

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS DE LLUVIA INTENSA EN EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO, VALLE DEL MANTARO

José Luis Flores Rojas¹

RESUMEN

En el presente artículo de divulgación presentamos un análisis de los procesos de identificación de eventos de lluvia intensa sobre el observatorio de Huancayo, localizado en el valle del río Mantaro, durante diferentes períodos estacionales y, también, analizamos la posible influencia de los eventos El Niño y La Niña, cuantificados por el Índice El Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), sobre el número de eventos de lluvia intensa identificados durante el período de julio de 2012 a julio del 2020 mediante el uso de datos pluviométricos y del radar MIRA-35C. Durante este periodo ocurrieron eventos El Niño entre los años 2014, 2015 y 2018 y eventos de La Niña durante los años 2016, 2017 y 2020.

El artículo científico original se encuentra en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105188>

Palabras clave: *El Niño, La Niña, lluvias intensas, tormentas, valle del Mantaro y radar.*

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Citar como: Flores, J., Moya, A., Valdivia, J., Piñas, M., Kumar, S., Abi, H., Villalobos, E., Martínez- Castro, D., Silva, Y. (2020). Identificación de eventos de lluvia intensa en el observatorio de Huancayo, valle del Mantaro. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N° 05. pág. 4 - 13

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de lluvias intensas, fuertes ráfagas de viento y, algunas veces, granizo y relámpagos en la superficie están asociados con procesos convectivos intensos y profundos que convierten el vapor de agua en agua sólida y líquida. Muchas de las principales características de la lluvia convectiva están influenciadas por cadenas montañosas como la cordillera de los Andes (Banta, 1991; Barry, 1992).

El *jet* de niveles bajos sudamericanos fluye frecuentemente en la región amazónica, sobre el lado este de la cordillera de los Andes (Marengo et al., 2004), y transporta grandes cantidades de vapor de agua al centro y sur de Sudamérica (Salio et al., 2002). Además, se ha demostrado que la convección y precipitación de la tarde y la noche sobre los Andes centrales están relacionadas con la intensificación de vientos térmicos ascendentes que transportan la humedad a grandes alturas, principalmente, a través de las quebradas ubicadas en ambos lados de la cordillera de los Andes, debido al calentamiento diurno masivo sobre las laderas y mesetas de las montañas (Egger et al., 2005).

Otra circulación importante, relacionada con la ocurrencia de lluvias en los Andes centrales, es el sistema denominado “alta de Bolivia” (AB), que se forma sobre América del Sur durante el verano austral (diciembre-marzo) (Virji, 1981) en los niveles superiores de la atmósfera (200 hPa - 300 hPa). El ramo norte del sistema AB se ha asociado con el transporte de humedad de niveles medios, desde la cuenca del Amazonas a los Andes centrales, lo que intensifica la convección en altitudes elevadas (Garreaud et al., 2003).

En los Andes centrales se ha mostrado que los eventos de lluvia intensa se pueden separar en dos grupos: el primero está asociado a las circulaciones del oeste (CO) en los niveles medio y alto de la atmósfera, generados por el debilitamiento y desplazamiento hacia el este del sistema AB (Flores-Rojas et al., 2019; Villalobos-Puma et al., 2020), y el segundo está asociado a las circulaciones del este (CE), también en los niveles medio y alto de la atmósfera, generados por la intensificación del sistema AB en la Amazonía (Flores-Rojas et al., 2020). Los resultados observados y simulados mostraron que los sistemas convectivos de eventos con CO son más extensos y profundos que los eventos con CE.

En la cuenca del río Mantaro se han identificado eventos de lluvia intensa que ocurren, principalmente, entre la primavera (septiembre-noviembre) y el verano (diciembre-marzo), con algunos casos esporádicos en abril y agosto. Además, se ha identificado que la duración del periodo lluvioso en la cuenca del río Mantaro está modulada más por las fechas iniciales que por las fechas finales, debido a su mayor variabilidad. También se ha identificado que el fenómeno El Niño favorece el inicio tardío y el final temprano de la temporada de lluvias, en tanto La Niña favorece el inicio temprano y el final tardío de la temporada de lluvias (Giráldez et al., 2020).

