

DESEMPEÑO DEL SISTEMA NASA/POWER PARA ESTIMAR LAS PRECIPITACIONES Y APOYAR EN LA TOMA DE DECISIONES PARA USO DEL RIEGO EN URUGUAY

Marcos Valle Bueno¹, Federico Campos², Matias Oxley³, Alvaro Roel⁴, Lessandro Faria⁵, Gustavo Lima⁶

RESUMO: Los datos de precipitación de NASA/POWER, derivados de modelos y satélites, se utilizan ampliamente para análisis climáticos y ambientales, especialmente en regiones con escasez de estaciones meteorológicas. Sin embargo, al compararlos con los datos de observación de estaciones meteorológicas se pueden producir discrepancias debido a limitaciones en la resolución espacial, la interpolación y las estimaciones indirectas. Los estudios demuestran que la precisión de NASA/POWER varía según la ubicación y la topografía, siendo generalmente confiable para las tendencias climáticas. Por lo tanto, se recomienda la calibración con datos de estaciones locales para aplicaciones más precisas. Así, este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño del proyecto NASA/POWER en la estimación anual de datos de lluvia en dos puntos en Uruguay. Para eso, se utilizaron 2 estaciones meteorológicas del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) del Uruguay distribuidas por todo el territorio uruguayo para comparar con los datos proporcionados por el proyecto NASA/POWER en el mismo lugar que las estaciones del INIA. Para ello se consideraron 11 años de datos (2013 a 2024) de precipitación diaria y el promedio de cada tres días. Para evaluar el desempeño del proyecto NASA/POWER se hizo regresión lineal y el coeficiente de correlación de Pearson (R). Para la frecuencia diaria, la correlación es generalmente más débil, con muchos períodos mostrando R más bajo, y para la frecuencia cada tres días, la correlación tiende a ser más fuerte, lo que indica que agregar datos en períodos de tres días puede mejorar la relación entre los datos de NASA/POWER y los datos de campo. En general, la correlación es más fuerte cuando los datos se agregan en períodos de tres días, lo que sugiere que esta frecuencia puede ser más adecuada para el análisis comparativo.

PALABRAS CLAVE: precipitaciones en Uruguay, estimación de precipitaciones, análisis climático

¹Profesor doutor em recursos hídricos, Universidad Tecnológica del Uruguay, Durazno, Uruguay, marcos.valle@utec.edu.uy

²Agronomo, Universidad de la Republica, Treinta y tres, Uruguay, federico.campos@utec.edu.uy

³Tecnico, INIA, Treinta y tres, Uruguay, aoxley@inia.org.uy

⁴Investigador, INIA, Treinta y tres, Uruguay, aroel@inia.org.uy

⁵Professor doutor UFPel, Pelotas, RS, lessandro.faria@ufpel.edu.br

⁶Doutorando em recursos hídricos, UFPel, Pelotas, RS, gu_poa@hotmail.com

PERFORMANCE OF THE NASA/POWER SYSTEM TO ESTIMATE PRECIPITATION AND SUPPORT DECISION MAKING FOR USE OF THE RIEGO IN URUGUAY

ABSTRACT: NASA/POWER precipitation data, derived from models and satellites, is widely used for climate and environmental analysis, especially in regions with a shortage of weather stations. However, comparing them with meteorological station observation data may produce discrepancies due to limitations in spatial resolution, interpolation and indirect estimations. The studies demonstrate that NASA/POWER accuracy varies depending on location and topography, being generally reliable for climate trends. Therefore, calibration with local station data is recommended for more precise applications. Therefore, this study aims to evaluate the performance of the NASA/POWER project in the annual estimation of rain data in Uruguay. For this purpose, 2 INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) meteorological stations from Uruguay distributed throughout the Uruguayan territory will be used to compare with the data provided by the NASA/POWER project in the same place as the INIA stations. For this, 11 years of data (2013 to 2024) of daily precipitation and the average of every three days will be considered. To evaluate the performance of the NASA/POWER project, linear regression and the Pearson correlation coefficient (R) were used. For daily frequency, the correlation is generally weaker, with many periods showing lower R , and for frequency every three days, the correlation tends to be stronger, which indicates that aggregating data over periods of three days can improve the relationship between NASA/POWER data and field data. In general, the correlation is stronger when the data is aggregated over periods of three days, which suggests that this frequency can be more suitable for comparative analysis.

