



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

BOLETÍN CIENTÍFICO

EL NIÑO

Vol. 10 n.º 05 mayo 2023

PROGRAMA PRESUPUESTAL n.º 068

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

En este boletín ◆◆◆

4 | Uso del fuego y el rol de la población
pág. durante quemas e incendios forestales en Cusco

11 | Influencia de la oscilación Madden-Julian en
pág. la lluvia intraestacional de los Andes del Perú

17 | Resumen del informe técnico de El Niño
pág.

18 | Resúmenes de los comunicados ENFEN
pág.



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



CRÉDITOS

Albina Ruiz Ríos
Ministra del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:

Hernando Tavera Huarache
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: Quema controlada de rastrojos.
Foto: Jorge Andrés Concha Calle

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, julio de 2023

Puedes acceder a la colección completa de los boletines científicos El Niño escaneando el siguiente código QR.



INTRODUCCIÓN

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población. Dichos resultados se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal por Resultados 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres". A partir del año 2014, algunas de las instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) participan en este PPR con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres", el cual consiste en la entrega en forma oportuna de información científica sobre el monitoreo y pronóstico de este evento natural océano-atmosférico, mediante informes técnicos mensuales, que permita la toma de decisiones a 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 pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos de pronóstico, así como el desarrollo de estudios científicos que fortalecerán en forma continua la capacidad para este fin.

El presente boletín tiene como objetivo difundir conocimientos y avances científicos, además de noticias relacionadas, con la finalidad de mantener informados a los usuarios y proporcionarles las herramientas para un uso óptimo de la información presentada. Asimismo, comparte una versión resumida del Informe Técnico que el IGP elabora mensualmente para cumplir con los compromisos asumidos en el marco del PPR 068. Dicho Informe contiene información actualizada operativamente y proporcionada por el IGP como insumo para que el ENFEN genere en forma colegiada la evaluación final que será entregada a los usuarios. Se advierte que, en caso de discrepancias, el Informe Técnico del ENFEN prevalecerá.

Los resultados de esta actividad están disponibles en https://bit.ly/IGP-SCAH-informes_tecnicos

USO DEL FUEGO Y EL ROL DE LA POBLACIÓN DURANTE QUEMAS E INCENDIOS FORESTALES EN CUSCO

Sigrid Alvarez^{1,2}, Ricardo Zubieta¹, Alejandra Martínez¹, Yerson Ccanchi¹

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

² Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)



Sigrid Alvarez es antropóloga por la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Actualmente, se desempeña en la subdirección de Geofísica y Sociedad del IGP desarrollando investigación enfocada en comprender los incendios forestales en la región Cusco.

Palabras clave: Incendios forestales, percepción, agricultura, Andes peruanos, uso del fuego

Citar como Alvarez, S., Zubieta, R., Martinez, 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, vol. 10 n.º 05, págs. 4-10.

Resumen

Las emergencias de incendios forestales en el país se han incrementado en los últimos años, siendo Cusco una de las regiones más frecuentemente afectadas. Si bien los incendios son influenciados por factores climáticos como las sequías, diferentes autores coinciden que las causas de incendios forestales en el Perú (98 %) son de origen antrópico, relacionadas al sector agropecuario. Por ello, el objetivo principal de esta investigación se centró en analizar las percepciones de los usuarios del fuego frente a incendios forestales en un contexto agrícola tomando en cuenta dos casos en la región Cusco: el centro poblado Harín-Huarán, en la provincia de Calca, y la comunidad Chanka, en la provincia de Paruro. La metodología empleada hace uso de la recopilación de información mediante entrevistas aplicadas en profundidad durante el año 2021, a las cuales se les realizó un análisis cualitativo basado en los testimonios recopilados. Los resultados indicaron que la población percibe los incendios como un grave problema que surge, por lo general, por el descuido del uso del fuego para la limpieza agrícola. Se entendió que existe una continuidad del uso del fuego porque representa una herramienta de método rápido, no costoso y sencillo. No obstante, ante la falta de cuidados requeridos, puede dar inicio a incendios forestales.

1. Introducción

Durante muchos años, la Tierra experimentó incendios forestales de manera natural hasta que la intervención humana, hace más de 10 000 años, alteró esta dinámica (Pausas & Keeley, 2009; Rodríguez-Trejo, 2012). ¿Cómo sucedió esto? Durante el proceso de transición de sociedades cazadoras-recolectoras a sociedades agrícolas, se recurrió al uso del fuego para preparar las tierras de cultivo, talando la vegetación de la zona y quemándola para eliminarla; en otros casos, solo quemando para abrir paso a nuevos espacios (Pausas & Keeley, 2019; Santín et al., 2016). Actualmente, el uso del fuego persiste y forma parte de las prácticas agrícolas de comunidades alrededor del mundo (Santín et al., 2016; Úbeda & Francos, 2018), pues es visto como una herramienta que permite a la población administrar los espacios frente a la escasez de tierras de cultivo y al deseo de mayor producción agrícola (Farfán & Hurtado, 1996). En el caso de los Andes peruanos, el uso del fuego como herramienta se intensificó desde la colonia con la quema de barbechos para mayor producción agrícola, transformación del espacio y control de plagas (Segura, 2019). Actualmente, dicha práctica se mantiene en muchas comunidades de los Andes peruanos.

En Perú, casi la totalidad de los incendios forestales se inician como producto de la mano del hombre, siendo la principal causa el uso del fuego durante la habilitación de terrenos de cultivo y la quema de pastos (Manta, 2017; SERFOR, 2018a; Farfán & Hurtado, 1996). Ante esto, como una medida de respuesta, a partir del 2012, la quema de rastrojos agrícolas está explícitamente prohibida mediante Decreto Supremo n.º 016-2012-AG (2012) y, además, existe una política de prevención de incendios forestales que busca evitar el uso del fuego (SERFOR, 2018b). Sin embargo, a pesar de las restricciones, los reportes de emergencias ante incendios forestales en el Perú, documentados por INDECI, se han incrementado progresivamente en los últimos años.

A nivel nacional son pocas las investigaciones que examinan el origen antrópico de estos eventos. Es por ello que profundizar el estudio del factor social de los incendios resulta altamente relevante. El objetivo de este estudio es analizar la percepción de la población frente a su experiencia con incendios forestales e identificar potenciales intervenciones sociales en comunidades andinas para la reducción de impactos de los incendios forestales en los Andes peruanos. Este estudio permitirá reducir la incertidumbre acerca de la relación existente entre las prácticas culturales y la ocurrencia de los incendios forestales, así como establecer conclusiones que puedan resultar claves para su prevención.

2. Datos y metodología

A partir del registro nacional de incendios forestales (MINAM, 2018), se seleccionaron los casos de estudio e identificamos aquellas localidades con mayor número de incendios forestales en los últimos años en la región Cusco (con énfasis en 2020). Utilizamos criterios como la accesibilidad, el tiempo, la distancia y los recursos para seleccionar al centro poblado Harín-Huarán, en la provincia de Calca, y la comunidad Chanka, en la provincia de Paruro (Figura 1). La metodología cualitativa adoptada se basó en realizar observaciones y entrevistas, las cuales son herramientas útiles para recopilar datos detallados y profundos sobre las experiencias, percepciones y opiniones de los participantes de la investigación (Hernández et al., 2014). El acercamiento a las comunidades se dio inicio gracias a la colaboración con los dirigentes de las localidades para solicitar

el permiso correspondiente. A partir de este acercamiento, se visitó continuamente las localidades durante los meses de julio a octubre del año 2021, lo que permitió a) interactuar con los pobladores, y b) observar e identificar quiénes podían colaborar con la entrevista y así encaminar la investigación. Se realizaron entrevistas en profundidad a un total de veintisiete participantes: cinco autoridades y técnicos, doce pobladores en Harín-Huarán y diez en Chanka, que incluyeron a representantes comunales, agricultores y población en general.

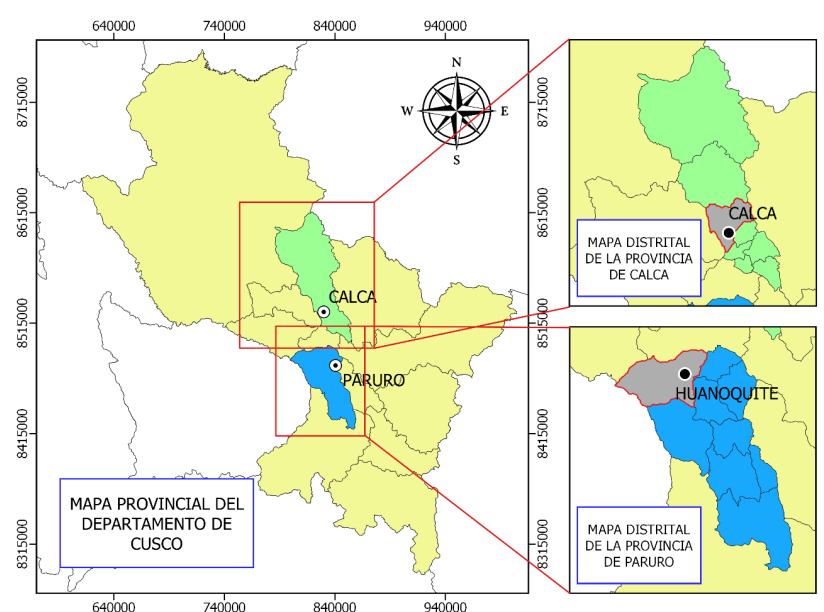


Figura 1. Mapa de ubicación de las dos localidades seleccionadas.

