

MONITOREO DE DÍAS SECOS BASADO EN DATOS DE SATÉLITE (IMERG-L) DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Miguel Saavedra¹ y Ricardo Zubieta¹

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

Palabras clave: Incendios forestales, días secos, IMERG-L, monitoreo

Citar como Saavedra, M., & Zubieta, R. (2024). Monitoreo de días secos basado en datos de satélite (IMERG-L) de alta resolución espacio-temporal. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 06, págs. 14-18.

¿Cuál es la **contribución** de esta investigación para los tomadores de decisiones?

La información del monitoreo de días secos basada en satélites puede ser útil para identificar y gestionar áreas con alto riesgo de incendios forestales en los Andes peruanos. Ante incrementos en el número acumulado de días secos (ADS), como se evidenció en noviembre de 2020, los tomadores de decisiones podrían tomar medidas preventivas, tales como la gestión de la vegetación seca y la implementación de alertas tempranas para reducir el impacto de los incendios. Además, la disponibilidad de datos en tiempo cuasireal facilita la respuesta rápida y la planificación de recursos en áreas vulnerables.

Resumen

El monitoreo del acumulado de días secos es crucial para entender el impacto del clima en la vegetación y prevenir incendios forestales en los Andes peruanos. Para el seguimiento, se utiliza el producto de precipitación en tiempo cuasireal IMERG-L, derivado de la misión Global Precipitation Measurement (GPM). Estos datos permiten calcular el acumulado de días secos (ADS) para periodos de 30 días. La metodología consistió en comparar los ADS actuales con su promedio histórico para detectar anomalías de ADS que pudieran indicar condiciones favorables para incendios. El análisis de un caso específico en noviembre de 2020 mostró que el aumento significativo en el número de incendios reportados se correlacionó con altos valores de la anomalía de ADS en la región andina. Los resultados indicaron que las regiones más afectadas presentaban un incremento

notable de días secos, particularmente en el sur de los Andes peruanos. Finalmente, la cuantificación de días secos mediante datos satelitales IMERG-L puede usarse como un indicador para evaluar las condiciones de sequía y prevenir incendios forestales en el Perú; esto ofrece una alternativa valiosa ante la limitada disponibilidad de datos climáticos observados.

1. Introducción

El régimen temporal de lluvias suele ser un factor importante en el desarrollo de las actividades económicas como la agricultura y ganadería en los Andes peruanos. De hecho, el sector agropecuario en 2022 representó para Perú el 4.5 % del PBI (BCR, 2022). En el Perú, los cultivos por secano dependen íntegramente de la precipitación estacional sobre las regiones andinas. Asimismo, el desarrollo o

recuperación estacional de pastizales andinos y el régimen de lluvias mantienen una estrecha relación (Roman, 2024).

En contraste, el déficit estacional de lluvias puede traer consigo impactos directos en el desarrollo de la vegetación al disminuir su estado fotosintético (Espinoza et al., 2016). Por lo tanto, para caracterizar el impacto del clima sobre la vegetación, resulta relevante el monitoreo de parámetros vinculados a sequías, este es el caso del acumulado de días secos (Zubieta et al., 2021). La reducción en la cantidad de lluvias puede traducirse como un incremento del número de días secos. Un día seco puede definirse como aquel día en el cual la cantidad de lluvia no supera un umbral mínimo previsto (Espinoza et al., 2016). El acumulado de días secos representa un parámetro útil para estudiar el incremento severo de la ocurrencia de incendios en los Andes peruanos (Zubieta et al., 2023a). Esto se ha podido identificar por la asociación existente entre el incremento del número de días secos y el número de incendios que ocurre en determinadas zonas sobre las regiones altas de los Andes del norte, centro y sur del Perú (Zubieta et al., 2021). Para caracterizar la distribución espacial y temporal del acumulado de días secos, los datos observados de lluvia, obtenidos a partir de estaciones pluviométricas, pueden resultar limitados. Ante esto, la distribución espacial y temporal uniforme de los datos obtenidos a partir de satélite surgen como alternativa para ser empleados en estudios hidroclimáticos en regiones andino-amazónicas del Perú, este es el caso de la misión Global Precipitation Measurement (GPM) (Zubieta et al., 2017; Zubieta et al., 2019).

El presente artículo se enfoca en caracterizar la distribución espacial a nivel nacional de la frecuencia de días secos como herramienta de soporte para monitorear las condiciones asociadas al incremento severo de la ocurrencia de incendios forestales.

