

FOCOS DE CALOR OBTENIDOS A PARTIR DE SATÉLITE Y SU UTILIDAD PARA LA DETECCIÓN DE FUEGOS ACTIVOS EN ECOSISTEMAS ANDINOS DEL CUSCO

Ricardo Zubieta^{1,2}, Yerson Ccanchi^{1,2}, Romina Liza³

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

² Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

³ Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Lima, Perú



Ricardo Zubieta es investigador Renacyt, Ph. D. en Recursos Hídricos de la Universidad Agraria La Molina (UNALM) e ingeniero geógrafo de la Universidad Federico Villarreal. Es investigador científico del IGP y primer autor de diversas publicaciones indexadas en revistas científicas internacionales en temas referidos a eventos hidroclimáticos extremos y cambio climático. Recientemente, su investigación está orientada a estudiar los incendios forestales e impactos.

Palabras clave: Gestión de incendios, satélite, prevención de incendios, foco de calor, sensoramiento remoto

Citar como Zubieta, R., Ccanchi, Y., & Liza, R. (2024). Focos de calor obtenidos a partir de satélite y su utilidad para la detección de fuegos activos en ecosistemas andinos del Cusco. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 04, págs. 4-10.

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

La investigación señala que los datos satelitales provenientes de MODIS y VIIRS son efectivos en la detección de incendios, aunque presentan limitaciones en áreas pequeñas (quemadas); por ello, se sugiere a los tomadores de decisiones implementar sistemas de monitoreo híbrido que combinen datos satelitales con reportes locales para identificar focos de calor que representen fuegos activos provenientes de quemadas o incendios. Explorar la combinación de ambos métodos permitiría adoptar acciones de prevención y respuesta más eficaces ante posibles incendios forestales.

Resumen

La quema es una práctica predominante en los Andes, especialmente en actividades relacionadas con la agricultura y la ganadería. Estas quemadas pueden escapar de control y convertirse en incendios forestales. Sin embargo, la investigación de incidentes no reportados, como las prácticas de quemadas, no ha recibido el mismo nivel de atención

que los incendios forestales. Los satélites ofrecen datos e información alternativa para el estudio de fuegos activos. Dada la escasez de herramientas de respuesta, es imperativo desarrollar estrategias para prevenir incendios forestales. Este estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de los datos de focos de calor obtenidos a partir de satélites para representar fuegos activos en superficie. El estudio comparó los conjuntos de datos MODIS (producto

MCD14DL) y VIIRS (misiones satelitales SUOMI y JPSS-1) para caracterizar la detección del fuego. Se empleó el índice normalizado de área quemada. Nuestros hallazgos indican que los focos de calor MODIS y VIIRS demuestran un alto nivel de confiabilidad en la detección de fuegos activos (errores de comisión o falsos positivos ~1 %). Sin embargo, la proporción de áreas quemadas pequeñas —entre 1 y 5 hectáreas, que no son detectadas por los puntos de calor, tanto por MODIS o VIIRS— fue significativamente alta (errores de omisión de ~90 %). La deficiencia de detección (errores de omisión entre 10 % y 30 %) disminuye en áreas quemadas de mayor superficie (100-500 hectáreas) empleando JPSS-1 VIIRS. Estos resultados de investigación sugieren que los puntos de calor satelitales no son idóneos para identificar prácticas de quema. Los resultados de este estudio mejoran nuestra comprensión de la idoneidad de la detección de focos de calor para la atención y prevención de incendios forestales en los Andes.

1. Introducción

La región Cusco es una de las regiones más afectadas por incendios forestales en todo el Perú. En las últimas dos décadas, el incremento severo en su ocurrencia está vinculado a condiciones climáticas (Zubieta et al., 2021). Este es el caso de los años 2005 y 2010, en los cuales se presentaron sequías prolongadas que contribuyeron a un incremento de la frecuencia de incendios de hasta 250 % en Cusco (Ccanchi, 2021). Actualmente, los incendios forestales representan un desafío para la gestión agroforestal en el Perú (Zubieta et al., 2021). Para una gestión efectiva de la respuesta ante incendios, es necesario una adecuada detección en el espacio y el tiempo de los fuegos activos (Chuvienco et al., 2012). Una alternativa viable de fuente de datos, tanto a nivel espacial y temporal, es aquella obtenida a partir de satélites, ya que brinda la capacidad de monitorear el fuego y mejorar la comprensión de la extensión e impacto de los incendios forestales (Fusco et al., 2019). Usualmente, la detección de actividad del fuego a partir de satélites tiene dos aplicaciones: a) la identificación de focos de calor y b) la detección de áreas quemadas (Kato et al., 2021). Es importante resaltar que el monitoreo de focos de calor puede ser utilizado para estimar la superficie afectada por algún incendio, lo que permite hacer el seguimiento de áreas quemadas

durante algunos días (Giglio et al., 2006). También es importante destacar que los satélites permiten la estimación de la tasa de expansión del fuego en áreas quemadas (Coskuner & Bilgili, 2022).

