



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

Vol. 11 n.º 04 abril 2024

PROGRAMA PRESUPUESTAL n.º 068

«Reducción de la vulnerabilidad y
atención de emergencias por desastres»

En este boletín

4

pág.

Focos de calor obtenidos a partir
de satélite y su utilidad para la
detección de fuegos activos en
ecosistemas andinos del Cusco

11

pág.

Percepción comunitaria
de las prácticas de quema
para la ocurrencia de incendios
en pastizales en Cusco

20

pág.

Resumen del informe técnico de El Niño

21

pág.

Resumen de los comunicados ENFEN



BICENTENARIO
PERÚ
2024



Créditos

Juan Castro Vargas
Ministro del Ambiente

Hernando Tavera
Presidente ejecutivo

Edmundo Norabuena Ortiz
Director científico

Ken Takahashi Guevara
Director de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Antonella Condorena Franco
Jefatura de la Unidad Funcional de Comunicaciones

Ivonne Katherine Montes Torres
Ken Takahashi Guevara
Jorge Andrés Concha Calle
Editores

Jorge Andrés Concha Calle
Diseño y diagramación

Carátula: Quemas realizadas en los bordes de los campos de cultivo (comunidad Salloc, región Cusco)
Fuente: Mélida Roman

El boletín científico “El Niño” es generado en el marco del Programa Presupuestal n.º 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”

Producto 1: Estudios para la estimación del riesgo de desastres
Actividad 5: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño
Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169 Mayorazgo, Ate, 15012

Teléfono: +51-1-3172300

Lima, agosto de 2024

Puedes acceder a la colección completa de los [boletines científicos El Niño](#) escaneando el siguiente código QR.



Introducción

Los eventos El Niño y La Niña corresponden, a grandes rasgos, a situaciones en las que la temperatura de la superficie del mar está por encima o por debajo del promedio en el océano Pacífico ecuatorial. Estas fluctuaciones están fuertemente influenciadas por El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), el cual es uno de los modos de variabilidad climática más importantes en el océano Pacífico que ejerce una gran influencia sobre el clima a nivel global y regional. La fase cálida de ENOS se puede denominar El Niño “global”.

En el Perú, los impactos de El Niño y La Niña son particularmente complejos debido a que recibimos influencias tanto costeras, asociadas a las fluctuaciones en el mar peruano en el Pacífico oriental, así como influencias remotas a través de teleconexiones atmosféricas desde el Pacífico central. En particular, El Niño en el Pacífico oriental o costero puede producir lluvias y altas temperaturas en la costa y alterar el ecosistema marino-costero, mientras que El Niño en el Pacífico central o global puede reducir las precipitaciones e incrementar la temperatura en los Andes y en la Amazonía. Por el contrario, La Niña tendría efectos aproximadamente opuestos. Así, El Niño en el Pacífico oriental es el que causa mayores impactos para el Perú, ya que tiene el potencial de provocar grandes daños a infraestructuras, actividades económicas y, más importante, la seguridad y bienestar de las personas, además de sus medios de vida.

El Perú, como parte de la estrategia de gestión pública para enfrentar los peligros naturales, especialmente respecto a El Niño, establece el Programa Presupuestal por Resultados (PPR) 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. A partir de 2014, el Instituto Geofísico del Perú (IGP), al igual que otras instituciones que conforman la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), participa en este PPR con el producto denominado “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”. Este consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural oceánico-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permita la toma de decisiones de las autoridades a nivel nacional y regional.

A este producto, el IGP contribuye con la actividad “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”, la cual

incluye la síntesis y evaluación de los modelos de pronóstico de El Niño generados internacionalmente, como es el caso de los modelos climáticos globales, así como de aquellos obtenidos a partir de modelos propios como el de predicción de ondas oceánicas ecuatoriales, y los recientemente desarrollados modelo de inteligencia artificial y modelo Sistema Tierra regional de pronóstico para el territorio peruano y el océano Pacífico (IGP RESM-COW v1). Asimismo, incluye el desarrollo de investigaciones y estudios científicos que permiten entender la variabilidad climática y los procesos asociados al cambio climático, a fin de fortalecer, en forma continua, las capacidades para el pronóstico de El Niño.

En esta línea, el IGP ha estructurado y desarrollado el Boletín Científico El Niño, un producto que contiene, en gran medida, los aportes científicos en el estudio y vigilancia de El Niño, así como La Niña y otros fenómenos relacionados. El Boletín, que se publica mensualmente desde 2014, cuenta con aportes nacionales e internacionales en diversos temas asociados a El Niño, sus impactos, procesos vinculados, temas asociados y otros igual de relevantes, artículos que se presentan en las secciones de “Divulgación Científica” y “Avances Científicos”. De igual forma, se comparte en el Boletín una versión resumida del informe técnico que el IGP elabora mensualmente para cumplir con los compromisos asumidos en el marco del PPR 068 (<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/5356>). Dicho informe contiene información actualizada operativamente que el IGP proporciona como insumo para que el ENFEN genere en forma colegiada la evaluación final que será entregada a los usuarios. Finalmente, el Boletín presenta los comunicados ENFEN publicados durante el periodo correspondiente.

El IGP busca consolidar al Boletín Científico El Niño como una publicación técnica-científica de referencia, tanto para la comunidad científica y académica, así como para instituciones y autoridades vinculadas a la gestión del riesgo de desastres ávidas de conocimientos e información actualizada sobre El Niño, sus impactos y procesos asociados.

Puede consultar la colección completa de Boletines Científicos El Niño en este enlace: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4974>

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 (Chuvieco 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 (Chuvieco 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 quemas 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).