KEYWORDS: rainfall in Uruguay, rainfall estimation, climate analysis

INTRODUCCIÓN

El riego es un factor clave en la producción agrícola, especialmente en regiones donde la precipitación es variable y los períodos de sequía pueden afectar el rendimiento de los cultivos. En Uruguay, si bien el régimen de lluvias suele ser suficiente para la producción agrícola en la mayor parte del territorio, la variabilidad

climática y eventos extremos, como sequías prolongadas, han aumentado la necesidad de optimizar el uso del agua mediante estrategias de riego más eficientes (CASTAÑO et al., 2021).

El monitoreo y análisis de la precipitación son esenciales para múltiples disciplinas, incluyendo la gestión de recursos hídricos, la agricultura, la planificación urbana y el estudio del cambio climático. Para obtener información precisa sobre la lluvia, los científicos y profesionales suelen recurrir a dos fuentes principales de datos: las observaciones in situ de estaciones meteorológicas y las estimaciones satelitales, como las proporcionadas por el sistema NASA/POWER (Prediction Of Worldwide Energy Resources).

Las estaciones meteorológicas ofrecen mediciones directas de precipitación en puntos geográficos específicos, con alta precisión y resolución temporal. Sin embargo, su distribución es desigual, con una mayor concentración en zonas urbanas y desarrolladas, y menor cobertura en regiones remotas o con difícil acceso (SMITH et al., 2019). Además, factores como fallos en los instrumentos, mantenimientos irregulares y variaciones locales pueden afectar la calidad y continuidad de los datos.

Por otro lado, los datos satelitales de NASA/POWER permiten una cobertura global y continua de la precipitación, facilitando el análisis de tendencias climáticas en escalas espaciales amplias (STACKHOUSE et al., 2018). NASA/ POWER se basa en modelos de reanálisis y observaciones satelitales para generar estimaciones meteorológicas, lo que lo convierte en una herramienta valiosa en regiones donde las estaciones meteorológicas son escasas o inexistentes (WHITEHEAD et al., 2020). Sin embargo, estos datos pueden presentar limitaciones en la resolución espacial y en la estimación de eventos extremos, como lluvias intensas de corta duración.

La combinación de datos de NASA/POWER con registros de estaciones meteorológicas puede mejorar significativamente la calidad de la información sobre la precipitación. El presente estudio tiene como objetivo analizar la integración de datos anuales de precipitación provenientes del sistema NASA/POWER y estaciones meteorológicas locales para optimizar la gestión del riego agrícola en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para atinir el objetivo se eligió dos regiones agroclimáticas de Uruguay con diferentes características en cuanto a régimen de precipitaciones y uso del riego: Treinta y Tres y La Estanzuela (Colonia del Sacramento). Treinta y Tres es una zona representativa de la producción arrocerá en el noreste del país, donde el riego por inundación es un factor clave para la productividad. La Estanzuela, en el suroeste del país, es un área de producción agrícola mixta, con énfasis en cultivos extensivos como soja, maíz y trigo, donde el riego suplementario es utilizado para mitigar déficits hídricos en períodos críticos del ciclo de los cultivos.