Para la identificación de focos de calor se han empleado datos de diferentes sensores satelitales, tales como Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) (Prins et al., 1998), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) (Giglio et al., 2006) y Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) (Trifonov et al., 2017). Los datos provenientes de los sensores de los satélites, dispuestos en imágenes en el espectro visible e infrarrojo, así como la combinación de estos datos, son utilizados para monitorear las zonas afectadas por incendios (Chuvienco et al., 2012). Estos mismos datos son empleados para proponer índices espectrales que caracterizan los cambios biofísicos en la vegetación (Hunt & Rock, 1989). A diferencia de la aplicabilidad de los focos de calor referidos a incendios forestales de gran extensión, las superficies quemadas pequeñas o de menor extensión no han sido estudiadas al mismo nivel (Giglio et al., 2006). La incertidumbre se incrementa a medida que son consideradas en el análisis aquellas quemadas provenientes de prácticas realizadas por la población (uso de fuego destinado a la eliminación de residuos o renovación de pastizales) (Serfor, 2018). El objetivo de este estudio es caracterizar la capacidad de los focos de calor obtenidos a partir de satélites para representar fuegos activos en la región alto andina de Cusco.

Cusco es una región histórica del Perú, la cual abarca 71 891 km², y tiene una población aproximada de 1 205 527 habitantes (INEI, 2018). Cusco presenta altitudes de hasta 6300 m s. n. m., y una altitud media de 3400 m s. n. m. Aproximadamente, el 13 % de la superficie de la región está destinada a la agricultura. La lluvia promedio anual muestra heterogeneidad que varía entre 340 mm/año a 1300 mm/año. La región noroeste, ubicada en zonas amazónicas, presenta la más alta acumulación de lluvia (5000-8000 mm/año), mientras que la zona sur, ubicada en zonas altoandinas, presenta la lluvia más baja (200-1000 mm/año) (PAAC, 2012). Diversas investigaciones sugieren que el periodo seco prolongado e intenso puede jugar un rol primordial en el incremento severo de la ocurrencia de incendios en el sur del Perú. Este es el caso de las sequías extremas ocurridas en los años 2005, 2010 y 2016 (Zubieta et al., 2021).