3. Resultados y discusión

Es fundamental tener en cuenta las diferentes percepciones que existen en torno a los incendios forestales, ya que esto nos permite abordar el problema desde su origen y desde la perspectiva de las personas involucradas. Al entender sus puntos de vista y necesidades, podemos proponer soluciones que contribuyan a reducir estos eventos y prevenir sus consecuencias.

Las percepciones que encontramos respecto a incendios forestales están basadas en la experiencia que las comunidades han tenido con este tipo de evento. Las experiencias influyen en cómo la población percibe los incendios forestales de diferentes maneras. Principalmente, se les considera como resultado del descuido en el uso del fuego para la limpieza agrícola, lo que puede generar consecuencias graves en cuanto a la pérdida de flora y fauna, pérdidas económicas y riesgos en la salud. Cabe destacar que el incremento

de los incendios forestales durante 2020 estuvo asociado, posiblemente, a retornantes de la ciudad al campo debido a la pandemia de COVID-19 en 2020, dada la ampliación de zonas agrícolas y un probable aumento de quemas (Fort et al., 2022).

a) Uso del fuego

El uso del fuego en comunidades agrícolas como las que visitamos persiste y tiene diversos motivos. Por ejemplo, se identificó que se utiliza el fuego porque a) ayuda a la limpieza del terreno para la siembra del próximo cultivo, b) es sencillo, rápido y de bajo costo, c) las cenizas incorporan nutrientes al terreno y d) permite habilitar espacios para el cultivo (uso del fuego en Figura 3). Estos datos recopilados pueden variar de acuerdo con cada contexto local; sin embargo, cuando se trata de agricultura es posible que haya una generalización.

Los resultados indican que la forma en la que se utiliza el fuego para limpiar el terreno no es uniforme. Se identificaron diferentes patrones que están influenciados por a) los tipos de cultivos que predominan en la zona, b) la vegetación del lugar, c) el inicio de la temporada de lluvias, d) el tamaño y forma del terreno, entre otros factores.

En las dos localidades visitadas encontramos los siguientes patrones:

- En Harín-Huarán: se utiliza el fuego en varios "montones", juntando los rastrojos, malezas y grama (en el caso de las comunidades de altura).
- En Chanka: se utiliza el fuego también en "montones", juntando los rastrojos, malezas y grama. Además, se utiliza el fuego de forma extendida (se usa ramas frescas de árboles de la zona para expandir el fuego por todo el terreno y se golpea con las mismas ramas para apagar). Se busca quemar mayor parte del terreno con el objetivo de simplificar el trabajo manual.

El uso del fuego varía según el tipo de cultivo y las características geográficas del terreno (Figura 2ad.). Sin embargo, si esta práctica se lleva a cabo de forma individual, sin tomar medidas preventivas como a) la limpieza del terreno, b) el cuidado constante del fuego

y c) el uso en horas adecuadas (mañanas), existe un mayor peligro de que ocurran incendios forestales.



Figura 2. a) Quema de rastrojos del maíz en montones dentro de los surcos en Calca, 2021. b) Quema a fuego extendido en un terreno de rastrojos de cebada en Chanka, 2021. c) Quema de rastrojos (maíz) fuera del terreno en Calca, 2021. d) Quema en montones de rastrojos de cebada trillada, Chanka, 2021.

El fuego se continúa usando porque no se han implementado o documentado otras opciones viables más rentables a los agricultores. La insuficiencia de otras alternativas hace que la población recurra al fuego. A pesar de los riesgos, usar el fuego se valora positivamente porque se cree que puede mejorar la productividad agrícola al a) eliminar plagas, b) aportar nutrientes y c) limpiar el terreno rápidamente. Sin embargo, también se identificó una valoración negativa debido a la pérdida del "control del fuego", lo que puede ocasionar un incendio (percepción de la causa principal en Figura 3).

Nuestros resultados sugieren que, si el manejo del fuego es apropiado (preventivo y responsable), la población tendrá una valoración positiva, pero, si no lo es, la valoración será negativa, ya que generará consecuencias tanto en el medio ambiente como en la sociedad. Además, esta percepción negativa se relaciona con las medidas de prevención de incendios que buscan evitar el uso del fuego. En ambas localidades, se ha observado una valoración negativa predominante, ya que consideran que la práctica de quema se encuentra prohibida.

Los reportes sobre incendios forestales en Perú señalan

que el principal motivo por el cual se sigue usando el fuego para las labores agrícolas es por ser una "costumbre", además de pensar que las cenizas beneficiarán el suelo, sumado al desconocimiento ante el peligro que implica su uso (Bazán & Esparza, 2021; Manta, 2007; 2017; Ramos-Rodríguez et al., 2021; SERFOR, 2018b). Esta información es repetida a través de medios de prensa y redes sociales (Infoaireperu, 2020; Estrada et al., 2021; Rojas, 2015). No obstante, la legislación actual, tanto nacional como local, sigue esta línea, enfatizando la prohibición del uso del fuego en las actividades agrícolas (ver restricción del uso del fuego en Figura 3) como medida preventiva o disuasiva de las prácticas de quema ante los incendios forestales en el país.

b) Las alternativas para limitar el uso inadecuado del fuego

El fuego se utiliza en comunidades con preocupación al saber que está prohibido y penado por ley.

Asimismo, ninguna de las alternativas identificadas para la prevención de incendios respalda el uso del fuego por estar legalmente prohibido (Figura 3). Sin embargo, a pesar de las restricciones legales, es posible que la población agricultora no ponga en práctica las alternativas para la limpieza como elaboración de compostaje por las razones indicadas a continuación (SERFOR 2018c).

Se identificó que, si bien existe un interés en el compostaje, por lo general, no se practica debido a los costos en los que la población incurriría, puesto que toma tiempo y mano de obra constante para su elaboración. Por lo tanto, la población, a menudo, a) coloca los residuos de cultivos en los bordes de los terrenos y esperan a que se descompongan naturalmente durante la temporada de lluvia o, en su defecto, b) los queman, ya que ocupan mucho espacio y estorban la labor agrícola de preparación de la tierra y sembrado. Además, se observó que la población utiliza los rastrojos como a) alimento para el ganado en temporada seca (como la chala del maíz) o b) los