Para la recopilación de datos, se extraerán registros de precipitación diaria y acumulada del sistema NASA/POWER, disponible en su plataforma oficial (<https://power.larc.nasa.gov>). En paralelo, se obtendrán registros de precipitación de estaciones meteorológicas obtenidos de bases de datos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), estación Treinta y tres (TyT) y La Estanzuela (LE). Se estableció una serie temporal de 11 años (2013-2024), y el periodo fue de noviembre a abril de cada año, con el propósito de identificar patrones climáticos y su variabilidad interanual en ambas regiones

El análisis de datos contemplará una evaluación comparativa de las series temporales de precipitación entre NASA/POWER y las estaciones meteorológicas locales en Treinta y Tres y La Estanzuela. Se calcularán métricas estadísticas de desempeño, incluyendo la regresión lineal y el coeficiente de correlación de Pearson (r) para evaluar la relación entre ambas fuentes de datos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Las Figuras 1 y 2 contienen la comparación entre las observaciones de precipitación a escala diaria y el agregado de tres días, respectivamente, de las estaciones meteorológicas del INIA Treinta y Tres (TyT) y La Estanzuela (LE), y las estimaciones realizadas por el proyecto NASA/POWER, para cada año, junto con la tabla 1, el análisis de datos revela que la correlación entre los datos de campo y los datos de NASA/POWER varía significativamente entre períodos y frecuencias de muestreo.