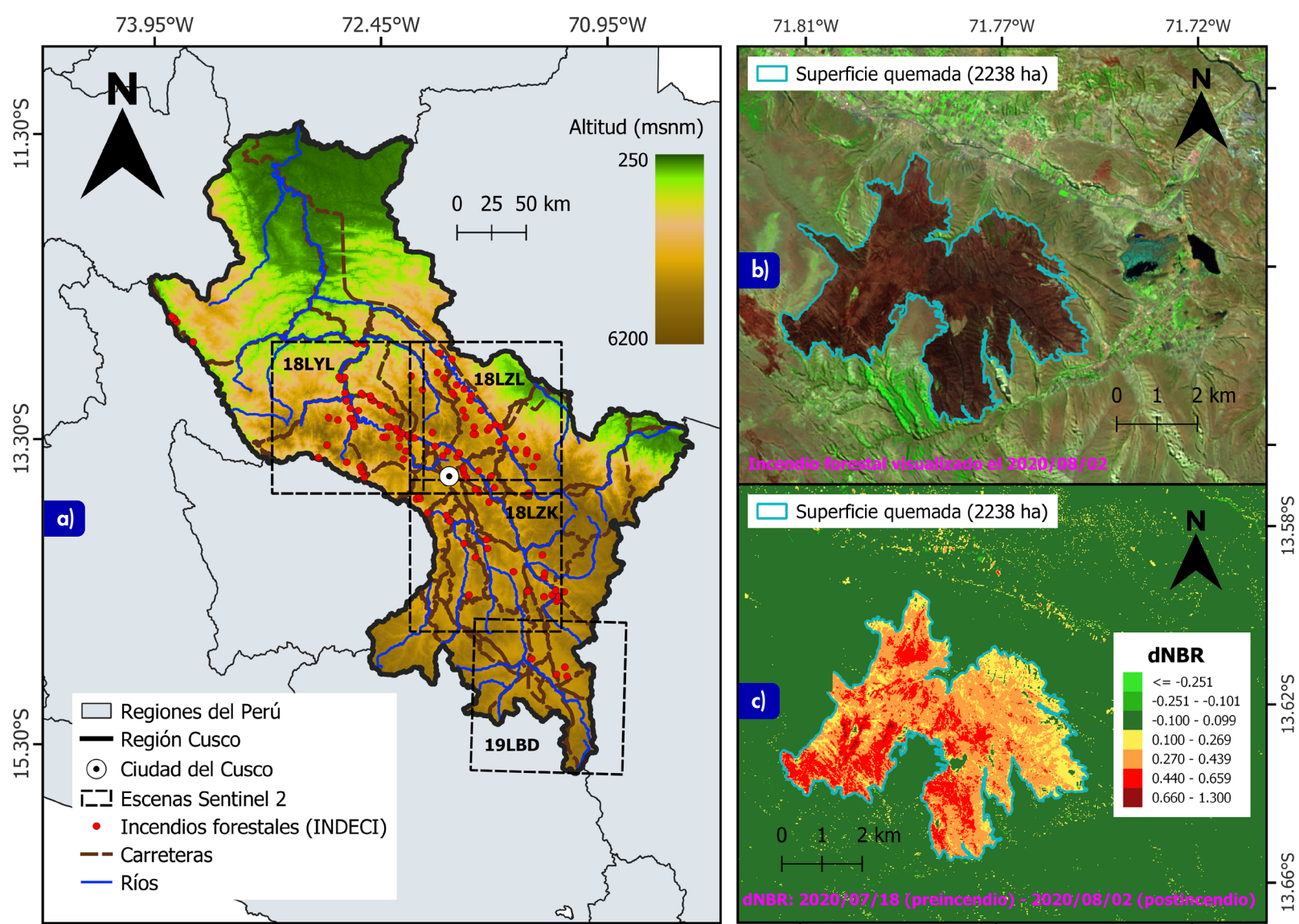


Figura 1. a) Mapa de ubicación del área de estudio. b) Delimitación del área quemada en falso color. c) Estimación del área a partir del índice de área quemada normalizado (Key & Benson, 2005).

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 quemas 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 (pNIR) y el infrarrojo de onda corta (pSWIR). Su cálculo es descrito como sigue:

$$NBR = \frac{pNIR - pSWIR}{pNIR + pSWIR}$$

Donde, pNIR y pSWIR 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
$\geq 1 \text{ \< } 5 \text{ ha}$	97.24 %	91.20 %	89.08 %
$\geq 5 \text{ \< } 10 \text{ ha}$	92.80 %	81.92 %	87.47 %
$\geq 10 \text{ \< } 25 \text{ ha}$	90.46 %	72.23 %	67.42 %
$\geq 25 \text{ \< } 50 \text{ ha}$	75.76 %	50.38 %	50.16 %
$\geq 50 \text{ \< } 100 \text{ ha}$	63.12 %	27.21 %	32.58 %
$\geq 100 \text{ \< } 500 \text{ ha}$	49.81 %	19.30 %	16.18 %
$\geq 500 \text{ ha}$	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>

PERCEPCIÓN COMUNITARIA DE LAS PRÁCTICAS DE QUEMA PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN PASTIZALES EN CUSCO

Mélida Roman^{1,3}, Ricardo Zubieta^{1,3}, Yerson Ccanchi^{1,3}, Alejandra Martínez¹ y Sigrid Álvarez^{1,2}

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

² Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco, Perú

³ Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú

Palabras clave: Quemas, incendio forestal, pastizales, Cusco

Citar como Roman, M., Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., & Álvarez, S. (2024). Percepción comunitaria de las prácticas de quema para la ocurrencia de incendios en pastizales en Cusco. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 04, págs. 11-19.

