

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

INCERTIDUMBRE CAUSADA POR EL PARÁMETRO DE FORMA (μ) EN LOS ALGORITMOS DEL GPM-DPR PARA ESTIMAR LOS PARÁMETROS DEL DSD

Carlos Del Castillo Velarde¹ y Shailendra Kumar¹

RESUMEN

El valle del río Mantaro, ubicado en los Andes centrales del Perú, Junín, es caracterizado por flujos de humedad provenientes de la Amazonía que, combinada con su compleja topografía, genera una distribución espacial y temporal de las lluvias muy variable. El monitoreo de lluvias mediante el satélite Global Precipitation Measurement (GPM), equipado con un radar de precipitación de frecuencia dual (DPR, por sus siglas en inglés), ayuda a tener datos espaciales ante el limitado número de estaciones meteorológicas dentro del valle. El GPM, para estimar la precipitación, aplica ciertas asunciones, una de estas es restringir el parámetro de forma (μ) en la distribución del tamaño de gotas (DSD, por sus siglas en inglés) a 3, lo que podría introducir errores en la estimación de la lluvia. En este trabajo se busca evaluar el impacto de μ en el algoritmo de estimación de precipitación del satélite GPM para la región de los Andes, mediante mediciones *in situ* con un disdrómetro óptico. El periodo de análisis corresponde a los meses que van de diciembre de 2017 a marzo de 2018. Los resultados preliminares indican que en los algoritmos SF (Single Frequency) y DF (Dual Frequency) el mayor error debido a la restricción del parámetro de forma de DSD está relacionado a las gotas con diámetro entre 2 y 3 mm; además, se identificó que el algoritmo DF es más sensible a las variaciones del parámetro de forma, incrementando el error de las gotas con diámetro entre 1 y 2 mm.

Palabras clave: Valle del Mantaro, DFR, Distribución de gotas, GPM, parámetro de forma y PARSIVEL.

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Citar como: Del Castillo, C., Kumar, S. (2020). Incertidumbre causada por el parámetro de forma (μ) en los algoritmos del GPM-DPR para estimar los parámetros del DSD. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 05. pág. 14-19.

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de lluvias a través de los satélites es esencial para el estudio del ciclo hidrológico, esto debido a la capacidad que tienen para observar fenómenos atmosféricos a escala global y regional, y con una frecuencia temporal relativamente alta. Además, es una herramienta extremadamente útil en regiones donde el número de estaciones meteorológicas es limitado. Por tal motivo, es importante validar el algoritmo de estimación de precipitación y conocer sus limitaciones. Para ello, se debe evaluar la distribución del tamaño de gotas (DSD, por sus siglas en inglés) para corroborar su rendimiento bajo diferentes regímenes climáticos y regiones. El DSD es una propiedad fundamental para una buena estimación de la precipitación, además es capaz de proveernos información a nivel de la microfísica de los procesos que se desarrollan dentro de la nube (Harikumar, 2016) y la evolución de la lluvia.

El satélite de precipitación GPM-DPR para estimar el DSD hace uso de los algoritmos SF (single frequency) y DF (Dual frequency), los cuales parametrizan el DSD mediante: el diámetro medio (D_m), el parámetro de escala (N_w) y el parámetro de forma (μ). El parámetro de forma, como su nombre lo indica, determina la forma del DSD y está estrechamente relacionado con la variabilidad del DSD. Los algoritmos del GPM determinan estadísticamente que el mejor valor de μ es 3; sin embargo, esta asunción introduce incertidumbre en la estimación de los parámetros D_m y N_w , que debe ser tomada en cuenta.

DATOS

Se utilizaron datos del disdrómetro óptico PARSIVEL 2, que es un sistema compuesto de un emisor y un receptor de un láser. Este instrumento cuenta el número de gotas que atraviesan el láser y luego las clasifica por velocidad de caída y diámetro. Se puede identificar lloviznas, lluvias, nieve y granizo, además de combinaciones de precipitaciones como llovizna con lluvia o llovizna con nieve. El periodo de análisis es desde diciembre de 2017 a marzo de 2018, con resolución temporal de 1 minuto. Se usaron datos del pluviómetro para la comparación de los resultados. Estos instrumentos son parte del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), ubicado en el Observatorio de Huancayo del IGP (12.04° S, 75.3° O, 3330 m s.n.m.).

