



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú



BOLETÍN CIENTÍFICO

EL NIÑO

Vol. 10 n.º 10 octubre 2023

PROGRAMA PRESUPUESTAL n.º 068

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

En este boletín ◆◆◆

4

pág.

Evaluación de los niveles de riesgo
de inundación por “repiquetes” en
áreas de cultivos ribereños en la cuenca
amazónica peruana: caso de estudio de la
ciudad de Tamshiyacu

13

pág.

Transición de MODIS a VIIRS: Análisis comparativo
del NDVI para el monitoreo de las condiciones
vegetativas en el Perú

17

pág.

Resumen del informe técnico de El Niño

18

pág.

Resumen de los comunicados ENFEN



BICENTENARIO
PERÚ
2024



CRÉDITOS

Albina Ruiz Ríos
Ministra del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:

Hernando Tavera
Presidente Ejecutivo

Edmundo Norabuena Ortiz
Director Científico

Ken Takahashi Guevara
Director de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Antonella Condorena Franco
Jefatura de la Unidad Funcional de Comunicaciones

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

Jorge Andrés Concha Calle
Diseño y diagramación

Carátula: Cosecha de arroz en la ciudad de Tamshiyacu (región Loreto), a orillas del río Amazonas
Fuente: IGP

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, enero de 2024

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

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR “REPIQUETES” EN ÁREAS DE CULTIVOS RIBEREÑOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA PERUANA: CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE TAMSHIYACU

Jonathan Valenzuela^{1,2}, Manuel Figueroa^{1,2},
Elisa Armijos^{1,2}, Jhan Carlo Espinoza³, Sly
Wongchuig³ & John J. Ramirez-Avila⁴

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

² Programa de Maestría en Recursos Hídricos, Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM, Lima, Perú.

³ Institut des Géosciences de l'Environnement-IGE (Univ. Grenoble Alpes, IRD, CNRS, G-INP). 38000 Grenoble, France.

⁴ Watersheds and Water Quality Research Lab, Richard A. Rula School of Civil and Environmental Engineering, Mississippi State Univ.



Jonathan Valenzuela es egresado de la maestría en Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM, Perú) e ingeniero mecánico de fluidos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM, Perú). Actualmente colabora en proyectos de investigación en el Instituto Geofísico del Perú relacionados a la hidrología en la cuenca Amazónica.

Palabras clave: Repiquetes, cultivos ribereños, cuenca amazónica, inundación

Citar como Valenzuela, J., Figueroa, M., Amijos, E., Espinoza, J.C., Wongchuig, S., & Ramirez-Avila, J. (2023). Evaluación de los niveles de riesgo de inundación por “repiquetes” en áreas de cultivos ribereños en la cuenca Amazónica peruana: caso de estudio de la ciudad de Tamshiyacu. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 10, págs. 4-11.

Resumen

El proyecto “Origen, frecuencia y magnitud de los repiquetes, su impacto en la agricultura amazónica y en el transporte de sedimentos, utilizando sensoramiento remoto”, financiado por PROCENCIA, tuvo como objetivo estudiar las características climatológicas e hidrológicas que producen inundaciones repentinas (conocidos como repiquetes) en las riberas de los ríos amazónicos, las cuales afectan la agricultura ribereña.

En los meses de vaciante (junio-octubre) se aprovechan las tierras fértiles de las playas que se forman en las riberas del río Amazonas, con cultivos de ciclo corto, siendo el arroz el más importante por su consumo interno e ingreso económico. Utilizando datos de fotogrametría de la orilla izquierda del río Amazonas, frente a la ciudad de Tamshiyacu (ubicada a 50 km aguas arriba de la ciudad de Iquitos), junto con datos batimétricos y la serie de datos de niveles durante el periodo 1996-2018 del río Amazonas, se logró determinar zonas

de riesgo de inundación que afectan los cultivos. Los resultados indican que la zona cultivable está entre las cotas 83.00 y 88.00 m s. n. m. Durante el período de estudio se encontró que 42 de los 73 eventos inundaron parcialmente los cultivos, los cuales marcan su inicio de aumento del nivel del agua por flujo de humedad y precipitación sobre el norte de las cuencas de los ríos Maraón y Ucayali. El riesgo de repiquetes por inundación en vaciante es de 1 repiquete cada 3 años para el rango de elevación entre 85.31 y 87.00 m s. n. m., disponiendo del 31 % del área total. En tanto, la frecuencia de ocurrencia de repiquetes es 0 para el área mayor a 87.01 m s. n. m., teniendo un 43 % de la superficie total. Se determinaron repiquetes extremos en los años 2002 y 2008, los cuales inundaron el 43 % y 25 % de sus áreas disponibles al inicio del evento.