En el presente artículo de divulgación presentamos un análisis de los procesos de identificación de eventos de lluvia intensa sobre el observatorio de Huancayo (valle del Mantaro) en diferentes períodos estacionales y, también, analizamos la posible influencia de los eventos El Niño y La Niña, cuantificados por el Índice ONI, sobre el número de eventos de lluvia intensa. Se han identificado los eventos de lluvia más intensos sobre el observatorio de Huancayo en el período de agosto 2012 hasta junio 2020, mediante el uso de datos pluviométricos y del radar MIRA-35C.

DATOS Y METODOLOGÍA

Todos los datos utilizados en el artículo fueron obtenidos con los pluviómetros automáticos de balanza del laboratorio de microfísica y radiación (LAMAR), ubicado en el observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú (12.05°S, 75.32°W, 3313 m s.n.m.), el cual está dentro de la cuenca del río Mantaro. Esta cuenca se ubica en los Andes centrales del Perú (10° 34'-13° 35'S, 73° 55'-76° 40'W), formando un área cercana a los 34 550 km². Las altitudes en la cuenca del Mantaro oscilan entre los 500 y los 5350 m s.n.m., y su altitud promedio es de 3800 m s.n.m. (panel izquierdo de la Figura 1).

Para verificar la ocurrencia de eventos de lluvia intensa en el observatorio de Huancayo a través del análisis de reflectividad y velocidades verticales del viento, se usaron datos obtenidos del Radar Meteorológico Compacto de Nubes de Banda Ka (MIRA-35c). El radar MIRA-35c permite detectar nubes y nieblas atmosféricas a través de un radar Doppler de banda Ka con una alta sensibilidad, el cual tiene la capacidad de detectar espectros Doppler de reflectividad y la relación de despolarización lineal. Se utilizó una resolución de alcance de 32 m, una resolución temporal de 5.3 s y una apertura angular igual a 0.6°.

Por otro lado, el ONI (del inglés Oceanic Niño Index) es un índice que se calcula aplicando una media corrida de tres meses a la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W -170°W), la cual se localiza en el Pacífico central, que luego se compara con un periodo base de 30 años, actualizado cada cinco años. El ONI se utiliza para monitorear el desarrollo de El Niño o La Niña y sus períodos cálidos y fríos están basados en un umbral de +/- 0.5°C, tal como se observa en el panel inferior de la Figura 2, que va del año 2000 hasta el 2020. Durante el período 2012-2020, ocurrieron eventos de El Niño entre los años 2014, 2015 y 2018 y eventos de La Niña durante los años 2016, 2017 y 2020.