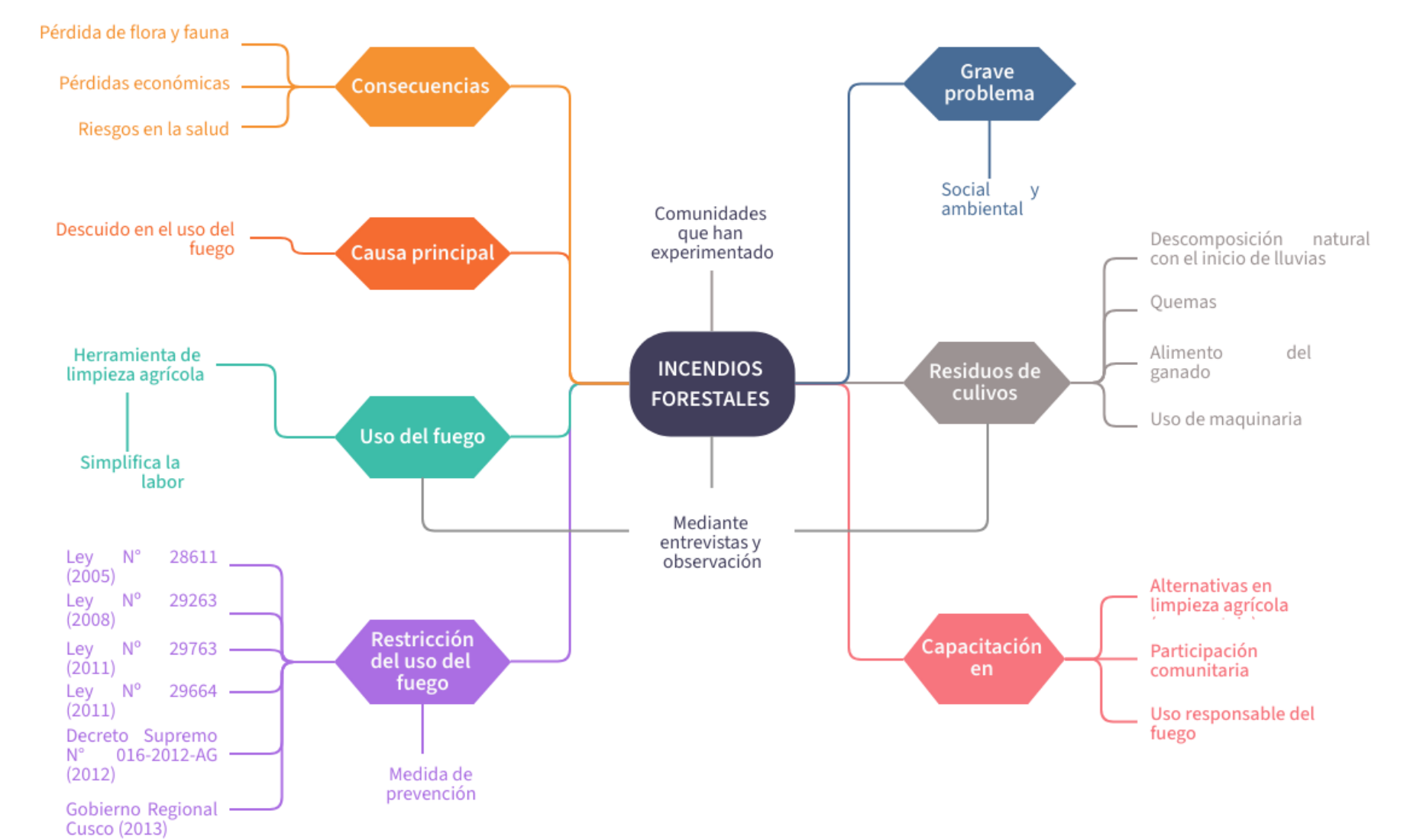


Figura 3. Diagrama de sistematización: prevención de incendios forestales, priorización acerca de evaluar el uso del fuego y alternativas viables en limpieza agrícola.

descompone al aire libre con el inicio de las lluvias (Figura 3). Nuestros resultados sugieren que esta es una buena oportunidad para otorgar las capacidades para mejorar la elaboración de alimento para el ganado o la elaboración del compostaje. No obstante, esto debería estar acompañado de un estudio de costo-beneficio que conduzca a recomendaciones a la población.

Es importante destacar que los rastrojos pequeños, aquellos enraizados, quedan en las chacras. En el caso de Harín-Huarán, la maquinaria ayuda a que estos rastrojos se incorporen al momento del arado. En el caso de Chanka, se utilizan herramientas manuales. Cuando no se opta por estas opciones, el fuego ayuda a que el trabajo sea más sencillo al momento del arado, pues suaviza la tierra y facilita el trabajo manual.

Los resultados de nuestro estudio resaltan que las comunidades tienen la necesidad de usar el fuego para simplificar la limpieza de los rastrojos y grama que se encuentran enraizados al terreno, además de suavizar la tierra y eliminar los rastrojos que, de alguna manera, “amarran” las herramientas al momento del arado. Con el siguiente testimonio se puede entender lo mencionado de mejor manera:

“Para eso tiene que haber un taller, sensibilizar a la gente, aunque sea una semana, para poner condiciones, para que no quemen así común, o sea para quemar tienen que aprender la tecnificación o planificación [...] mira, cada uno en su chacra tiene que amontonar sus arbustos, limpiar todas las cantoneras para que no corra peligro. Enterrar los arbustos secos para guanería, ya no quemar, enterrarlo. Pero, ya también a la lampa, al kuti eso lo amarra cuando trabajamos” (Entrevistado).

Es necesario tomar en cuenta la percepción y necesidad de la población para generar alternativas (Figura 3), es decir, si una comunidad donde el uso del fuego es la opción más accesible frente a sus necesidades, se debería considerar evaluar la implementación de quemas controladas o prescritas. Para ello, es altamente relevante nuevos estudios locales y regionales acerca de su implementación en el Perú. Asimismo, a pesar de limitaciones técnicas o económicas, el uso de los residuos agrícolas para el compostaje es una opción que requiere estudios de costo-beneficio local.

c) Discusión

Las percepciones sobre incendios forestales identificadas en este estudio varían según el contexto cultural, económico y ambiental de cada región. Diversos estudios a nivel nacional respaldan que el uso del fuego es una práctica común en muchas comunidades. En el caso de las regiones de Perú, su uso está orientado principalmente para la limpieza de terrenos agrícolas y quema de pastos con fines de manejo. Sin embargo, se considera que estas son las principales causas de los incendios forestales debido a la negligencia en su uso por parte de la población, así como a otros factores como periodos de sequía más prolongados (Farfán & Hurtado, 1996; Manta, 2017; Manta et al., 2018; Zubieta et al., 2019; Ccanchi, 2021).

Por otra parte, a nivel internacional, se ha demostrado que los incendios forestales son un peligro socioecológico y es importante tomar en cuenta el factor social al analizar sus causas subyacentes (Tedim, 2015; Vigna, 2021; Moritz, 2014; Úbeda & Francos, 2018; Moritz et al., 2014). Así, es fundamental considerar tanto los aspectos ecológicos como sociales para poder reducir el riesgo de estos eventos en el país.

Para reducir los impactos de los incendios forestales sobre ecosistemas de montaña, una alternativa pueden ser las quemas prescritas y controladas mediante la reducción de la intensidad, tamaño y daño de los incendios forestales sobre los ecosistemas (Penman et al., 2020; Hamilton & Salerno, 2020). No obstante, no existe un marco legal que conduzca a la implementación de un manejo adecuado del fuego en contextos agrícolas. De hecho, en Perú, se han implementado políticas y restricciones para prevenir los incendios; sin embargo, resulta necesario comprender las causas para mejorar las medidas preventivas (Nikolakis et al., 2020; Myers, 2006).

Con relación a las limitaciones del estudio, se identificó una dificultad inicial para generar la confianza necesaria con los participantes en un tiempo limitado. Además, el conocimiento sobre la penalidad de los incendios forestales y prohibición del fuego pudo haber influido en las respuestas de algunos entrevistados.

4. Conclusiones

Nuestros hallazgos indican que la población es consciente de que la quema de rastrojos no aportaría grandes beneficios biológicos y que puede ser perjudicial para los suelos. No obstante, esta práctica aún se valora positivamente pues simplifica las labores agrícolas al ser una herramienta rápida y sencilla de limpiar los terrenos antes de la siguiente siembra.

Para prevenir los impactos de incendios forestales en Cusco, los resultados alcanzados sugieren la necesidad de realizar programas de capacitación acerca del uso del fuego adecuado y las alternativas para el manejo de residuos agrícolas. A pesar de que existen técnicas y conocimientos locales del uso del fuego, no todos los agricultores conocen y aplican las medidas necesarias para un manejo adecuado, tales como la limpieza de los cantos (alrededor de la quema), el número de personas involucradas durante la quema, el horario, la organización previa y el aviso o advertencia a la comunidad para realizar la quema.

No obstante, la población percibe que no tiene suficiente orientación sobre los factores ambientales que pueden influir en el control del fuego, tales como la topografía, la zona del terreno, el tipo de combustible forestal y los horarios más propicios para la quema. En este sentido, es común que se siga utilizando el fuego como una herramienta de limpieza agrícola debido a su rapidez, bajo costo y simplicidad, pero sin los cuidados necesarios. Finalmente, la población reconoce la importancia de prevenir los incendios forestales mediante alternativas al uso del fuego y el manejo adecuado de residuos agrícolas, así como con la capacitación en el manejo del fuego en caso de ser necesario.

Por otro lado, es crucial la organización comunitaria antes, durante y después de un incendio forestal. Además, es necesaria una adecuada articulación entre la población, instituciones (MINAM, SERFOR, COEL, COEN, INDECI, etc.), municipalidades, gobiernos regionales, bomberos, entre otros, para mejorar la prevención, las capacidades de respuesta y resiliencia de las comunidades.