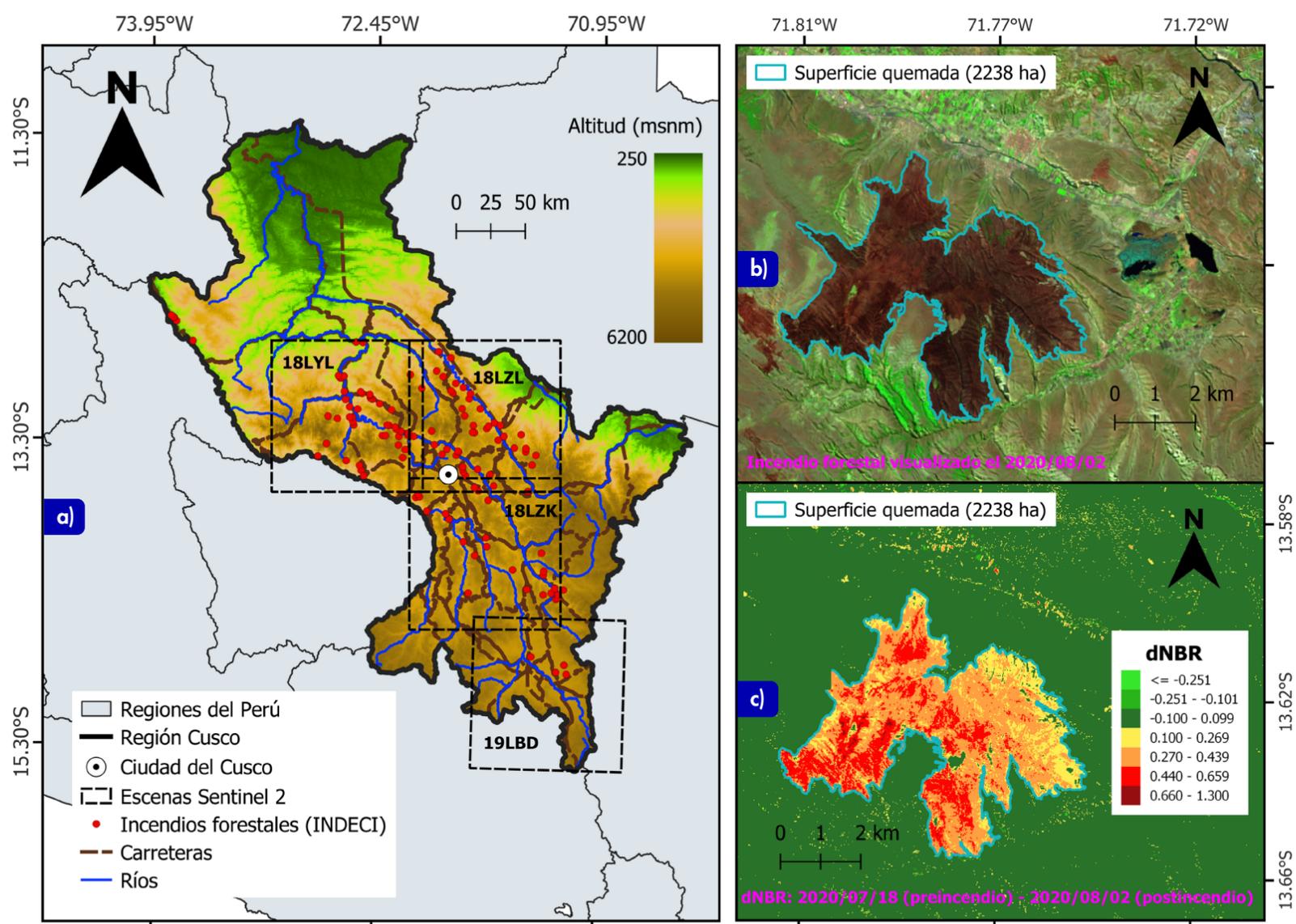


Figura 1. a) Mapa de ubicación del área de estudio. b) Delimitación del área quemada en falso color. c) Estimación del área a partir del índice de área quemada normalizado (Key & Benson, 2005).

2. Datos y metodología

Para verificar la distribución espacial de los incendios forestales sobre las imágenes de satélite, se recopiló el registro histórico de incendios basados en reportes de emergencia del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el cual es verificado por noticias periodísticas (Minam, 2021). Para maximizar la identificación de quemados e incendios forestales en imágenes satelitales, se priorizaron los lugares que mostraron (1) una mayor ocurrencia de incendios en Cusco y (2) una temporada con mayor probabilidad de tener imágenes satelitales Sentinel 2 libre de nubes, propia del periodo de estiaje en la región. Por lo tanto se seleccionó el periodo julio-agosto de los años 2019 y 2020. Para evaluar la eficacia de los focos de calor en la detección de incendios activos, se recolectaron datos del producto MCD14DL, derivado del sensor MODIS a bordo de los satélites Terra y Aqua. Estos datos tienen una resolución espacial de 1 km y pueden realizar observaciones de la misma área hasta dos veces al día. Asimismo, se recopilamos datos de focos de calor del sensor VIIRS, integrado en los satélites

SUOMI y JPSS-1, los cuales tienen una resolución espacial de 375 m, también con la capacidad de hacer dos observaciones al día (Cao et al., 2013; 2014). Un foco de calor puede ser definido como una anomalía termal producto del desarrollo de fuegos activos representado en el centro de un píxel, el cual es dispuesto en una imagen de satélite. Para delimitar las áreas quemadas (cicatrices), se recopilamos cuatro escenas de imagen Sentinel 2 (18LZL, 18LZK, 18LYL y 19LBD) (Figura 1a), cuyas áreas cubren las zonas de mayor riesgo de ocurrencia de incendios forestales (Cenepred, 2020).

