



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

Vol. 13 n.º 05 mayo 2026

PROGRAMA PRESUPUESTAL n.º 068

"Reducción de la vulnerabilidad y
atención de emergencias por desastres"

En este boletín

- Entre la necesidad y el riesgo: Repensando el uso del fuego en la agricultura andina y su influencia en incendios forestales en Cusco, Perú
| **Pág. 4**
- Profundidad de la capa límite planetaria sobre el observatorio de Huancayo
| **Pág. 13**
- Resumen del informe técnico de El Niño | **Pág. 20**
- Resumen de comunicado ENFEN | **Pág. 21**



Créditos

Nelly Paredes del Castillo
Ministra del Ambiente

Hernando Tavera Huarache
Jefe institucional

James Apaéstegui Campos
Director de Ciencias de la Atmósfera, Hidrósfera y Cambio Climático

Lina Godoy Encarnación
Coordinadora de la Unidad Funcional de Comunicaciones

Fey Yamina Silva Vidal de Millones
Ken Takahashi Guevara
Joel Anicama Díaz
Editores

Roberto Carlos Encinas Colan
Diseño y diagramación

Carátula: Fotografía de agricultora en Cuzco
Fuente: diariouno.pe

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, mayo de 2026

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 oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural oceánico-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permitan 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 aque-

llos obtenidos a partir de modelos propios como el de predicción de ondas oceánicas ecuatoriales, el modelo de inteligencia artificial y el recientemente desarrollado modelo de 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 del ENOS, con énfasis en El Niño. 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, 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/20.500.12816/4974>). 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.

ENTRE LA NECESIDAD Y EL RIESGO: REPENSANDO EL USO DEL FUEGO EN LA AGRICULTURA ANDINA Y SU INFLUENCIA EN INCENDIOS FORESTALES EN CUSCO, PERÚ

Sigrid Alvarez², Alejandra Martínez¹,
Ricardo Zubieta¹ y Yerson Ccanchi¹

¹ Instituto Geofísico del Perú (IGP)

² Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco
(UNSACC)



Sigrid Alvarez es antropóloga por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Su experiencia de investigación se ha orientado al estudio de incendios forestales, con énfasis en sus dimensiones sociales y culturales.

Palabras clave: incendios forestales, Andes, manejo integral del fuego, percepciones locales, investigación etnográfica

Citar como Alvarez, S., Martínez, A., Zubieta, R., & Ccanchi, Y. (2026). Entre la necesidad y el riesgo: repensando el uso del fuego en la agricultura andina y su influencia en incendios forestales en Cusco, Perú. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, vol.13 n.º 05, págs. 4-12.

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

Esta investigación explica por qué los agricultores de dos localidades altoandinas de Cusco siguen usando el fuego: les permite eliminar residuos y malezas, preparar los terrenos y ahorrar tiempo y dinero ante la falta de alternativas accesibles. También muestra que las quemas y la respuesta ante los incendios cambian según las condiciones ambientales y la forma en que se organiza cada comunidad. Por ello, prohibir el fuego y atender las emergencias podría no bastar. Estos resultados ofrecen criterios para adaptar las medidas a cada territorio, incorporar los conocimientos locales, fortalecer la organización comunitaria y mejorar la capacitación para controlar el fuego durante las quemas agrícolas y evitar su propagación. En conjunto, orientan una gestión pública integral que reduzca el riesgo de incendios sin desatender las necesidades productivas de las comunidades.

Resumen

El uso del fuego ha sido una práctica fundamental en la agricultura desde las primeras sociedades humanas, ya que permite preparar el terreno, controlar malezas y gestionar la fertilidad del suelo. En los Andes peruanos, las comunidades aún lo utilizan a pesar de las prohibiciones legales orientadas a reducir los incendios forestales. Sin embargo, los registros muestran que estas políticas punitivas no han logrado frenar los incendios forestales por completo. Este estudio analiza de manera crítica el uso agrícola del fuego en comunidades altoandinas de Cusco, Perú, considerando sus dimensiones socioculturales, económicas y ambientales.

A través de un análisis etnográfico, nuestro estudio muestra que el fuego es, en las comunidades estudiadas, una herramienta para los agricultores y está profundamente arraigado en sus medios de vida. Asimismo, el estudio evidencia limita-

ciones en las políticas basadas en la prohibición, ya que no ofrecen alternativas viables para los pequeños agricultores. Por ello, se propone considerar la incorporación de enfoques cualitativos para enriquecer los análisis cuantitativos sobre incendios forestales, de modo que las políticas respondan a los territorios. En este sentido, repensar el uso agrícola del fuego implica abordarlo no sólo desde su dimensión ambiental, sino también una necesidad social y económica clave para las comunidades altoandinas. Esto plantea un cambio de paradigma orientado hacia un manejo integral del fuego que integre el conocimiento local y la participación de las comunidades, fortaleciendo una gobernanza articulada entre los diversos actores.

1. Introducción

En los Andes peruanos, la quema se emplea como una práctica agrícola utilizada para manejar la vegetación y aumentar la producción, especialmente ante la escasez de tierras (Farfán &

Hurtado, 1996; Nikolakis, 2020), y cuyo uso se intensificó durante la época colonial (Segura Cuellar, 2019). Aunque en numerosos países existen políticas que priorizan la supresión del fuego (Morello, 2023; Myers, 2006), la quema continúa vinculada al sistema agrícola y cultural en zonas de alto riesgo de incendios (Christianson, 2015), combinando conocimientos locales para fertilizar suelos y controlar plagas (Alvarez Rios, 2022; Hoffman et al., 2022; Taboada-Hermoza & Martínez Grimaldo, 2025).

Diversos estudios señalan que la mayoría de los incendios forestales tienen un origen antrópico y se asocia principalmente a quemas agrícolas no controladas (Farfán & Hurtado, 1996; Manta et al., 2018; SERFOR, 2018). En años con sequías, como 2005, 2010, 2016 y 2020 las condiciones ambientales favorecen la propagación del fuego y se asocian con una mayor ocurrencia de incendios en las zonas andinas (Zubieta et al., 2019, 2023). Por consiguiente, el riesgo no dependería únicamente del origen humano del incendio, sino también de las condiciones ambientales que facilitan su propagación.

En el ámbito normativo, la quema de residuos vegetales se encuentra prohibida por más de una década mediante el Decreto Supremo n.º 016-2012-AG (2012). Asimismo, diferentes autoridades y organizaciones han difundido llamados para evitar o erradicar el uso del fuego en áreas rurales (CooperAcción, 2024; SERFOR, 2018; SPDA, 2024). Sin embargo, estas medidas no han producido el efecto esperado (Alvarez Ríos, 2022; Manta, 2017). Los registros nacionales fueron de 2 936 en 2019; 7 922 en 2020; 3 673 en 2021; 11 742 en 2022; 6 963 en 2023; y 11 374 en 2024 (Defensoría del Pueblo - Perú, 2024; Zubieta et al., 2023), incluso con pérdidas de vidas humanas (Gestión, 2025).

En este escenario, Cusco figura entre las regiones con mayor frecuencia de incendios forestales registrados durante el periodo 2003–2024 (CENEPRED, 2020; MINAM, 2025). Por ello, esta investigación analiza críticamente el uso agrícola del fuego en comunidades de Cusco para comprender las razones sociales, culturales, económicas y ambientales que sostienen esta práctica, así como examinar la percepción generalizada que desestima su utilidad práctica. Este texto es una adaptación del artículo “Rethinking the agricultural use of fire and its influence on the occurrence of wildfire in high Andean communities of Cusco, Peru”, de Álvarez et al. (2025), publicado originalmente en la revista *International Journal of Disaster Risk Reduction*.

2. Área de estudio

Para seleccionar las áreas de estudio, se consideraron comunidades rurales andinas o centros poblados de Cusco que experimentaron incendios forestales de gran magnitud en los últimos cinco años (2016–2021), en donde la extensión del área afectada fue significativa. Además, se consideraron sólo aquellas cuya principal actividad económica fuera la agricultura, complementada con la ganadería, y donde fuera posible establecer los vínculos interpersonales adecuados para el trabajo de campo. Se eligieron dos casos: la comunidad campesina de Chanka (Huanquite, Paruro) y el centro poblado de Harín-Huarán (Calca).

En 2020, se produjo en Harín-Huarán un incendio que afectó alrededor de 200 ha de vegetación, incluidas plantaciones de eucalipto. Ese mismo año, en Chanka, un incendio originado por quema de rastrojos consumió entre 1 500 y 2 000 ha de pastos, siendo controlado tras dos días con apoyo comunal e institucional.

Los dos casos presentan diferencias sociales y territoriales. Según los resultados del censo de 2017, Chanka tenía 340 habitantes y Harín-Huarán, 1 755 (INEI, 2018). Chanka mantiene una organización comunal tradicional con fuertes vínculos territoriales, ancestrales, sociales, económicos y culturales; en cambio, Harín-Huarán presenta una composición más heterogénea y está conformada por varios sectores. Asimismo, los casos difieren en su configuración geográfica. Harín-Huarán se extiende entre 2 900 y 4 600 m s.n.m., y comprende dos zonas agrícolas diferenciadas: el valle y las zonas altas (Figura 1). Chanka, por su parte, situada entre los 3 500 y 4 200 m s. n. m., se ubica completamente en el ámbito altoandino (Figura 2).

En ambos casos, los paisajes reflejan esta diversidad altitudinal, con pastizales en las zonas más elevadas —por encima de los 3 200 m s.n.m.—, y, a menor altitud, con matorrales andinos dispersos, tierras agrícolas —cultivadas o en descanso— y pequeñas plantaciones forestales, principalmente de eucalipto. A diferencia de otros ecosistemas ubicados en Brasil, un ecosistema dependiente del fuego (Pivello, 2011), los pastizales andinos estudiados por Roman et al. (2024) presentan un contexto de ecosistemas altoandinos altamente vulnerables a los impactos del fuego no controlado.

3. Datos y métodos

La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, con un fuerte componente etnográfico, y recurrió ampliamente a la observación participante. Para recoger información en ambas localidades, primero se realizó un reconocimiento en campo que permitió establecer vínculos con las autoridades locales y obtener autorización para interactuar con la población y realizar las entrevistas (Restrepo, 2018). En Chanka se buscaron espacios colectivos de encuentro; mientras que en Harín-Huarán, se mantuvieron conversaciones con las autoridades locales. Entre julio y septiembre de 2021, se realizaron visitas de campo, que permitió una interacción directa con hombres y mujeres de distintas edades. La edad no fue criterio deliberado de selección: esta diversidad surgió al priorizar a personas con experiencias y perspectivas sobre el uso del fuego y la gestión de incendios forestales.