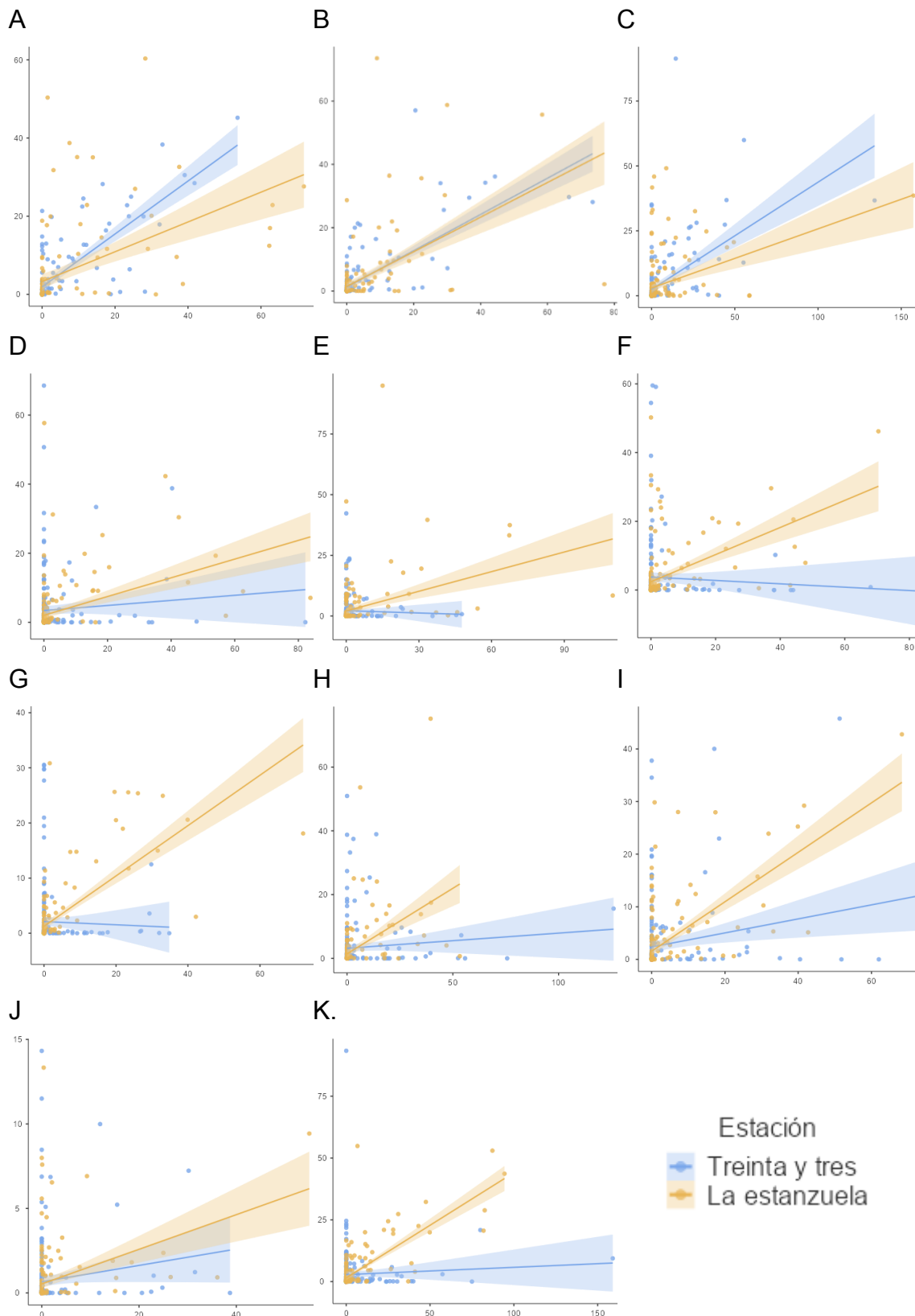


Figura1–Regresión lineal diaria para los años13/14(A), 14/15(B), 15/16(C), 16/17(D), 17/18(E), 18/19(F), 19/20(G), 20/21 (H),21/22(I), 22/23(J)para las estaciones de INIA Treinta y tres y INIA La Estanzuela.Datos de la estación (X) y NASA/POWER (Y).

La estación TyT presenta una variabilidad significativa en la correlación entre los datos de campo y los datos de la NASA/POWER a lo largo de los períodos analizados. En general, la correlación es más fuerte para datos agregados cada tres días (**) en comparación con datos diarios (*) (tabla 1). Por ejemplo, en el período 2013/14, la correlación diaria es moderada ($R=0,77$), pero mejora a fuerte ($R=0,87$) con agregación. En el período 2014/15, la correlación diaria es moderada ($R=0,73$), pero aumenta a muy fuerte ($R=0,91$) con agregación. Estos resultados sugieren que la agregación temporal es eficaz para mejorar la correlación, posiblemente debido a la reducción del ruido y a la suavización de variaciones de corto plazo (WILLMOTT & MATSUURA, 2005).

Sin embargo, en períodos como 2016/17, 2017/18 y 2018/19, la correlación diaria es muy débil o incluso negativa. Por ejemplo, en el período 2016/17, la correlación diaria es casi inexistente ($R=0,08$), y la correlación agregada es débil ($R=0,47$). En el período 2017/18, la correlación diaria es negativa ($R=-0,038$), y la correlación agregada es débil ($R=0,35$). Estos resultados indican que, en esos períodos, los datos de la NASA/POWER no son adecuados para predecir los datos de campo en la estación TyT, posiblemente debido a factores como cambios climáticos abruptos, errores sistemáticos en los datos de satélite o problemas de calidad en los datos de campo (FUNK et al., 2015).

La presencia de correlaciones negativas, aunque muy débiles, es particularmente preocupante, ya que indica una relación inversa entre los datos de campo y los datos de la NASA/POWER. Esto puede ser un indicativo de que los algoritmos de la NASA/POWER no están capturando adecuadamente la variabilidad climática local en esos períodos, o que hay problemas de sincronización temporal entre los datos de campo y los datos de satélite (LEGATES & MCCABE, 1999).

Tabla 1 - Correlación entre los datos de estaciones meteorológicas y datos de NASA/Power

Periodo	Est.	Ecuación	R	Est.	Ecuación	R
2013/14*	TyT	$y = 0.677x + 1.92$	0.77	LE	$0.3808x + 3.2914$	0.48
2013/14**	TyT	$y = 0.8104x + 3.7131$	0.87	LE	$0.7685x + 2.9448$	0.79
2014/15*	TyT	$y = 0.5725x + 1.288$	0.73	LE	$0.5469x + 1.4592$	0.52
2014/15**	TyT	$y = 0.7616x + 2.0124$	0.91	LE	$0.9536x + 0.5215$	0.95
2015/16*	TyT	$y = 0.4129x + 2.4371$	0.54	LE	$0.2276x + 2.9972$	0.38
2015/16**	TyT	$0.7863x + 1.9522$	0.89	LE	$0.4562x + 5.9599$	0.67

