

XXXI Simposio Peruano de Física 2025

Validación del algoritmo de corrección de atenuación del radar SOPHy considerando su impacto en la estimación de intensidad de lluvia

Maryann Alata^{1,2}, Carlos Del Castillo¹, Yamina Silva¹, Daniel Martínez-Castro¹, Aldo S. Moya²
maac1312@gmail.com, cdelcastillo@igp.gob.pe, fsilva@igp.gob.pe, danielmartinez53@gmail.com, amoya@lamolina.edu.pe

- (1) Dirección de Ciencias de la Atmósfera, Hidrósfera y Cambio Climático, Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú.
(2) Departamento de Física y Meteorología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Introducción

El radar meteorológico SOPHy es un sistema de banda X (9.345 GHz) ubicado en el Observatorio de Sicaya del IGP, cuya señal se atenúa durante precipitación intensa. En el valle del Mantaro, este efecto es relevante porque los eventos de lluvia presentan variabilidad espacial y temporal marcada, lo que exige productos de reflectividad confiables para el monitoreo hidrometeorológico (Espinoza et al., 2021). Los radares de banda X son particularmente sensibles a la atenuación, pudiendo subestimar la reflectividad como la precipitación en condiciones de lluvia intensa (Kim & Kwon, 2020; Doviak & Zrnić, 1994). Aunque existen métodos de corrección como el algoritmo modificado de Hitschfeld-Bordan, su desempeño depende de las características locales de la precipitación y del patrón de eco terrestre (Jacobi & Heistermann, 2016). Este estudio evalúa la efectividad de dicho algoritmo en eventos de precipitación líquida registrados en Sicaya durante 2025, con el objetivo de mejorar la estimación de la lluvia en el valle del Mantaro.