METODOLOGÍA

La metodología consiste en simular la reflectividad (Z_e) y atenuación (k), según la ecuación 1 y 2 en las banda Ka y Ku a partir del DSD ($N(D)$), medido por el disdrómetro. Los índices de dispersión (σ_b y σ_e) para una gota se obtuvieron usando el método de matriz-T (Mishchenko y Travis, 1998), configurado para una gota de lluvia a 10 °C con forma de esferoide y cuya relación de ejes es la reportada en Tokay et al. (2014).

$$Z_e = \frac{\lambda^4}{\pi^5 K^2} \int N(D) \sigma_b(D) dD \quad (1)$$

$$k = \frac{0.01}{\ln(10)} \int N(D) \sigma_e(D) dD \quad (2)$$

- $N(D)$, es el número de partículas de precipitación por unidad de volumen expresado por la ecuación 3;
- D , el diámetro de la gota (mm);
- $\sigma_b(D)$, la sección eficaz de retro-dispersión (mm²);
- $\sigma_e(D)$, la sección eficaz de extinción (mm²);
- λ , es la longitud de onda (mm);
- K , es el coeficiente dieléctrico de una gota.

$$N(D) = N_w \frac{6(\mu+4)^{\mu+4}}{4^4 \Gamma(\mu+4)} \left(\frac{D}{D_m} \right)^\mu \exp \left[\frac{-(\mu+4)D}{D_m} \right] \quad (3)$$

Donde:

- D_m es el diámetro medio (mm);
- Γ es la función gamma (sin unidades);
- N_w es el parámetro de intercepción normalizada (en mm⁻¹ m⁻³);
- μ es el parámetro de forma y tiene el valor de 3 en el algoritmo del GPM-DPR.

El método SF es calculado mediante la razón de la atenuación (k) y la reflectividad equivalente (Z_e).

$$SF = \frac{k}{Z_{e(\lambda=22 \text{ mm})}} \quad (4)$$

Mientras que el algoritmo DF es calculado como la diferencia entre reflectividad equivalente con $\lambda=22$ mm y $\lambda=8.43$ mm.

$$DFR = 10 \log_{10} \left(\frac{Z_{e(\lambda=22 \text{ mm})}}{Z_{e(\lambda=8.43 \text{ mm})}} \right) \quad (5)$$

Finalmente, se utilizó la interpolación lineal junto con tablas de búsqueda (tablas de referencia) para estimar D_m a partir de las mediciones de k/Z_e o DFR, luego N_w se puede derivar reemplazando (3) en (1) conociendo D_m .

RESULTADOS

Se observa alta dispersión entre la relación k/Z_e y D_m (Figura 1A), así como entre DFR y D_m (Figura 1B), que es causada por la variabilidad natural del DSD (Adhikari et al., 2006; Chang y Hong, 2012), que tiene fuerte relación con el parámetro de forma (μ). Cuando μ es fijo en los algoritmos SF y DF, parte de esta variabilidad se pierde, afectando principalmente los valores de k/Z_e y DFR correspondientes a los diámetros entre 1 y 3 mm.