2. Datos y metodología

La información de precipitación evaluada proviene del producto IMERG-L, que corresponde al nivel 3 de la misión Global Precipitation Measurement (GPM). El producto IMERG-L se obtiene a partir de datos de un conjunto de satélites, incluyendo los datos originales de GPM y TRMM (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM) (Huffman et al., 2015; Pradhan et al., 2022).

Los datos de IMERG-L están disponibles en tiempo casi real, lo que facilita su uso para tareas de monitoreo con información de los días previos al presente. El periodo de latencia de este producto es menor a un día, con generación de información diaria y una resolución espacial de aproximadamente 10 km, cubriendo desde 60° S hasta 60° N (<https://gpm.nasa.gov/data/imerg>). Para el procesamiento de datos, se analizó el periodo comprendido entre los años 2001 y 2020.

Dado que los datos IMERG-L están disponibles para todo el Perú a través de un sistema cuadrado (grillado) compuesto por píxeles, es posible obtener una serie temporal de datos de precipitación para cada uno de ellos. Además, considerando que la acumulación de los días secos en los últimos treinta días guarda relación con el periodo estacional en el que ocurren los incendios (Zubieta et al., 2023a), se propone calcular el acumulado de días secos sobre este intervalo de tiempo. De esta manera, el acumulado de días secos (ADS) para el día k se define como el total de días secos de los últimos treinta días. Este cálculo puede describirse de la siguiente manera:

$$ADS_k = \sum_{i=0}^{29} DS_{k-i}, \quad DS_{k-i} = \begin{cases} 1 & pp_{k-i} < 1.0 \text{ mm} \\ 0 & pp_{k-i} \geq 1.0 \text{ mm} \end{cases}$$

Donde i representa el número de días previos al día k . Por ejemplo, DS_{k-i} será 1 si el día $(k-i)$ tiene una precipitación (pp_{k-i}) menor a 1.0 mm, y 0 si es mayor o igual a ese umbral. Luego, se calcula la climatología para obtener la anomalía de ADS para cada día. De manera similar, para un seguimiento más convencional de las precipitaciones, se calculan los acumulados de precipitación absoluta de los últimos treinta días (AP), así como su climatología y anomalía.

3. Resultados

Para ilustrar mejor los resultados del uso de la variable ADS, se analizó un periodo específico del mes de noviembre de 2020, el cual coincidió con un aumento sin precedentes de incendios en la vegetación (Alvarez, 2022). La Figura 1 muestra una serie de gráficos con distintos indicadores derivados del producto IMERG-L, basados en acumulados de precipitación (AP) y días secos (ADS) durante un periodo de treinta días, correspondientes al día $k = 15$ de noviembre de 2020.