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

La investigación señala que, aunque las quemas se consideran necesarias para la agricultura y la ganadería, pueden provocar incendios devastadores que afectan la biodiversidad y la recuperación de los ecosistemas; en consecuencia, se sugiere a los tomadores de decisiones implementar programas de educación y capacitación sobre el manejo seguro del fuego, así como establecer regulaciones claras que incluyan sanciones para prácticas irresponsables. Fomentar la participación comunitaria en la creación de acuerdos sobre el uso del fuego puede ayudar a mitigar los riesgos asociados a las quemas agrícolas.

Resumen

En las recientes décadas, se ha presenciado un aumento considerable de incendios forestales alrededor del mundo. En Perú, Cusco se encuentra entre las regiones que han sido fuertemente impactadas por estos eventos, los cuales han afectado principalmente ecosistemas de pastizales. A pesar de esto, existe escasa información sobre la percepción de las comunidades campesinas ante el uso del fuego y la ocurrencia de incendios vinculados a la práctica de quema relacionada al sector agropecuario. En tal sentido, con el objetivo de conocer sus perspectivas acerca de la ocurrencia de incendios que se desarrollan sobre ecosistemas de pastizales, se realizaron entrevistas a los pobladores

de dos comunidades rurales de Cusco. Con base en ello, los pobladores afirman que la quema en pastizales puede resultar bastante favorable al promover pastos tiernos para la alimentación del ganado. Sin embargo, si dicha quema se convierte en un incendio, este puede ser extremadamente perjudicial para el desarrollo de los pastizales debido a la pérdida de plantas nativas. Por otro lado, los entrevistados señalan que la quema de rastrojos de cultivos es necesaria para obtener una producción apropiada de cultivos. Los resultados también resaltan los efectos de los incendios sobre pastizales a corto y largo plazo, así como la necesidad de adoptar enfoques integrales para la prevención de incendios forestales, control de las prácticas de quema y restauración de ecosistemas afectados por incendios.

1. Introducción

El incremento de incendios forestales representa una amenaza significativa para los ecosistemas naturales, especialmente en áreas de pastizales en los Andes del Perú (Borgonia et al., 2010; Zubieta et al., 2019). En el contexto del cambio climático, se considera que los incendios podrían restringir el crecimiento de la flora al impactar a las comunidades vegetales (Aguilar y Cortina, 2023).

Por lo general, cuando se produce un incendio forestal en los Andes, es común atribuir la causa de su propagación a las prácticas de quema agrícola llevadas a cabo por la propia población (Zubieta et al., 2023; Serfor, 2018). En la cordillera de los Andes del Perú, se observa el desarrollo de incendios en pastizales durante la estación seca, donde el mal uso del fuego puede originar la propagación de incendios forestales (Zubieta et al., 2021).

En algunas comunidades campesinas de Cusco, se ha evidenciado que la población es consciente que, ante un incendio forestal, ellos mismos son los más perjudicados. A pesar de ello, el fuego es utilizado porque representa la herramienta más accesible, rápida y económica para la limpieza agrícola, y es considerado como una necesidad y costumbre en la agricultura y la ganadería (Condori, 2020; Álvarez, 2022). Este estudio busca contribuir a la comprensión de las prácticas de quema y su correlación con la incidencia de los incendios en pastizales.

2. Datos y metodología

A partir de reportes de emergencias ante incendios forestales emitidos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), se seleccionaron como zonas de estudio las comunidades de Macay y Salloc, de las provincias de Calca y Quispicanchi, respectivamente, en la región Cusco (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1. Características de las áreas de estudio y de las emergencias por incendios forestales.

Características	Zona 01	Zona 02
Comunidad de Agricultores	Macay	Salloc
Provincia	Calca	Quispicanchi
Distrito	Coya	Andahuaylillas
Altitud	2944 m s. n. m.	3524 m s. n. m.
Temperatura	10°-25°	5°-9°
Actividad económica	Agricultura: maíz, trigo, cebada, etc. Ganadería: vacuno y ovino	Agricultura: maíz, etc. Ganadería: ganado vacuno y ovino

Características	Incendio Forestal	Incendio Forestal
Duración aproximada	15:00-19:00 h	14:30-18:00 h
Fecha	23 de agosto de 2022	30 de agosto de 2022
Superficie afectada	94 ha	13 ha
Vegetación afectada	Pastizales	Pastizales

Se adoptó una metodología cualitativa que consistió en la realización de entrevistas estructuradas utilizando una guía predefinida, la cual incluía preguntas establecidas para obtener información específica y consistente (Hernández et al., 2014).

Las personas entrevistadas fueron agricultores o ganaderos, y cuentan con experiencia en quemas o incendios forestales. Esto proporcionó un valioso contexto para comprender las razones detrás de la quema, así como los impactos del fuego sobre ecosistemas de pastizales y cultivos andinos, entre otros temas de interés. Se realizaron veinte entrevistas, siendo el rango etario entre los 20 y 70 años, de los cuales el 90 % fueron mujeres y el 10 % varones.

3. Resultados y discusión

Las entrevistas revelaron una variedad de percepciones, puntos de vista y posturas en torno a los incendios forestales y prácticas de quema en comunidades campesinas de Cusco, Perú. A continuación, se presentan los principales resultados a los temas planteados en la investigación.

a) Motivo de quema

Pregunta: ¿Con qué objetivos realizan las quemas en su comunidad?