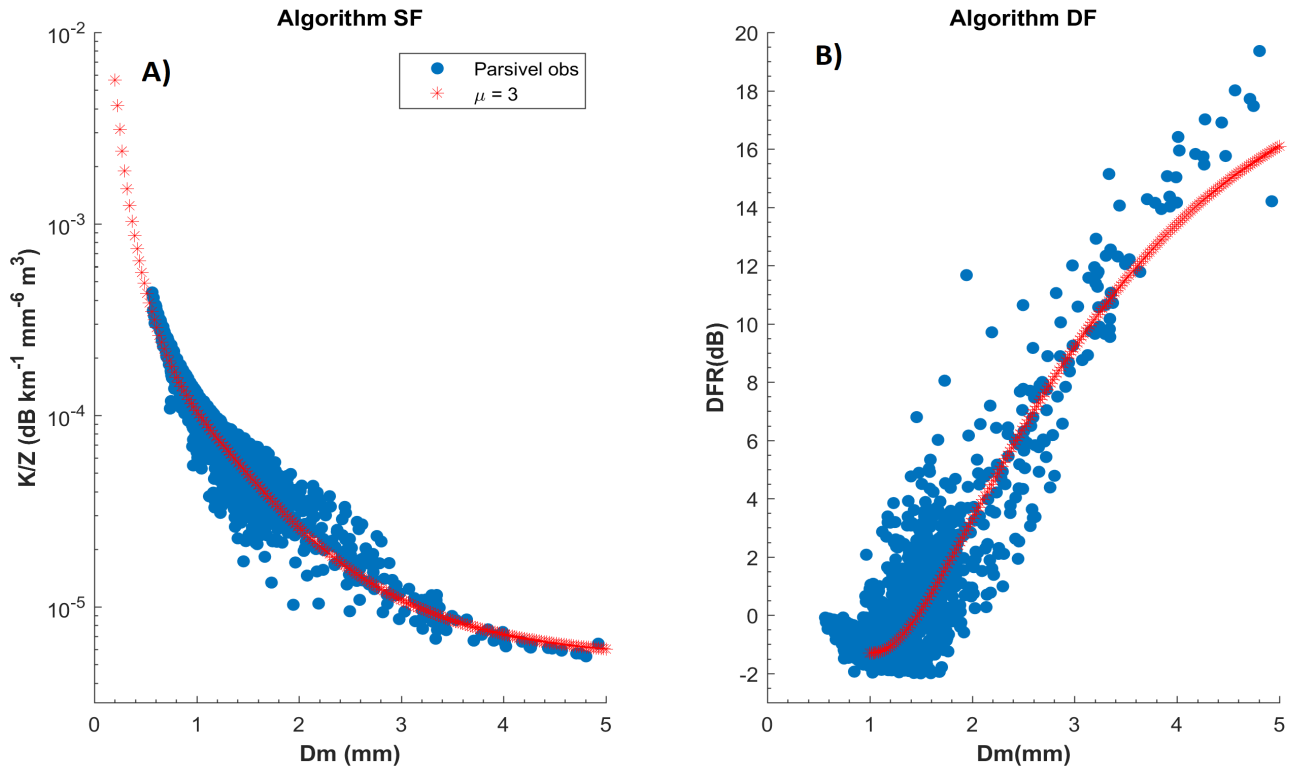


Figura 1. Dispersión de K/Z_e y DFR, A (método SF), B (método DF) para diferentes diámetros medios (D_m). Los puntos azules representan las mediciones sin restringir μ y los asteriscos rojos para $\mu = 3$.

Se calculó el error cuadrático medio normalizado (NRMSE) para varios intervalos de k/Z_e y DFR con el fin de conocer la incertidumbre debido a la restricción de μ (Tabla 1). Encontramos que el NRMSE en D_m es mayor para el algoritmo DF, en comparación con el algoritmo SF para el intervalo global de k/Z_e entre $[10^{-6}$ a $10^{-3}]$ y DFR $[-2$ a $18]$. Por otro lado, el NRMSE, calculado para cada intervalo de k/Z_e , mostró que el error debido a la restricción de μ es mayor para el intervalo $[10^{-5}$ - $10^{-4}]$, donde predominan las gotas medias (1-3 mm); mientras que el error más bajo se encontró en el intervalo $[10^{-4}$ - $10^{-3}]$, donde predominan las gotas pequeñas (<1 mm). En el caso del algoritmo DF, los valores DFR con mayor incertidumbre se encuentran en el intervalo $[0-5]$; mientras que el menor error se encuentra en el intervalo $[-2.0-0]$. En ambos intervalos predominan las gotas medianas. Estos resultados muestran que la mayor incertidumbre está relacionada con gotas medianas para los algoritmos SF y DF; sin embargo, para el algoritmo DF las gotas con diámetro cercano a 1 mm, son las que tienden a tener menor error.