Fecha: 15-11-2020

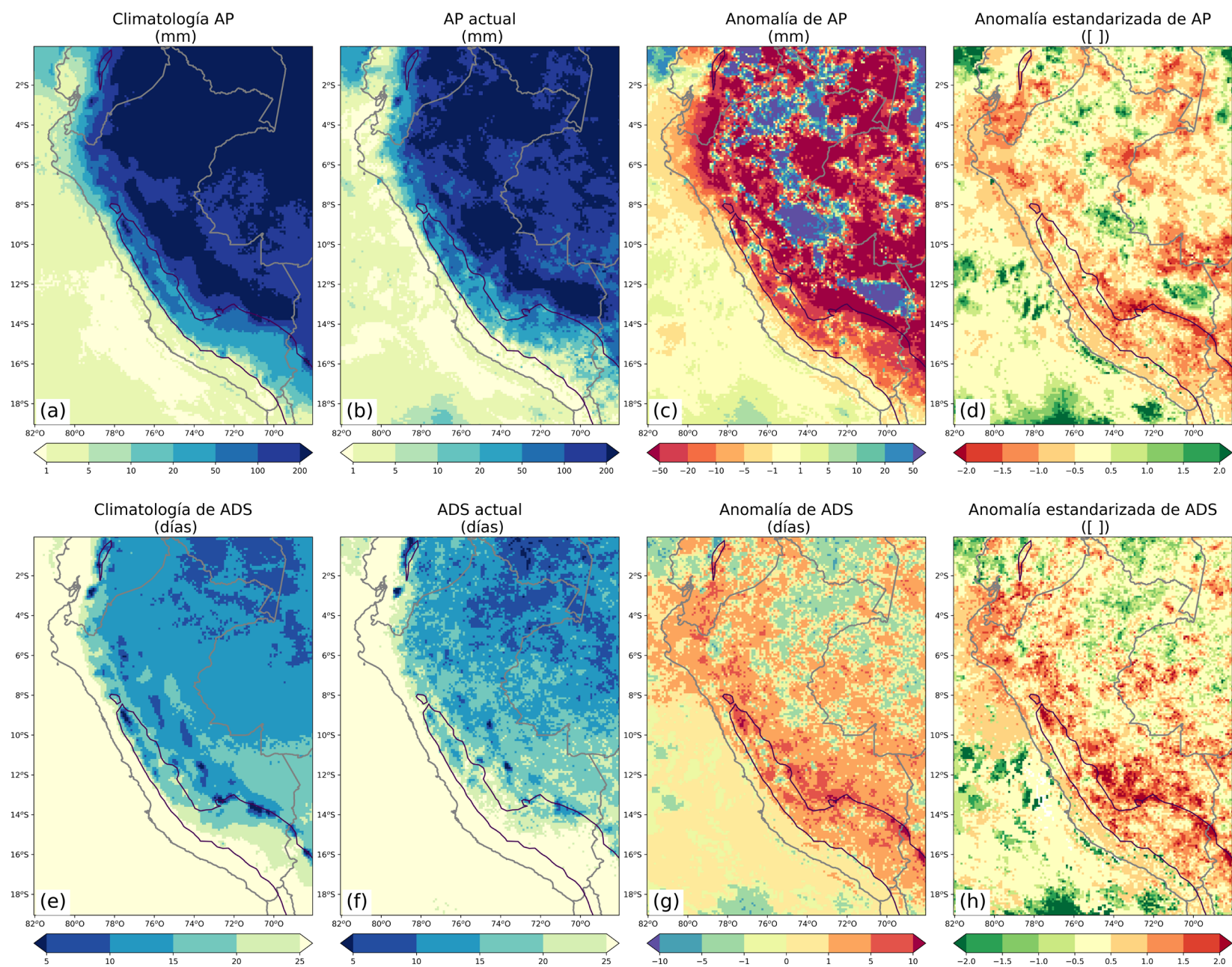


Figura 1. (Paneles superiores, de izquierda a derecha) Climatología de AP, AP, anomalía de AP y su forma estandarizada para el día $k = 15$ de noviembre de 2020. (Paneles inferiores, de izquierda a derecha) Similar al panel superior, pero para ADS. En línea gris se indica la línea de costa y límite de los países. La línea negra indica la curva de nivel de los 3500 m s. n. m.

Las Figuras 1a y 1e muestran el promedio de AP y ADS para el 15 de noviembre durante el período 2001-2020, respectivamente. Como es esperado, la Figura 1a muestra un claro contraste de la precipitación acumulada entre las regiones costeras, andinas y amazónicas. La Figura 1e muestra que los valores más bajos de ADS (<10 días) se encuentran principalmente en la Amazonía y en lugares aislados de los Andes. Esto se debe a que la lluvia diaria en la Amazonía tiene una mayor probabilidad de superar el valor de 1 mm, lo que reduce el número de días secos en un período de treinta días (Espinoza et al., 2016). Un patrón espacial similar se observa cuando se consideran el AP y ADS para el 15 de noviembre de 2020 (Figuras 1b y 1f, respectivamente).

Para determinar las anomalías en el ADS del día k , se calcula la diferencia entre las condiciones del día

k (Figura 1f) y de las condiciones promedio de ADS (Figura 1e). Esta anomalía se muestra en la Figura 1g. De manera similar, se determinan las anomalías en la AP (Figura 1c), que corresponden a la diferencia entre los valores para el día k (Figura 1b) y las condiciones promedio (Figura 1a). Las anomalías estandarizadas de ADS y AP se muestran en las Figuras 1h y 1d, respectivamente, para proporcionar una evaluación más precisa de su magnitud. Con estas consideraciones, se observan condiciones de déficit de precipitación, o reducción de AP, en toda la zona andina y gran parte de la Amazonía, lo que es consistente con el retraso en el inicio de la temporada de lluvias 2020-2021 documentado por Zubieta et al. (2023b). Los valores más significativos del déficit se concentran en áreas menores y se limitan a aquellos valores con anomalías estandarizadas de AP por debajo de -1.0 (Figura 1d).

Las zonas que presentan valores más negativos de anomalía en la AP son consistentes con el comportamiento observado en la anomalía de ADS y de su forma estandarizada, representadas en las Figuras 1g y 1h, respectivamente, es decir, la anomalía de ADS muestra un patrón espacial de incremento en los Andes y en las zonas aledañas a estas. Cabe resaltar que los valores estandarizados (Figura 1h) confirman que los incrementos en la anomalía de ADS pueden ser significativos. Además, se observa que los valores más significativos se encuentran en el lado este de los Andes del sur del Perú.