Figura 1: Radar meteorológico SOPHy



METODOLOGÍA

Figura 2: Área de estudio

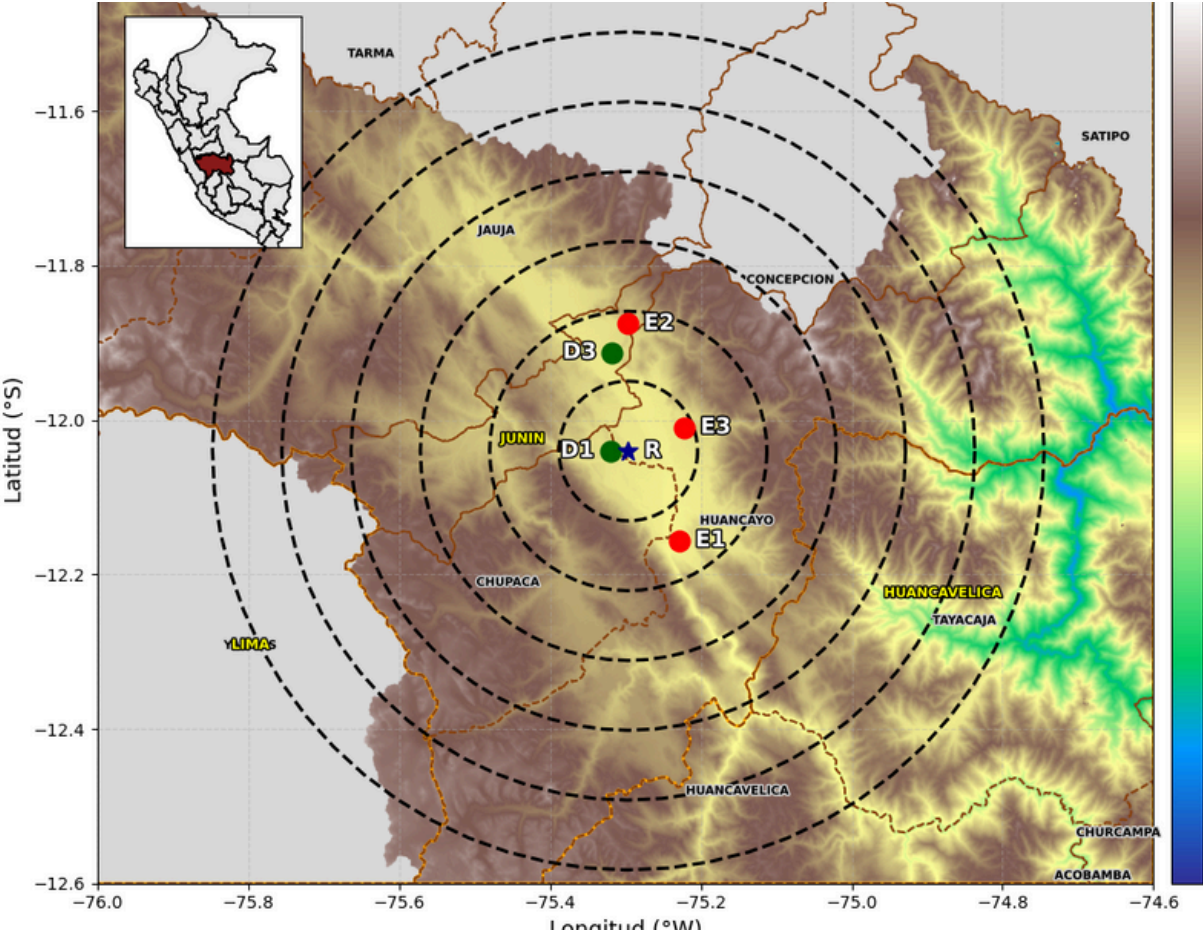
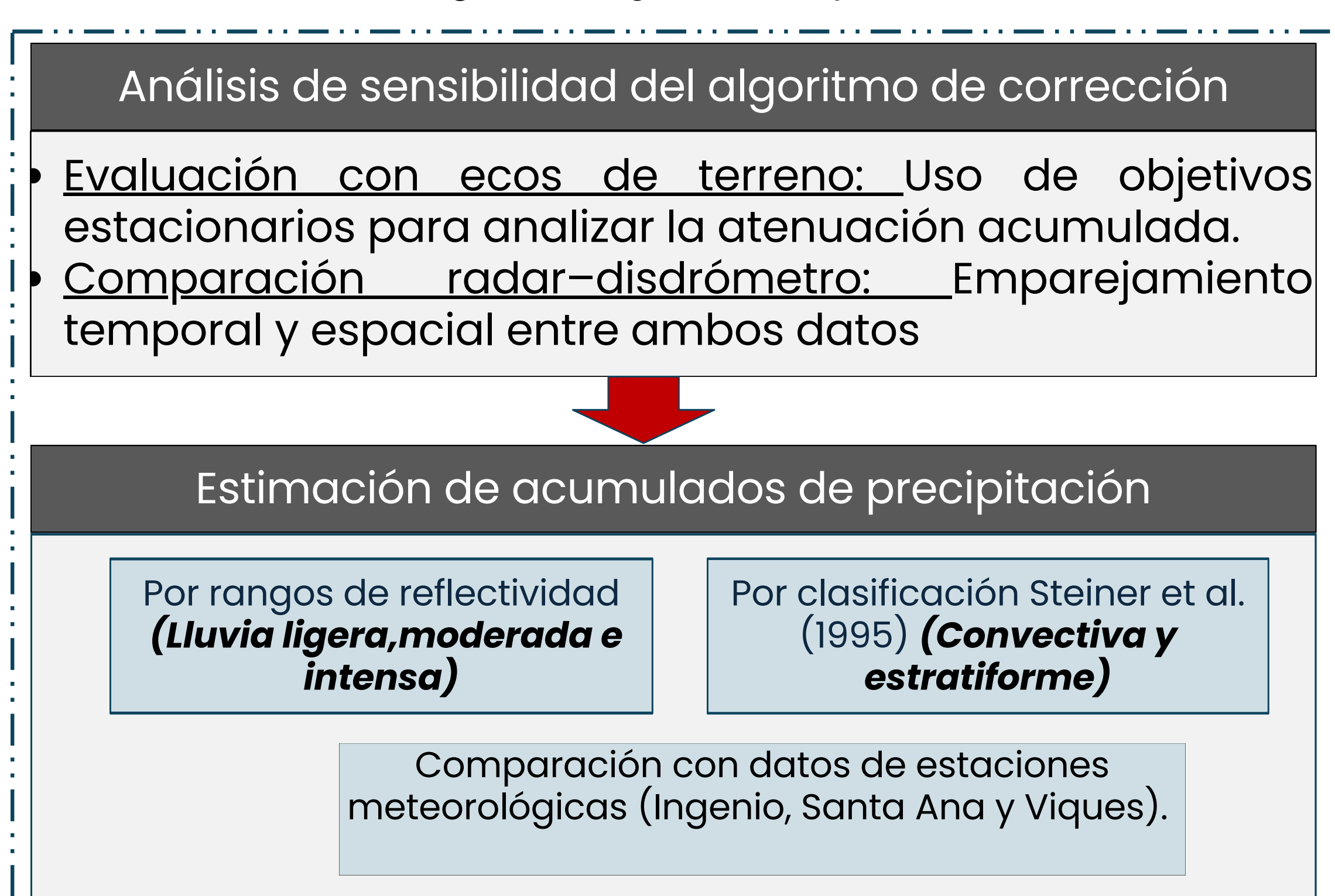