Tabla 1. NRMS en varios intervalos de k/Z_e y DFR

PARSIVEL					
k/Z_e	Promedio de Dm (mm)	Dm (mm)	DFR	Promedio de Dm (mm)	Dm (mm)
$10^{-3} - 10^{-2}$	-	-	-2 - 0	1.16	0.158
$10^{-4} - 10^{-3}$	0.86	0.059	0 - 5	1.44	0.232
$10^{-5} - 10^{-4}$	1.42	0.201	5 - 10	1.95	0.175
$10^{-6} - 10^{-5}$	4.04	0.109	10 - 18	3.33	0.161
$10^{-6} - 10^{-3}$	1.12	0.167	-2 - 18	1.44	0.201

Tabla 2. NRMSE de Nw evaluados en varios intervalos de Dm

Dm (mm)	Promedio de Nw (dB) (OBS)	Nw (dB) (SF)	Nw (dB) (DF)
0 - 1	41.66	0.028	-
1 - 2	35.43	0.068	0.139
2 - 3	25.28	0.150	0.151
3 - 4	21.51	0.083	0.096
4 - 5	18.31	0.111	0.166

La correlación entre los parámetros observados y derivados por los métodos SF (Figura 2A, C) y DF (Figura 2B, D) mostró que el algoritmo SF tuvo mejor desempeño para estimar Dm, en comparación con el algoritmo DF. El coeficiente de correlación del algoritmo SF calculado fue de $R = 0.93$, mientras que para el algoritmo DF fue $R = 0.90$. El parámetro Nw también mostró alta correlación para el algoritmo SF ($R = 0.95$), significativamente, mayor que para el algoritmo DF ($R = 0.7$). Adicionalmente, se calculó el NRMSE para cinco intervalos de Dm (Tabla 2) para identificar las diferencias en Nw entre los algoritmos SF y DF. Encontramos que el error para gotas de diámetro en el intervalo [1-2 mm] aumentó de 0.068 dB a 0.139 dB, que equivale al 7.1 %; mientras que en el intervalo [2-3 mm] el error aumentó de 0.150 a 0.151, lo cual es equivalente al 0.1 %, siendo el que menos error tuvo entre los algoritmos.