Cabe señalar que la presente investigación forma parte de la tesis "Percepción frente a la ocurrencia de incendios forestales en los pobladores de la

comunidad Chanka, Huanoquite-Paruro y del centro poblado Arín-Huarán, Calca-Calca", la cual puede ser encontrada en el siguiente enlace: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7125>

Referencias

- Bazán, A. & Esparza, C. (2021). Áreas degradadas a causa de la deforestación por quema (2000 – 2020) en la Granja Porcón – Cajamarca. Universidad César Vallejo. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 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 grado de ingeniero agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5195>.
- Decreto Supremo N° 016-2012-AG. (14 de noviembre de 2012). Ministerio de Agricultura y Riego. *Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario*. Diario oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-manejo-de-los-residuos-solidos-del-se-decreto-supremo-n-016-2012-ag-866098-1/>
- Estrada, M., Salcedo, J. V., Alfaro, Y. & Díaz, D. (9 de noviembre de 2021). Los incendios forestales asfixian a las regiones de la Amazonía del Perú. *Ojo público*. Consulta: 15 de enero de 2023. <https://ojo-publico.com/3145/los-incendios-forestales-asfixian-la-amazonia-del-peru#:~:text=reportes%20de%20incendios.-,El%202020%20los%20incendios%20forestales%20en%20la%20Amazon%C3%ADa%20peruana%20se,el%202020%20se%20registraron%20521.>
- 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.
- Fort, R., Espinoza, M., & Espinoza, A. (2022). *COVID-19 y las migraciones de la ciudad al campo en el Perú: identificación de amenazas y oportunidades para el uso sostenible del capital natural*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Gobierno Regional del Cusco (22 de noviembre de 2013). *Ordenanza regional N°047-2013-CR/GRC. Cusco que prohíbe la quema de pastos, plantaciones forestales y bosques naturales en la región Cusco*. Diario Oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/prohiben-la-quema-de-pastos-plantaciones-forestales-y-bosqu-ordenanza-n-047-2013-crgccusco-1016737-1/>
- Hamilton, M., & Salerno, J. (2020). Cognitive Maps Reveal Diverse Perceptions of How Prescribed Fire Affects Forests and Communities. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3.doi:10.3389/ffgc.2020.00075
- Hernández, R., Fernandez, C., & Batista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Info Aire Perú. (17 de agosto de 2020). *Quemas agrícolas perjudican calidad del aire*. Consulta: 15 de enero de 2023. <https://infoaireperu.minam.gob.pe/quemas-agricolas-perjudican-calidad-del-aire/>

Ley N° 24656. *Ley General de Comunidades Campesinas*. (30 de marzo de 1987). Congreso de la República. Lima. <https://centroderecursos.cultura.pe/es/registrobibliografico/ley-general-de-comunidades-campesinas-0>

Ley N° 28611. *Ley General del Ambiente*. (13 de octubre del 2005). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano.

Ley N° 29263. *Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y la Ley General del Ambiente*. Artículo N° 310. (23 de septiembre de 2008). Normas legales. Diario oficial el Peruano.

Ley N° 29664. *Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. (19 de febrero de 2011). Normas legales. Diario oficial el Peruano.

Ley N° 29763. *Ley forestal y de fauna silvestre*. (22 de julio de 2011). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano.

Manta, M. (2017). *Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana*. Lima: Fondo Editorial - UNALM.

MINAM (2018). Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA). *Registro histórico de incendios sobre la cobertura vegetal a nivel nacional*. Ministerio del Ambiente-Perú. 1–4. <http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-cfoi/>

Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., Leonard, J., McCaffrey, S., Odion, D. C., Schoennagel, T., & Syphard, A. D. (2014). Learning to coexist with wildfire. *Nature*, 515(7525), 58–66. <https://doi.org/10.1038/nature13946>

Myers, R. (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., Roberts, E., Hotte, N., & Ross, R. M. (2020). Goal setting and Indigenous fire management: A holistic perspective. *International Journal of Wildland Fire*, 29(11), 974–982. <https://doi.org/10.1071/WF20007>.

Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009). A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593–601. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.10>

Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>

Penman T. D., Clarke, H., Cirulis, B., Boer, M. M., Price, O. F. & Bradstock, R. A. (2020). Cost-Effective Prescribed Burning Solutions Vary Between Landscapes in Eastern Australia. *Front. For. Glob. Change* 3:79. doi: 10.3389/ffgc.2020.0007

Rodríguez-Trejo, D. A., Ramírez-Maldonado, H., Tchikoué, H. & Santillán-Pérez, J. (2020). Factores que inciden en la siniestralidad de los incendios forestales. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 33(104), 37–58. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/736>

Rodríguez-Trejo, D. A. (2002). Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 7(2), 145–151.

Rodríguez-Trejo, D. A. (2012). Genesis de los incendios forestales. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 18(3), 357–373. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.12.091>

Rojas-Bazán, J. (2015). A propósito de lo que sucede: quema de pastizales y bosques. *Semanario expresión*. Consulta: 15 de enero de 2023. <https://www.semanarioexpresion.com/Presentacion/noticia2.php?noticia=502&categoria=Regional&edicionbuscada=989>

Santín, C., & Doerr, S. H. (2016). Fire effects on soils: The human dimension. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 28–34. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0171>

Segura, C. K. (2019). *Gestión mediante el uso del fuego en los ecosistemas del sistema nacional de áreas naturales protegidas - Perú*. Universidad de Barcelona.

SERFOR (2018a). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Ministerio de Agricultura y Riego. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, Perú.

SERFOR (2018b). *No quememos nuestro Futuro - Evitemos los Incendios Forestales*. Consulta: 15 de enero de 2023. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/726>

SERFOR (2018c). *Alternativa para no quemar: Elaboración de compost*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

Tedim, F. & Leone, V. (2020). The dilemma of wildfire definition: what it reveals and what it implies. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 553116. doi: 10.3389/ffgc.2020.553116

Úbeda, X. & Francos, M. (2018). Incendios forestales, un fenómeno global. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. XXIII, n° 1.253. [ISSN: 1138-9796]. <https://doi.org/10.1344/b3w.0.2018.26826>

Vigna, I., Besana, A., Comino, E., & Pezzoli, A. (2021). Application of the socio-ecological system framework to forest fire risk management: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su13042121>

Zubieta, R. (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. Disponible en: <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4704>.

INFLUENCIA DE LA OSCILACIÓN MADDEN-JULIAN EN LA LLUVIA INTRAESTACIONAL DE LOS ANDES DEL PERÚ

Juan Sulca¹

¹ Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú

Palabras clave: Oscilación Madden-Julian, precipitación, Altiplano peruano, cordillera occidental y oriental de los Andes peruanos, índice multivariado de tiempo real de la MJO

Citar como Sulca, J. (2023). Influencia de la oscilación Madden-Julian en la lluvia intraestacional de los Andes del Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n° 05, págs. 11-16.

Resumen

La oscilación Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés) es un fenómeno con variabilidad intraestacional responsable de generar eventos extremos de precipitación y cambios en los patrones de los vientos en diferentes zonas del planeta. En tal sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la MJO en las lluvias de los Andes peruanos (>2000 m s. n. m.). Para ello, se utilizan datos grillados de precipitación y el reanálisis NCEP/NCAR durante los meses de verano (diciembre-marzo) para el periodo 1981-2016, a los cuales se les extrae el componente intraestacional aplicando un filtro pasabanda de 20-90 días a las anomalías diarias. Además, se hace uso de las series temporales del índice multivariado de tiempo real de la MJO, denominadas serie 1 (RMM1) y serie 2 (RMM2). Los resultados indican que las RMM Fases 8 + 1 de la MJO reducen las lluvias en el Altiplano peruano y, al mismo tiempo, se intensifica la zona de convergencia del Pacífico sur. Esto último debilita el flujo del este en la alta tropósfera y, así, reduce el flujo de humedad desde la Amazonía hacia el Altiplano. Estos patrones de lluvias y circulación atmosférica son opuestos cuando la convección profunda se localiza en Indonesia (RMM Fases 4 + 5). Por otra parte, las RMM Fases 2 + 3 de la MJO causan lluvias sobre la

cordillera oriental de los Andes peruanos cuando la convección profunda se encuentra sobre el océano Índico oriental, la cual refuerza el flujo de humedad proveniente de la Amazonía. Lo opuesto ocurre para las RMM Fases 6+7, donde la convección profunda se halla en el Pacífico oeste.