El uso de otras variedades de cultivos podría mitigar el riesgo, pero se determinó, con base en encuestas realizadas a los agricultores, que las semillas que utilizan en su mayoría son propias, guardadas de la campaña anterior. Las variedades de "Ecoarroz" y "JAR-I", desarrolladas por el Instituto de Innovación Agraria (INIA), serían las más indicadas de sembrar por debajo de la cota de 85.31 m s. n. m., ello por su corto periodo vegetativo y condición de resistencia a la inundación; en tanto, por encima de ese umbral de cota se podría utilizar la variedad "Capirona", con mayor rendimiento, pero también mayor periodo vegetativo. No obstante, los productores no reciben ni recibieron ninguna capacitación o asistencia técnica en el cultivo de arroz en la zona de estudio.

Al caracterizar los repiquetes y determinar las zonas de riesgo estamos complementando el saber local de los agricultores ribereños y contribuyendo a incrementar su capacidad para reducir el riesgo.

1. Introducción

Durante el descenso de nivel del río en la época de recesión, las riberas, barras laterales e islas de los ríos amazónicos son aprovechadas para el desarrollo de la agricultura ribereña (Coomes et al., 2016; Hiraoka, 1985; Jardim et al., 2020), ya que estas áreas se encuentran enriquecidas con nutrientes que fueron transportados por los ríos desde los Andes (Ronchail et al., 2016; 2018). Este tipo de agricultura

ha experimentado un aumento debido al crecimiento poblacional en estas zonas. Se cultiva principalmente arroz, frijol y yuca (Chibnik, 1994; Coomes et al., 2016; Jakovac et al., 2017).

Sin embargo, estos cultivos se encuentran expuestos, entre otras amenazas, a inundaciones por repiquetes, lo que afecta la economía de las familias ribereñas (List & Coomes, 2017). Los repiquetes son eventos repentinos caracterizados por la inversión en el descenso del nivel del agua (Coomes et al., 2016), siendo importantes para la agricultura de riberas aquellos que se caracterizan por el aumento intempestivo del nivel del río, cuando este se encuentra descendiendo (época de recesión). En la cuenca amazónica peruana, este tipo de eventos se produce principalmente debido a precipitaciones abundantes en el norte de la cuenca del río Maraón, lo que luego se refleja en los niveles de la estación Tamshiyacu (Figuerola et al., 2020). Así también, la ocurrencia de estos eventos en la época de recesión del río Amazonas se ha estimado en promedio en 3.2 eventos por año (Coomes et al., 2016; Figuerola et al., 2020; Ronchail et al., 2018). Sin embargo, no todos estos eventos logran impactar en las áreas de cultivos ribereños, ya que ello depende de las cotas del terreno en donde se realice la agricultura ribereña.

Los eventos de repiquetes no solo inundan las áreas de los cultivos ribereños, sino también pueden remover las semillas y acortar el periodo vegetativo de los cultivos. Este fenómeno afecta principalmente los cultivos de arroz, ya que su siembra, destinada al consumo local, es masiva en riberas, barras laterales e islas. En el departamento de Loreto, su cultivo se extiende por cerca de 24 200 ha (DIA, 2011; INIA, 2005) y por 6000 ha en la provincia de Ucayali (Labarta et al., 2007). Eventos de repiquetes ocurridos en 2012 ocasionaron una disminución del 50 % de la producción potencial media de arroz en Muyuy, localizada cerca de Iquitos (List & Coomes, 2019). Destaca especialmente el evento ocurrido el 28 de junio de 2012, el cual inundó el 59 % y 14% de las barras laterales utilizadas para la agricultura en las comunidades de Dos de Mayo y Augusto Freyre, respectivamente, ambas pertenecientes a Muyuy (List & Coomes, 2017).