A partir de esta primera etapa, en octubre de 2021, se realizaron entrevistas en profundidad guiadas y estructuradas con residentes seleccionados por su experiencia o participación directa en quemas agrícolas e incendios forestales. Participaron 27 personas, entre representantes comunales, agricultores y otros pobladores.

La información obtenida se organizó en cuatro categorías temáticas: (1) razones del uso del fuego en la agricultura; (2) prácticas de uso del fuego, incluidos los métodos empleados

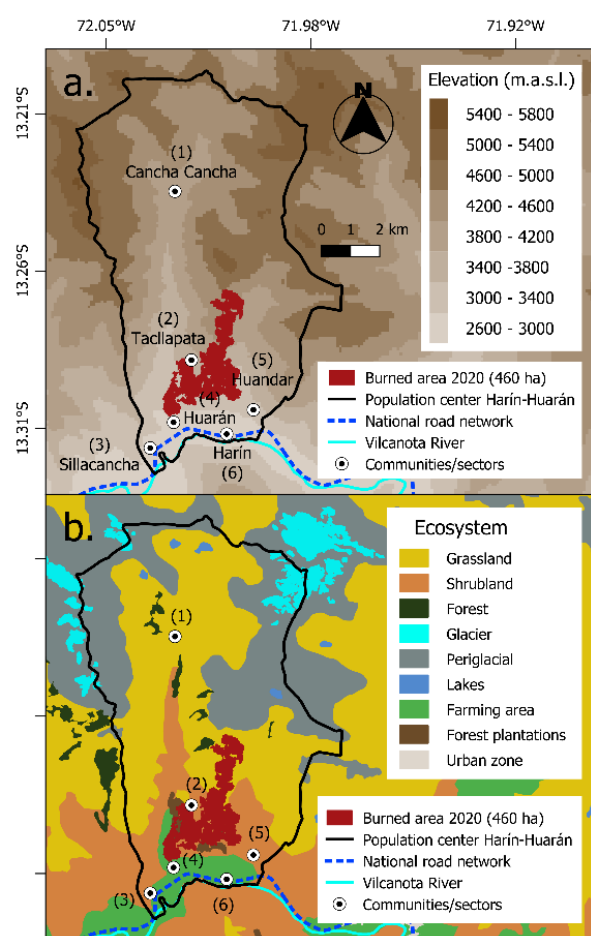


Figura 1. Mapa topográfico del centro poblado de Harín-Huarán. (a) Área afectada por el incendio forestal de 2020; (b) Mapa de cobertura del suelo del centro poblado de Harín-Huarán.

y los factores que influyen en su aplicación; (3) percepciones locales e institucionales sobre el uso del fuego desde la perspectiva de quienes lo utilizan; (4) organización comunitaria frente a incendios. La información se organizó y analizó cualitativamente con apoyo del programa Atlasti. Luego, mediante un enfoque de estudio de casos, se compararon las diferencias y similitudes entre ambas localidades.

Como complemento, se realizó una revisión documental que incluyó leyes, otras normas, informes técnicos y reportes de campo relacionados con los incendios forestales. Se consultaron fuentes del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Ministerio del Ambiente (MINAM), los gobiernos locales de Huanquite y Calca, y el Gobierno Regional de Cusco.

4. Resultados y discusión

4.1. Razones del uso del fuego en la agricultura

Manta (2007, 2017) señala que una de las principales razones para usar el fuego en la agricultura en los Andes peruanos es preparar y recuperar los suelos para el cultivo, así como a ampliar el área de cultivo. Por su parte, a nivel institucional, entidades como el SERFOR y el CENEPRED vinculan los cambios en el uso del suelo y la quema de pastizales con la ocurrencia de incendios forestales (CENEPRED, 2020; SERFOR, 2018). Además, las autoridades y diversos medios de comunicación suelen presentar la quema de residuos agrícolas como una práctica impulsada por la “tradición” o considerada una “costumbre” por quienes utilizan el fuego (CooperAcción, 2024; SPDA, 2024).

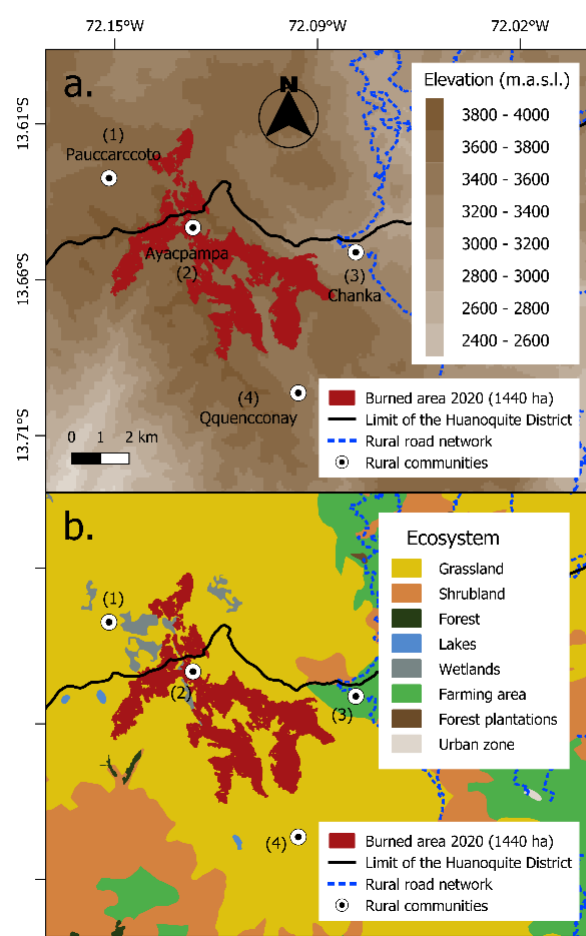


Figura 2. Mapa topográfico de la comunidad campesina de Chanka. (a) Área afectada por el incendio forestal de 2020; (b) Mapa de cobertura vegetal de la comunidad campesina de Chanka.

Los testimonios recogidos, sin embargo, muestran que las razones para usar el fuego son más complejas. La principal es eliminar residuos agrícolas, malezas y arbustos. Las personas entrevistadas también señalaron que esta práctica permite ahorrar tiempo y costos, simplificar las labores agrícolas y controlar plagas y enfermedades. En menor medida, mencionaron que las cenizas son percibidas como una fuente de nutrientes para el suelo (Figura 3).

4.2. Caracterización del uso del fuego en la agricultura

En ambas localidades se cultivan productos adaptados a la altitud, como maíz, papa, cebada, tarwi, habas y olluco; entre ellos el maíz y la papa son los principales (Hurtado et al., 1997; INEI, 2012). Los periodos de siembra y cosecha están vinculados con las estaciones lluviosa y seca, y se alternan con periodos de descanso del suelo (MIDAGRI, s/f; Morlon, 1996). En este contexto, el fuego se utiliza para preparar el terreno antes de la siembra, especialmente durante los meses previos al inicio de las lluvias, pues el aumento de la humedad dificulta las quemas (Figura 4).

Por ejemplo, en la zona del valle de Harín-Huarán, después de la cosecha de maíz, entre abril y mayo, algunos residuos se reservan para alimentar el ganado. Sin embargo, los tallos del maíz que permanecen en el terreno, conocidos como toqochos, se eliminan mediante quemas realizadas entre mayo y agosto. Estas quemas también buscan controlar las plagas que dañan el cultivo del maíz. En la zona alta, la siembra temprana de papa, conocida como maway, comienza en agosto. La preparación del terreno o yapuy incluye la recolección y quema de residuos dentro de la parcela.

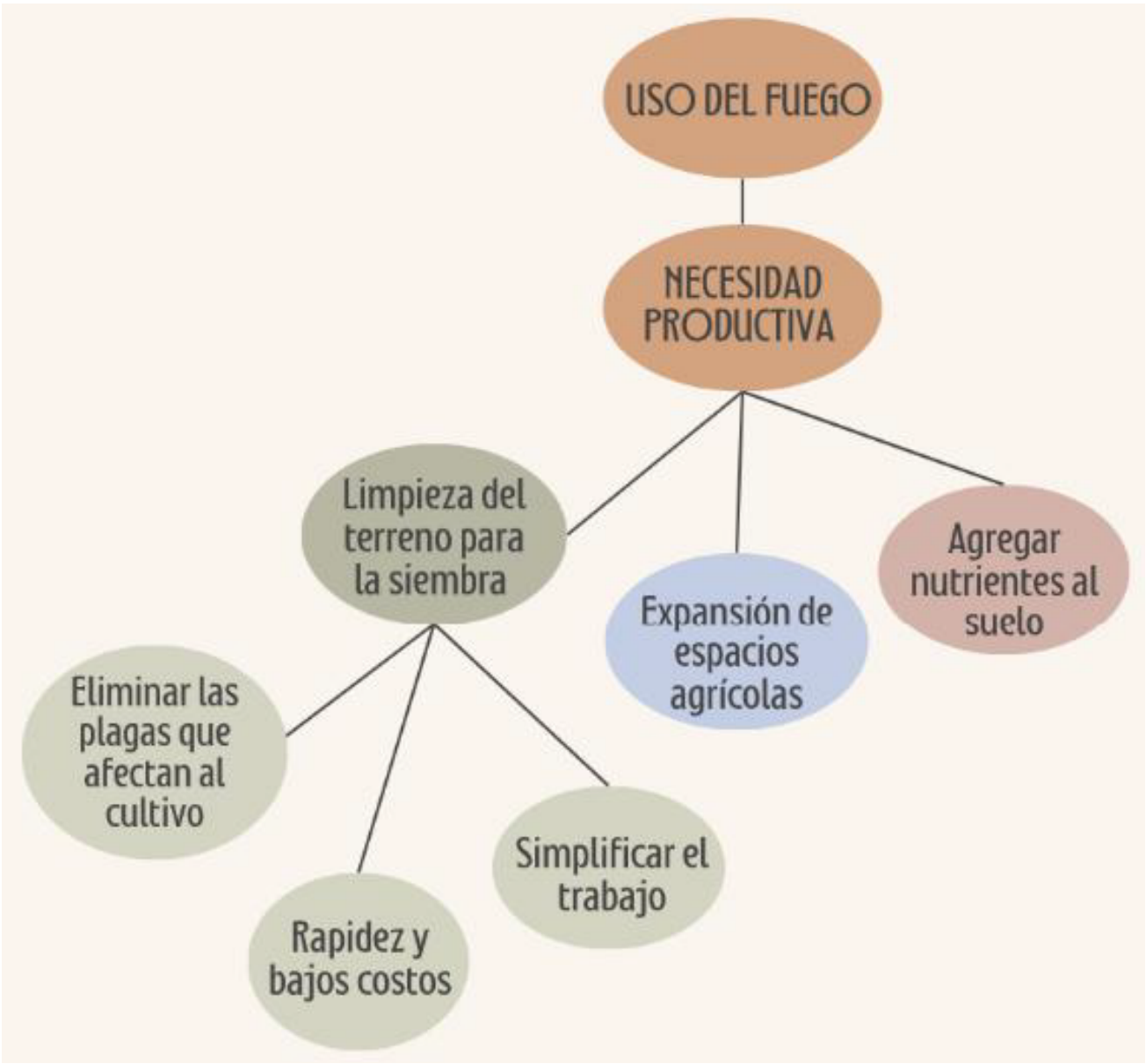


Figura 3. Motivos del uso del fuego en las actividades agrícolas. Adaptado de Alvarez, et al., 2025.