Figura 3: Disdrómetro óptico Parsivel² OTT de Huayao (a) y de Concepción (b).



Figura 4: Diagrama de flujo



Resultados

Eco de terreno

Figura 5: Campos de reflectividad equivalente (dBZ) y velocidad radial (m s⁻¹) del escaneo PPI a 0.99° del radar SOPHy del 13 de marzo de 2025. Los paneles (a) y (c) muestran la reflectividad, mientras que (b) y (d) la velocidad radial.

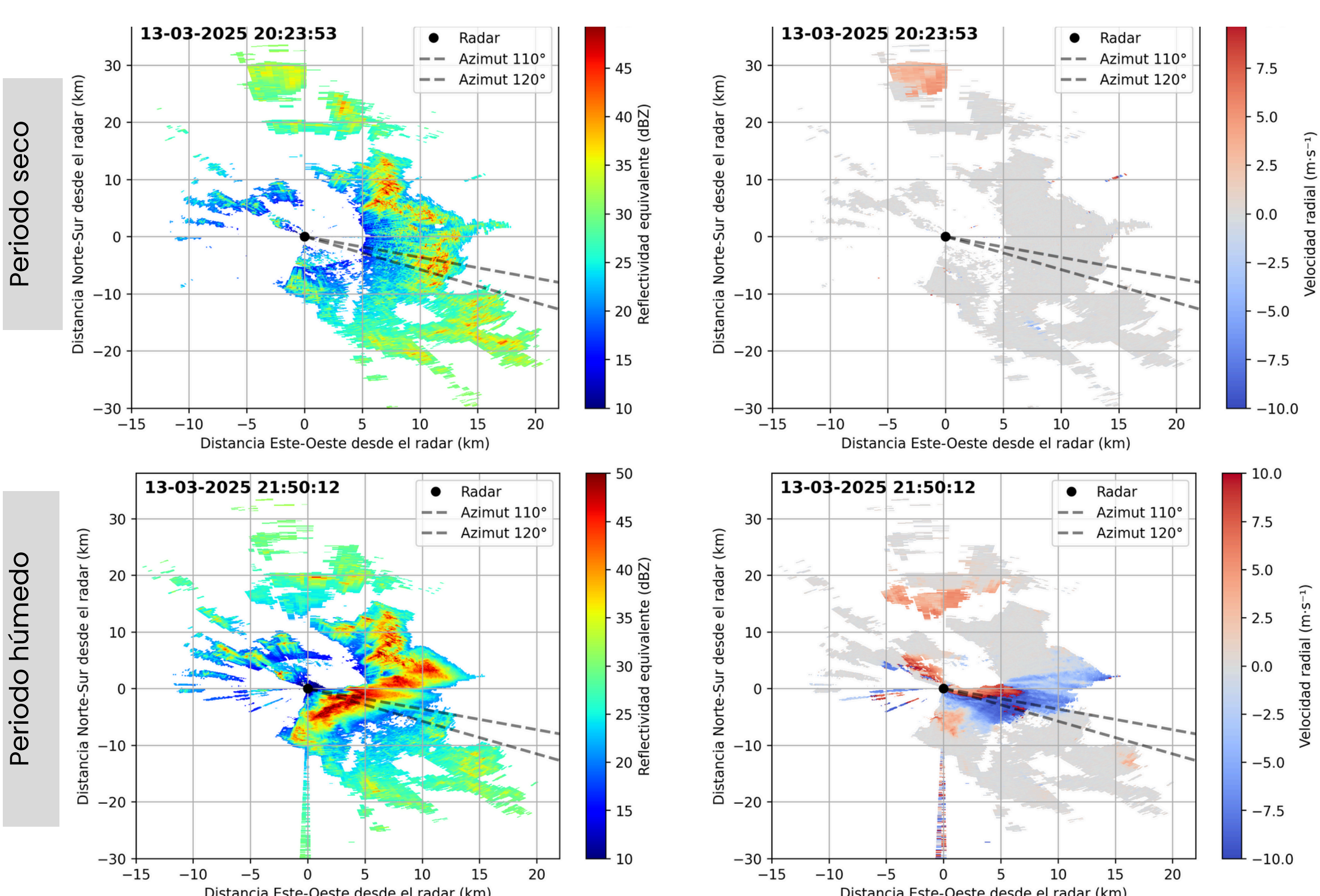
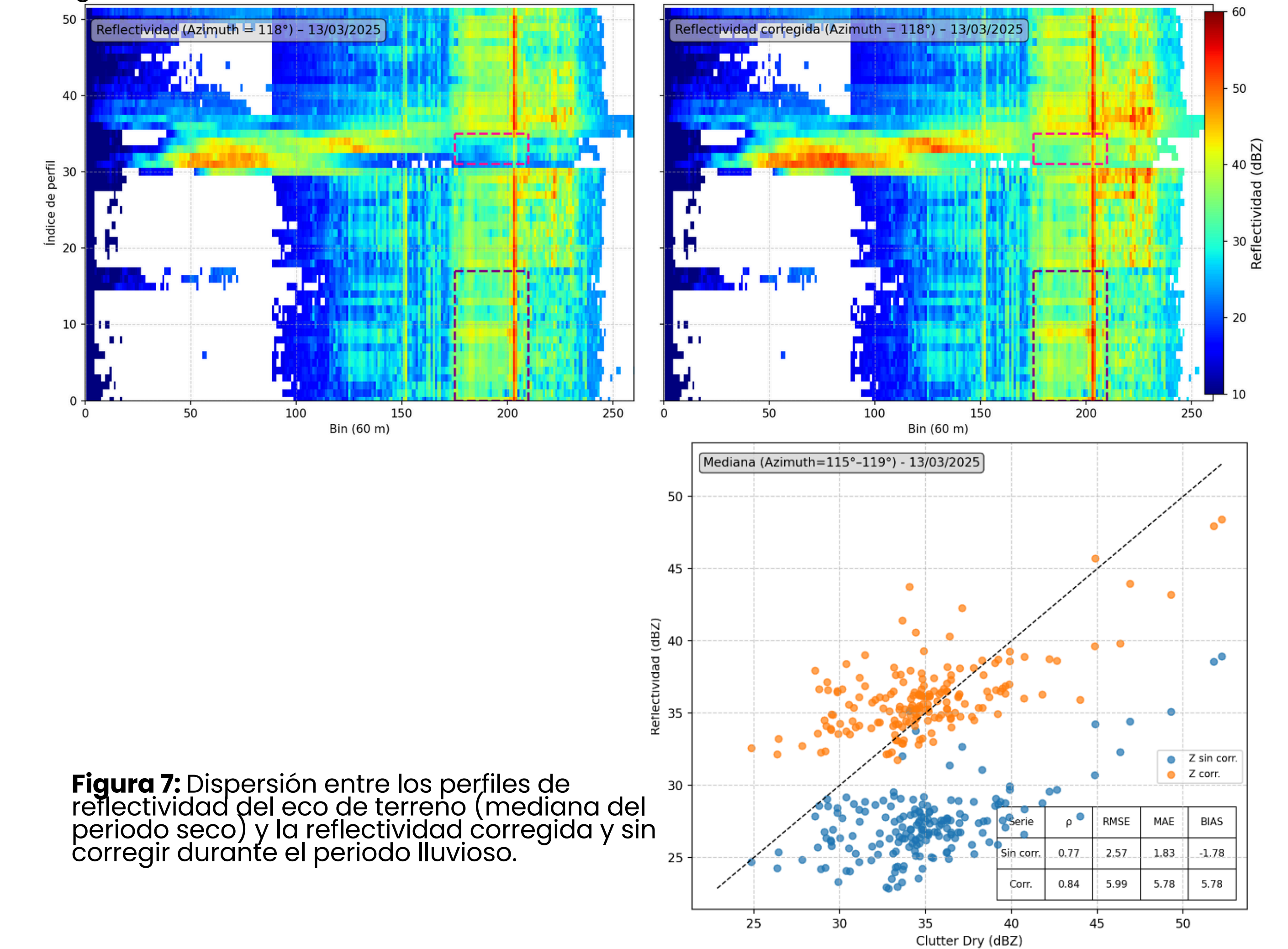