“Quemamos para que vuelva (retoñe) el pasto si no, no hay buena alimentación para el ganado. Para limpiar el terreno, en los cantos crece bastante pasto, quemamos para abrir espacio, la mala hierba a veces nos gana y por urgencia la quemamos sino lo malogra nuestro cultivo” (entrevistado en Macay).

Las quemas se utilizan, por lo general, para mantener una buena alimentación para el ganado y asegurar el éxito de los cultivos, dado que luego de la quema el pasto es tierno y apetecible para el ganado. Cabe resaltar que las quemas, ya sea en cultivos o en pastizales, pueden generar incendios sobre la vegetación natural. En este caso, la población ha manifestado que una de las medidas para prevenir incendios es llevar a cabo las quemas en horas de

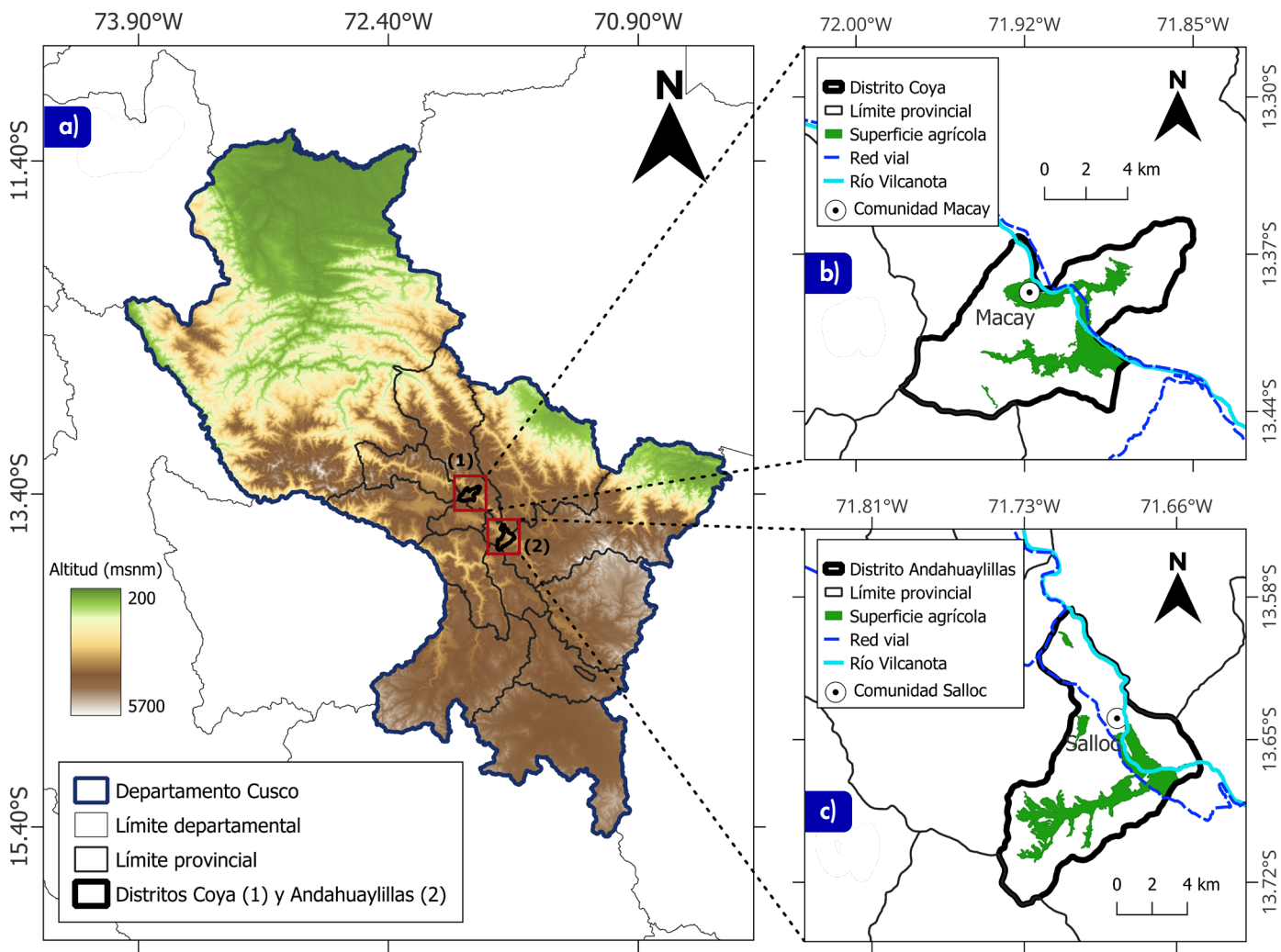


Figura 1. Mapa de ubicación de las dos comunidades seleccionadas: (a) mapa de la región Cusco, (b) comunidad Macay y (c) comunidad Salloc.

la mañana, cuando no hay vientos fuertes y antes de que pase la brisa de las heladas. Esta práctica es una forma segura de llevar a cabo las quemas; no obstante, no es necesariamente seguida en la actualidad.

b) Temporada de quema

Pregunta: ¿Quiénes participan durante las quemas?

“Mi familia, mis hijos me ayudan...a veces yo solo porque tengo experiencia, a veces por accidente nos gana el fuego. De un momento a otro viene un viento fuerte y se lleva el fuego rapidito y nos gana, ya no podemos hacer nada...aunque estemos quemando en medio de la chacra nos gana porque el viento es fuerte” (entrevistado en Salloc).

Pregunta: ¿Cuál es la temporada en que realiza quemas agrícolas?