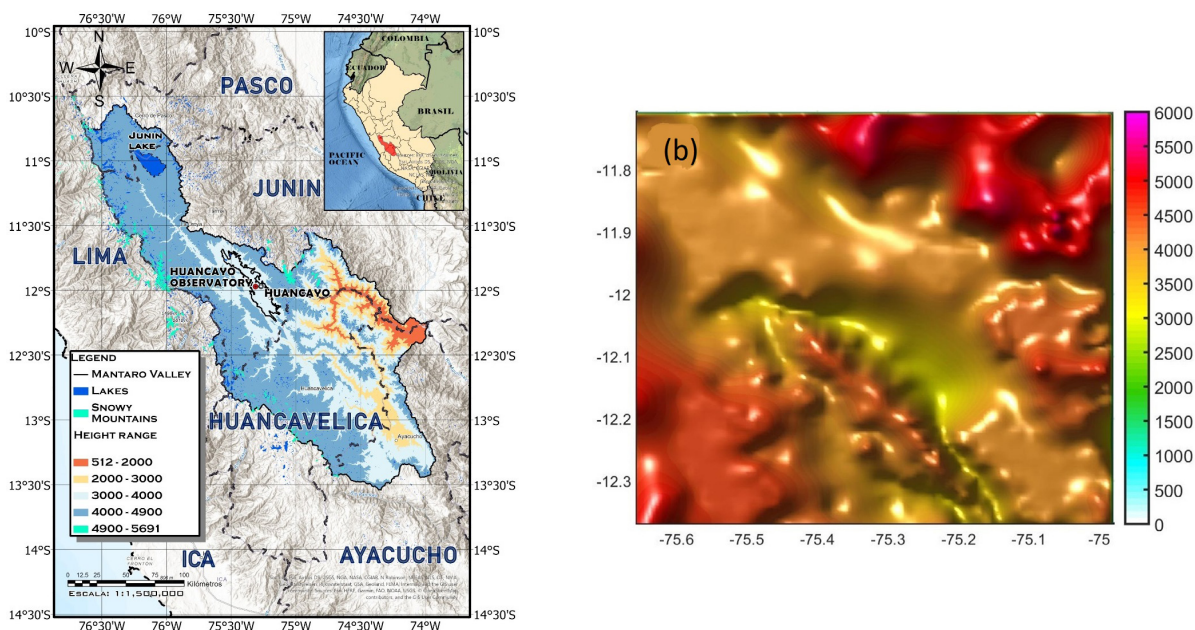


Figura 1. (Izquierda) El área de la cuenca del río Mantaro y la ubicación de la estación meteorológica en el observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú (12.05°S, 75.3°W, 3313 m s.n.m.). (Derecha) Topografía del valle del río Mantaro. La escala de colores indica los niveles de altitud sobre el nivel del mar.

RESULTADOS

DATOS OBSERVADOS

Para el presente estudio identificamos un total de 197 eventos de precipitaciones intensas acumuladas horarias (mm h^{-1}) entre julio del 2012 hasta julio del 2020, utilizando pluviómetros convencionales instalados en el observatorio de Huancayo. Los eventos de lluvia intensa fueron seleccionados considerando valores acumulados horarios de precipitación que excedan el valor medio más la desviación estándar climatológica de cada mes (panel izquierdo de la Figura 2). El ciclo diurno y el ciclo estacional de la precipitación sobre el observatorio de Huancayo muestran que la mayor cantidad de precipitación ocurre entre septiembre y abril, y entre las 14:00 y 22:00, hora local, con algunos eventos de precipitación intensa entre la 01:00 y 03:00, hora local, (panel derecho de la Figura 2). El análisis estadístico con diagramas de caja (boxplot) donde se muestra la mediana, los valores mínimos, máximos y valores atípicos de precipitación acumulada horaria (mm h^{-1}), durante el periodo enero 2016- julio 2020 (Figura 3), permitió identificar un total de 23 eventos de precipitación intensa en el período lluvioso 2012-2013, 25 en el periodo 2013-2014, 29 en el período 2014-2015, 31 en el periodo 2015-2016, 29 en el periodo 2016-2017, 25 en el periodo 2017-2018, 25 en el período 2018-2019 y 10 en el periodo 2019-2020 (Tabla 1).