En Chanka, cultivos como la cebada, el trigo y la avena se siembran entre diciembre y febrero, y se cosechan a mitad de año. La preparación del terreno comienza en agosto, cuando también se inicia la siembra temprana de papa, e incluye el uso del fuego.

El momento del día y el número de personas que participan son dos aspectos importantes en la realización de las

quemadas (Luna-Celino & Ramirez, 2025; Luna-Celino & Kainer, 2024). El viento, especialmente al mediodía, aumenta el riesgo de propagación. Por ello, algunas personas entrevistadas consideran más seguro quemar por la mañana; sin embargo, en la práctica muchas quemadas se realizan por la tarde. Estas actividades suelen estar a cargo de grupos pequeños de una a tres personas, generalmente familiares o vecinos.

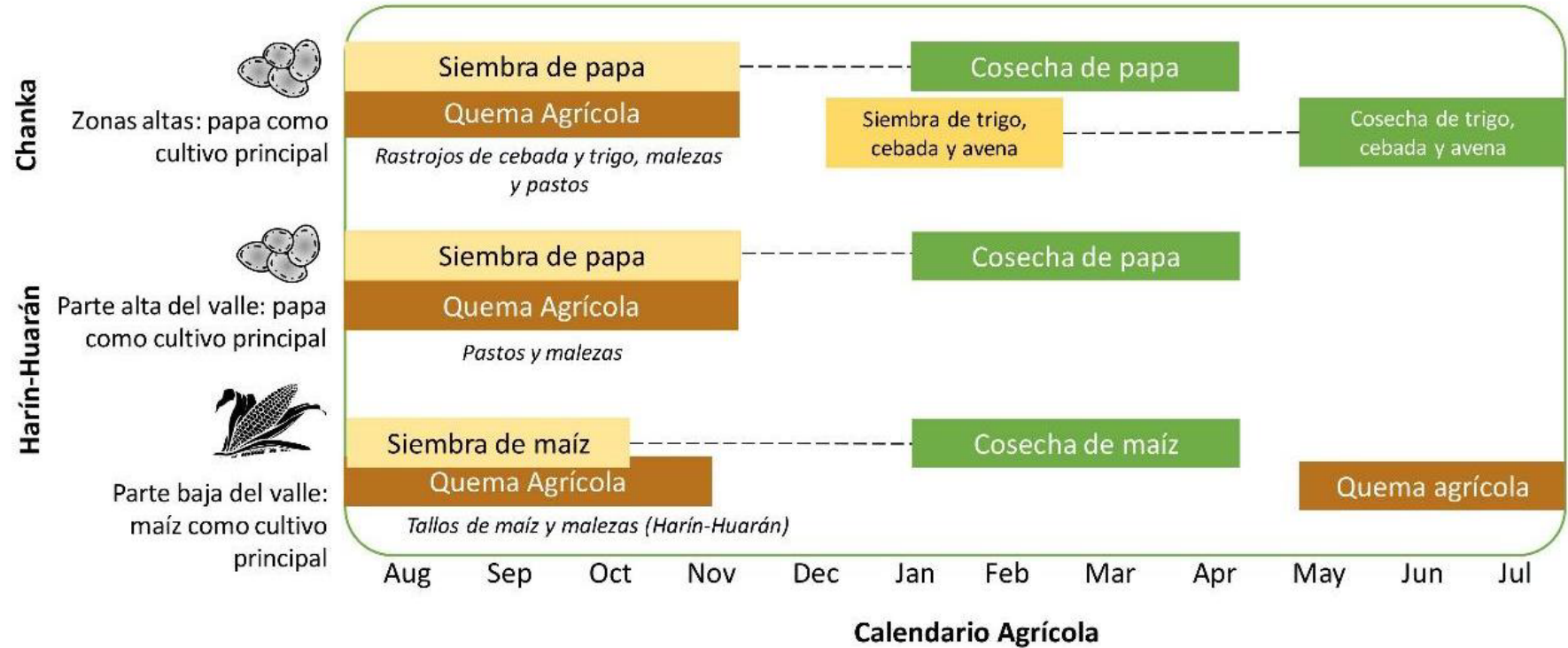


Figura 4. Sistematización de las temporadas de uso del fuego en las labores agrícolas en Harín-Huarán y Chanka, Cusco. Nota. Adaptado de Alvarez et al. (2025).

4.2.1. Patrones de quema

En Harín-Huarán, la quema de residuos agrícolas y malezas sigue tres patrones: (a) montones distribuidos a lo largo del campo, (b) montones concentrados en el centro, especialmente en parcelas pequeñas; y (c) montones en los bordes, pues algunos agricultores consideran que así evitan dañar al suelo. En la zona alta, los residuos suelen quemarse en un solo montón ubicado en el centro o en los extremos del terreno.

En Chanka, se identifican dos métodos: (d) la acumulación y quema de rastrojos de cebada o trigo en montones y (e) la quema de un solo montón grande que se extiende por el

terreno. Antes de aplicar este segundo método, se limpia el perímetro de la parcela. Esta franja despejada funciona de manera similar a un cortafuego porque elimina el material que podría alimentar las llamas (Manta, 2017).

En Chanka, este patrón de quema suele comenzar en el centro del terreno y avanzar de forma controlada hacia los bordes. Para dirigir el fuego y ayudar a extinguirlo, se utilizan ramas frescas. En zonas con pendiente, la quema se conduce desde la parte alta hacia la parte baja, en contra de la dirección del viento, para impedir que el fuego avance cuesta arriba. Diversos estudios señalan que la pendiente incrementa el riesgo de propagación (CENEPRED, 2020; Luna-Celino & Ramirez, 2025; Luna-Celino & Kainer, 2024; Rodríguez Trejo et al., 2008).



a. Montones de rastrojo de maíz listos para la quema en Calca, 2022



b. Quema de rastrojo de maíz en montones en Calca, 2021



c. Quema de rastrojo de maíz en el borde del terreno agrícola en Calca, 2022



d. Quema de rastrojo de cebada en montones en Chanka, 2021



e. Quema extendida en Chanka, 2021

Figura 5. Patrones de quemas agrícolas.

4.3. Perspectiva de los usuarios sobre el uso del fuego

La legislación peruana contiene disposiciones que prohíben los incendios forestales, aunque no todas regulan de manera explícita sobre la quema de rastrojos (Ordenanza Regional n.º 047-2013-CR/GRC.CUSCO, 2013; Ley n.º 28611, 2005). En cambio, el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario (2012) prohíbe expresamente la quema de residuos vegetales procedentes de cultivos o cosechas.

Asimismo, el Código Penal tipifica el delito contra los bosques o formaciones boscosas, sancionando a quien, sin

contar con el permiso, licencia, autorización o concesión correspondiente, “destruye, quema, daña o tala, en todo o en parte, bosques u otras formaciones boscosas” (Decreto Legislativo n.º 635, 1991, art. 310). Por su parte, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre establece sanciones administrativas por infracciones forestales, con multas entre 10 y 5 000 UIT (Ley N° 29763, 2011), equivalentes a montos muy elevados. Sin embargo, la imposición de estas normas resulta difícil cuando no se identifica a los responsables (Cossio, 2022).

En las comunidades de estudio, los pobladores indicaron conocer estas sanciones. Sus testimonios muestran una postura ambivalente: reconocen que la quema es una herramienta rápida, económica y eficiente, pero también son conscientes del riesgo de que el fuego se propague. Por ello, consideran

que la prevención de incendios y la reducción de los daños requieren: (a) capacitación para el manejo del fuego, (b) más herramientas para extinguir el fuego, (c) una mejor organización y (d) actividades de sensibilización comunitaria. En general, el fuego es valorado como una herramienta útil para la agricultura, pero su posible descontrol genera preocupación.

4.4. La organización comunitaria frente a incendios

La cohesión social de cada comunidad influye directamente en su capacidad de respuesta ante los incendios. En Chanka, una sólida organización comunal permite movilizar rápidamente a la población cuando el fuego se propaga. En Harín-Huarán, en cambio, la fragmentación entre sectores dificulta una respuesta conjunta y coordinada.

En ambos casos, el problema no es la falta de compromiso de los pobladores, sino la carencia de equipos adecuados y de capacitación técnica para conformar brigadas efectivas. Si bien el Gobierno Regional de Cusco impulsó un proyecto para capacitar brigadas comunitarias, este dificulta consolidarse en gran parte de la población. Ante ello, las autoridades optan por recomendar que la comunidad no combata directamente los incendios y se limite a evacuar las zonas en riesgo, una medida motivada por experiencias pasadas en las que comuneros perdieron la vida al intervenir sin los equipos necesarios.

5. Discusión y recomendaciones —●

El uso del fuego en la agricultura puede variar en respuesta de las transformaciones socioeconómicas que experimentan las comunidades, la intensificación agrícola, la mecanización y los cambios en la tenencia de la tierra (Taboada-Hermoza, 2024; Taboada-Hermoza & Martínez, 2025). A ello se suman las variaciones de las condiciones climáticas observadas en otros territorios altoandinos. En la cuenca del río Mantaro, en los Andes centrales del Perú, se han identificado cambios en la distribución de las lluvias, especialmente en las zonas de mayor altitud (Zubieta et al., 2017). Además, entre 1965 y 2013, el inicio de la temporada de lluvias se retrasó y su duración se redujo, mientras que los periodos secos se han prolongado (Giráldez et al., 2020). Asimismo, se prevé que el cambio climático aumente la intensidad y frecuencia de sequías (Zubieta et al., 2021; Ccanchi et al., 2026), lo que puede favorecer la propagación de los incendios. En el Perú ya se han observado condiciones atmosféricas y de sequedad favorables para su ocurrencia (Zubieta et al., 2023; Ccanchi et al., 2026).

En este contexto, el fuego continúa siendo una herramienta clave, pero su uso se vuelve más riesgoso y está siendo replanteado por las comunidades. En conjunto, estos cambios muestran que el uso del fuego en los Andes está en transición, adaptándose a nuevas condiciones ambientales, sociales y económicas (Taboada-Hermoza & Martínez Grimaldo, 2025).