2016/17*	TyT	$y = 0.0735x + 3.3993$	0.08	LE	$0.2708x + 2.0448$	0.42
2016/17**	TyT	$0.4965x + 6.4547$	0.47	LE	$0.5617x + 3.2936$	0.79
2017/18*	TyT	$-0.0311x + 2.1841$	-0.04	LE	$0.2695x + 2.1127$	0.37
2017/18**	TyT	$0.3118x + 4.2135$	0.35	LE	$0.5417x + 3.0044$	0.86
2018/19*	TyT	$-0.049x + 3.7818$	-0.06	LE	$0.3943x + 2.4348$	0.48
2018/19**	TyT	$0.5689x + 5.3047$	0.62	LE	$0.7323x + 3.8799$	0.77
2019/20*	TyT	$-0.0291x + 2.1138$	-0.03	LE	$0.4566x + 1.2624$	0.70
2019/20**	TyT	$0.2222x + 4.4379$	0.28	LE	$0.4622x + 3.7652$	0.68
2020/21*	TyT	$0.0476x + 3.1519$	0.09	LE	$0.4111x + 1.4065$	0.48
2020/21**	TyT	$0.3611x + 5.1297$	0.61	LE	$0.579x + 2.6145$	0.60
2021/22*	TyT	$0.1333x + 2.3606$	0.20	LE	$0.4701x + 1.5478$	0.65
2021/22**	TyT	$0.3716x + 4.4879$	0.62	LE	$0.778x + 1.6799$	0.87
2022/23*	TyT	$0.0484x + 0.6598$	0.14	LE	$0.1723x + 0.5345$	0.42
2022/23**	TyT	$0.1436x + 1.5176$	0.36	LE	$0.1684x + 1.2092$	0.55
2023/24*	TyT	$0.0294x + 2.8219$	0.06	LE	$0.4256x + 1.5156$	0.74
2023/24**	TyT	$0.1068x + 7.2877$	0.26	LE	$0.4569x + 4.0553$	0.88

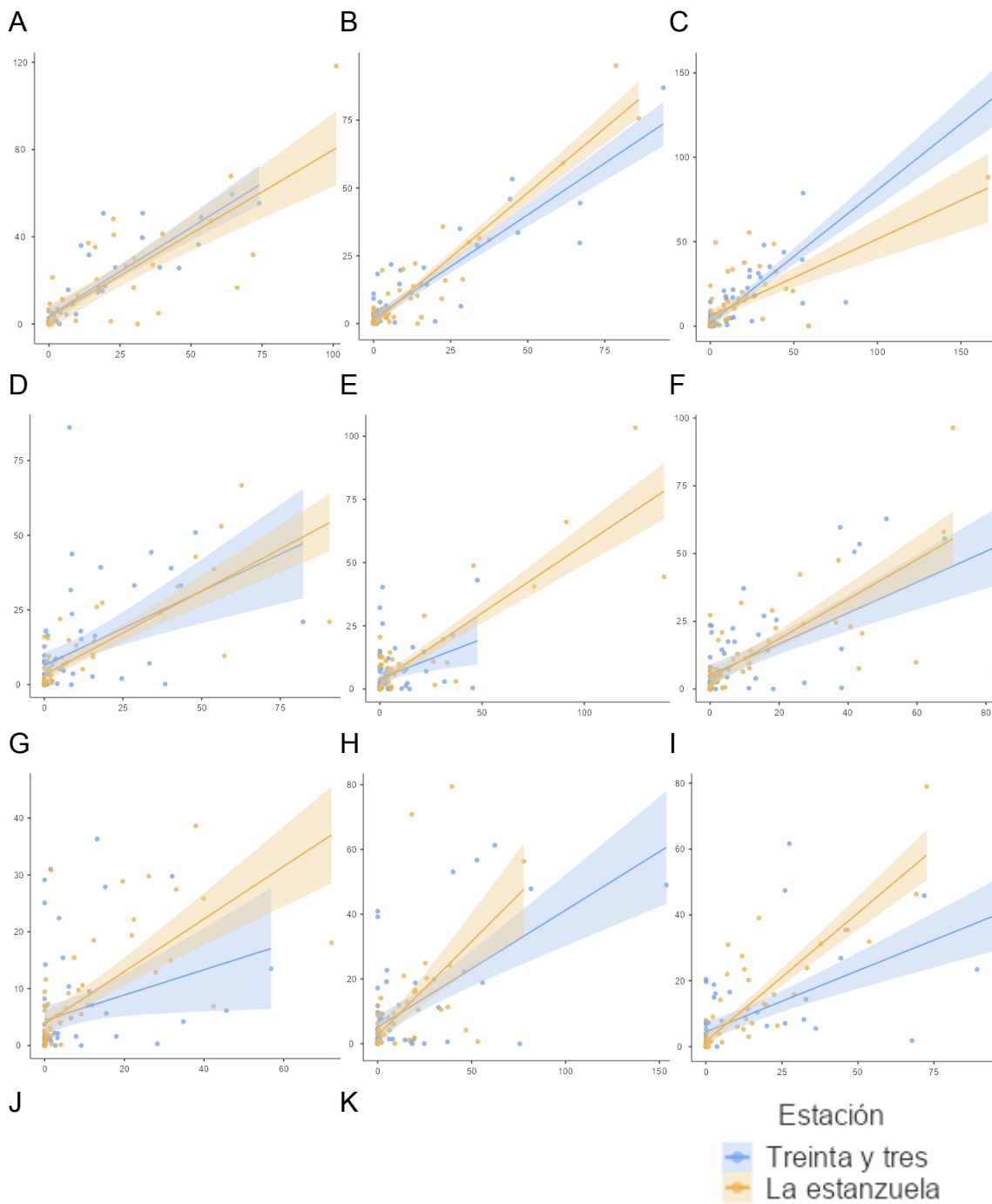
* datos diarios, ** datos del agregado de três días, EST= estación, R= correlación de Pearson (R), TyT= estación INIA Teinta y Tres, LE= estación INIA La Estanzuela