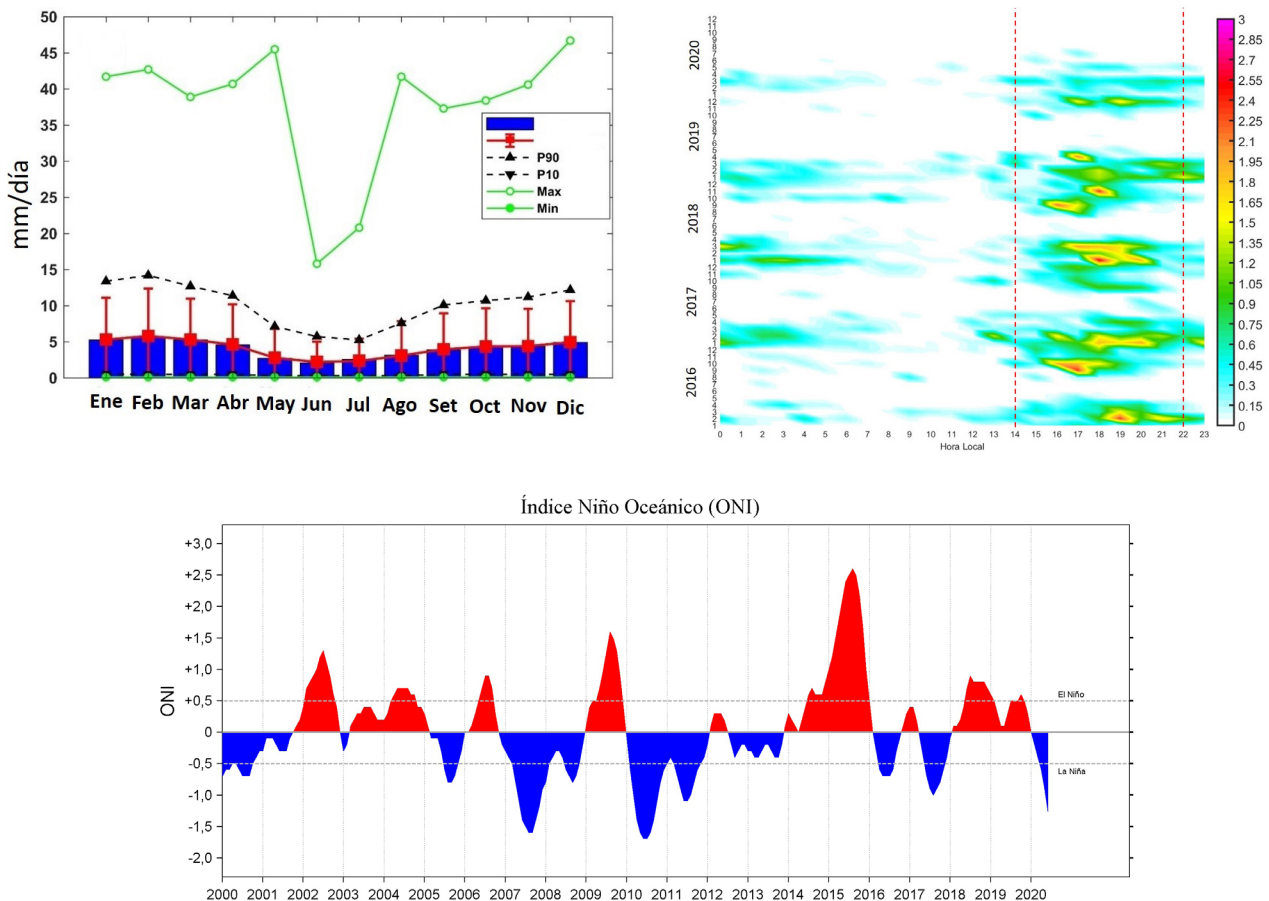


Figura 2. (Izquierda) Variación mensual de la climatología de la precipitación acumulada diaria entre los años 1965 y 2013. Se muestran los valores medios, las desviaciones estándar, el percentil 10, el percentil 90 y los valores máximos. (Derecha) Ciclo diurno y estacional de la precipitación media horaria para los años 2016, 2017, 2018 y 2020. Los datos fueron obtenidos sobre el observatorio de Huancayo (12°S , 75.3°W). (Abajo) Serie temporal del índice ONI desde el año 2000 hasta el año 2020.