Sin embargo, existen aún pocas investigaciones sobre cómo impactan los repiquetes a las áreas de cultivos ribereños, su frecuencia de ocurrencia en las

mismas y las condiciones que propician su formación. Siguiendo un enfoque que incluye trabajos de campo de topografía detallada por fotogrametría, análisis estadístico, simulación hidráulica y evaluación climatológica, esta investigación busca ayudar a cubrir esta brecha de conocimiento.

Los objetivos planteados apuntan a identificar cuáles son los repiquetes que impactan las áreas de cultivos ribereños (repiquetes con magnitud de riesgo de inundación), así como caracterizar el comportamiento climatológico que propicia su formación, evaluar el posible impacto por repiquetes de magnitud extrema y determinar los niveles de riesgo de inundación por repiquetes en función de las cotas del nivel de río. Esto permitirá proponer medidas para la mitigación del riesgo y la adaptación al cambio climático, acciones que ayudarán a los agricultores a reducir las pérdidas por repiquetes de los cultivos ribereños en la cuenca amazónica peruana.

2. Datos y métodos

a) Área de estudio

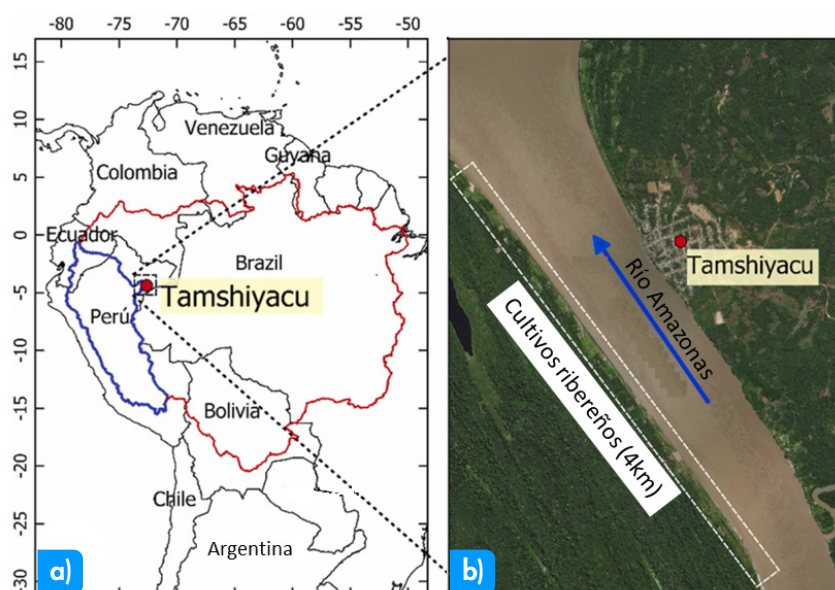


Figura 1. a) Extensión de toda la cuenca amazónica hasta su desembocadura en el océano Atlántico (polígono rojo), la cuenca Amazónica peruana hasta la estación Tamshiyacu (polígono azul) y la ciudad de Tamshiyacu (punto rojo). b) Localización del área de cultivos ribereños de 4 km de longitud en la ribera izquierda del río Amazonas (polígono blanco) y la ciudad de Tamshiyacu ubicada en la ribera derecha. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

El área de estudio abarca la cuenca amazónica peruana hasta la estación Tamshiyacu (localizada en el

río Amazonas, a 80 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali). Para la evaluación de los niveles de riesgo y el impacto en las áreas de cultivos, se consideró un área de ribera de 4 km de longitud ubicada al frente de la ciudad de Tamshiyacu, lugar donde se realiza el cultivo de arroz (Figura 1).

b) Datos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron datos diarios durante el periodo 1996-2018 de (1) niveles de río y caudales de la estación Tamshiyacu registrados por el observatorio SO-Hybam (<https://hybam.obs-mip.fr/>); (2) la precipitación, del producto CHIRPS (<https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0>) de 0.25° de resolución espacial y, (3) los vientos y humedad específica, obtenidos del reanálisis de ERA-Interim (Dee et al., 2011) para la columna atmosférica entre 1000 y 300 hPa con una resolución espacial de 0.25°. Asimismo, se hizo uso de un modelo digital de elevación de 1 m de resolución para 4 km de extensión de río, compuesto por topografía de ribera elaborado mediante fotogrametría, batimetría y digitalización de imágenes satelitales Sentinel 2 de 10 m de resolución espacial desarrollado en el marco del proyecto.