Figura 6: Mapa bidimensional del barrido PPI (0.99°, azimuth 118°), que muestra el eco de suelo en período seco (rectángulo negro) y lluvioso (rectángulo rosado), con reflectividad sin corregir y corregida del 13 de marzo de 2025.



Radar-disdrómetro de Concepción

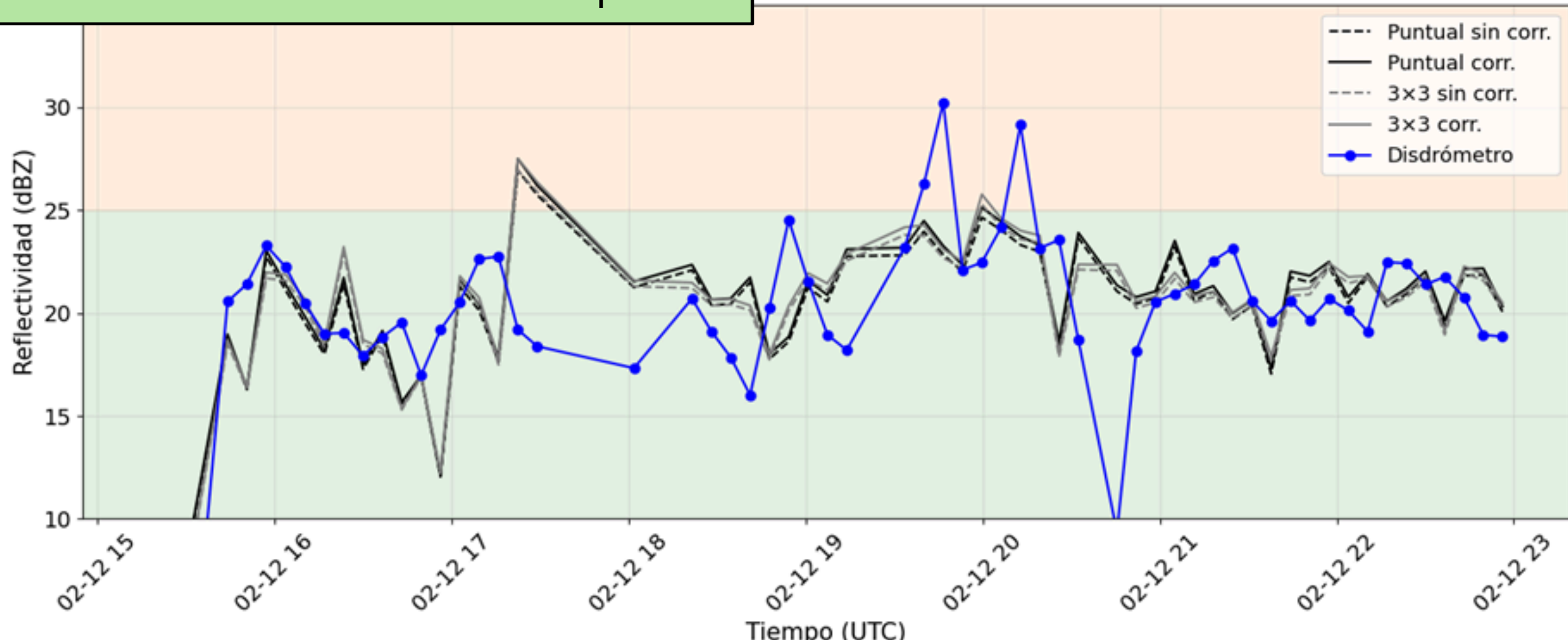


Figura 9: Diagramas de dispersión de la reflectividad radar frente al disdrómetro para el 12 de febrero de 2025. (a) Puntual sin corregir; (b) puntual corregido; (c) promedio espacial 3x3 sin corregir; (d) promedio espacial 3x3 corregido.