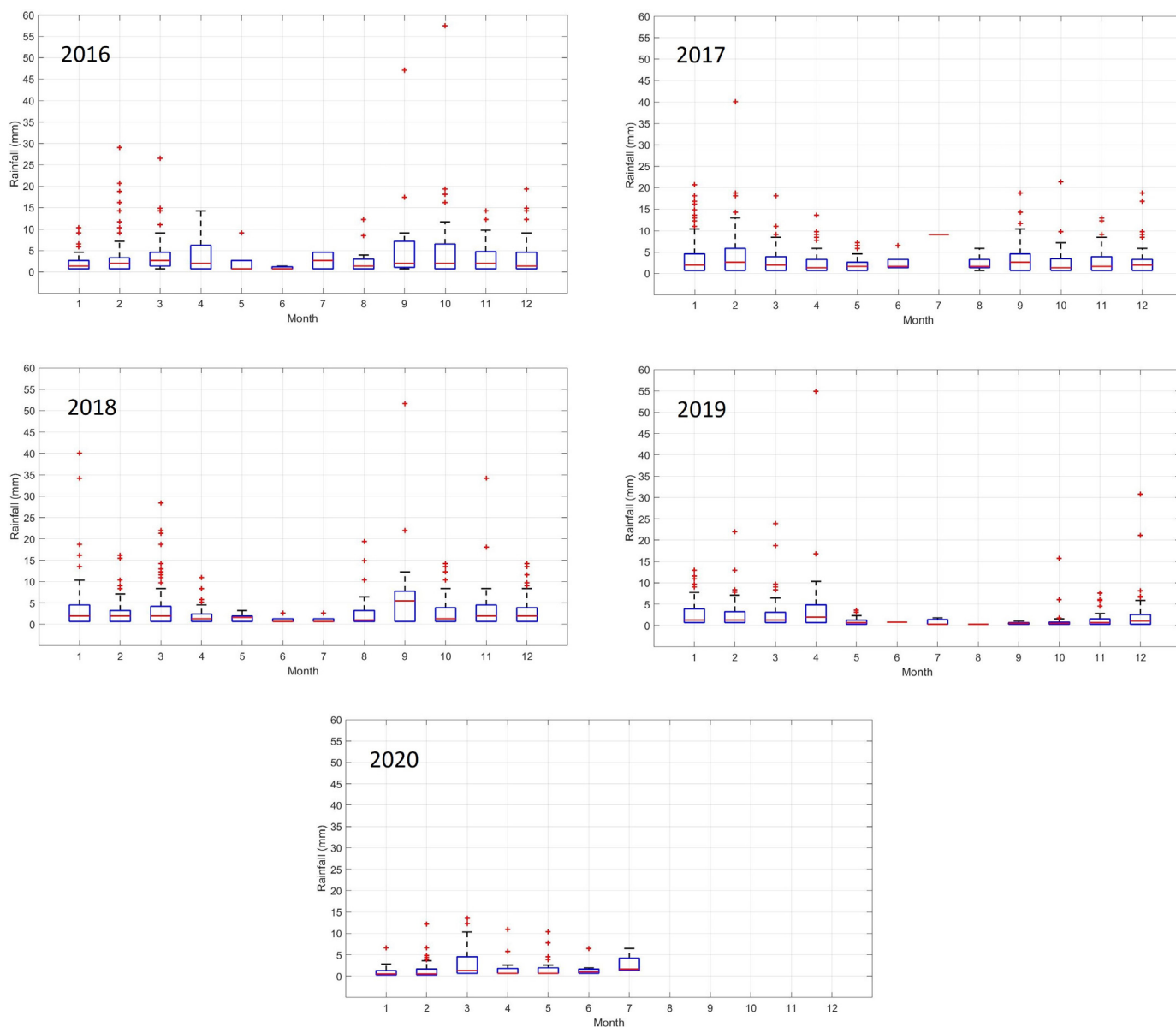


Figura 3. Análisis estadístico con diagramas de caja (boxplot) donde se muestra la mediana, los valores mínimos, máximos y valores atípicos de precipitación acumulada horaria (mm h⁻¹) para los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 observados en el observatorio de Huancayo (12°S,75.3°W).

Además, utilizando el radar MIRA 35C fue posible estimar la máxima reflectividad (dBz) y las velocidades verticales generadas durante algunos de los eventos de lluvia intensa entre enero 2018 y julio 2020. Luego, separamos estos eventos de lluvia de acuerdo con las circulaciones de viento de nivel superior (200-300 hPa) e identificamos 15 eventos de lluvia, caracterizados por el desplazamiento hacia el sureste y el debilitamiento del sistema AB, así como una fuerte intrusión de vientos del oeste que llamamos eventos con circulaciones del oeste (CO) (Tabla 3). Por otro lado, identificamos 24 eventos de lluvia caracterizados por la intensificación del sistema AB, generando circulaciones provenientes del este que denominamos eventos con circulación del este (CE) (Tabla 3).

También, se muestran los períodos cálidos (rojos) y fríos (azul) basados en un umbral de ± 0.5 °C del ONI para los años 2012 y 2020. Los valores muestran la presencia de un evento El Niño muy intenso entre los periodos 2014-2015 y 2015-2016, lo cual coincide con la mayor cantidad de eventos de lluvia intensa (32 y 35, respectivamente); registrados en el valle del Mantaro. Además, se observó un predominio de anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en los

periodos lluviosos: 2016-2017 y 2017-2018 con un número de eventos de lluvia intensa iguales a 26 y 24, respectivamente. Durante el periodo 2018-2019 se presentó también un evento El Niño de baja intensidad y se identificaron 26 eventos de lluvia intensa. Por otro lado, en el periodo 2019-2020 hubo un periodo de transición de anomalías positivas hacia anomalías negativas que llegó hasta un evento La Niña durante los primeros meses del 2020 (Tabla 2). Al parecer, los eventos El Niño pueden tener una influencia en el aumento de los eventos de lluvia intensa ocurridos en el valle del Mantaro, así como los eventos de La Niña podrían influir en la disminución de eventos de lluvia intensa, tal como influye en la duración del periodo lluvioso en los Andes centrales del Perú (Giráldez et al., 2020).