La Figura 2 muestra el comportamiento temporal de ADS promedio en las zonas sur, centro y norte de los Andes del Perú. Se puede observar que el valor de ADS para la región sur en el día 15 está muy por encima del valor medio, cerca del percentil 90 (Figura 2a), lo cual es consistente con la distribución espacial de ADS mostrada en la Figura 1g. De manera análoga, en las regiones del centro y sur del Perú (Figura 2b), se presenta una anomalía promedio de +6 días y +4 días, respectivamente, que corresponde a valores cercanos al percentil 90. Una diferencia que se observa en la evolución temporal entre estas tres zonas

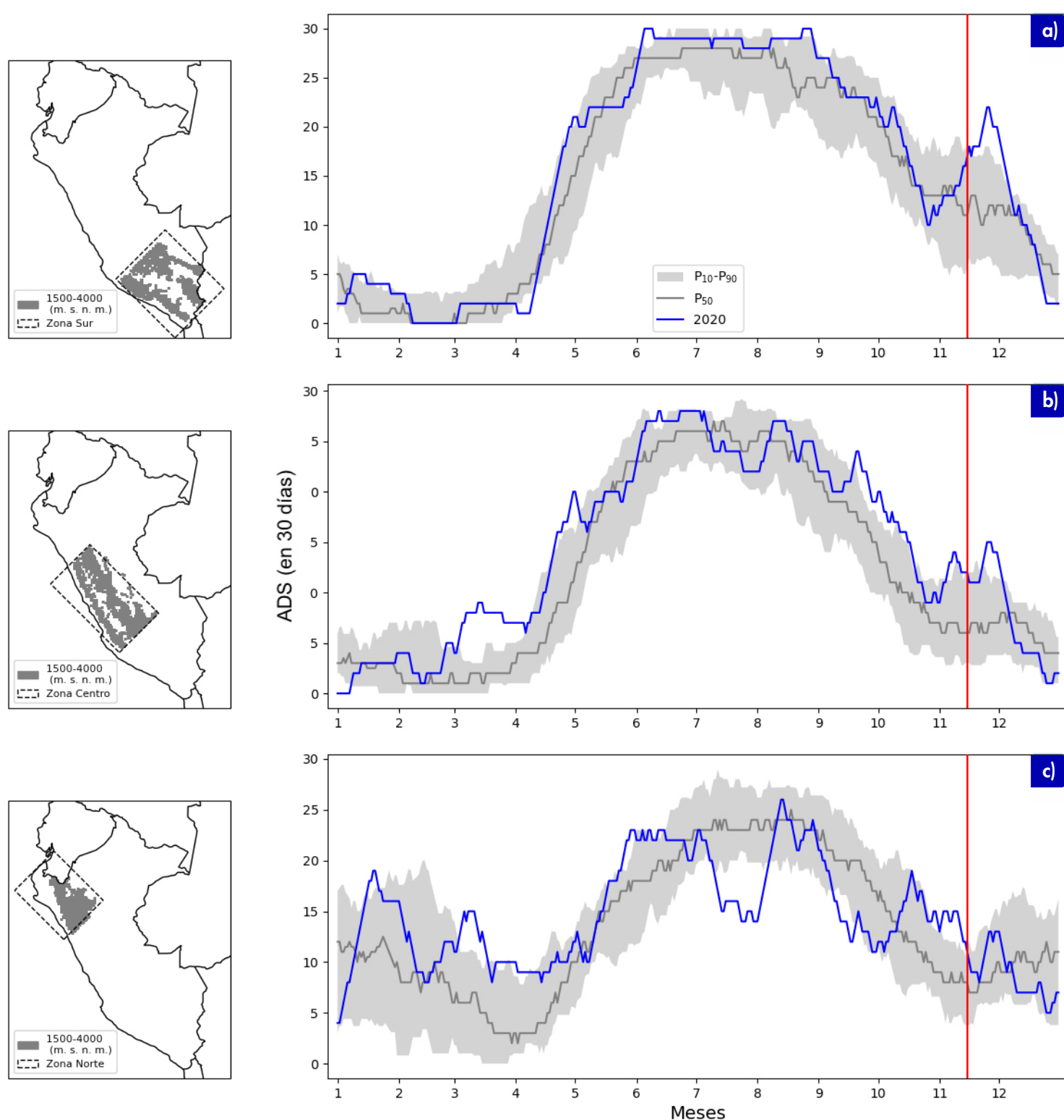


Figura 2. Acumulación de días secos (ADS) regional para las zonas (a) sur, (b) centro y (c) norte del Perú, entre los 1500 y 4000 m s. n. m. La zona gris sombreada corresponde al área comprendida entre los valores del percentil 10 y 90 de ADS. La línea roja vertical indica el día 15 de noviembre de 2020.

es la persistencia del ADS antes del día 15. En el sur, el ADS aumenta constantemente durante los últimos 20 días; en el centro, se observa una tendencia negativa en los 6 días previos; en tanto, en el sur, la persistencia está más bien orientada hacia la reducción del ADS.