Para la delimitación del área del área quemada (identificación de píxeles que indican zonas quemadas y no quemadas) se combinaron dos técnicas. Se utilizó la observación de imágenes en falso color al combinar las bandas 12 (infrarrojo de onda corta), 8A (infrarrojo cercano) y 4 (rojo), así como el índice de área quemada normalizado (NBR, por sus siglas en inglés) (Key & Benson, 2005), tal como se muestra en la Figura 1bc. Las escenas fueron también adquiridas para el periodo julio-agosto, tanto de 2019 como de 2020. El índice

NBR utiliza datos de reflectividad de las bandas del infrarrojo cercano (ρNIR) y el infrarrojo de onda corta (ρSWIR). Su cálculo es descrito como sigue:

$$NBR = \frac{\rho NIR - \rho SWIR}{\rho NIR + \rho SWIR}$$

Donde, ρNIR y ρSWIR corresponden a las bandas 8A y 12, respectivamente, de las imágenes Sentinel 2, cuyo cálculo permite la estimación de la severidad del fuego a partir de la diferencia entre el NBR después y antes de ocurrido el incendio (dNBR). Los valores para superficies quemadas dNBR oscilan entre 0.1 y 1.3 e indican la severidad del incendio. Por ejemplo, 0.1 corresponde a zonas con baja severidad en el área quemada, mientras que un valor de 1.3 representa áreas con alta severidad (Key & Benson, 2005).

Finalmente, para determinar la representatividad de los focos de calor, se estiman los errores referidos a omisión y comisión. El error de comisión (conocido como falso positivo) puede definirse como el porcentaje de focos de calor que no fueron asociados a ninguna cicatriz. El error de omisión, en tanto, puede definirse como el porcentaje de cicatrices de incendios que no fueron detectados por ningún foco de calor, en relación con el número total de cicatrices identificadas en las imágenes Sentinel 2. Los focos de calor fueron ubicados dentro de áreas de influencia definidas por radios de 1000 m y 375 m para MODIS y VIIRS, respectivamente.

Tabla 1. Número de áreas quemadas entre julio y agosto de 2019 y 2020, detectadas en total para 4 imágenes Sentinel-2. Los cuadrantes referidos a las imágenes se pueden ver en la Figura 1a).

Superficie, hectáreas	Cantidad de quemas detectadas
>=1 & <5	2258
>=5 & <10	460
>=10 & <25	411
>=25 & <50	259
>=50 & <100	143
>=100 & <500	184
>=500	24
Total	3739

3. Resultados y discusión

La distribución espacial de áreas quemadas empleando dNBR fue verificada mediante un análisis visual comparativo antes y después del proceso de quema o incendio forestal acontecido (Figura 1bc). Se identificaron 3739 áreas quemadas durante julio y agosto de 2019 y 2020 (Tabla 1).

Esta amplia diversidad en el tamaño de superficies de área quemada sugiere también una amplia diversidad de condiciones de fuego (intensidad, duración y frecuencia) (Tabla 1). En promedio, más del 60 % de las cicatrices identificadas tienen una superficie entre 1 ha y 5 ha, las cuales pueden considerarse como las áreas quemadas más pequeñas (Tabla 1). Nuestro análisis muestra que, del total de superficies quemadas identificadas en regiones montañosas alejadas, solo se reporta un 4 % como emergencia por incendio forestal. Las autoridades gubernamentales peruanas reportan emergencias principalmente a lo largo de ríos y caminos, o carreteras cercanas a comunidades (Figura 1a).

Tabla 2. Error de comisión promedio en la detección de fuegos activos provistos por MODIS, SUOMI VIIRS y JPSS-1 VIIRS de cuatro escenas Sentinel 2, para el periodo julio y agosto de 2019 y 2020.

	Focos de calor sin evidencia de cicatriz	Focos de calor evaluados	Error de comisión promedio (%)
MODIS	7	610	1.14
SUOMI VIIRS	15	2709	0.78
J1 VIIRS	7.00	1574	0.62

Los errores de comisión y omisión en la detección de fuegos activos utilizando MODIS y VIIRS se muestran en las Tablas 2 y 3. La mayoría de los focos de calor se asociaron con áreas quemadas, lo que da como resultado, de esta forma, una proporción muy pequeña de errores de comisión (falsos positivos) tanto para MODIS, SUOMI y JPSS-1 VIIRS (~1 %) (Tabla 2).

Tabla 3. Error de omisión promedio por rango de áreas en la detección de fuegos activos provistos por MODIS, SUOMI VIIRS y JPSS-1 VIIRS, de cuatro escenas Sentinel 2, para el periodo julio y agosto de 2019 y 2020.