El Perú no cuenta con una política integral de gestión del fuego, ya que los incendios forestales se abordan principalmente como emergencias bajo el SINAGERD. Además, que la legislación vigente prioriza la prohibición del uso del fuego

en actividades agrícolas (Ley n.º 28611, 2005; Ley n.º 29664, 2011; MINAGRI, 2012; Ordenanza Regional n.º 047-2013-CR/GRC.CUSCO, 2013) mediante un enfoque punitivo, basado en sanciones económicas y penales (Durigan, 2020; Molinero Hernando et al., 2008; Araujo-Raurau & Luna-Celino, 2024), sin considerar que el fuego es una herramienta esencial para los agricultores rurales. Donde el fuego cumple funciones clave como la eliminación de residuos y el control de malezas. Su uso, muchas veces responde a una agricultura familiar, limitaciones económicas y falta de alternativas, por lo que sigue siendo el método más accesible para preparar la tierra. Sin embargo, las políticas restrictivas no han logrado reducir los incendios; por el contrario, estos han aumentado (INDECI, s. f.; Ley n.º 29664, 2011; Zubieta et al., 2023). En cambio, el uso controlado del fuego puede generar beneficios ecológicos, como la regeneración vegetal (Gutierrez-Flores et al., 2024; Roman et al., 2024).

Como se ha descrito, los resultados muestran que el uso del fuego es una práctica compleja influida por factores sociales, ambientales y organizativos (Luna-Celino et al., 2025). Por otro lado, las diferencias entre comunidades como Chanka y Harín-Huarán evidencian la importancia de comprender e incorporar conocimientos locales en las políticas públicas, en lugar de imponer prohibiciones uniformes (Araujo Raurau & Celino, 2024; Essen et al., 2023; Devisscher et al., 2018).

Por ello, a partir de los resultados y de la literatura consultada, se identifican cuatro líneas de intervención que deberían evaluarse antes de su implementación. Estas propuestas intentan aportar a la consigna de contar con un enfoque de manejo integral del fuego que reconozca su uso en contextos rurales y promueva alternativas viables. Estas propuestas no fueron probadas por el estudio, por lo que deben entenderse como opciones para orientar futuras políticas y experiencias piloto.

En este contexto, se proponen las siguientes cuatro estrategias: (1) desarrollar alternativas al uso del fuego y evaluar su viabilidad (Agro Perú, 2022; SERFOR, 2021; Shyamsundar et al., 2019); (2) pilotear quemas controladas reguladas, como en otros países (Hamilton et al., 2023; Luna-Celino et al., 2025; CONAF, 2026; Villagra & Paula, 2021), superando barreras institucionales (Tedim et al., 2021); (3) evaluar incentivos económicos para reducir su uso, como pagos por servicios ecosistémicos (Ley N.º 30215, 2014); y (4) fortalecer la organización comunitaria y su participación en la gestión del fuego (Lecina-Díaz et al., 2023; Luna-Celino et al., 2025; Norgaard, 2014).

En conjunto, estas líneas podrían contribuir a una gobernanza más inclusiva del fuego (Devisscher et al., 2019; Essen et al., 2023; Luna-Celino et al., 2025). Su aplicación, sin embargo, plantea retos institucionales, normativos y políticos. Por ello, se recomienda generar espacios de diálogo entre comunidades, autoridades, especialistas y organizaciones locales para examinar la viabilidad de las medidas y formular respuestas acordes con las realidades locales (Devisscher et al., 2019; Carmenta et al., 2013; Villagra & Paula, 2021).

6. Conclusión —●

Este estudio muestra que el enfoque punitivo de la gestión del fuego en el Perú resulta limitado para comprender y abordar el uso agrícola del fuego en las comunidades estudiadas. Pues este enfoque no incorpora las dimensiones sociales, eco-

nómicas y ambientales que condicionan el uso del fuego en diversos territorios. A pesar de las restricciones normativas, los incendios persisten, lo que sugiere que las medidas basadas en la prohibición podrían tener, por sí solas, una baja efectividad limitada. En la práctica, este enfoque puede generar tensiones para los agricultores, quienes continúan utilizando el fuego como una herramienta funcional para la preparación del terreno y el control de malezas.

Estos hallazgos indican que el uso del fuego debe ser comprendido como una práctica vinculada con el sistema socio ecológico andino y las condiciones ambientales de los territorios y no únicamente como una fuente de peligro. En consecuencia, el estudio plantea la necesidad de transitar hacia un enfoque de gestión integral que combine el desarrollo de alternativas al uso del fuego, la regulación de quemados controlados, mecanismos de incentivos y el fortalecimiento de la gobernanza local.

Asimismo, se resalta la importancia de integrar el conocimiento local y de sustentar las políticas en evidencia cualitativa en el diseño de intervenciones contextualizadas, cuya viabilidad deberá evaluarse. En conjunto, estos aportes pueden orientar una gestión del fuego más inclusiva, preventiva y adaptativa, orientada a atender la productividad agrícola y reducir el riesgo de incendios forestales.

Referencias

- Agro Perú. (2022, marzo 24). Serfor, Midis y gobiernos regionales articulan esfuerzos para prevenir incendios forestales. AGROPERÚ Informa. <https://www.agroperu.pe/serfor-midis-y-gobiernos-regionales-articulan-esfuerzos-para-prevenir-incendios-forestales/>
- Alvarez Rios, S. A. (2022). Percepción frente a la ocurrencia de incendios forestales en los pobladores de la comunidad Chanka, Huanquite – Paruro y del centro poblado Arín-Huacán, Calca – Calca. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7125>
- Alvarez, S., Martínez, A. G., Zubieta, R., & Ccanchi, Y. (2025). Rethinking the agricultural use of fire and its influence on the occurrence of wildfire in high Andean communities of Cusco, Peru. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 105702. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105702>
- Ccanchi, Y., Zubieta, R., Prado, J., & Sinticala, J. (2026). Modeling the potential hazard of wildfires under the influence of climatic, vegetative and anthropogenic factors in the Andean and Amazonian regions of Peru. *EGUsphere*, 1–29. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2026-1902>
- Carmenta, R., Vermeylen, S., Parry, L., & Barlow, J. (2013). Shifting Cultivation and Fire Policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 41. <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9600-1>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED]. (2020). Escenario de Riesgo por Incendios Forestales. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10471>
- Christianson, A. (2015). Social science research on indigenous wildfire management in the 21st Century and future research needs. *International Journal of Wildland Fire*, 24(2), 190–200. <https://doi.org/10.1071/WF13048>
- Código Penal. Decreto Legislativo n.º 635. (1991, 8 de abril). Diario Oficial El Peruano. minjus.gob.pe
- Corporación Nacional Forestal Secom. (2026, abril 2 de abril). Actualización: Situación del uso del fuego como quema controlada. CONAF. <https://www.conaf.cl/actualizacion-situacion-uso-del-fuego-en-regiones/>
- CooperAcción. (2024, septiembre 18). Los incendios: Sus causas locales y globales CooperAcción. <https://cooperacion.org.pe/opinion/los-incendios-sus-causas-locales-y-globales/>
- Cossio, D. G. T. (2022, noviembre 18). Incendios forestales: Qué son, qué daños provocan y cuántos se han registrado en Perú. Federación de Periodistas del Perú. <https://fpp.org.pe/incendios-forestales-que-son-que-danos-provocan-y-cuantos-se-han-registrado-en-peru/>
- Decreto Supremo N.º 016-2012-AG. Reglamento De Manejo De Los Residuos Sólidos Del Sector Agrario. Diario Oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/2318260-016-2012-ag>
- Defensoría del Pueblo. (2024). Informe de supervisión en el marco de los incendios forestales 2024: Impacto, responsabilidad y vulneración de derechos fundamentales (Informe defensorial n.º 225). <https://www.defensoria.gob.pe/informes/informe-defensorial-n-225/>
- Devisscher, T., Malhi, Y., & Boyd, E. (2019). Deliberation for wildfire risk management: Addressing conflicting views in the Chiquitania, Bolivia. *The Geographical Journal*, 185(1), 38–54. <https://doi.org/10.1111/geoj.12261>
- Diario Gestión (2025, 23 de julio). Cusco: Se reportaron 81 incendios forestales y un fallecido en lo que va del 2025. <https://gestion.pe/peru/cusco-se-reportaron-81-incendios-forestales-y-un-fallecido-en-lo-que-va-del-2025-noticia/>
- Durigan, G. (2020). Zero-fire: Not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora*, 268, 151612. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>
- Essen, M., McCaffrey, S., Abrams, J., & Paveglio, T. (2023). Improving wildfire management outcomes: Shifting the paradigm of wildfire from simple to complex risk. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(5), 909–927. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.2007861>
- Farfán, A., & Hurtado, F. (1996). Las quemados e incendios de formaciones vegetales en la región Inka: Los casos de los Valles de Paucartambo, La Convención y Yanatile. Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente-IMA-Región Inka. Cusco.
- Giráldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., & Sulca, J. (2020). Change of the Rainfall Seasonality Over Central Peruvian Andes: Onset, End, Duration and Its Relationship With Large-Scale Atmospheric Circulation. *Climate*, 8(2), 23. <https://doi.org/10.3390/cli8020023>
- Gutierrez-Flores, I., Panca, M., & Oyague, E. (2024). Fire as driver of plant communities and soil properties changes in Puna grasslands in Southern Peruvian Andes. *Environmental Challenges*, 17, 101044. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101044>

Hamilton, M., Nielsen-Pincus, M., & Evers, C. R. (2023). Wild-fire risk governance from the bottom up: Linking local planning processes in fragmented landscapes. *Ecology and Society*, 28(3). <https://doi.org/10.5751/ES-13856-280303>

Hoffman, K. M., Christianson, A. C., Gray, R. W., & Daniels, L. (2022). Western Canada's new wildfire reality needs a new approach to fire management. *Environmental Research Letters*, 17(6), 061001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7345>

Hurtado, I., Mesclier, É., Puerta, M., & Deler, J.-P. (1997). Atlas de la región del Cusco: Dinámicas del espacio en el Sur peruano. En *Atlas de la región del Cusco: Dinámicas del espacio en el Sur peruano*. Institut français d'études andines. <https://books.openedition.org/ifea/7022>

Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (s. f.). Reportes preliminares, complementarios y de emergencias. Recuperado de <https://portal.indeci.gob.pe/informe/reportes-preliminares-complementarios-emergencias/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/resultados-definitivos-iv-censo-nacional-agropecuario-2012-0>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 – Censos Nacionales 2017. <https://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>

Lecina-Díaz, J., Campos, J. C., Pais, S., Carvalho-Santos, C., Azevedo, J. C., Fernandes, P., Gonçalves, J. F., Aquilué, N., Rocas-Díaz, J. V., Torre, M. A. de la, Brotons, L., Chas-Amil, M.-L., Lomba, A., Duane, A., Moreira, F., Touza, J. M., Hermoso, V., Sil, Á., Vicente, J. R., ... Regos, A. (2023). Stakeholder perceptions of wildfire management strategies as nature-based solutions in two Iberian biosphere reserves. *Ecology and Society*, Article 39. <https://doi.org/10.5751/ES-13907-280139>

Ley n.° 28611, Ley General del Ambiente (2005, 15 de octubre). *Diario Oficial El Peruano*. https://www.leyes.congreso.gob.pe/DetLeyNume_1p.aspx?xNorma=6&xNumero=28611&xTipoNorma=0&utm_source=

Ley n.° 29664. Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). (2011, 19 de febrero). *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/indeci/informes-publicaciones/2370524-ley-n-29664-ley-del-sistema-nacional-de-gestion-del-riesgo-de-desastres-sinagerd>

Ley n.° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre. (2011, 22 de julio). *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.fao.org/fao-lex/results/details/es/c/LEX-FAOC104648/>

Ley n.° 30215, Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos. (2014, 29 de junio). *Diario Oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3580-30215>

Luna Celino, V., & Araujo Raurau, A. L. (2024). Hacia un nuevo paradigma en el manejo de la quema agrícola en el Perú. *La Revista Agraria*, (208), 10–12. <https://larevistaagrariperu.org/2025/02/21/hacia-un-nuevo-paradigma-en-el-manejo-de-la-quema-agricola-en-el-peru/>

Luna Celino, V., & Ramirez, A. (2025). Manejo del fuego comunitario para reducción de los incendios forestales (1.ª ed.). Mountain Sentinels.