“Empezamos a quemar en junio, julio, agosto para sembrar maíz. Quemamos para que no crezca la mala hierba, sino no habría buena producción. A veces quemamos los cantos porque el pasto ya está entrando a nuestra chacra. Los que queman en la altura cebada, trigo, de allí más rápido hay incendios porque están en el cerro” (entrevistado en Macay).

Pregunta: ¿En qué temporada se realiza la quema de pastizales?

“Cuando está empezando a llover o cuando ya se está yendo la lluvia para que retoñe rápido el pastizal. Puede ser en octubre, noviembre o marzo, abril” (entrevistado en Salloc).

Las quemas agrícolas se realizan durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, tiempo que corresponde a la época de siembra de cultivos. La práctica se efectúa con el fin de controlar el crecimiento

de la mala hierba y permitir una buena producción de los cultivos.

Las quemas pueden llevarse a cabo en los cantos, que son áreas cercanas a las chacras donde el pasto invade cultivos. En zonas montañosas se queman también restos de cultivos de cebada y trigo. En estas áreas hay un mayor riesgo de incendios debido a su ubicación.



Figura 2. Quema cantoneo en la comunidad Salloc.



Figura 3. Residuos agrícolas preparados para la quema en Salloc.

Se considera que la quema es una actividad en la que participa la familia, pero también puede ser una actividad realizada por personas en solitario.

c) Beneficios y desventajas de quemas en el suelo y vegetación

Pregunta: ¿Cuál es el impacto en la producción de cultivos en áreas donde se realizó quema?

“Cuando quemamos sale mejor la producción, no quemamos con la finalidad de mejorar el suelo, sino para eliminar malas hierbas de la chacra. Esas hierbas malogran el cultivo, eso nos ayuda para que nuestro cultivo salga bien. Mi vecina, por ejemplo, detesta quemar, no vale su maíz de ella” (entrevistado en Salloc).

Pregunta: ¿Cree usted que la quema de residuos agrícolas mejora la fertilidad del suelo?

“No, porque se voltea la tierra y se pierde la ceniza que había quedado. Igual tenemos que fertilizar nuestro cultivo, pero cuando quemamos un montón en un lado de la chacra, justo en ese lugarcito crece más mejor, sale rico los productos, las papas también salen grandes. Debe haber bastante ceniza” (entrevistado en Salloc).

Pregunta: Después de una quema, ¿cómo se recuperan los pastizales naturales en cantidad y calidad, en qué tiempo se produce esta recuperación?

“Brotan con más fuerza en calidad, cuando llueve sale mejor. Se recupera rápido, un mes o dos semanas así. Una vez que llueve rapidito retoña” (entrevistado en Salloc).

Pregunta: ¿Cree usted que la quema de residuos agrícolas mejora la fertilidad del suelo?

“Sí, por ejemplo, más antes decían *kichapun*, que significa quemar queda abono. Mejora porque en suelos naturales nadie voltea la tierra y por la ceniza mejora el suelo” (entrevistado en Macay).

Existe la percepción de que la quema del pastizal natural puede tener un impacto positivo en la fertilidad del suelo. Esta concepción coincide con Roman (2023), quien ha demostrado que los suelos de pastizales naturales experimentan una ligera mejora estacional en la fertilidad del suelo como resultado de los incendios. Asimismo, Quispe (2013) ha registrado



Figura 4. Acumulación de ceniza de pastizales en la comunidad Salloc.

que después de realizar quemas sobre los pastizales naturales, estos tienen una capacidad de regeneración notable durante la temporada de lluvias.

Si bien la quema de residuos agrícolas no mejora directamente la fertilidad del suelo, la presencia de ceniza en áreas específicas donde se realiza la quema puede tener un impacto positivo en el crecimiento y la calidad de los cultivos en ese lugar. En este contexto, Heredia y Jamil (2020) han documentado una mayor producción y rendimiento en el cultivo de frijol al aplicar cenizas procedentes de madera. Por otro lado, Cotrina (2022) concluye que las quemas agrícolas en Junín tienen repercusión en la cantidad de la macrofauna, debido a la susceptibilidad a ser afectada por este tipo de prácticas. Por su parte, García (2018) también muestra que la quema de malas hierbas en áreas de cultivo tiene un impacto positivo en la producción al permitir un crecimiento óptimo de los cultivos.

d) Impactos de incendios en ecosistemas de pastizales

Pregunta: Después de un incendio, ¿cómo se recupera el pastizal natural en cantidad y calidad, en qué período se produce esta recuperación?

“Difícil desarrolla, ya no crece, todo depende de la lluvia. Si llueve, crecen. Algunas plantas nativas como el suncho, molle, chaqui, que teníamos en todo este cerro, han desaparecido. Los pastizales crecen todavía. Cuando empieza la lluvia, va a crecer rapidito, pero ahora por las sequías, difícil está creciendo. Tiene que pasar cuatro a cinco años para que se recupere bien o no también” (Entrevistado en Macay).



Figura 5. Ecosistema de pastizales un año después del incendio en Macay.

La recuperación del pastizal natural después del incendio puede ser un proceso largo y difícil. La presencia de lluvias es crucial para el crecimiento de los pastizales, pero la falta de lluvia y las sequías dificultan su recuperación.

4. Discusión

Las comunidades de Macay y Salloc sienten la necesidad de recurrir a la quema para preparar el terreno para la siguiente campaña agrícola y renovar los pastizales. Factores climáticos como el viento intenso, sumado a una organización inadecuada en el uso del fuego, puede conducir al descontrol de la quema y ocasionar severos incendios, resultados similares a los hallazgos de Álvarez (2022). Condori (2020), por su parte, en un estudio realizado en La Convención-Cusco, también señala que el inicio de los incendios forestales es provocado por quemas ante la necesidad de eliminar desechos agrícolas. Guevara (2021) menciona que los pobladores de Quispicanchi en Cusco son conscientes que el inicio de estos incendios se produce principalmente por acción no intencional de los trabajadores agrícolas y forestales.