Tabla 1. Horas de lluvias intensas contabilizadas durante los periodos lluviosos entre los años 2012-2020

Periodo	Horas de lluvias intensas
2012-2013	23
2013-2014	25
2014-2015	32
2015-2016	35
2016-2017	26
2017-2018	24
2018-2019	26
2019-2020	10

Tabla 2. Periodos cálidos (rojos) y fríos (azul) basados en un umbral de +/- 0.5 °C para el Índice de Niño Oceánico (ONI) [media móvil de 3 meses de anomalías ERSST.v5 SST en la región del Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W -170°W)], basado en periodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años.

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1	0.5	0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.6	0.5	0.3	0	-0.2	-0.4					

Para analizar los eventos durante los años 2018, 2019 y 2020, la Tabla 3 muestra las lluvias intensas identificadas con CO. Los eventos de precipitación con máxima intensidad fueron los eventos CO3 (51.6 mm h⁻¹) y CO11 (30.7 mm h⁻¹). Desafortunadamente, no se tienen datos de reflectividad del MIRA-35C para estos eventos debido a problemas técnicos. De igual forma, la Tabla 4 muestra todos los eventos de lluvia intensa identificados con CE. Los eventos de precipitación con máxima intensidad fueron los eventos CE1 (40.0 mm h⁻¹) y CE22 (54.8 mm h⁻¹). Los valores mínimos de velocidad vertical fueron -11 m s⁻¹ para el evento CQE1 y -12 m s⁻¹ para el evento CE22. Los valores máximos de reflectividad para ambos eventos fueron 40 dBz y 35 dBz, respectivamente.

Tabla. 3. Eventos de lluvia para eventos de circulación del oeste (CO). Identificamos quince (15) eventos entre los años 2018 y 2020. Se muestra la hora de máxima intensidad de precipitación la precipitación acumulada horaria (mm h⁻¹).

Año	Fecha	Hora Local	Precipitación horaria (mm h ⁻¹)	Máxima Reflectividad (dBZ)	Mínima velocidad vertical (m s ⁻¹)
2018	01/08 (CO1)	17	14.8	38	-7
	03/08 (CO2)	17	19.4	35	-12
	15/09 (CO3)	16	51.6	°	°
	24/09 (CO4)	17	21.9	38	-9
	29/09 (CO5)	17	12.3	36	-10
	07/10 (CO6)	8	12.3	32	-8
2019	25/02 (CO7)	16	21.9	35	-10
	10/04 (CO8)	14	16.8	36	-12
	06/10 (CO9)	15	15.8	33	-11
	26/12 (CO10)	19	21.1	°	°
	28/12 (CO11)	17	30.7	°	°
2020	09/03 (CO12)	17	13.6	34	-8
	18/04 (CO13)	1	11	35	-9
	15/05 (CO14)	19	10.3	30	-6
	05/06 (CO15)	15	6.5	28	-5

Tabla. 4. Eventos de lluvia para eventos de circulación del este (CE). Identificamos quince (16) eventos entre los años 2018 y 2020. Se muestra la hora de máxima intensidad de precipitación la precipitación acumulada horaria (mm h^{-1}).

Año	Fecha	Hora Local	Precipitación horaria (mm h^{-1})	Máxima Reflectividad (dBZ)	Mínima velocidad vertical (m s^{-1})
2018	11/01 (CE1)	18	40	35	-11
	17/01 (CE2)	3	29.7	32	-6
	17/01 (CE3)	20	34.2	°	°
	18/01 (CE4)	3	13.6	28	-4
	17/02 (CE5)	19	16.1	33	-10
	26/02 (CE6)	19	15.5	38	-6
	05/03 (CE7)	17	12.9	25	-5
	11/03 (CE8)	0	28.4	34	-8
	17/03 (CE9)	18	21.9	33	-6
	28/03 (CE10)	19	21.3	31	-5
	14/10 (CE11)	1	13.6	°	°
	25/10 (CE12)	16	27.8	32	-7
	15/11 (CE13)	18	34.2	36	-8
	21/11 (CE14)	18	18.1	°	°
	17/12 (CE15)	1	27.8	30	-4
2019	23/01 (CE16)	22	12.9	35	-9
	27/01 (CE17)	13	12.9	°	°
	28/01 (CE18)	17	24.5	34	-12
	02/02 (CE19)	18	12.9	°	°
	07/03 (CE20)	14	18.7	40	-12
	11/03 (CE21)	8	23.9	32	-8
	17/04 (CE22)	17	54.8	38	-12
2020	14/02 (CE23)	17	12.2	25	-5
	13/03 (CE24)	21	24.6	30	-7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del presente estudio es describir el método utilizado para identificar eventos de lluvia intensa a escala horaria (mm h^{-1}) que ocurrieron sobre el observatorio de Huancayo entre julio del 2012 y julio del 2020. Debemos enfatizar que todos los resultados presentados aquí están basados en muestras de datos in situ de pluviómetros y del radar MIRA-35C, instalados en el observatorio de Huancayo. De acuerdo a estas consideraciones concluimos lo siguiente:

El ciclo diurno y el ciclo estacional de la precipitación sobre el observatorio de Huancayo muestran que la mayor cantidad de precipitación ocurre entre septiembre y abril y entre las 14 y las 22h, hora local, con algunos eventos de precipitación intensa alrededor de la 01 y 03 h. El análisis estadístico de los eventos de precipitación intensa permitió identificar un total de 23 eventos en el período lluvioso 2012-2013, 25 en el periodo 2013-2014, 29 en el período 2014-2015, 31 en el periodo 2015-2016, 29 en el periodo 2016-2017, 25 en el periodo 2017-2018, 25 en el período 2018-2019 y 10 en el periodo 2019-2020.

De acuerdo con el análisis de las anomalías de temperatura superficial del mar cuantificados por el índice ONI, los eventos El Niño, podrían tener una influencia en el aumento de la cantidad de eventos de lluvia intensa ocurridos en el valle del Mantaro, así como los eventos de La Niña podrían influir en la disminución de la cantidad de eventos de lluvia intensa, tal como influye en la duración del periodo lluvioso en los Andes centrales del Perú (Giráldez et al., 2020). Sin embargo, es necesario cuantificar esta influencia mediante el análisis de eventos de lluvia intensa para un mayor número de periodos lluviosos en los Andes centrales del Perú.

REFERENCIAS

Banta R.M. (1990) The Role of Mountain Flows in Making Clouds. In: Blumen W. (eds) *Atmospheric Processes over Complex Terrain*. Meteorological Monographs, vol 23. American Meteorological Society, Boston, MA.

Barry, R. (1992). *Mountain weather and climate*. London: Routledge.

Egger, J., Blacutt, L., Ghezzi, F., Heinrich, R., Kolb, P., Lämmlein, S., and Zaratti, F. (2005). *Diurnal Circulation of the Bolivian Altiplano*. Part I: Observations. *Monthly Weather Review*, 133(4): 911-934.

Flores-Rojas, J.L., Moya-Álvarez, A.S., Valdivia-Prado, J.M., Piñas-Laura, M.; Shailendra Kumar; Hugo Abi Karam ;.... and Yamina Silva. (2020). *On the dynamic mechanisms of intense rainfall events in the central Andes of Peru, Mantaro valley*. *Atmospheric Research*, 248, 105188.

Flores-Rojas, J.L., Moya-Alvarez, A.S., Kumar, S., Martínez-Castro, D., Villalobos-Puma, E., Silva-Vidal, Y. (2019). *Analysis of Possible Triggering Mechanisms of Severe Thunderstorms in the Tropical Central Andes of Peru, Mantaro Valley*. *Atmosphere*, 10 (6): 301-331.

Garreaud, R.D., Vuille, M., Clement, A.C. (2003). *The climate of the Altiplano: Observed and current conditions and mechanisms of past changes*. *Palaeogeogr. Paleoclimatol. Palaeoecol.*, 194 (1-3): 5-22.

Giráldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., Sulca, J. (2020). *Change of the rainfall seasonality over Central Peruvian Andes: onset, and duration and its relationship with large-scale atmospheric circulation*. *Climate*, 8 (2): 23 – 45.

Marengo, J.A., Soares, W.R., Saulo, C., Nicolini, M. (2004). *Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP–NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability*. *Journal of Climate*, 17 (12): 2261-2280.

Salio, P.; Nicolini, M.; Saulo, A.C. (2002). *Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season*. *Journal of Geophysical Research*, 17 (12): 2261 2280.

Villalobos-Puma, E. and Martinez-Castro, D. and Flores-Rojas, J.L.; Saavedra, M.; Silva Vidal, Y. (2020). *Diurnal Cycle of Raindrops Size Distribution in a Valley of the Peruvian Central Andes*. *Atmosphere*, 11 (1): 38 – 59.

Virji, H. (1981). *A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds*. *Monthly Weather Review*, 109 (3): 599-612.