Es preciso indicar que la referencia vertical utilizada para todo el análisis en esta investigación está basada en el Modelo Gravitacional Terrestre 2008 (EGM08, por sus siglas en inglés; Pavlis et al., 2012)

c) Métodos

• Caracterización de los repiquetes

Para caracterizar los repiquetes se identificaron aquellos que impactan las cotas del terreno donde se desarrollan los cultivos ribereños de arroz (repiquetes con magnitud de riesgo). Para ello, se utilizaron los 73 repiquetes con una magnitud mayor o igual a 20 cm reportados por Figueroa et al. (2020), ya que estos podrían representar un riesgo para los cultivos debido a su magnitud. Un repiquete está compuesto por la cota pico, la magnitud y la magnitud de riesgo. La cota pico de un repiquete es la cota más alta del nivel del agua observada durante un evento. La magnitud está definida por la diferencia entre su cota pico y la cota inicial del hidrograma, siendo esta diferencia mayor o igual a 20 cm. La magnitud de riesgo se definió como

la porción de la magnitud, mayor o igual a 20 cm, que llega a desarrollarse entre las cotas del terreno donde se realizan los cultivos ribereños.

Asimismo, se analizó la frecuencia de ocurrencia de los repiquetes con magnitud de riesgo en función de su cota pico. Para esto, se consideraron los percentiles del 70 al 100, lo cual permitió determinar las áreas entre las cotas de cultivo con menor riesgo de inundación por repiquetes.

Se identificaron eventos extremos de repiquetes considerando el promedio de las magnitudes de riesgo más una desviación estándar. Se seleccionaron dos repiquetes extremos como casos de estudio en función de su magnitud. El primer repiquete extremo de caso de estudio es el de mayor magnitud de riesgo, mientras que el segundo representa, en magnitud de riesgo, a los demás repiquetes extremos.

• Evaluación climatológica

Para identificar condiciones atmosféricas relacionadas con la formación de los repiquetes con magnitud de riesgo y eventos extremos de repiquetes, se realizaron *composites* de anomalías de flujo de humedad verticalmente integrado (1000–300 hPa) y de precipitación en cada punto de la cuadrícula restando los primeros armónicos del ciclo anual del período 1981-2010.

• Estimación de áreas de inundación por repiquetes

Para la estimación de las áreas inundadas se utilizó el modelo hidráulico HEC-RAS 1D v6.1 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los EE. UU (USACE, por sus siglas en inglés). Cabe señalar que la versión 1D muestra similar rendimiento que la versión 2D para el análisis de estos eventos y tiene un costo computacional menor.

Se simularon los hidrogramas de los casos de estudio de eventos extremos de repiquetes en flujo no estacionario subcrítico, considerando secciones transversales con un espaciamiento de 50 m. Del mismo modo, se realizaron simulaciones en flujo estacionario subcrítico para determinar la ubicación de los percentiles asociados a las cotas pico de los repiquetes con magnitud de riesgo.

3. Resultados y discusiones

Se determinó que, en el área de estudio de 4 km de extensión de ribera frente a la ciudad de Tamshiyacu, la agricultura ribereña se desarrolla entre los 83.00 y 88.00 m s. n. m. De los 73 repiquetes identificados por Figueroa et al. (2020) para el periodo 1996-2018, 42 de ellos, con una magnitud de riesgo mayor o igual a 20 cm, llegan a impactar entre las cotas utilizadas para los cultivos y pueden generar pérdidas. Esto se podría traducir en una frecuencia de ocurrencia de eventos de repiquetes, con magnitud de riesgo, de 1.8 repiquetes por año, los que inundan parcialmente las áreas de cultivos de arroz. Así también, estos repiquetes que ocurren año tras año no presentan tendencia significativa en el número de eventos por año para el periodo de análisis.