Los pobladores expresaron que, después de un incendio, el paisaje no vuelve a ser el mismo y que la recuperación de la vegetación podría llevar entre cuatro y cinco años, pero también señalaron como consecuencia negativa la pérdida de especies nativas. Montes (2023) señala que la quema de pastizales es una actividad agropecuaria tradicional y que la recuperación de estos ecosistemas será muy difícil.

Por su parte, Roman (2023), en una evaluación realizada sobre la recuperación de pastizales ante la ocurrencia de incendios forestales, ha registrado una pérdida considerable de entre 50 % y 70 % en biomasa de pastizales tras incendios ocurridos en Macay y Salloc. Cabe señalar que las actividades vinculadas a la prevención de incendios y la reducción de su impacto en comunidades agrícolas o ganaderas de la región de Cusco no están plenamente implementadas ni planificadas (Condori, 2020).

Los datos recopilados señalan que los comuneros de Macay y Salloc han llegado a acuerdos para regular las prácticas de quemas, ello mediante el establecimiento de compromisos que son registrados en un acta y aplicados durante las reuniones

comunitarias. Estos acuerdos incluyen sanciones como multas o la suspensión del uso de agua para riego cuando se lleva a cabo una quema. En este contexto, las sanciones legales por causar daño a los ecosistemas boscosos ya están establecidas según la Ley 29263 (2008), con resultados insatisfactorios frente al aumento de la ocurrencia de incendios en las últimas décadas (Zubieta et al., 2023). Esto sugiere que el camino más adecuado es gestionar el uso del fuego y reducir la incertidumbre en la población acerca de cómo gestionar el combustible vegetal. Es esencial promover el uso adecuado del fuego, además de técnicas seguras y efectivas para las comunidades (Moya et al., 2011), ya que el fuego es una herramienta que permite a la población administrar sus espacios ante la escasez de tierras de cultivo y las iniciativas de mayor producción agrícola (Farfán y Hurtado, 1996).

Por otro lado, la población manifiesta que los suelos de pastizales naturales mejorarían su fertilidad tras los incendios debido a la contribución de las cenizas. Esta percepción coincide con los resultados del estudio de Roman (2023), quien documentó una ligera mejora en la fertilidad de los suelos vinculados a pastizales naturales después de un año del incendio.

A nivel internacional, por ejemplo en México, se ha evidenciado la implementación de quema prescritas y controladas como una práctica de manejo que puede contribuir a la reducción del impacto sobre los ecosistemas de montaña (Pérez et al., 2018). Sin embargo, en nuestro país predominan las políticas de supresión, donde se considera que todo fuego forestal debe ser sofocado. En consecuencia, a partir de 2012, la quema de rastrojos agrícolas está explícitamente prohibida mediante Decreto Supremo n.º 016-2012-AG (2012). Además, existe una política de prevención de incendios forestales que busca evitar el uso del fuego (Serfor, 2018).

A pesar de las restricciones, los reportes de emergencias por incendios forestales en el Perú, documentados por INDECI, se han incrementado en las últimas dos décadas. El resultado final de la supresión conduce a una paradoja: se registran incendios cada vez más severos (Fernández et al., 2011), lo que demanda una gestión adaptativa que integre el fuego como elemento del ecosistema, junto con la divulgación de esta realidad, para establecer regímenes de fuego sostenibles (Moya et al., 2011). Sin embargo, también se deben considerar las características

específicas del uso del fuego por parte de las diversas comunidades agrícolas y ganaderas de las zonas andinas y altoandinas del país, para evitar la estandarización de medidas y, en su lugar, incorporar variables tanto físico-climáticas e hidrológicas como sociales y económicas de manera diferenciada para cada zona.

5. Conclusiones

A través de las entrevistas, los pobladores de las comunidades de Macay y Salloc en la región de Cusco afirman que la quema de manera controlada en pastizales naturales puede resultar bastante favorable, pero que las consecuencias de un incendio pueden ser extremadamente perjudiciales para su desarrollo. En este contexto, los impactos de un fuego descontrolado que se transforma en un incendio presentan un escenario marcado por la destrucción, cuya recuperación podría tardar varios años.

Los resultados brindan mayor información sobre la percepción de las comunidades campesinas en Cusco acerca del uso del fuego y la ocurrencia de incendios, cuya información es necesaria para poder adoptar enfoques integrales y sostenibles de gestión para la prevención y restauración de ecosistemas afectados por incendios forestales.