Luna-Celino, V., & Kainer, K. A. (2024). Living with Fire: Agricultural Burning by Quechua Farmers in the Peruvian Andes. *Human Ecology*, 52(5), 965–981. <https://doi.org/10.1007/s10745-024-00547-9>

Luna-Celino, V., Kainer, K. A., Carmenta, R., Loiselle, B., & Cuellar, A. (2025). Burning perceptions that integrate wellbeing and ecosystem services to inform fire governance in the Peruvian Andes. *Journal of Rural Studies*, 116, 103610. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2025.103610>

Manta, M. (2007). Evaluación de las causas naturales y socioeconómicas de los incendios forestales en América del Sur. En J. Goldammer (Ed), *Cuarta conferencia mundial de Incendios Forestales* (pp. 1-17). https://gfmcc.org/doc/cd/SESIONES_TEMATICAS/ST1/Manta_PERU.pdf

Manta, M. (2017). Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4302>

Manta, M., Kometter, R., & Navia, A. (2018). Evaluation of wildfire danger in the Peruvian Andes: First step for its reduction and adaptation. In D. X. Voegas (Ed.), *Advances in forest fire research 2018* (pp. 44–56). Imprensa da Universidade de Coimbra. https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_4

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (s/f). Calendario Agrícola. Recuperado el 8 de abril de 2026, de <https://www.midagri.gob.pe/portal/21-sector-agrario/agricola/181-calendario>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2025). Registros históricos de incendios forestales. Geoservidor. <https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>

Molinero Hernando, F., García de Celis, A. J., Cascos Maraña, C., Baraja Rodríguez, E., & Guerra Velasco, J. C. (2008). La percepción local de los incendios forestales y sus motivaciones en Castilla y León. *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, (76), 213–229. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2783071>

Morello, T. (2023). An Agri-environmental Scheme for Reducing Inputs Subjected to Accidental Spillage: An Application to Agricultural Burnings by Smallholders. *Environmental and Resource Economics*, 84(2), 383–408. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00720-y>

Morlon, P. (1996). Comprender la agricultura campesina en los Andes centrales. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.2642>

Myers, R. L. (2006). Convivir Con El Fuego—Manteniendo Los Ecosistemas Y Los Medios De Subsistencia Mediante El Manejo Integral Del Fuego. The Nature Conservancy. https://www.conservationgateway.org/Documents/el_manejo_integral_del_fuego.pdf

Nikolakis, W. D., & Roberts, E. (2020). Indigenous fire management: A conceptual model from literature. *Ecology and Society*, 25(4), Article 11. <https://doi.org/10.5751/ES-11945-250411>

Norgaard, K. M. (2014). The politics of fire and the social impacts of fire exclusion on the Klamath. *Humboldt Journal of Social Relations*, 1(36), 77–101. <https://doi.org/10.55671/0160-4341.1201>

Ordenanza Regional n.º 047-2013-CR/GRC.CUSCO. Prohíben la quema de pastos, plantaciones forestales y bosques naturales en la región Cusco. (2013, 22 de noviembre). *Diario Oficial El Peruano*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/servicios_web/conectamef_-quechua/pdf/normas_legales_2012/NL20131122.pdf

Pivello, V. R. (2011). The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. *Fire Ecology*, 7(1), 24–39. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>

Restrepo, E. (2018). *Etnografía: Alcances, técnicas y éticas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://www.aacademica.org/eduardo.restrepo/3>

Rodríguez Trejo, D. A., Ramírez Maldonado, H., Tchikoué, H., & Santillán Pérez, J. (2008). Factores que inciden en la siniestralidad de los incendios forestales. 33(104), 37–58. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/736>

Roman, M., Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Paucar, Y., Alvarez, S., Loayza, J., & Ayala, F. (2024). Seasonal Effects of Wildfires on the Physical and Chemical Properties of Soil in Andean Grassland Ecosystems in Cusco, Peru: Pending Challenges. *Fire*, 7(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/fire7070259>

Segura Cuellar, C. K. (2019). *Gestión mediante el uso del fuego en los ecosistemas del sistema nacional de áreas naturales protegidas—Perú*. [Trabajo de fin de máster, Universitat de Barcelona]. Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona. <https://hdl.handle.net/2445/141502>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2018). Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales. <https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1122794-plan-de-prevencion-y-reduccion-de-riesgos-de-incendios-forestales>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] gob.pe. (2021, 17 de septiembre). SERFOR, Gobiernos Regionales de Cusco y Apurímac y el Programa País promueven alternativas para no quemar. <https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/512994-serfor-gobiernos-regionales-de-cusco-y-apurimac-y-el-programa-pais-promueven-alternativas-para-no-quemar>

Shyamsundar, P., Springer, N. P., Tallis, H., Polasky, S., Jat, M. L., Sidhu, H. S., Krishnapriya, P. P., Skiba, N., Ginn, W., Ahuja, V., Cummins, J., Datta, I., Dholakia, H. H., Dixon, J., Gerard, B., Gupta, R., Hellmann, J., Jadhav, A., Jat, H. S., ... Somanathan, R. (2019). Fields on fire: Alternatives to crop residue burning in India. *Science*, 365(6453), 536–538. <https://doi.org/10.1126/science.aaw4085>

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA]. (2024, 18 de septiembre). Incendios forestales: Principales causas, impacto sobre la biodiversidad y cómo prevenirlos. *Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/incendios-forestales-principales-causas-y-el-impacto-sobre-biodiversidad/>

Taboada Hermoza, R. (2024). Fuego en el pastizal: Usos del fuego y percepción del riesgo de incendios en la Comunidad Campesina de Apachaco (Espinar, Cusco) [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/24158>

Taboada-Hermoza, R., & Martínez, A. (2025). “No One Is Safe”: Agricultural Burnings, Wildfires and Risk Perception in Two Agropastoral Communities in the Puna of Cusco, Peru. *Fire*, 8(2), Article 60. <https://doi.org/10.3390/fire8020060>

Tedim, F., McCaffrey, S., Leone, V., Vazquez-Varela, C., Depietri, Y., Buergelt, P., & Lovreglio, R. (2021). Supporting a shift in wildfire management from fighting fires to thriving with fires: The need for translational wildfire science. *Forest Policy and Economics*, 131, 102565. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102565>

Villagra, P., & Paula, S. (2021). Wildfire Management in Chile: Increasing Risks Call for More Resilient Communities. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 63(3), 4–14. <https://doi.org/10.1080/00139157.2021.1898891>

Zubieta, R., Saavedra Huanca, M., Silva Vidal, Y., & Giráldez, L. (2017). Spatial analysis and temporal trends of daily precipitation concentration in the Mantaro River basin: Central Andes of Peru. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 31, 1305–1318. <https://doi.org/10.1007/s00477-016-1235-5>

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*, 32(4), 531–544. <https://doi.org/10.1071/WF21129>

Zubieta, R., Molina-Carpio, J., Laqui, W., Sulca, J., & Ilbay, M. (2021). Comparative Analysis of Climate Change Impacts on Meteorological, Hydrological, and Agricultural Droughts in the Lake Titicaca Basin. *Water*, 13(2), Article 175. <https://doi.org/10.3390/w13020175>

Zubieta, R., Prudencio, F., Alarco, G., & Reupo, J. (2019). Ocurrencia de incendios forestales en el Perú durante eventos El Niño. *Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, 6(5), 5–9. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4704>

PROFUNDIDAD DE LA CAPA LÍMITE PLANETARIA SOBRE EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO

José Luis Flores-Rojas¹

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

Palabras clave: capa límite planetaria, Andes centrales, valle del Mantaro, radiosondeo, ceilómetro, ciclo diurno

Citar como: Flores-Rojas, J. L., (2026). Profundidad de la capa límite planetaria sobre el Observatorio de Huancayo. Boletín Científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 13 n.º 05 págs. 13-18.

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

La capa límite planetaria (CLP) es la parte de la atmósfera en contacto con la superficie y es donde habitan las personas. Conocer cómo cambia la profundidad de la CLP a lo largo del día permite saber cuándo el aire cercano a la superficie se mezcla con mayor o menor intensidad con el aire por encima de esta, en la llamada atmósfera libre, sobre el Observatorio de Huancayo. Estos datos pueden servir para evaluar modelos meteorológicos de alta resolución y comprender mejor las condiciones que podrían favorecer la acumulación o dispersión de contaminantes y aerosoles en este sector del valle del Mantaro. Este estudio es un primer paso hacia una caracterización más amplia de la CLP en el valle de Mantaro.

Resumen

La capa límite planetaria (CLP) es la porción más baja de la atmósfera y responde directamente al calentamiento, enfriamiento y fricción de la superficie. Su profundidad varía con rapidez a lo largo del día y condiciona la mezcla vertical del aire. Este avance de investigación caracteriza la altura de la CLP sobre el Observatorio de Huancayo, en el valle del Mantaro, mediante 52 perfiles de radiosondeos y observaciones de un ceilómetro CHM 8k obtenidas durante 2019. A las 13:00 h, hora local, la mediana de la altura fue 1 430 m; a las 19:00 h, fue de 170 m. Las observaciones del ceilómetro mostraron una evolución diurna con capas más profundas durante las horas de mayor calentamiento y más someras durante la noche y la mañana.