La estación LE presenta una correlación generalmente más fuerte y consistente en comparación con la estación TyT. En muchos períodos, la correlación es fuerte incluso para datos diarios. Por ejemplo, en el período 2013/14, la correlación diaria es moderada ($R=0,48$), pero mejora a fuerte ($R=0,79$) con agregación. En el período 2014/15, la correlación diaria es moderada ($R=0,52$), pero aumenta a muy fuerte ($R=0,95R$) con agregación. Estos resultados sugieren que los datos de la NASA/POWER son más confiables para la estación LE, posiblemente debido a una mejor calibración de los sensores de satélite para esa región o a una mayor consistencia en los datos de campo.

En períodos como 2016/17 y 2017/18, la correlación diaria es moderada a fuerte, y la agregación temporal mejora aún más la correlación. Por ejemplo, en el período 2016/17, la correlación diaria es moderada ($R=0,42$), y la correlación agregada es fuerte ($R=0,79$). En el período 2017/18, la correlación diaria es moderada ($R=0,37$), y la correlación agregada es muy fuerte ($R=0,86$). Estos resultados refuerzan la idea de que la agregación temporal es una estrategia eficaz para mejorar la correlación, especialmente en regiones donde los datos de satélite presentan limitaciones (LEGATES & MCCABE, 1999).

Además, la estación LE presenta una correlación más robusta en períodos recientes, como 2021/22 y 2022/23, donde la correlación agregada es muy fuerte

($R=0,87$ y $R=0,55$, respectivamente). Esto sugiere que los datos de la NASA/POWER son particularmente confiables para la estación LE en períodos más recientes, posiblemente debido a mejoras en los algoritmos de satélite o a una mayor consistencia en los datos de campo.