1. Introducción

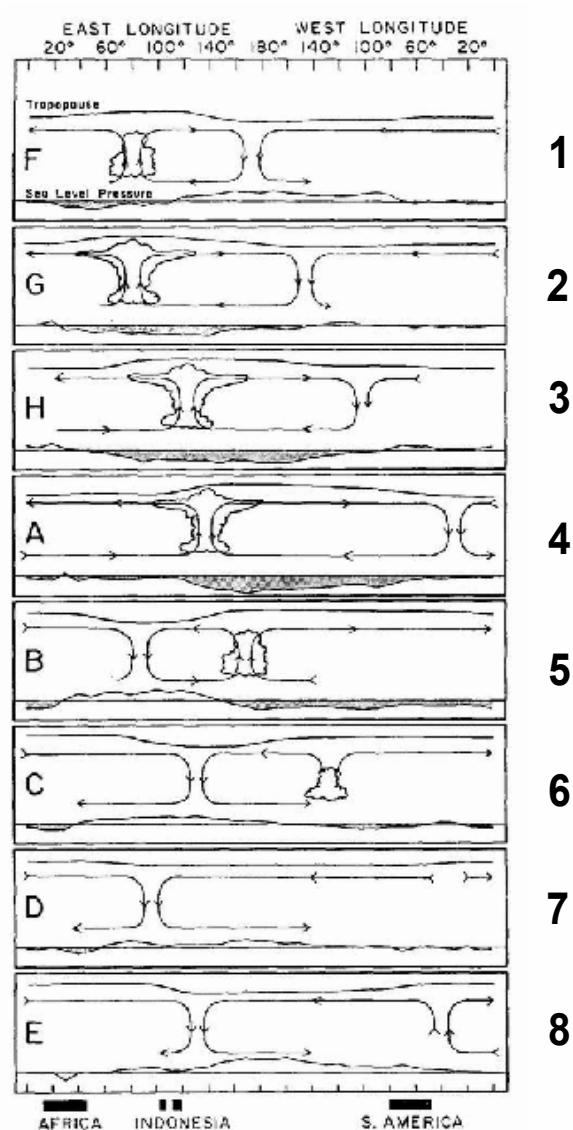
Los Andes tropicales (20° S-5° N) se extienden a lo largo de la costa oeste del continente sudamericano abarcando la parte sur de Perú y Ecuador. Las lluvias de los Andes de Perú y Ecuador son intensas en el verano (diciembre-marzo) y coinciden con flujos del este en los niveles troposféricos altos inducidos por la Alta de Bolivia (AB) y la convección profunda sobre el continente. Por otra parte, una circulación ciclónica predomina sobre la parte noreste de Brasil (NEB), conocida como la Baja del Noreste (BN). Así, la principal característica de la circulación atmosférica sobre América del Sur es el sistema Alta de Bolivia-Baja del noreste (AB-BN; Chen et al., 1999). Los flujos del este en los niveles altos inducen lluvias sobre los Andes tropicales a través de la intensificación del flujo de humedad desde la Amazonía hacia los Andes para iniciar la convección en estas regiones (Garreaud et al., 2003; Segura et al., 2018).

La Oscilación de Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés) es una circulación atmosférica anómala de gran escala, la cual se origina en el océano Índico del oeste y está confinada en los trópicos. Tiene la característica de propagarse hacia el este con una velocidad que varía entre 5 y 10 m/s. La MJO tiene periodos de entre 30 y 90 días (Madden y Julian, 1972; 1994) y su máxima intensidad ocurre dos veces al año: verano y otoño del hemisferio sur. Esta perturbación ondulatoria tiene una propagación hacia el este de anomalías convectivas tropicales, desde el océano Índico hasta el Pacífico occidental y, posteriormente, hacia América del Sur y África (Madden y Julian, 1972; Mayta, 2019). Según la posición donde se ubica la convección profunda a lo

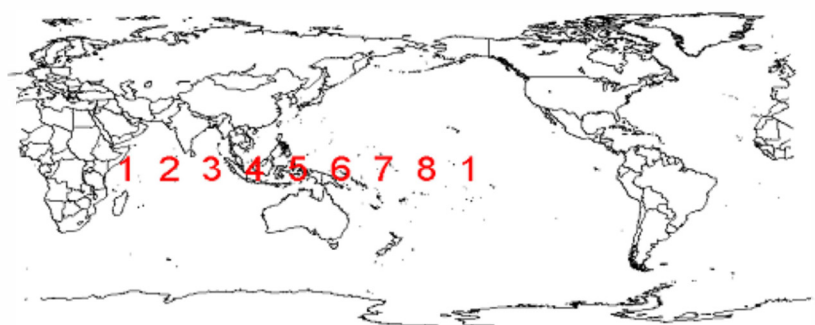
largo de la línea ecuatorial, se identifican ocho fases que son denotadas con números del 1 a 8 (Figuras 1a y b) (Madden y Julian, 1972; Donald et al., 2004).

La posición de la MJO a lo largo de su propagación hacia el este se identifica a través del índice multivariado de tiempo real de la MJO (RMM) (Wheeler y Hendon, 2004; de aquí en adelante WH2004). WH2004 construyeron este índice a través de las dos primeras componentes principales que resultan de aplicar las funciones empíricas ortogonales a los datos filtrados (es decir, sin influencia estacional e interanual) de los vientos zonales a 850hPa y 200hPa, así como la radiación de onda larga saliente (OLR, por sus siglas en inglés) en la franja tropical.

A) ESQUEMA DE MADDEN & JULIAN (1972)



B) LOCALIZACIÓN DEL MJO (DONALD ET AL. 2004)



C) ESPACIO DE FASE (RMM1, RMM2) (WHEELER & HENDON, 2004)

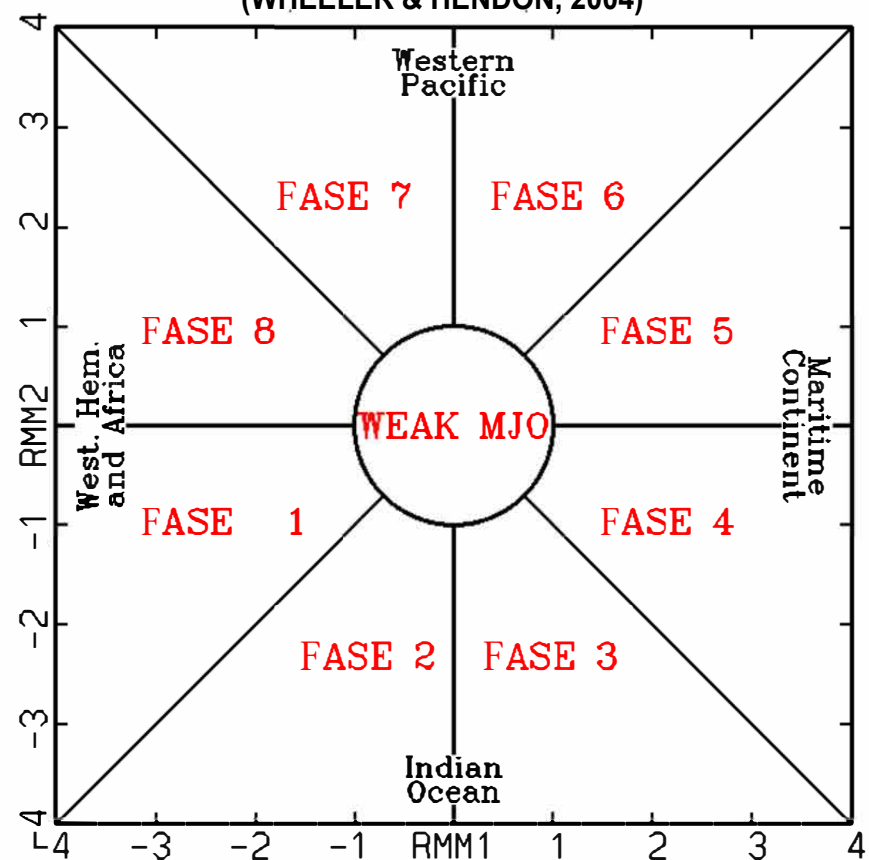


Figura 1. a) Esquema de la estructura vertical de la franja tropical durante la propagación hacia el este de un evento de la oscilación Madden-Julian (MJO, por sus siglas en inglés). b) Posición de la MJO en cada una de sus ocho fases. c) El espacio de fase de las dos componentes del índice multivariado de tiempo real de la MJO (RMM1, RMM2). Figuras adaptadas a partir de Madden y Julian (1972), Donald et al. (2004), Wheeler y Hendon (2004).

WH2004 explica que, para el verano del hemisferio sur (Figura 1c), la fase 1 representa el decaimiento de un episodio MJO en el Pacífico central, mientras que se observa un incremento de convección de un evento MJO en África y el océano Índico occidental. Durante las siguientes fases, la convección que se desarrolla en el océano Índico se mueve hacia el este y, a medida que pasa por la superficie australiana, se desplaza hacia el sur para concentrarse alrededor de 15° S (fase 5). El movimiento hacia el este de las anomalías del viento de 850 hPa es más rápido. Por lo tanto, la convección profunda en las fases 2 y 3 (sobre el océano Índico) está casi en cuadratura con el viento, mientras que en la fase 7, es decir, sobre el océano Pacífico, se localiza dentro de los vientos del oeste.

Si bien la MJO es muy conocida en la región tropical, pocos estudios existen sobre los impactos de la MJO en la lluvia diaria sobre el continente sudamericano (Álvarez et al. 2016; Mayta et al., 2019; Fernandes y Grimm, 2023). En relación con Perú, Álvarez et al. (2016) encontraron un incremento de la probabilidad de lluvias por encima de un umbral sobre los Andes ecuatorianos y el noreste de Brasil, mientras que no se encontró una señal sobre los Andes peruanos. Esto último se debió a que los datos grillados de precipitación diaria utilizados no tienen datos para los Andes peruanos. Basado en el producto satelital del conjunto de datos de precipitación infrarroja con estaciones del grupo de peligros climáticos (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station data - CHIRPS; Funk et al., 2015), Recalde-Coronel et al. (2020) encontraron recientemente que las RMM Fases 8 + 1 inducen lluvias sobre los Andes ecuatorianos y, a la par, reducen las lluvias sobre la cordillera occidental sobre los Andes peruanos del sur durante el verano. A pesar de ello, se necesita verificar estos resultados con datos grillados de precipitación diaria de los Andes peruanos de alta resolución. Por esta razón, el estudio tiene como objetivo analizar los impactos de la MJO sobre los Andes peruanos haciendo uso de datos grillados de precipitación diaria de alta resolución durante el verano en el periodo 1981-2016.