Referencias

- Aguilar-Garavito, M., & Cortina-Segarra, J., (2023). The current fire regime in northern Andean shrublands hinders tree recruitment and arrests forest succession. *Forest Ecology and Management*. 532, 120818. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120818>
- Álvarez, S., Zubieta, R., Martínez, A., & Ccanchi, Y. (2023). Uso del fuego y el rol de la población durante quemas e incendios forestales en Cusco. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 10(5), 4-10. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5509>
- Borgnia, M., Vilá, B.L., & Cassini, M.H. (2010). Foraging ecology of Vicuña, *Vicugna vicugna*, in dry Puna of Argentina. *Small Ruminant Research*, 88(1), 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.smallrum>
- Ccanchi, Y.(2021). *Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas alto andinos mediante uso de sensores remotos* (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola, Universidad Agraria La Molina). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5195>
- Condori, L. (2021). *Percepción de la educación ambiental a los pobladores para evitar incendios forestales en el sector de Calcapampa-Echarate-La Convención-Cusco*, 2020. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad César Vallejo] <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58640>
- Cotrina, L. (2022). *Efecto de las quemas agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco, Concepción 2021*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11367>
- Farfán, A. & Hurtado, F. (1996). *Las quemas e incendios de formaciones vegetales en la región Inka: los casos del valle de Paucartambo, La Convención y Yanatile*. Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente- IMA-Región Inka. Cusco. <https://studylib.es/doc/5503371/las-quemas-e-incendios-de-formaciones-vegetales-en-la-reg>
- Fernández, P. M., Rego, F.C., & Rigolot, E. (2011). The FIRE PARADOX project: Towards science-based fire management in Europe. *Forest Ecology and Management*, 261(12), 2177-2178. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.024>
- García Santillán, I. (2018). *Métodos de visión por computador para detección automática de líneas de cultivo curvas/rectas y malas hierbas en campos de maíz*. [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/16441>
- Guevara, B. (2021). *Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. Universidad César Vallejo L. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/84172>
- Heredia, J. (2020). *Efectos de la aplicación de ceniza de madera en la morfología y rendimiento del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la parroquia Patricia Pilar del Cantón Buena Fe*. Proyecto de Investigación, Universidad Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6063>
- Ley 29263 de 2008. *Que modifica diversos artículos del Código Penal y la Ley General del Ambiente, artículo 310°*. 23 de diciembre de 2008. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/385602/Ley_N__2926320191013-25586-1xkw7bj.pdf.
- Moya, D., Peña, E., Fajardo, A., González-Camuñas, H., Calderón, D., Plaza-Álvarez, P. A., González-Romero, J., Lucas-Borja, M. E., & De las Heras, J. (2021). Eficacia y efectos de herramientas de prevención de incendios en ecosistemas forestales de la Sierra de Segura. *Sabuco: Revista de estudios albacetenses*, (15), 53-68. http://doi.org/10.37927/sabuco.15_3
- Pérez-Salicrup, D., Ortiz, R., Garduño, E., Martínez, H., Ocegüera Salazar, K., Quintero, S., Castillo, F., Alvarado, E., & González, A. (2018). Coordinación institucional para la realización de quemas prescritas y quemas controladas en México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(49), 252-270. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.169>

Quispe, M. (2013). *Efecto de la frecuencia de corte en la estimación de biomasa en pastizales alto andinos*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/736>

Román, M. (2023). *Evaluación de recuperación de pastizales ante la ocurrencia de incendio forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco-2022* [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agropecuario, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8673>

Serfor (2018). *No quememos nuestro Futuro - Evitemos los Incendios Forestales*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/726>

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E. Álvarez, S., & Ilbay, M. (2023). 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(7), 4-9. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5535>.

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>

RESUMEN INFORME TÉCNICO

n.º PPR/EL NIÑO-IGP/2024-03

Publicado el 19 de abril de 2024

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), en febrero se presentó la condición cálida débil (0.98 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de marzo (0.42 °C) y abril (-0.20 °C) corresponden a condiciones cálidas débiles y neutra. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de febrero (1.50 °C) indica la condición cálida fuerte. Los valores temporales (ONI-tmp) de marzo (1.15 °C) y abril (0.63 °C), corresponden a condiciones cálida moderada y cálida débil, respectivamente.

Según los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se espera el arribo a la costa peruana de un segundo paquete de ondas de Kelvin frías a partir de mayo.

El promedio de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican en escenario frío frente a la costa peruana que alcanzaría su máxima intensidad a inicios de invierno para luego regresar al rango neutral, aunque por lo pronto, este escenario no se configura como un evento La Niña costera. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos numéricos indican que en junio debería iniciar un evento LaNiña en dicha región, que alcanzaría su máxima intensidad a mediados de la primavera del año en curso.

El informe técnico completo se encuentra disponible en <https://bit.ly/InfTecnElNino2024-03IGP>



"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres"

Producto: "Estudios para la estimación de los riesgos de desastres"

Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"

Instituto Geofísico del Perú

INFORME TÉCNICO N° PpR/El Niño-IGP/2024-03

19/04/2024

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN). El pronunciamiento colegiado de la comisión multisectorial del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), en febrero se presentó la condición cálida débil (0.98 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de marzo (0.42 °C) y abril (-0.20 °C) corresponden a condiciones cálidas débiles y neutra. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de febrero (1.50 °C) indica la condición cálida fuerte. Los valores temporales (ONI-tmp) de marzo (1.15 °C) y abril (0.63 °C), corresponden a condiciones cálida moderada y cálida débil, respectivamente.

Según los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se espera el arribo a la costa peruana de un segundo paquete de ondas de Kelvin frías a partir de mayo.

El promedio de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican en escenario frío frente a la costa peruana que alcanzaría su máxima intensidad a inicios de invierno para luego regresar al rango neutral, aunque por lo pronto, este escenario no se configura como un evento La Niña costera. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos numéricos indican que en junio debería iniciar un evento La Niña en dicha región, que alcanzaría su máxima intensidad a mediados de la primavera del año en curso.

www.igp.gob.pe
Calle Badoz N° 169
Urb. Mayraza IV Etapa
Ate, Lima 15012 - Perú
(51) 13172300



Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN). El pronunciamiento colegiado de la comisión multisectorial del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 06-2024



ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"

COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA
DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" – ENFEN
Decreto Supremo n.º 007-2017-PRODUCE

Estado del sistema de alerta: No Activo¹

Publicado el 5 de abril de 2024

La Comisión Multisectorial del ENFEN cambia el "Estado del sistema de alerta" a "No Activo", debido a que los valores de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 (Figura 1) han disminuido en las últimas semanas hasta alcanzar valores dentro de su rango normal y es probable que las condiciones neutras predominen en los siguientes meses.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha², en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones neutras hasta mayo, seguida de condiciones frías débiles entre junio y julio. A partir de agosto, y hasta octubre, las condiciones neutras son más probables (Figura 2).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) es más probable que las condiciones cálidas se mantengan hasta abril y luego cambien a condiciones neutras en mayo. Entre junio y octubre son más probables las condiciones frías (Figura 2).