1. Introducción

La estructura de la CLP cambia a lo largo del día. Durante las

horas de calentamiento solar suele desarrollarse una capa convectiva, donde los contrastes termales generan turbulencia que mezcla verticalmente la temperatura, la humedad y otras propiedades del aire. Tras la puesta del Sol, el enfriamiento de la superficie se desactiva dicha turbulencia y se favorece la formación de una capa estable y más somera, por sobre la cual, parte de la capa diurna puede permanecer como una capa residual. En regiones montañosas, la topografía y las circulaciones valle-montaña también influyen en esta evolución (Arya, 1998).

El Observatorio de Huancayo se encuentra a 3 313 m s.n.m. dentro del valle del Mantaro, en los Andes centrales del Perú. La topografía del valle (Figura 1) y la marcada variación diaria de la radiación y la temperatura superficial hacen de este entorno un laboratorio natural para estudiar cómo crece y colapsa la capa atmosférica directamente influida por la superficie (Saavedra & Takahashi, 2017).

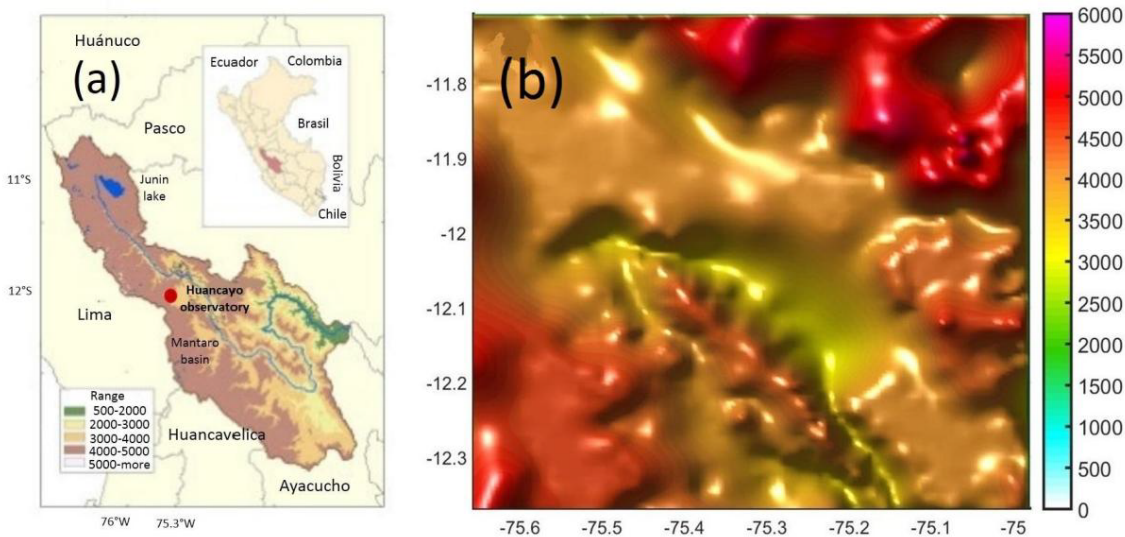


Figura 1. Ubicación del Observatorio de Huancayo y relieve del área de estudio (a) Ubicación del Observatorio de Huancayo en la cuenca del Mantaro. (b) Elevación del área de estudio, la escala de colores representa la elevación topográfica con respecto al nivel del mar. Figura adaptada de Flores et. al (2019).

2. Metodología

Se analizaron 52 perfiles atmosféricos obtenidos mediante radiosondeos realizados en el Observatorio de Huancayo durante la campaña de mediciones realizada en los meses de febrero y marzo de 2019. De estos perfiles, 22 correspondieron a condiciones inestables (convectivas), 21 a condiciones neutrales y 9 a condiciones estables, tal como se muestra en la Tabla 1.

La altura de la CLP se estimó mediante una adaptación del procedimiento automático usando la temperatura potencial y su gradiente vertical. El procedimiento clasificó primero cada perfil como inestable, neutral o estable (Seibert et al., 2000).

En los perfiles inestables, la altura se identifica cerca de la base de la inversión que limita el ascenso de las térmicas; en condiciones estables, se consideraron tanto la transición hacia una capa menos estable como la presencia de un máximo de viento asociado con una corriente en chorro de bajo nivel (Figura 2a).

Los radiosondeos se complementaron con observaciones de un ceilómetro Lufft CHM 8k, obtenidas durante los meses de febrero y marzo del 2019 (Shuyan & Xin-Zhong, 2010). El instrumento registra la retrodispersión óptica de aerosoles y permite seguir con alta frecuencia la estructura de la capa mezclada (Stull, 2003).

Tabla 1. Fechas y horas de lanzamiento de los sondeos en el Observatorio de Huancayo y altura estimada de la capa límite planetaria (CLP).

Régimen inestable (CBL)		
Fecha	Hora de lanzamiento (HL)	Altura de la CLP (m)
22 feb.	19	2 280
24 feb.	13	2 060
25 feb.	10	620
25 feb.	13	1 960
27 feb.	19	1 680
28 feb.	13	1 300
01 mar.	13	1 300
02 mar.	13	1 720
04 mar.	13	1 520
05 mar.	13	2 300
06 mar.	13	1 600
07 mar.	13	1 520
08 mar.	13	1 180
09 mar.	13	1 460
10 mar.	13	1 340
11 mar.	13	1 360
12 mar.	13	1 740
13 mar.	13	1 540
27 mar.	13	1 680
10 abr.	13	2 240
02 may.	13	1 100
19 jun.	13	1 540

Régimen neutral (NRL)		
Fecha	Hora de lanzamiento (HL)	Altura de la CLP (m)
23 feb.	07	140
24 feb.	19	260
25 feb.	16	620
26 feb.	13	1 800
26 feb.	19	100
27 feb.	13	120
28 feb.	19	480
01 mar.	19	460
03 mar.	13	2 180
06 mar.	19	100
07 mar.	19	80
12 mar.	19	760
13 mar.	13	980
13 mar.	19	420
20 mar.	13	560
22 may.	13	1 540
29 may.	13	600
05 jun.	16	2 000
12 jun.	13	1 300
26 jun.	13	1 400
03 jul.	13	540

Régimen neutral (NRL)		
Fecha	Hora de lanzamiento (HL)	Altura de la CLP (m)
23 feb.	07	80
25 feb.	19	200
02 mar.	16	160
03 mar.	13	380
04 mar.	19	180
05 mar.	13	80
08 mar.	19	80
09 mar.	19	140
10 mar.	13	20
11 mar.	19	100

Resumen: 22 casos inestables, 21 neutrales y 10 estables.
Nota. El pie de la tabla original señala 9 casos estables; sin embargo, la columna correspondiente contiene 10 registros.

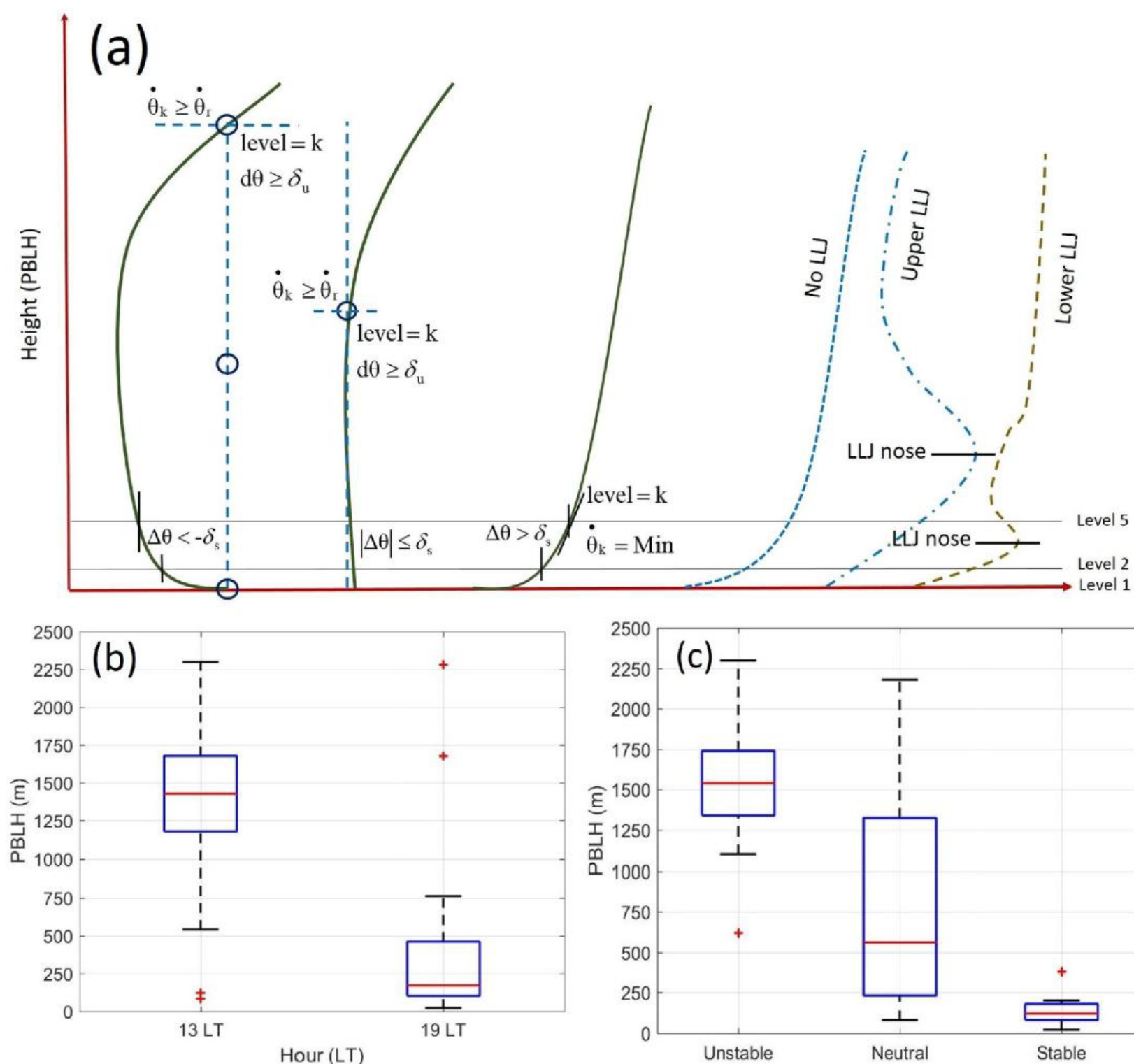


Figura 2. (a) Esquema del procedimiento usado para identificar regímenes: inestable, neutra y estable. (b) Distribución de la altura de la CLP (PBLH, por sus siglas en inglés) a las 13:00 y 19:00; (c) distribución según régimen. El esquema original fue adaptado de Shuyan y Xin-Zhong (2010).