Igualmente, se ha identificado que más de la mitad de estos 42 eventos tiene una magnitud de riesgo de inundación entre 0.2 y 0.6 m, mientras que solo hubieron 6 eventos por encima de 1.2 m de magnitud (Tabla 1), siendo estos identificados como repiquetes con magnitud de riesgo extrema: 1998 (1.28 m), 2000 (1.4 m), 2002 (2.34 m), 2008 (1.29 m), 2010 (1.35 m) y 2018 (1.22 m). Los eventos extremos de repiquetes seleccionados como caso de estudio son los de los años 2002 (2.34 m) y 2008 (1.29 m).

Tabla 1. Características de los eventos identificados como repiquetes con magnitud de riesgo extrema.

Fecha de inicio	Fecha de término	Duración (días)	Magnitud de riesgo (m)
24/06/1998	11/07/1998	17	1.28
17/09/2000	12/10/2000	25	1.40
06/07/2002	17/08/2002	42	2.34
17/06/2008	10/07/2008	23	1.29
12/07/2010	29/07/2010	17	1.35
15/07/2018	14/09/2018	61	1.22

La formación de los eventos de repiquetes con magnitud de riesgo (42 eventos) está asociada a la convergencia de humedad al norte de 7° S, entre el sexto y tercer día anterior a su aparición en la estación de Tamshiyacu. Esta convergencia es impulsada por

anomalías de 55 kg/m/s del flujo de humedad desde el este. Del mismo modo, se registraron en las mismas fechas precipitaciones sobre el noroeste de la cuenca del Marañón, lo que coincide con lo mostrado por Figueroa et al. (2020) y Ronchail et al. (2018). Es preciso indicar que esta convergencia de flujo de humedad pudo haber aumentado la temperatura potencial en niveles bajos y, eventualmente, desencadenar la convección (Wright et al., 2017) (Figura 2). En el caso de repiquetes extremos, como los de 2002 y 2008, el flujo de humedad integrado verticalmente desde el este fue superior a 200 kg/m/s , días previos al inicio del repiquete, y la convergencia hacia el oeste de 74° W fue intensa sobre la zona norte de la cuenca. Así también, precipitaciones

sobre el norte de la cuenca del Marañón y el norte de la cuenca del Ucayali se encargaron de originar estos repiquetes, así como sostener su magnitud extrema durante su desarrollo. Este patrón espacial de anomalías de lluvias concuerda muy bien con la propagación del núcleo convectivo de la Oscilación Madden-Julian, particularmente durante las fases 8+1 (Recalde-Coronel et al., 2020).

Del análisis del impacto de los repiquetes extremos se determinaron las áreas inundadas para cada caso de estudio. El repiquete del 6 de julio de 2002 (2.34 m) tuvo una duración de 42 días e inundó el 40 % de las áreas disponibles para cultivos ribereños (estimado en 25 toneladas de arroz). El repiquete del 17 de