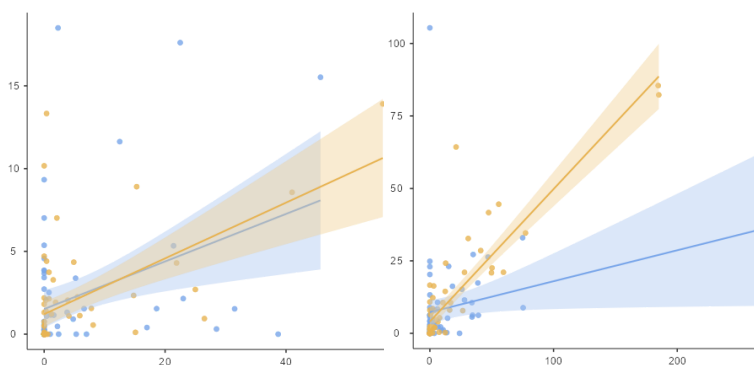


Figura 2 – Regresión lineal agregado de tres días para los años 13/14(A), 14/15(B), 15/16(C), 16/17(D), 17/18(E), 18/19(F), 19/20(G), 20/21 (H), 21/22(I), 22/23(J) para las estaciones de INIA Treinta y tres y INIA La Estanzuela. Datos de la estación (X) y NASA/POWER (Y).

El análisis revela que la correlación entre los datos de campo y los datos de la NASA/POWER varía significativamente entre las estaciones TyT y LE, así como a lo largo del tiempo. La estación LE presenta una correlación generalmente más fuerte y consistente, mientras que la estación TyT presenta una correlación más variable, con períodos de correlación muy débil o negativa. Esta diferencia puede atribuirse a factores como la calidad de los datos de campo, la calibración de los sensores de satélite y las condiciones climáticas locales.

La agregación temporal mejora la correlación en ambas estaciones, pero el impacto es más significativo para la estación TyT, donde la correlación diaria es frecuentemente débil. Esto sugiere que la agregación temporal es particularmente importante para regiones donde los datos de la NASA/POWER tienen dificultad para capturar la variabilidad climática local. La presencia de correlaciones negativas en la estación TyT, aunque muy débiles, es preocupante y puede indicar problemas de calibración de los sensores de satélite o inconsistencias en los datos de campo.

CONCLUSIÓN

Os resultados indicam que a correlação entre os dados de campo e os dados da NASA/POWER para chuva varia significativamente dependendo do período e da frequência dos dados. Em geral, a correlação é mais forte quando os dados são agregados em períodos de três dias, sugerindo que essa frequência pode ser mais adequada para análises comparativas. Para períodos com correlação muito fraca, pode ser necessário investigar outros fatores, como erros sistemáticos nos dados da

NASA/POWER ou a influência de variáveis não consideradas no modelo. Estudos futuros devem investigar as causas das variações na correlação, incluindo a influência de fatores climáticos locais e a qualidade dos dados de campo. A identificação de padrões temporais e espaciais na correlação pode fornecer insights valiosos para melhorar os algoritmos da NASA/POWER.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CASTAÑO, J., GIMÉNEZ, A., & TERRA, R. Estrategias de manejo del riego ante la variabilidad climática en Uruguay. *RevistaUruguaya de Agronomía*, 25(1), 2021, 45-58.

LEGATES, D. R., & MCCABE, G. J. Evaluating the Use of “Goodness-of-Fit” Measures in Hydrologic and Hydroclimatic Model Validation. *Water Resources Research*. 1999

SMITH, R., JONES, L., & BROWN, M. Challenges and Opportunities in Ground-Based Precipitation Measurements. *Climatic Research Journal*, 45(3), 2019, 567–582.

STACKHOUSE, P. W., WESTBERG, D., HOELL, J. M., & CHANDLER, W. S. POWER: NASA's Meteorology and Solar Energy Data Set for Energy and Agriculture. *NASA Technical Reports*. 2018

WILLMOTT, C. J., & MATSUURA, K. Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) over the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Average Model Performance. *Climate Research*. 2005

WHITEHEAD, D., MCCARTHY, P., & JONES, C. Advancements in Satellite-Derived Precipitation Data for Climate Research. *Journal of Applied Meteorology*, 59(4), 2020, 1023–1035.