3. Resultados y discusión

El marcado contraste que se observó entre el mediodía y el anochecer es el resultado más claro (Figura 2b). A las 13:00, la mediana de la altura de la CLP fue 1 430 m, con un intervalo intercuartílico de 1 180 a 1 680 m. A las 19:00, la mediana descendió a 170 m y el intervalo intercuartílico fue de 100 a 460 m. Por tanto, la capa atmosférica directamente influida por la superficie fue, en términos medianos, más de ocho veces más profunda al mediodía que al anochecer. La comparación entre regímenes de la Figura 2c muestra, además, que las mayores alturas corresponden a condiciones inestables y las menores a condiciones estables.

Los perfiles seleccionados muestran un camino de interpretación de ese cambio (Figura 3). En los ejemplos inestables y neutrales, la temperatura potencial y la humedad muestran capas relativamente bien mezcladas dentro del área diagnosticada, una estructura compatible con una turbulencia capaz de redistribuir calor y vapor de agua en una profundidad mayor.

En el ejemplo estable, la capa diagnosticada es más somera y puede coexistir con un máximo de viento cercano a la superficie. Esta es una señal relevante para distinguir la contribución dinámica de la contribución térmica al límite superior de la capa estable.

La altura de la CLA corregida corresponde a una estimación refinada de la altura de la capa límite planetaria respecto al valor inicial. En condiciones inestables y neutrales, la primera estimación se obtiene a partir del incremento de temperatura potencial con respecto a la superficie y luego se corrige identificando el inicio de una inversión suficientemente intensa, mediante el criterio $\partial\theta/\partial z \geq 0.004 \text{ K m}^{-1}$, lo que permite representar mejor el límite superior de la capa mezclada y la zona de entrainment. En condiciones estables, la PBLH se determina a partir de la transición entre la capa estable superficial y condiciones más neutras, incorporando además la estructura del viento cuando existe un jet de bajo nivel. En la Figura 3, el círculo azul indica la estimación inicial y el círculo negro la PBLH corregida.

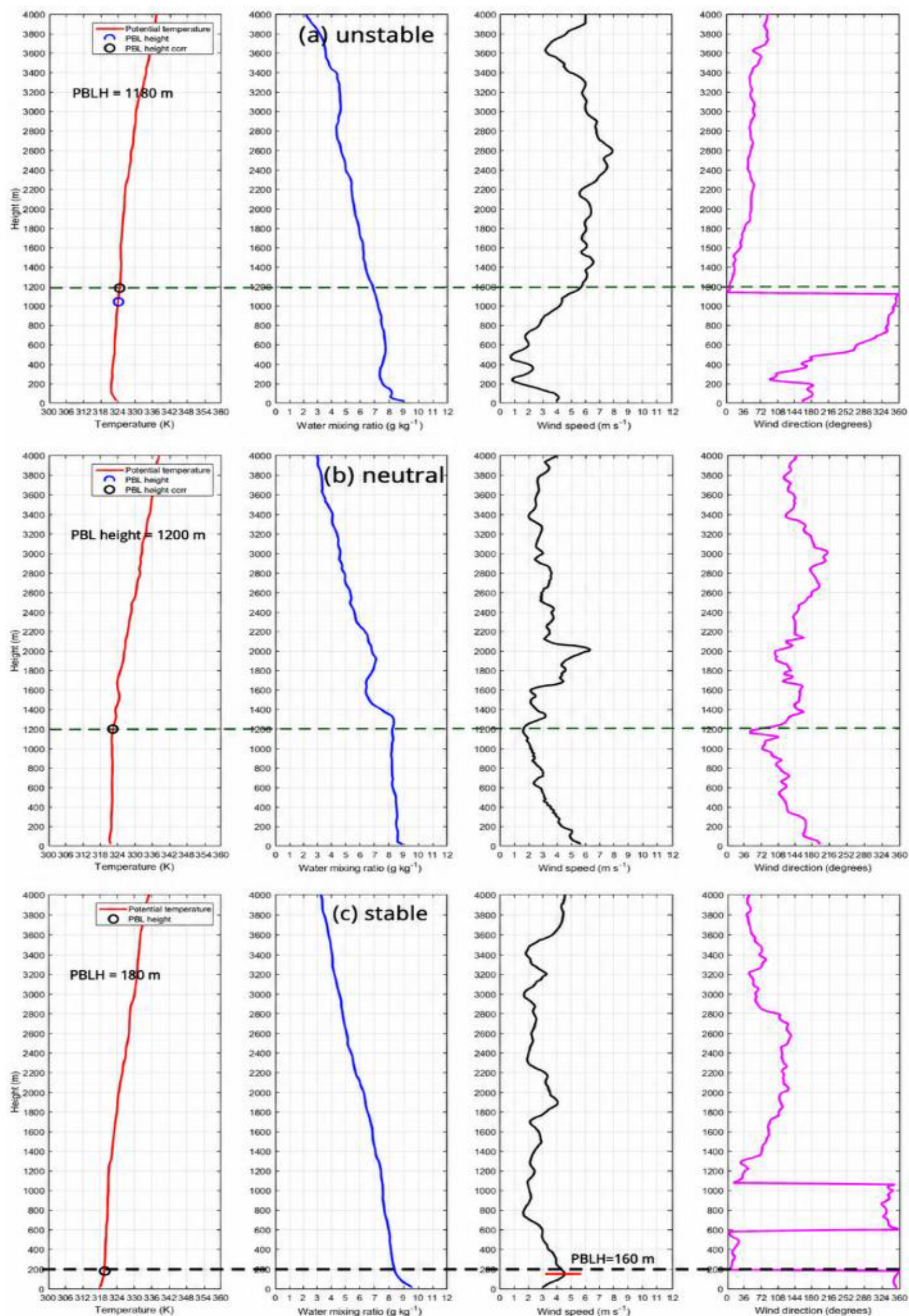


Figura 3. Perfiles representativos de temperatura potencial, razón de mezcla de vapor de agua, velocidad y dirección del viento correspondientes a los regímenes inestable, neutral y estable. La línea horizontal discontinua indica la altura de la CLP diagnosticada.

Las observaciones del ceilómetro, correspondientes al 16 y 25 de enero, y al 3 de marzo, muestran una variabilidad horaria marcada (Figura 4). En esos días, la altura estimada fue relativamente baja durante parte de la noche y la mañana, aumen-

tó con el calentamiento diurno y alcanzó sus mayores valores durante la tarde. La intensidad de retrodispersión también mostró cambios en la estructura de aerosoles que acompañan la evolución de la capa mezclada.

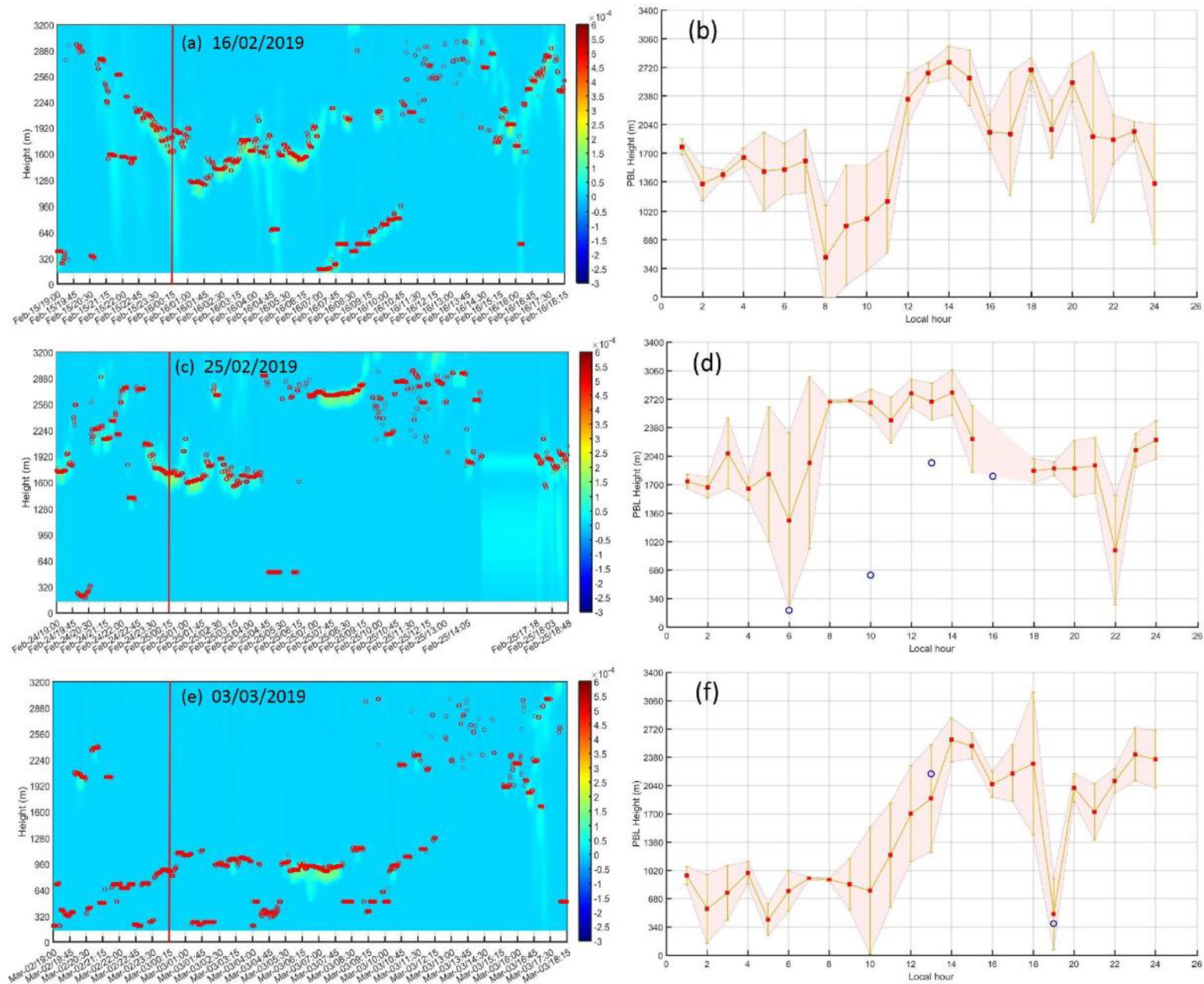


Figura 4. Evolución de la intensidad de retrodispersión óptica medida por el ceilómetro CHM 8k y altura de la capa límite planetaria (CLP) para los días 16 de febrero, 25 de febrero y 3 de marzo de 2019. Los paneles (a), (c) y (e) muestran la distribución vertical de la retrodispersión, donde los tonos cian indican valores bajos y los tonos amarillo-rojo valores altos; los símbolos rojos representan alturas de capas detectadas. Los paneles (b), (d) y (f) presentan el ciclo diurno de la altura de la CLP, con los valores horarios estimados en rojo, el intervalo de variabilidad sombreado y las observaciones independientes indicadas mediante círculos azules.