2. Metodología

Se utilizó la versión 2.1 de los datos grillados diarios de precipitación denominado PISCOp (Peruvian

Interpolated Data of SENAMHI's Climatological and hydrological Observations; Aybar et al., 2020) que tiene una resolución de 10 km y cubre el periodo 1981-2016. Esta base de datos ha sido seleccionada porque captura mejor la señal de El Niño en los Andes peruanos que otras fuentes de datos grillados de precipitación diaria (Sulca et al., 2022a). Se utilizan también los datos del reanálisis NCEP-NCAR (Kalnay et al., 1996) para caracterizar los patrones de vientos y altura geopotencial a 200 hPa asociados con la MJO, que tienen una resolución de 2.5° y cubren el mismo periodo.

A partir de los productos previos, se calcularon las anomalías diarias removiendo la media y sus tres primeros armónicos, a lo cual también se le removió la tendencia lineal. Por otra parte, se aplicó un filtro pasabanda de 20-90 días basado en la ondeleta de Morlet (Torrence y Compo, 1998) para extraer el componente intraestacional de los datos. Esta banda fue elegida debido a que la componente intraestacional de las lluvias de América del Sur varía en la banda 20-90 días (Fernandes y Grimm, 2023). Cabe señalar que la ondeleta de Morlet ha sido utilizada para extraer la variabilidad decenal-interdecenal de las lluvias de los Andes centrales (Sulca et al., 2022b) y del caudal de los ríos Amazonas, Guayana, Paraná, Orinoco y Congo (Labat et al., 2005; 2012).

Los patrones de las lluvias y la circulación atmosférica sobre América del Sur en los niveles altos asociados con la MJO son identificados a través de compuestos para cada par de RMM Fases 8 + 1, 2 + 3, 4 + 5 y 6 + 7, pero solo son considerados cuando el módulo de RMM1 y RMM2 es mayor o igual a 1. La significancia estadística de los compuestos está basada en la prueba Student-t (Wilks, 2011).

3. Resultados

Para las RMM Fases 8 + 1, anomalías negativas significativas de OLR y anomalías positivas de altura geopotencial se localizan sobre una banda oblicua este-sur sobre la parte central del océano Pacífico, indicativo de que la MJO intensifica la zona de convergencia del Pacífico Sur (Matthews et al., 1996; Mayta, 2019). Sobre América del Sur, el Altiplano peruano presenta anomalías secas mientras que los

Andes ecuatorianos presentan anomalías húmedas (Figura 2a). Las anomalías secas sobre el Altiplano peruano no son observadas en su respectivo patrón de lluvia documentado en Recalde-Coronel et al. (2020). Asimismo, el Altiplano peruano presenta anomalías positivas de OLR y anomalías de vientos del oeste en la alta tropósfera (Figura 2b), indicativo de que la reducción de las lluvias en el Altiplano peruano es causada por un debilitamiento de flujo de humedad de la Amazonía hacia el Altiplano (Garreaud, 1999).

La Figura 2b exhibe también que las anomalías de vientos del oeste son parte de una circulación ciclónica centrada en Uruguay (60° W, 27° S) en los niveles altos, indicativo de un debilitamiento y un desplazamiento hacia el sureste de la Alta de Bolivia. Estos cambios de la Alta de Bolivia podrían haber sido inducidos por la zona de convergencia del Pacífico sur (SPCZ, por sus siglas en inglés), la cual emite trenes de onda Rossby hacia el continente en los niveles troposféricos altos (van der Wiel et al., 2016; Fernandes y Grimm,

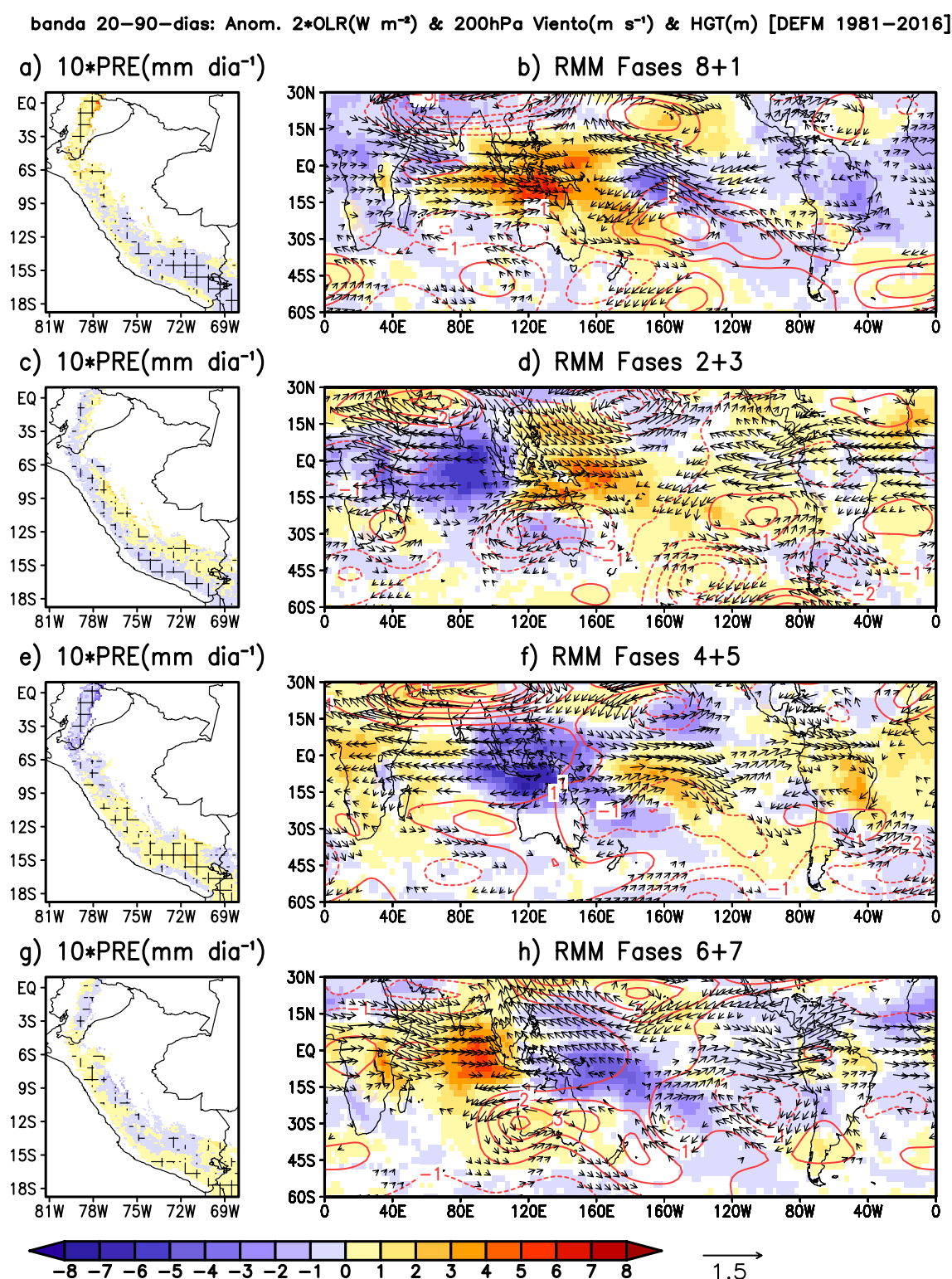


Figura 2. Compuesto de las anomalías filtradas en la banda 20-90 días para la precipitación (mm día⁻¹) OLR (W m⁻²), el viento (m s⁻¹) y la altura geopotencial (m) sobre el hemisferio sur a 200 hPa durante el verano (diciembre-marzo, DEFM) bajo las condiciones RMM Fases 8 + 1 (a y b), RMM Fases 2 + 3 (c y d), RMM Fases 4 + 5 (e y f), y RMM Fases 6 + 7 (g y h). Las anomalías de vientos (vectores), OLR (áreas sombreadas) y precipitación (áreas tachadas) son estadísticamente significativas al 95 % del nivel de confianza. Los datos de PISCOp y el reanálisis NCEP-NCAR fueron analizados para el período 1981-2016. Las anomalías de precipitación fueron multiplicadas por 10.

2023). Por otro lado, los Andes ecuatorianos presentan anomalías negativas de OLR y anomalías de viento del este en la alta tropósfera (Figura 2b), lo que explica que las lluvias en los Andes ecuatoriales son causadas por una intensificación del flujo de humedad de la Amazonía hacia los Andes ecuatorianos. Por lo tanto, la MJO bajo sus RMM Fases 8 + 1 impacta a las lluvias del Altiplano peruano y los Andes ecuatorianos durante el verano vía la modulación de la intensidad del flujo de humedad del este.