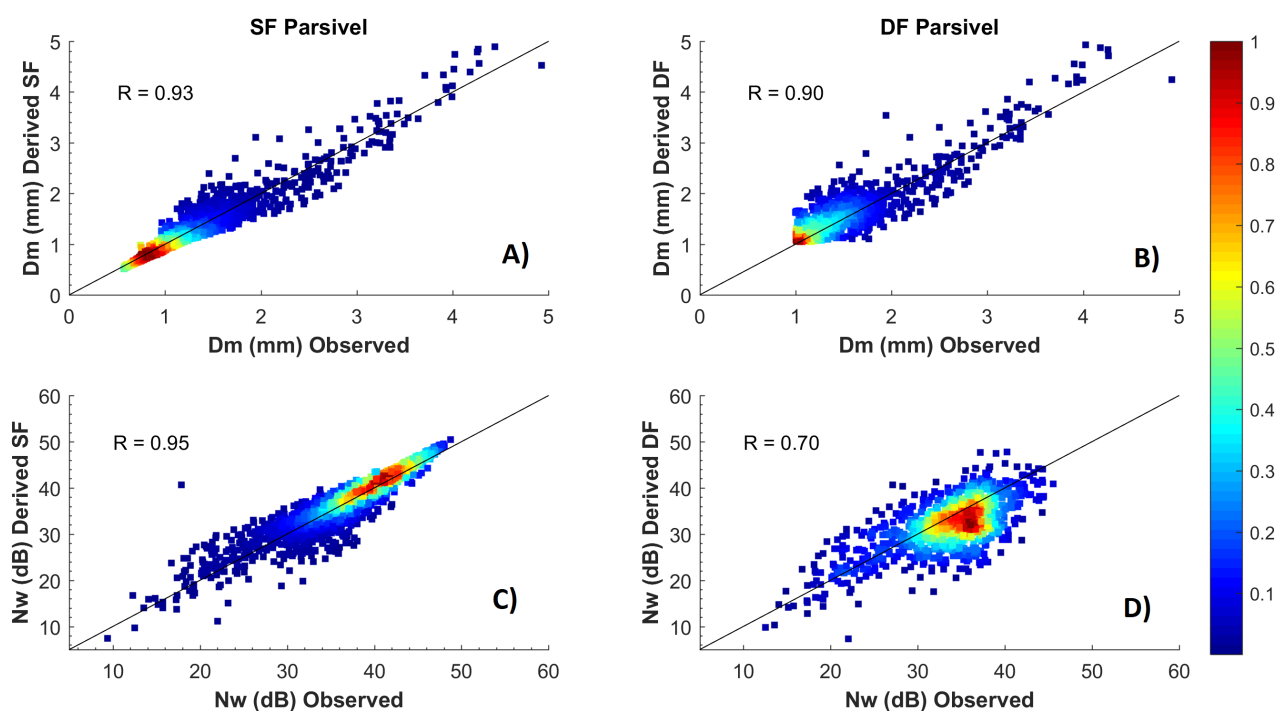


Figura 2. Correlación entre los parámetros DSD observados y derivados del disdrómetro, usando el algoritmo SF (A,C) y el algoritmo DF (B,D). Los colores representan la densidad de muestras normalizada.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

La restricción del parámetro de forma (μ) tuvo mayor impacto en el algoritmo DF, esto se ve reflejado en el NRMSE global, donde obtuvo un error de 0.201 mm en comparación al algoritmo SF, que tuvo 0.167 mm. También, se encontró que el mayor error causado por μ está asociado a las gotas medianas (entre 1 y 3 mm). El NRMSE calculado para el parámetro Nw, asociado a las gotas medianas, indica que el error de μ está relacionado principalmente a las gotas con diámetro entre 2 y 3 mm para el algoritmo SF y entre 1 y 3 mm para el algoritmo DF. El incremento del error en 7 % en el intervalo de 1 a 2 mm, cuando se compararon ambos métodos, sugiere que el algoritmo DF es más sensible a las variaciones de μ .

REFERENCIAS

Adhikari, Nanda y Iguchi, Toshio. (2006). *Effect of Raindrop Size Distribution Variability in Dual-Frequency Radar Rain Retrieval Algorithms Assessed From Disdrometer Measurements*. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE. 3. 197 - 201.

Chang, N.B. y Hong, Y. (2012). *Multiscale Hydrologic Remote Sensing: Perspectives and Applications (1st Ed.)*. Boca Raton: CRC Press.

Harikumar, R. (2016). *Orographic effect on tropical rain physics in the Asian monsoon region*. Atmospheric Science Letters, 17(10), 556–563.

Mishchenko, M. y Travis, L. (1998). *Capabilities and limitations of a current FORTRAN implementation of the T-matrix method for randomly oriented, rotationally symmetric scatterers*. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 60(3), 8–9.

Silva, Y., Takahashi, K., Cruz, N., Trasmonte Soto, G. L., Mosquera, K., Nickl, E., Lagos, P. (2006). *Variability and Climate Change in the Mantaro River Basin, Central Peruvian Andes*. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz Do Iguaçu, Brazil, (INPE), 407–419.

Tokay, A., Wolff, D. B., y Petersen, W. A. (2014). *Evaluation of the new version of the laser optical disdrometer, OTT parsivel*. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 31(6), 1276–1288.