Los promedios mensuales de febrero y marzo conservan ese patrón general, aunque con una dispersión considerable entre horas (Figura 5). Esto indica que el ciclo diurno es una característica robusta, pero su amplitud y horario exacto varían de un

día a otro. En un valle andino, esa variabilidad es esperable porque el crecimiento de la capa depende del balance de energía en superficie y de la circulación local.

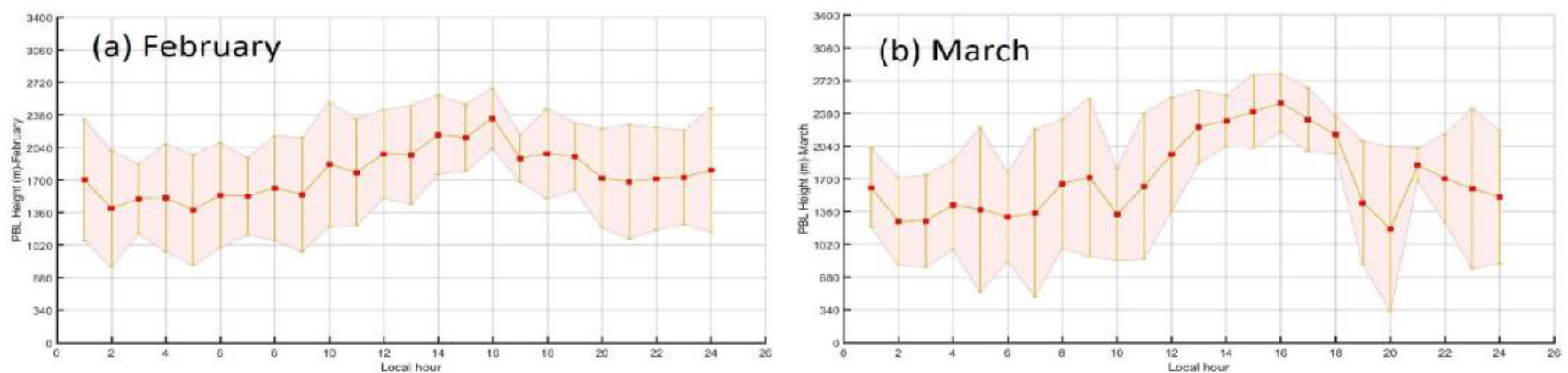


Figura 5. Ciclo diurno de los valores medios mensuales y de su desviación estándar para la altura de la CLP en febrero y marzo de 2019.

4. Conclusiones

Durante el periodo analizado, las observaciones muestran una evolución diurna pronunciada de la capa límite planetaria sobre el Observatorio de Huancayo, ubicado en el valle del Mantaro. Los radiosondeos indicaron una capa profunda alrededor del mediodía y una contracción intensa hacia el anochecer, con medianas de 1 430 m y 170 m, respectivamente, en horario local. Asimismo, la clasificación por regímenes mostró mayores alturas en condiciones inestables y menores en condiciones estables.

Las mediciones del ceilómetro complementaron los perfiles puntuales al permitir seguir la continuidad temporal del crecimiento y colapso de la capa. En conjunto, ambas técnicas proporcionan una base observacional para estudiar la mezcla vertical sobre los Andes centrales. Para emplearlas en la evaluación de modelos meteorológicos de alta resolución, será necesario ampliar el análisis a otros periodos y analizar en qué medida coinciden las alturas de la CLP obtenidas a partir de los radiosondeos y de las mediciones del ceilómetro en el Observatorio de Huancayo.

Referencias

Arya, S. (1998). *Introduction to micrometeorology* (2nd ed.). Academic Press.

Flores, J. L., Alvarez, A., Kumar, S., Martínez, D., Villalobos, E., & Silva, Y. (2019). Analysis of Possible Triggering Mechanisms of Severe Thunderstorms in the Tropical Central Andes of Peru, Mantaro Valley. *Atmosphere*, 10 (6), 301. <https://doi.org/10.3390/atmos10060301>

Saavedra, M., & Takahashi, K. (2017). Physical controls on frost events in the central Andes of Peru using in situ observations and energy flux models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.agrfor-met.2017.02.019>

Seibert, P., Beyrich, F., Gryning, S., Joffre, S., Rasmussen, A., & Tercier, P. (2000). Review and intercomparison of operational methods for the determination of the mixing height. *Atmospheric Environment*, 34(7), 1001–1027. [https://doi.org/10.1016/s1352-2310\(99\)00349-0](https://doi.org/10.1016/s1352-2310(99)00349-0)

Shuyan, L., & Xin-Zhong, L. (2010). Observed diurnal cycle climatology of planetary boundary layer height. *Journal of Climate*, 23(21), 5790–5809. <https://doi.org/10.1175/2010jcli3552.1>

Stull, R. B. (2003). *An introduction to boundary layer meteorology*. Kluwer Academic Publishers.

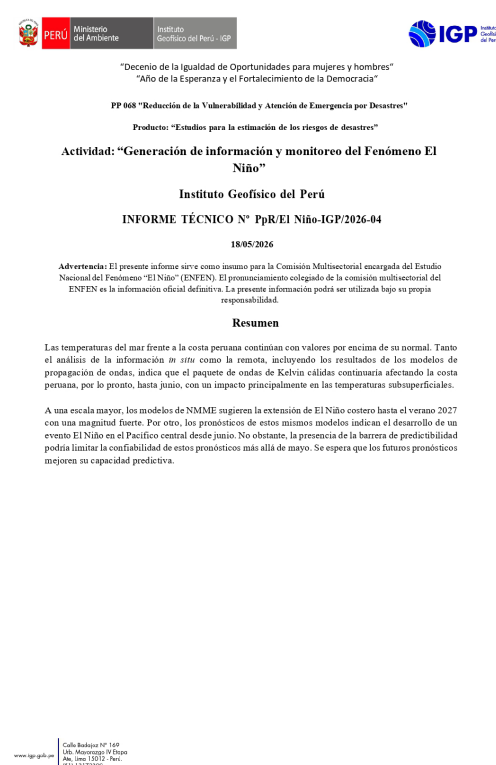
RESUMEN INFORME TÉCNICO

n.º PPR/EL NIÑO-IGP/2026-04

Publicado el 18 de mayo de 2026

Las temperaturas del mar frente a la costa peruana continúan con valores por encima de su normal. Tanto el análisis de la información in situ como la remota, incluyendo los resultados de los modelos de propagación de ondas, indica que el paquete de ondas de Kelvin cálidas continuaría afectando la costa peruana, por lo pronto, hasta junio, con un impacto principalmente en las temperaturas subsuperficiales. A una escala mayor, los modelos de NMME sugieren la extensión de El Niño costero hasta el verano 2027 con una magnitud fuerte. Por otro lado, los pronósticos de estos mismos modelos indican el desarrollo de un evento El Niño en el Pacífico central desde junio. No obstante, la presencia de la barrera de predictibilidad podría limitar la confiabilidad de estos pronósticos más allá de mayo. Se espera que los futuros pronósticos mejoren su capacidad predictiva.

El informe técnico completo se encuentra disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12816/5838>



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

EFEN n.º 09 – 2026



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: **Alerta de El Niño Costero**¹

Publicado el 15 de mayo de 2026

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), tras analizar las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas actuales y los últimos pronósticos climáticos nacionales e internacionales, para la región Niño 1+2 (Figura 1), siendo más probable que El Niño Costero se prolongue hasta febrero de 2027 con una magnitud débil, alcanzando a moderada² entre mayo y agosto de 2026. Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1), se prevé el desarrollo de condiciones cálidas desde junio de 2026 hasta febrero de 2027 inclusive, acorde con la evolución de El Niño. Es más probable que el evento sea de magnitud débil, sin descartar la moderada hacia fines del presente año (noviembre y diciembre).

Para el trimestre mayo – julio, se prevén que las precipitaciones entre normales y superiores a lo habitual en la costa norte, con ocurrencia de lluvias localizadas, principalmente durante mayo, en un contexto de transición

hacia la temporada seca. Asimismo, se espera que las temperaturas del aire se mantengan por encima de sus valores climatológicos a lo largo de la costa. En cuanto al pronóstico hidrológico, se prevé el predominio de caudales normales en la región hidrográfica del Pacífico.

En relación con los recursos pesqueros, debido a la intensificación del calentamiento, se espera que en las próximas semanas los cardúmenes de anchoveta tiendan a profundizarse; por otro lado, su proceso reproductivo se mantendría en el estado de reposo gonadal que se viene observando desde hace unas semanas, de acuerdo al patrón histórico. Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los escenarios de riesgo basados en los avisos meteorológicos³ y pronósticos estacionales⁴, a fin de adoptar las medidas correspondientes para la reducción del riesgo de desastres, así como acciones de preparación para la

¹ Alerta de El Niño Costero: De acuerdo al análisis de las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas y de la predicción de los modelos climáticos, la Comisión ENFEN considera que El Niño Costero es inminente, ya se ha iniciado o continuará en los siguientes meses. Al inicio del texto del CO se indicará la magnitud más probable del evento y su posible duración. (Nota Técnica ENFEN 02-2026; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen-02-2026sistema-de-alerta-ante-el-nino-costero-y-la-nina-costera/?wpdmdl=1988&refresh=698e1316b93ee1770918678>)

² Las condiciones mensuales para la región Niño 1+2, que abarca el mar peruano al norte de los 10° S, se establecen en base al valor del ICEN. En el caso de la condición cálida débil, esta corresponde cuando el valor del ICEN es mayor o igual que +0,5 y menor o igual que +1,3 (Nota Técnica ENFEN 01-2024; <https://enfen.imarpe.gob.pe/download/nota-tecnica-enfen01-2024-definicion-operacional-de-los-eventos-el-nino-costero-y-la-nina-costera-en-el-peru/>)

³ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-71.pdf>

⁴ <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-69.pdf>

respuesta ante peligros inminentes, debido a la continuidad de El Niño Costero y el probable desarrollo de El Niño (Pacífico central), para la próxima temporada de lluvias (setiembre 2026 a abril 2027). Asimismo, se insta a la población a mantenerse informada a través de las fuentes oficiales del ENFEN. La Comisión Multi-sectorial del ENFEN continuará monitoreando la evolución de las condiciones oceánicas, atmosféricas, hidrológicas y biológicas-pesqueras, y actualizando las perspectivas. La emisión del próximo Comunicado Oficial ENFEN será el viernes 29 de mayo de 2026. Para más información, consultar el Informe Técnico en el siguiente enlace:

<https://enfen.imarpe.gob.pe/download/informe-tecnico-en-fen-ano-12-n09-al-13-de-mayo-de-2026/?wpdmdl=2052&refresh=6a07a467c4b871778885735>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



INDECI
INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL





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