Por otra parte, las Figuras 2e-f muestran que las RMM Fases 4 + 5 reproducen los patrones de anomalías de lluvias y circulación atmosférica de gran escala en los niveles altos asociados con las RMM Fases 8 + 1, pero de opuestos signos y direcciones.

Durante las RMM Fases 2 + 3, las anomalías negativas de OLR prevalecen sobre el océano Índico, pero las máximas se localizan en la parte oriental del océano Índico, mientras que las anomalías positivas de OLR predominan sobre el océano Pacífico oeste. Hacia el continente sudamericano, las cordilleras occidental y oriental de los Andes peruanos presentan anomalías secas y húmedas, respectivamente (Figura 2c). En el continente sudamericano, la Figura 2d da a conocer que los Andes peruanos y NEB exhiben anomalías negativas de OLR y anomalías de vientos del este en los niveles altos (200 hPa) (al norte de 22° S), indicativo de un reforzamiento del sistema AB-BN. La Figura 2d muestra también que las anomalías de vientos del este están sobre el continente africano y el océano Índico, lo cual revela que la convección profunda sobre el océano Índico fortalece el flujo del este sobre América del Sur y África en la alta tropósfera. Debido a que las anomalías secas sobre la cordillera occidental de los Andes peruanos no son consistentes con las anomalías negativas de OLR, las anomalías de viento del este sobre los Andes peruanos solo intensifican el flujo de humedad de la Amazonía hacia la cordillera oriental de los Andes peruanos. Por esta razón, la MJO, en sus RMM Fases 2 + 3, no provoca necesariamente lluvias en la cordillera occidental de los Andes peruanos en la escala intraestacional.

Finalmente, las Figuras 2g-h exhiben que las RMM Fases 6 + 7 reproducen los patrones de anomalías de lluvias y circulación atmosférica de gran escala en los niveles altos asociados con las RMM Fases 2 + 3, pero de signos y direcciones opuestos.

4. Comentarios finales

Estos resultados indican que la MJO reduce las lluvias sobre el Altiplano bajo las RMM Fases 8 + 1 vía el amortiguamiento del flujo de humedad de la Amazonía hacia el Altiplano (Garreaud, 1999). Este proceso es acarreado por el debilitamiento y desplazamiento hacia el sureste de la Alta de Bolivia, posiblemente asociado a la intensificación de la zona de convergencia del Pacífico Sur, la cual emite trenes de onda Rossby hacia el Altiplano en los niveles troposféricos altos (Fernandes y Grimm, 2023). Las RMM Fases 4 + 5 presentan los mismos patrones de anomalías de lluvias y vientos en los niveles altos asociados con las RMM Fases 8 + 1, pero en sentido contrario (de opuestos signos y direcciones). Por otra parte, la MJO provoca lluvias sobre la cordillera oriental de los Andes peruanos bajo las RMM Fases 4 + 5 a través del reforzamiento del flujo de humedad del este. Este reforzamiento es inducido por la preponderancia de convección profunda sobre todo el océano Índico, la cual intensifica el flujo zonal sobre África y América del Sur en la tropósfera alta. Las RMM Fases 6 + 7 exhiben los mismos patrones de lluvias y circulación atmosférica asociados con las RMM Fases 2 + 3, pero en sentido contrario (opuestos signos y direcciones).

Debido a que la MJO no causa necesariamente lluvias en algunas partes de los Andes peruanos tal como la cordillera occidental, se necesita un estudio más profundo sobre otros fenómenos de gran escala con una variabilidad intraestacional para monitorearlos y, así, reducir sus impactos sobre los Andes peruanos.

Referencias

- Alvarez, M. S., Vera, C.S., Kiladis, G. N. & Liebmann, B. (2016). Influence of the Madden-Julian oscillation on precipitation and surface air temperature in South America. *Climate Dynamic*, 46(1), 245–262. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2581-6>.
- Aybar, C., Fernandez, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F. & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65, 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>
- Chen, T. S., Weng, S. P. & Schubert, S. (1999). Maintenance of austral summertime upper-tropospheric circulation over tropical South America: The Bolivian high–Nordeste low system. *Journal of Atmospheric Sciences*, 56, 2081–2100. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1999\)056<2081:MOASUT.2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1999)056<2081:MOASUT.2.0.CO;2).

Fernandes, L. G. & Grimm, A. M. (2023). ENSO modulation of the global MJO and its impacts on South America. *Journal of Climate*, 1-48. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-22-0781.1>

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdín, J., Shukla S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Science Data*, 2:150066 [10.1038/sdata.2015.66](https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66)

Garreaud, R. (1999). Multiscale analysis of the summertime precipitation over the central Andes. *Monthly Weather Review*, 127, 901–21. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1999\)127<0901:MAOTSP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1999)127<0901:MAOTSP>2.0.CO;2)

Garreaud, R., Vuille, M. & Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 194, 5–22. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00269-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00269-4)

Kalnay, E., Kanamitsu, R., Kistler, R., ..., Jenne, R. & Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorology Society*, 77, 437–472. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)

Labat, D., Ronchail, J. & Guyot, J. L. (2005). Recent advances in wavelet analyses: Part 2—Amazon, Parana, Orinoco and Congo discharges time scale variability. *Journal of Hydrology*, 314, (1–4):289–311. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.04.004>

Labat, D., Espinoza, J. C., Ronchail, J., Cochonneau, G., de Oliveira, E., Doudou, J. C. & Guyot, J. L. (2012). Fluctuations in the monthly discharge of Guyana shield rivers, related to Pacific and Atlantic climate variability. *Hydrological Sciences Journal*, 57(6), 1–11. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.695074>

Madden, R. A. & Julian, P. R. (1972). Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50-day period. *Journal of Atmospheric Sciences*, 29, 1109–1123. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1972\)029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1972)029<1109:DOGSCC>2.0.CO;2)

Madden, R. A. & Julian, P. R. (1994). Observations of the 40–50-day tropical oscillation: a review. *Monthly Weather Review*, 122: 814–837. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1994\)122<0814:OOTDTO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1994)122<0814:OOTDTO>2.0.CO;2)

MJO Index “An All-season Real-time Multivariate MJO Index.” (2 de enero del 2023). <http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>

Matthews, A. J., Hoskins, B. J., Slingo, J. M. & Blackburn, M. (1996). Development of convection along the SPCZ within a Madden-Julian oscillation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 122, 669–688. <https://doi.org/10.1002/qj.49712253106>

Mayta, V. C., Ambrizzi, T., Espinoza, J. C. & Silva Días, P. L. (2019). The role of the Madden–Julian oscillation on the Amazon Basin intraseasonal rainfall variability. *International Journal of Climatology*, 39:343–360. <https://doi.org/10.1002/joc.5810>

Mayta, V. C. (2019). Impactos de la oscilación de Madden–Julian en la variabilidad de la lluvia intraestacional del Amazonas. Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño, Instituto Geofísico del Perú, 6 (10), 5–8.

Recalde-Coronel, G. C., Zaitchik, B. & Pan, W. K. (2020). Madden-Julian Oscillation influence on sub-seasonal rainfall variability on the west of South America. *Climate Dynamics*, 54(3–4): 2167–2185. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05107-2>

Sulca, J., Vuille, M. & Dong, B. (2022a). Interdecadal variability of the austral summer precipitation over the Central Andes. *Frontier of Earth Sciences*, 10, 954954. <https://doi.org/10.3389/fear.2022.954954>

Sulca, J., Takahashi, K., Tacza, J., Espinoza, J. C. & Dong, B. (2022b). Decadal variability in the austral summer precipitation over the Central Andes: Observations and the empirical-statistical downscaling model. *International Journal of Climatology*, 1–29. <https://doi.org/10.1002/joc.7867>

Torrence, C. & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorology Society*, 79(1), 61–78. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2)

van der Wiel, K., Matthews, A. J., Joshi, M. M. & Stevens, D. P. (2016). The influence of diabatic heating in the South Pacific Convergence Zone on Rossby wave propagation and the mean flow. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 142: 901–910. <https://doi.org/10.1002/qj.2692>

Wheeler, M. C. & Hendon, H. H. (2004). An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review*, 132, 1917–1932. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2004\)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132<1917:AARMMI>2.0.CO;2)

Wilks, S. D. (2011). Statistical methods in the atmospheric sciences. In: Dmowska, R., Hartmann, D. and Rossby, H.T. (Eds.), *International Geophysics Series*, Vol. 100. San Diego, CA, USA: Academic Press.