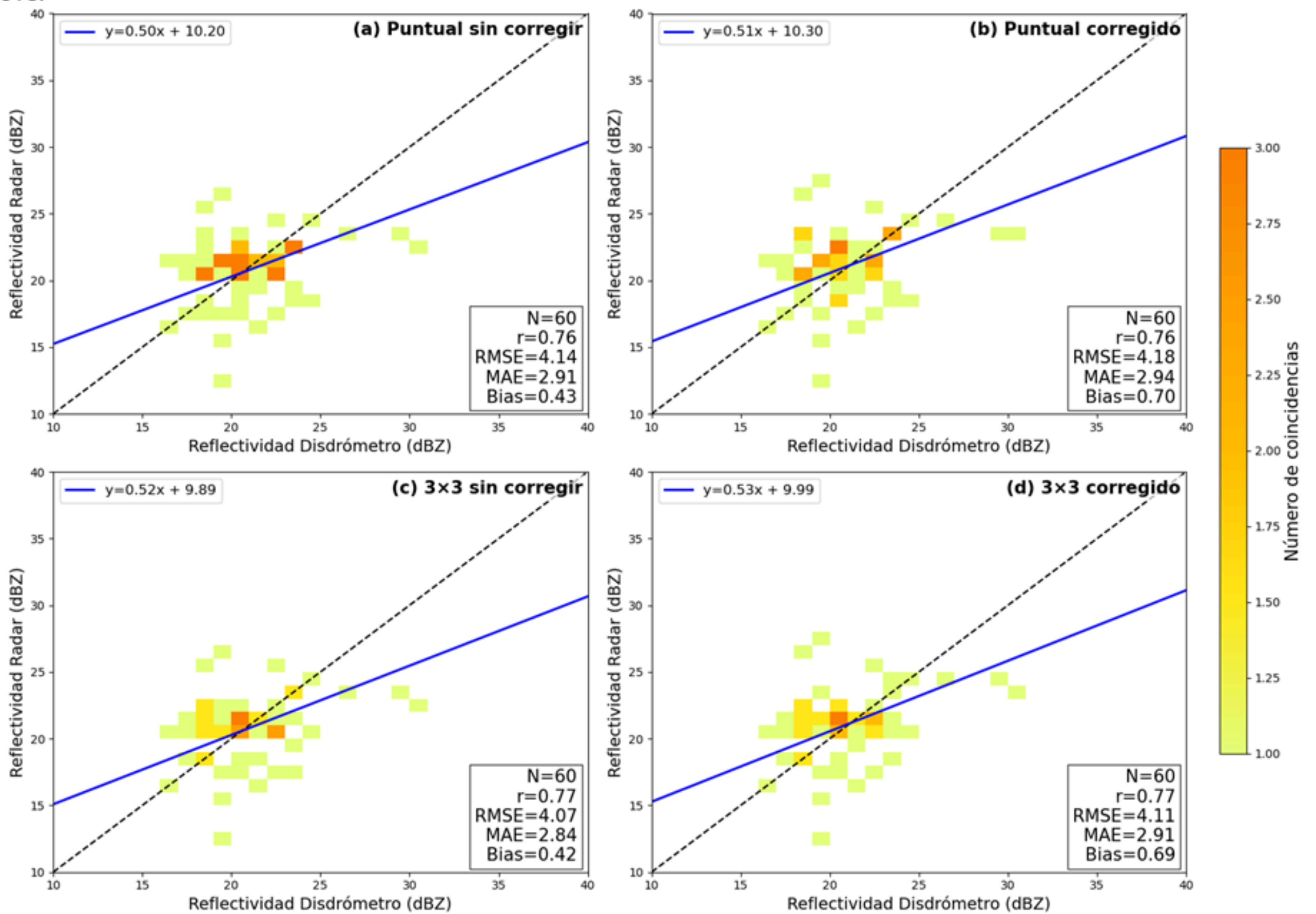


Figura 8: Serie temporal de la reflectividad coincidente entre el radar SOPHy y el disdrómetro de Concepción para el 12 de febrero de 2025. Las franjas de color identifican rangos de intensidad: lluvia ligera (10–25 dBZ), moderada (25–40 dBZ) y fuerte >40 dBZ.

Estimación de acumulados de precipitación

Tabla 1. Métricas de los coeficientes de clasificación convectiva-estratiforme						
Estaciones convencionales		Ingenio Santa Ana		Viques		
SOPHY	Sin Corregir	Bias	-5.17	-3.80	-4.06	
		MAE	5.20	4.37	4.06	
		RMSE	6.33	6.02	4.71	
		r	0.76	0.57	0.89	
	Corregido	Bias	-4.59	-3.54	-3.54	
		MAE	4.65	4.24	3.64	
		RMSE	5.61	5.84	4.29	
		r	0.79	0.56	0.84	

Tabla 2. Métricas de los coeficientes de clasificación convectiva-estratiforme, radar ajustado

Estaciones convencionales		Ingenio	Santa Ana	Viques	
SOPHY AJUSTADO	Sin Corregir	Bias	0.00	0.00	0.00
		MAE	1.95	2.84	1.50
		RMSE	2.53	3.88	1.86
		r	0.85	0.71	0.91
	Corregido	Bias	0.00	0.00	0.00
		MAE	1.68	2.98	1.63
		RMSE	2.18	4.03	1.95
		r	0.89	0.68	0.90

CONCLUSIONES

- Predominó lluvia ligera con gotas pequeñas, generando baja atenuación y permitiendo caracterizar correctamente la señal de SOPHy.
- La corrección recuperó la reflectividad cuando el eco terrestre fue estable; referencias malas produjeron sobrecorrección.
- La corrección eliminó el sesgo en R y redujo el RMSE (~2–4 mm), mejorando la coherencia radar-superficie.
- Parte del error provino de datos in situ incompletos; con buena cobertura, la mejora fue consistente.

Referencias bibliográficas:

- Doviak, R. J., Zrnić, D. S., & Schotland, R. M. (1994). Doppler radar and weather observations. *Applied Optics*, 33(21), 4531.
- Espinoza, J. C., Scipión, D., Valdez, A., & Verástegui, J. (2021). SOPHy: Scanning-system for Observations of Peruvian Hydrometeorological-events. 2021 *IEEE International Conference on Aerospace and Signal Processing (INCAS)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/INCAS53599.2021.9666928>
- Jacobi, S., & Heistermann, M. (2016). Benchmarking attenuation correction procedures. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(6), 1785–1799.
- Kim, M.-S., & Kwon, B. H. (2020). Attenuation correction of X-band radar reflectivity using adjacent multiple microwave links. *Remote Sensing*, 12(2133). <https://doi.org/10.3390/>