4. Conclusiones

La cuantificación de días secos puede servir como un indicador de las condiciones favorables para una mayor exposición de combustible vegetal, debido a la pérdida de humedad de la vegetación durante el periodo de estiaje en la zona andina (Zubieta et al., 2021). Ante una limitada cantidad de datos observados de variables climáticas, los datos obtenidos a partir de satélite representan una alternativa valiosa debido a su cobertura espacial y temporal, así como a su disponibilidad en tiempo cuasireal. Este estudio evalúa la capacidad del producto IMERG-L para representar la distribución espacial y temporal de la acumulación de días secos. Con énfasis en la prevención de incendios, este producto permite aprovechar al máximo la información obtenida a partir de datos IMERG-L en las regiones andinas y amazónicas. La disponibilidad de datos satélites y los hallazgos de este estudio, junto con investigaciones previas, brindan la posibilidad de implementar servicios para la prevención de incendios forestales, tal como se observa en el siguiente enlace: <https://www.igp.gob.pe/incendios-forestales/>

Referencias

- Alvarez, S. (2022). *Percepción frente a la ocurrencia de incendios forestales en los pobladores de la comunidad Chanka, Huanoquite – Paruro y del centro poblado Arín-Huarán, Calca – Calca* [Tesis de Licenciatura, Universidad San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7125>
- Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- Banco Central de Reserva del Perú (BCR). (2022). *Producción agropecuaria por principales productos (variaciones porcentuales) - Pecuaria - PBI*. Revisado 07 mayo, 2024. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anales/resultados/PM05054AA/html>
- Espinoza, J. C., H. Segura, J. Ronchail, G. Drapeau, and O. Gutierrez-Cori (2016), Evolution of wet-day and dry-day frequency in the western Amazon basin: Relationship with atmospheric circulation and impacts on vegetation. *Water Resources Research*, 52, 8546–8560, doi:10.1002/2016WR019305.
- Huerta, A., Lavado-Casimiro, W., & Felipe-Obando, O. (2022). High-Resolution Gridded Hourly Precipitation Dataset for Peru (PISCOp_h). *Data in Brief*, 45, 108570. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108570>
- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Xie, P., & Yoo, S. H. (2015). NASA global precipitation measurement (GPM) integrated multi-satellite retrievals for GPM (IMERG). *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version*, 4(26), 30.
- Pradhan, R. K., Markonis, Y., Godoy, M. R. V., Villalba-Pradas, A., Andreadis, K. M., Nikolopoulos, E. I., & Hanel, M. (2022). Review of GPM IMERG performance: A global perspective. *Remote Sensing of Environment*, 268, 112754.
- Roman, M. (2024). **Evaluación de recuperación de pastizales ante la ocurrencia de incendio forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco-2022* [Tesis de Licenciatura, Universidad San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8673>
- Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J. C., Lavado-Casimiro, W., & Aragon, L. (2017). Hydrological modeling of the Peruvian–Ecuadorian Amazon Basin using GPM-IMERG satellite-based precipitation dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 3543–3555. <https://doi.org/10.5194/hess-21-3543-2017>
- Zubieta, R., Saavedra, M., Espinoza, J. C., Ronchail, J., Sulca, J., Drapeau, G., & Martin-Vide, J. (2019). Assessing precipitation concentration in the Amazon Basin from different satellite-based data sets. *International Journal of Climatology*, 39(7), 3171–3187. <https://doi.org/10.1002/joc.6009>
- Zubieta, R., Prudencio, F., Ccanchi, Y., Saavedra, M., Sulca, J., Reupo, J., & Alarco, G. (2021). Potential conditions for fire occurrence in vegetation in the Peruvian Andes. *International Journal of Wildland Fire*, 30, 836–849. <https://doi.org/10.1071/WF21029>
- Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023a). Retraso en el inicio de la temporada de lluvias e incremento de la ocurrencia de incendios. *Boletín Científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 10*(07), 4-9.
- Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023b). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*, 1-14. <https://doi.org/10.1071/wf21129>