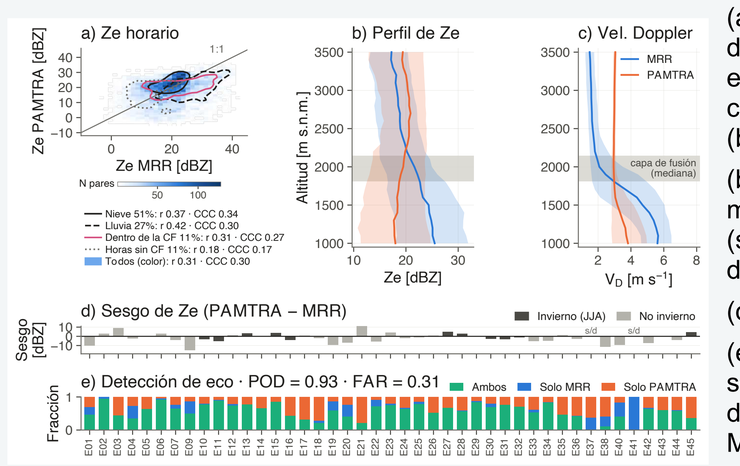

(a) Frecuencia de ubicación de isoterma 0°C respecto a la CF. Se incluye una tolerancia asimétrica (de -100 a +200 m) respecto al tope de la CF. (b) Distribución de la diferencia de altura entre isoterma 0°C y parte superior de CF. La resolución vertical de MRR (100-m) y ERA5 (118-m) es comparable.




Secciones tiempo-altura de Ze horaria observada por el MRR (a, c) y simulada con PAMTRA–ERA5 (b, d) en dos eventos de invierno:

- baja consistencia: E11, 13–14 jun 2024, r = 0,07, sesgo −5,1 dBZ;
- consistente: E13, 20–23 jun 2024, r = 0,50, sesgo +3,3 dBZ.

CF (línea negra) en cada panel como referencia. El valor de MRR es la mediana de los perfiles de 2 min en ventanas de 60 min centradas en cada hora de ERA5. PAMTRA se interpoló a los gates de 100 m del MRR.




(a) Histograma 2D de Ze en los pares hora × gate con detección en ambas fuentes (n = 11.868). Los contornos encierran el 50 % de los pares de cada grupo según la capa de fusión (CF) del MRR: nieve (sobre la CF), lluvia (bajo la CF), dentro de la CF y horas sin CF.

(b, c) Perfiles de Ze y de velocidad Doppler de esos mismos pares: mediana (línea) y rango intercuartil (sombra). La franja gris marca la base y el tope medianos de la CF.

(d) Sesgo de Ze (PAMTRA − MRR) por evento.

(e) Fracción de pares en que detectan ambas fuentes, solo el MRR o solo PAMTRA. Se considera que PAMTRA detecta cuando su Ze supera la sensibilidad mínima del MRR en cada gate.

## 04 Discusión

ERA5 representa bien la termodinámica: la isoterma 0 °C queda a ~100 m del tope de la CF observada. Las discrepancias de reflectividad provienen de los hidrometeoros en lugar de la isoterma.

Sobre la CF, la reflectividad es similar (+2 dBZ), pero la nieve cae casi el doble de rápido (3,0 vs. 1,6 m $s^{-1}$), lo que sugiere partículas demasiado densas, probablemente por el esquema de un momento de IFS. Bajo la CF, PAMTRA–ERA5 subestima la reflectividad (~7 dBZ) y la velocidad de caída (~2 m $s^{-1}$): poca lluvia o gotas demasiado pequeñas. La atenuación a 24 GHz del MRR implica un déficit real aún mayor.

La ausencia de banda brillante indica que PAMTRA no simula partículas en fusión, posiblemente por su configuración. Los resultados provienen de un solo sitio cercano a la cordillera y de eventos con precipitación. Generalizarlos requiere más sitios y más casos durante el año.

## 05 Conclusiones

1. Ocurrencia y fusión: ERA5 detecta el 93 % del eco observado por el MRR y sitúa la isoterma 0 °C a ~100 m del tope de la capa de fusión, del orden de un nivel del modelo.
2. Microfísica según la fase: en la nieve la reflectividad es correcta, pero cae casi el doble de rápido que la observada. En la lluvia, ERA5 subestima la reflectividad en ~7 dBZ y no reproduce la banda brillante.
3. Sesgo sistemático: los errores no dependen de la estación del año ni del IVT. ERA5 reproduce razonablemente la ocurrencia de precipitación y la isoterma 0°C, no así la intensidad de la lluvia.
4. Trabajo futuro: realizar análisis de sensibilidad con PAMTRA para determinar el efecto de su configuración en la comparación.

### REFERENCIAS

**IMProToo**: Maahn & Kollias (2012, Atmos. Meas. Tech.) DOI: 10.5194/amt-5-2661-2012
**PAMTRA**: Mech et al. (2020, Geosci. Model Dev.) DOI: 10.5194/gmd-13-4229-2020
**Capa de Fusión**: Perry et al. (2017, Ann. Am. Assoc. Geogr.) DOI: 10.1080/24694452.2016.1260439

### AGRADECIMIENTOS / CONTACTO

ANID Fondecyt de Iniciación 11230184
raul.valenzuela@uoh.cl