El pronóstico estacional vigente para abril-junio de 2024³ indica valores de temperaturas del aire, en promedio, dentro de lo normal en la costa peruana. Las lluvias en la costa y sierra norte registrarán valores entre normales e inferiores a lo normal acorde con la estacionalidad del periodo de estiaje.

Según el pronóstico hidrológico, entre abril y junio, en la región hidrográfica del Pacífico Norte, predominarían caudales en el rango normal a muy debajo de lo normal en los ríos Tumbes, Piura y Chira; mientras que, en la zona centro y sur del Pacífico predominarían caudales normales. En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales dentro del rango normal a sobre lo normal (principalmente en abril). Finalmente, en los ríos de la región hidrográfica del Atlántico, en promedio, se prevén caudales normales⁴.

En cuanto a los recursos pesqueros, para las siguientes semanas, se espera que continúe disminuyendo la maduración gonadal del stock norte centro de la anchoveta. Por otro lado, se mantendrá

¹ No activo: En condiciones neutras o cuando el Comité ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar.

² Hay que tomar en cuenta que los pronósticos de los modelos climáticos son menos confiables desde abril para adelante, esto como consecuencia de la barrera de predictibilidad (<https://doi.org/10.1002/joc.3513>). Esta situación mejorará cuando los pronósticos se realicen a partir de mayo o junio.

³ Perspectivas climáticas abril-junio de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-45.pdf>

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional, marzo-julio de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-43.pdf>

la disponibilidad a la flota pesquera del bonito y disminuirá la del perico; esto último debido al alejamiento del recurso por su comportamiento estacional. En relación a la merluza, se espera que se incremente la disponibilidad del recurso a la pesquería y aumente la proporción de ejemplares mayores a 28 cm de longitud total, manteniendo la distribución observada frente a la costa norte. Asimismo, se espera que la disponibilidad del calamar gigante o pota continúe frente a la costa.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con los pronósticos estacionales, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la prevención del riesgo.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 19 de abril de 2024.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN06-2024>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN06-2024>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN



COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 07-2024



ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"

COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA
DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "EL NIÑO" – ENFEN
Decreto Supremo n.º 007-2017-PRODUCE

Estado del sistema de alerta: No Activo¹

Publicado el 19 de abril de 2024

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el "Estado del sistema de alerta" en "No Activo", dado que se espera que los valores de la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 (Figura 1), se mantengan en promedio dentro de las condiciones neutras en los siguientes meses.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha², en la región Niño 1+2 son más probables las condiciones neutras en mayo, seguida de condiciones frías sólo entre junio y julio. A partir de agosto y hasta noviembre, las condiciones neutras son más probables (Figura 2).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) es más probable que en mayo prevalezcan las condiciones neutras; mientras que entre junio y noviembre son más probables las condiciones frías (Figura 2). Esto implica la probable presencia de La Niña en el Pacífico central.

El pronóstico estacional vigente para abril-junio de 2024³ indica valores de temperaturas del aire en promedio dentro de lo normal en la costa peruana. Las lluvias en la costa y sierra norte registrarán valores entre normales e inferiores a lo normal acorde con la estacionalidad del periodo de estiaje.

De acuerdo con el pronóstico hidrológico⁴, entre abril y junio, en la región hidrográfica del Pacífico se prevén caudales bajo lo normal en los ríos Tumbes, Chira y Piura; dentro del rango normal a sobre lo normal en los ríos Rímac y Chillón, Chancay-Huaral y Mala, respectivamente, y sobre lo normal en el río Ocoña. En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales sobre lo normal, principalmente, en abril, para luego, en los siguientes meses, presentar condiciones entre normales y bajo lo normal, de acuerdo con la estacionalidad. Finalmente, en la región hidrográfica del Atlántico, en promedio, se prevén caudales normales.

En cuanto a los recursos pesqueros, dadas las

¹ No activo: En condiciones neutras o cuando el Comité ENFEN espera que El Niño o La Niña costeros están próximos a finalizar.

² Hay que tomar en cuenta que los pronósticos de los modelos climáticos son menos confiables desde abril para adelante, esto como consecuencia de la barrera de predictibilidad (<https://doi.org/10.1002/joc.3513>). Esta situación mejorará cuando los pronósticos se realicen a partir de mayo o junio.

³ Perspectivas climáticas abril-junio de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-45.pdf>

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional, abril-agosto de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-44.pdf>

condiciones oceanográficas proyectadas, se espera que la anchoveta del stock norte-centro amplíe su distribución frente a la costa. Por otro lado, se mantendrá la disponibilidad del bonito y continuará disminuyendo la del perico. En relación a la merluza, se espera que la disponibilidad del recurso se mantenga en la misma área de distribución observada en marzo frente a la costa norte.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con los pronósticos estacionales, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la prevención del riesgo.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el viernes 17 de mayo de 2024.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN07-2024>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN07-2024>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN





-  @igp.peru
-  @igp_peru
-  @igp.peru
-  @igp_videos
-  @institutogeofisicodelperu
-  @igp.peru