Superficie	MODIS	SUOMI VIIRS	JPSS-1 VIIRS
>=1 & <5 ha	97.24 %	91.20 %	89.08 %
>=5 & <10 ha	92.80 %	81.92 %	87.47 %
>=10 & <25 ha	90.46 %	72.23 %	67.42 %
>=25 & <50 ha	75.76 %	50.38 %	50.16 %
>=50 & <100 ha	63.12 %	27.21 %	32.58 %
>=100 & <500 ha	49.81 %	19.30 %	16.18 %
>=500 ha	21.11 %	0.00 %	0.00 %

El análisis de la ocurrencia de incendios forestales y el mapa de ecosistemas sugieren que las prácticas de quema que se desarrollan en las zonas altas del Cusco, donde predominan las áreas de pastoreo, están más asociadas con la renovación de pastizales en el sector pecuario que con las actividades relacionadas a la agricultura, tales como la eliminación de desechos agrícolas o la ampliación de los campos de cultivo (Minam, 2021; 2018). Se identificaron errores de omisión en aproximadamente el 90 % de áreas quemadas con superficies entre 1 ha y 5 ha. Los valores mínimos de error de omisión a partir de JPSS-1 VIIRS (16 %) se obtuvieron al evaluar áreas quemadas entre 100 ha y 500 ha. Cabe resaltar que, para áreas mayores a 500 hectáreas, los errores de omisión tienden a cero.

La capacidad de detección de MODIS, SUOMI VIIRS y JPSS-1 VIIRS oscila entre 0 % y 100 %, y se considera que niveles superiores al 30 % indican una mayor precisión (Giglio et al., 2020). Nuestros resultados sugieren que los focos de calor SUOMI VIIRS y JPSS-1 VIIRS podrían considerarse adecuados para analizar incendios forestales principalmente cuando las superficies quemadas son mayores a 100 hectáreas. La limitada capacidad de detección en áreas quemadas de menor tamaño (superficies menores a 100 ha), tanto de MODIS y VIIRS, puede estar asociada a la resolución temporal (solo dos veces por día), ya que las prácticas de quema probablemente tengan una duración de menos de doce horas. Asimismo, otros factores que pueden limitar su detección es la intensidad del fuego proveniente del tipo de combustible vegetal dispuesto y la mayor nubosidad (Chuvienco et al., 2012). A pesar de ello, resulta de alta relevancia la aplicabilidad de los focos de calor

en los sistemas de alerta actualmente desarrollados en Perú (Serfor, 2022).

La diferencia en el error de omisión en la capacidad de detección de MODIS y VIIRS puede deberse a diferencias en las especificaciones técnicas de los sensores. La resolución espacial mejorada y el algoritmo para la detección activa de incendios permiten que VIIRS detecte incendios forestales más pequeños, o prácticas de quema, de los que MODIS tiene la capacidad de detectar (Coskuner, 2022; Engel et al., 2021; Schroeder et al., 2014).

4. Conclusiones

En este estudio, se evaluaron focos de calor de los productos MODIS y VIIRS en relación con las áreas quemadas obtenidas a partir de percepción remota usando imágenes Sentinel 2. Los errores de comisión fueron en general muy bajos. Los errores de omisión estuvieron relacionados principalmente con el tamaño de la zona quemada (errores de omisión muy elevados para superficies más pequeñas). Nuestros hallazgos sugieren que la utilización de conjuntos de datos de focos de calor debe abordarse con precaución en la gestión prospectiva y reactiva de los incendios forestales. Además, nuestra investigación indica que los focos de calor proporcionados por MODIS o VIIRS no son adecuados para monitorear eficazmente prácticas de quema o pequeños incendios forestales debido a su resolución espacial limitada y la breve duración de las prácticas de quemas.

Teniendo en cuenta la duración relativamente corta

de las prácticas de quema (menos de un día), se requieren más investigaciones para explorar la utilidad de los satélites en cuanto a la precisión para identificar quemaduras o incendios en ecosistemas andinos y amazónicos. Además, es imperativo comprender los elementos locales asociados al involucramiento de individuos dentro de las comunidades agrícolas, tales como el cronograma de quema, motivación, costumbres ancestrales, creencias y organización comunitaria.

La versión completa de este artículo, escrito originalmente en inglés, apareció en el último trimestre del año 2023 en la revista indexada *Remote Sensing Applications*. Aquí se consigna la referencia completa: Zubieta, R., Ccanchi, Y., & Liza, R. (2023). Performance of heat spots obtained from satellite datasets to represent burned areas in Andean ecosystems of Cusco, Peru. *Remote Sensing Applications*, 32, 101020.