RESUMEN INFORME TÉCNICO

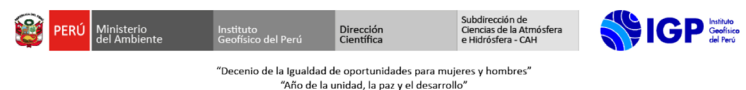
n.º PPR/EL NIÑO-IGP/2023-04

Según el valor de Índice Costero El Niño (ICEN), en marzo se presentó la condición climática cálida moderada (1.51 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril (2.21 °C) y mayo (2.48 °C) indican condiciones cálidas fuertes. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (-0.16 °C) tiene una condición neutra. Los valores temporales (ONI-tmp) de abril (0.15 °C) y mayo (0.52 °C) indican condiciones neutras y cálidas débiles, respectivamente. Conforme a las observaciones, *in situ* y satelital, se continúa observando la presencia de ondas de Kelvin cálidas: un paquete de ondas en la zona oriental y otro localizado alrededor de 140 °W.

El promedio de los pronósticos de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de mayo de 2023— indica para el Pacífico oriental condiciones cálidas fuertes de mayo a octubre, y condiciones cálidas moderadas de noviembre de 2023 a marzo de 2024. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones cálidas desde débiles a moderadas entre mayo a agosto, y condiciones cálidas fuertes entre setiembre y marzo de 2024.

En lo que respecta al Pacífico ecuatorial central, con la información (*in situ* y satelital) que se tiene a la fecha, aún no se ven condiciones claras para el desarrollo de un evento El Niño en dicha región.

El informe técnico completo se encuentra disponible en <https://bit.ly/InfTecnElNino2023-04IGP>



"Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

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/2023-04

12/05/2023

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 de Índice Costero El Niño (ICEN), en marzo se presentó la condición climática cálida moderada (1.51 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril (2.21 °C) y mayo (2.48 °C) indican condiciones cálidas fuertes. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (-0.16 °C) tiene una condición neutra. Los valores temporales (ONI-tmp) de abril (0.15 °C) y mayo (0.52 °C) indican condiciones neutras y cálidas débiles, respectivamente. Conforme a las observaciones, *in situ* y satelital, se continúa observando la presencia de ondas de Kelvin cálidas: un paquete de ondas en la zona oriental y otro localizado alrededor de 140 °W.

El promedio de los pronósticos de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de mayo de 2023— indica para el Pacífico oriental condiciones cálidas fuertes de mayo a octubre, y condiciones cálidas moderadas de noviembre de 2023 a marzo de 2024. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones cálidas desde débiles a moderadas entre mayo a agosto, y condiciones cálidas fuertes entre setiembre y marzo de 2024.

En lo que respecta al Pacífico ecuatorial central, con la información (*in situ* y satelital) que se tiene a la fecha, aún no se ven condiciones claras para el desarrollo de un evento El Niño en dicha región.

www.igp.gob.pe
Calle Badoz N° 169
Urb. Mayrú N° 15012 - Perú
(51) 13172300

Gobierno del Perú

BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 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.

COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 07-2023



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 costero¹**

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de "Alerta de El Niño Costero", ya que los análisis de la información realizado durante los últimos quince días indican que El Niño costero continuará por lo menos hasta inicios de la primavera del presente año. La magnitud más probable de este evento sería de fuerte a moderada, con las máximas anomalías de temperatura del mar en otoño. La persistencia de El Niño costero 2023 se debería, principalmente, al arribo de ondas Kelvin cálidas, las cuales mantendrían el calentamiento anómalo.

Para la región del Pacífico central, conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados hasta la fecha, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales, existe una mayor probabilidad del desarrollo de El Niño a partir de junio. Se estima que las condiciones cálidas alcanzarían una magnitud débil hasta setiembre, seguida de una magnitud moderada en octubre. Esto hace prever que El Niño en el Pacífico central tendría su mayor anomalía de temperatura superficial del mar hacia fines de 2023.

El pronóstico estacional de precipitación vigente para el trimestre mayo-julio de 2023², prevé precipitaciones

ligeramente superiores a las lluvias características en estos meses del año en la región norte occidental del país (costa y sierra). En lo que resta de mayo, disminuirá la ocurrencia de lluvias intensas en la costa norte y las temperaturas extremas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal a lo largo de la costa.

Entre mayo y setiembre, se espera que los ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico norte y centro, y del Amazonas presenten caudales dentro del rango normal, mientras que, en la región hidrográfica del Titicaca, los caudales se encuentren entre normal y por debajo de lo normal. En los ríos de los departamentos de Tumbes y Piura, en las siguientes semanas de mayo, se presentarían caudales ligeramente por encima de sus valores normales, pero con una tendencia descendente.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, se prevé que continúe la disponibilidad de recursos transzonales (caballa y bonito) y oceánicos (túnidos) en el mar peruano. Respecto a los recursos demersales, se prevé que continúe una amplia y dispersa área de distribución de la merluza.

Para el próximo verano 2024, la comisión estima que para el Pacífico Central (región Niño 3.4), El Niño tiene una probabilidad de 68 %, siendo más probables la categoría débil (34 %) y moderada (28 %), Tabla 1. De la misma forma, para el Pacífico oriental (región Niño 1+2) El Niño tiene una probabilidad de 66 %, siendo más probable una magnitud débil (34 %), Tabla 2. En este escenario es probable la ocurrencia de eventos de lluvias de moderada a fuerte intensidad principalmente en la costa y sierra norte, así como

¹ Alerta de El Niño costero: Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENtmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero. Al inicio del texto del CO se indicará un rango de magnitudes tentativas y su posible duración, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.

² Pronóstico estacional MJJ 2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-34.pdf>

temperaturas del aire por encima de sus valores normales en la costa.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo de acuerdo con el pronóstico estacional vigente y las proyecciones para el verano 2024, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta.

La Comisión Multisectorial del ENFEN continúa monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas-atmosféricas y actualizando las perspectivas. El ENFEN emitirá su próximo comunicado oficial el 31 de mayo de 2023.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN07-2023>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN2023-007>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN



COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 08-2023



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 costero¹**

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de "Alerta de El Niño Costero", ya que considera que es más probable que, en la región Niño 1+2 (que abarca la zona norte y centro del mar peruano, Figura 1), El Niño costero continúe hasta el verano de 2024, esto último con una probabilidad de 77 %. La magnitud más probable del evento para el otoño 2023 estaría entre fuerte y moderada; mientras que, para invierno y primavera, moderada (Figura 2)². Finalmente, para el verano de 2024 la magnitud más probable estaría entre moderada y débil (Tabla 1).

Para la región del Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1), conforme al juicio experto del ENFEN; basado en los datos observados hasta la fecha, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales; persiste una mayor probabilidad del desarrollo de El Niño a partir de junio.

Por lo pronto, se estima que el evento tendría una magnitud más probable de débil hasta setiembre (ver Figura 2), con una tendencia a intensificarse hasta fines de año. Por otro lado, para el verano de 2024, se estima que El Niño tenga una probabilidad de 82 %, con una magnitud entre débil y moderada (Tabla 2). Para el trimestre junio-agosto de 2023³, se prevé precipitaciones ligeramente sobre lo normal en la

costa norte y centro, caracterizadas por la ocurrencia de lluvias localizadas y lloviznas, respectivamente; en tanto las temperaturas extremas del aire mantendrán sus valores por encima de lo normal a lo largo de la costa. En el verano de 2024, basado en el escenario de El Niño, es probable la ocurrencia de eventos de lluvias de moderada a fuerte intensidad principalmente en la costa y sierra norte, así como temperaturas del aire por encima de sus valores normales en la costa.

Entre junio y setiembre de 2023, se espera que en los ríos de las regiones hidrográficas del Pacífico norte y centro, así como en los del Amazonas predominen caudales dentro del rango normal acorde a la variación estacional propia de la época de estiaje o vaciante; mientras que en la región hidrográfica del Titicaca se mantendrían caudales por debajo de sus valores normales.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, debido a la probable persistencia de las condiciones cálidas anómalas, se espera que se mantenga la disponibilidad y accesibilidad de los recursos caballa y bonito. Respecto a los recursos demersales, se espera que la población de merluza presente una alta dispersión y desplazamiento hacia el sur de su distribución normal de los individuos adultos. Además,

¹ Alerta de El Niño costero: Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento El Niño costero ha iniciado y/o el valor del ICENTmp indica condiciones cálidas, y se espera que se consolide El Niño costero. Al inicio del texto del CO se indicará un rango de magnitudes tentativas y su posible duración, así como una indicación sobre los posibles impactos en la lluvia y temperaturas.

² La magnitud más probable del evento se interpreta tomando como referencia las probabilidades mensuales de la Figura 2.

³ Pronóstico estacional JJA 2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-35.pdf>

se prevé la permanencia de especies propias de aguas cálidas en las regiones centro y sur del litoral peruano.

Se recomienda a los tomadores de decisiones tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo con el pronóstico estacional vigente y las proyecciones para el verano de 2024, con la finalidad de que se adopten las acciones que correspondan para la reducción del riesgo y la preparación para la respuesta.

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 16 de junio de 2023.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN07-2023-2>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN2023-008>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN





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