Referencias

- Cao, C., Xiong, J., Blonski, S., Liu, Q., Uprety, S., Shao, X., Bai, Y., & Weng, F. (2013). Suomi NPP VIIRS sensor data record verification, validation, and long-term performance monitoring. *Journal Geophysical Research: Atmospheres*, 118(20), 11664–11678. <https://doi.org/10.1002/2013JD020418>
- Cao, C., De Luccia, F.J., Xiong, X., Wolfe, R., & Weng, F. (2014). Early on-orbit performance of the visible infrared imaging radiometer suite onboard the suomi national polar-orbiting partnership (S-NPP) satellite. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(2) 1142–1156. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2013.2247768>
- Ccanchi, Y. (2021). *Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas altoandinos mediante uso de sensores remotos*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5195>
- Cenepred (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10471>
- Chuvienco, E., Cifuentes, Y., Hantson, S., López, A.A., Ramo, R., & Torres, J. (2012). Comparación entre focos de calor MODIS y perímetros de área quemada en incendios mediterráneos. *Revista de Teledetección* 9–22. <https://www.aet.org.es/?q=revista37-4>
- Coskuner, K. & Bilgili, E. (2022). Calculation of fireline intensity using remote sensing and geographic information systems: 2021 milas-karacahisar fire. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 22(3), 236–246. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1215333>
- Engel, C.B., Jones, S.D., & Reinke, K.J. (2021). Real-time detection of daytime and night-time fire hotspots from geostationary satellites. *Remote Sensing*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/rs13091627>
- Fusco, E.J., Finn, J.T., Abatzoglou, J.T., Balch, J.K., Dadashi, S., & Bradley, B.A. (2019). Detection rates and biases of fire observations from MODIS and agency reports in the conterminous United States. *Remote Sensing of Environment* 220, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.028>
- Giglio, L., van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Collatz, G.J., & Kasibhatla, P. (2006). Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6(4), 957–974. <https://doi.org/10.5194/acp-6-957-2006>
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D., Hoffman, A., & Humber, M. (2020). *Collection 6 MODIS burned area product user guide version 1.3*. Nasa. https://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_C6_BA_User_Guide_1.3.pdf
- Hunt, E., & Rock, B. (1989). Detection of changes in leaf water content using Near- and Middle-Infrared reflectances. *Remote Sensing Environment*, 30(1), 43–54. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90046-1](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90046-1)
- INEI (2018). *Censo Nacional 2017: XII de población, VII de Vivienda y II de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- Kato, S., Miyamoto, H., Amici, S., Oda, A., Matsushita, H., & Nakamura, R. (2021). Automated classification of heat sources detected using SWIR remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102491. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102491>
- Key, C. & Benson, N. (2005). *Landscape Assessment (LA) Sampling and Analysis Methods*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station., Fort Collins, CO, pp. 1–51.
- Minam (2018). *Mapa nacional de ecosistemas del Perú: memoria descriptiva*. Ministerio del Ambiente. WWW Documento]. URL. <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/925>
- Minam (2021). Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA). *Registro histórico de incendios sobre la cobertura vegetal a nivel nacional*. Ministerio del Ambiente-Perú. <https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geocfoi/minam/home/index>
- Prins, E.M., Feltz, J.M., Menzel, W.P., & Ward, D.E. (1998). An overview of GOES-8 diurnal fire and smoke results for SCAR-B and 1995 fire season in South America. *Journal Geophysical Research Atmospheres*, 103(24), 31821–31835. <https://doi.org/10.1029/98JD01720>
- SENAMHI (2012). *Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco*. Serie de investigación regional, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1912>

Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., & Csiszar, I.A. (2014). The New VIIRS 375m active fire detection data product: algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing Environment* 143, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008>.

Serfor (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales 2019-2022*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-prevencion-reduccion-riesgos-incendios-forestales-periodo-2019>

Serfor (2022). *Mapa de focos de calor, GEOSERFOR [WWW Documento]*. <http://geo.serfor.gob.pe/geoserfor/>. revisado 11.06.24.

Trifonov, G.M., Zhizhin, M.N., Melnikov, D.V., & Poyda, A.A., (2017). VIIRS nightfire remote sensing volcanoes. *Procedia Computer Science* 119, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.189>

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(11), 836–849. <https://doi.org/10.1071/WF21029>