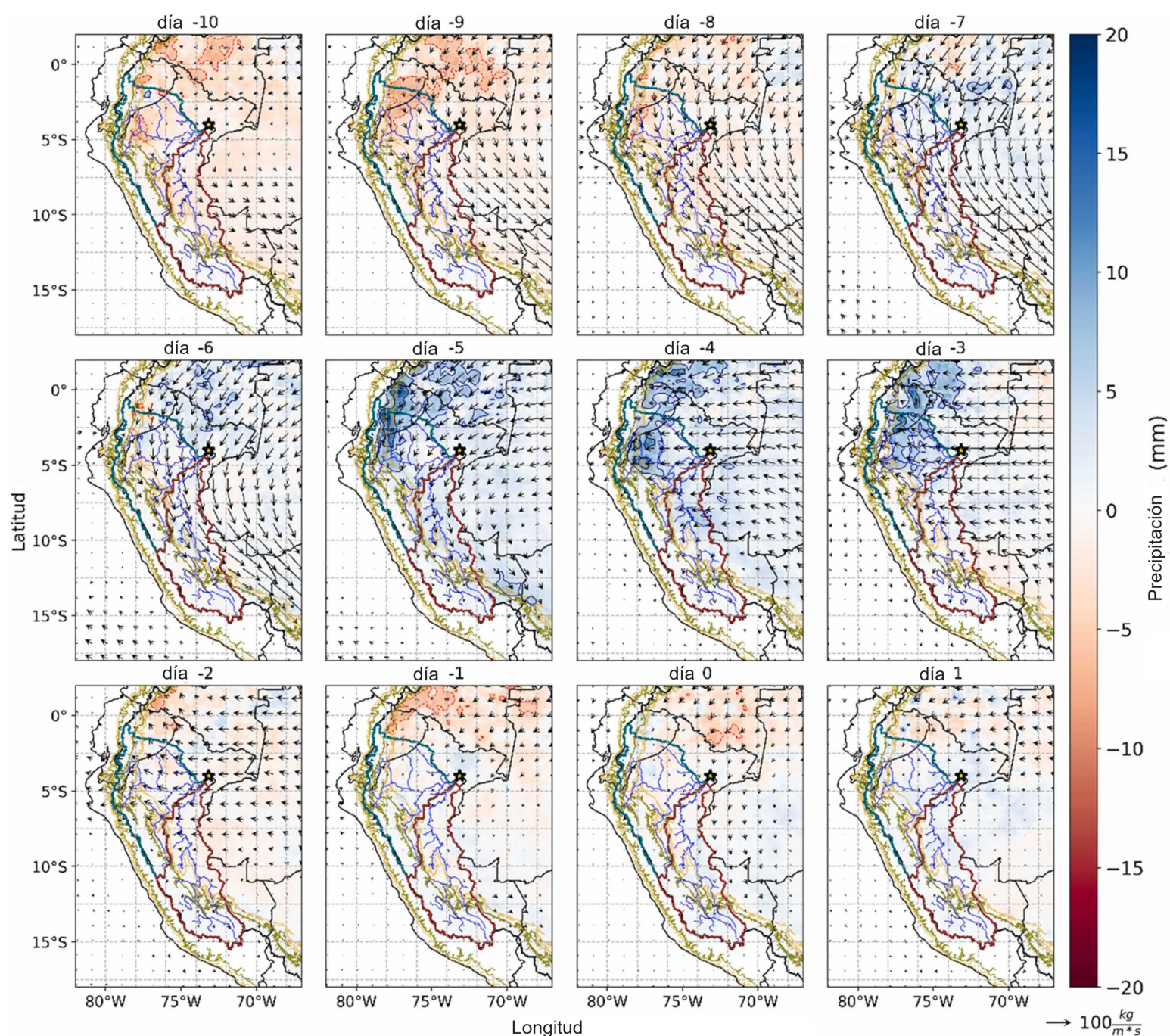


Figura 2. Anomalías de flujo de humedad verticalmente integrado (ERA-Interim, 0.25°) y de precipitación (CHIRPS, 0.25°) para los 42 repiquetes con magnitud de riesgo, desde 10 días antes del inicio del evento (día-10) en la estación Tamshiyacu (estrella amarilla). Las cuencas de los ríos Marañón y Ucayali están delineadas de color cian y rojo, respectivamente. Se muestran las redes de drenaje de color azul, y las elevaciones de 500 y 1500 m s.n.m, en color amarillo y amarillo oscuro, respectivamente. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

junio de 2008 (1.29 m) tuvo una duración de 23 días e inundó cerca del 25 % del área agrícola ribereña (estimado en 16 toneladas de arroz) disponible al inicio del evento (Figura 3). Del mismo modo, estimaciones realizadas en áreas similares (List & Coomes, 2019; 2017) sugieren también pérdidas de cultivos por repiquetes. Sin embargo, las estimaciones de la presente investigación, así como en estudios anteriores, están centradas en áreas de estudio específicas, por lo que si consideráramos toda el área de siembra de arroz afectada en la región la cifra de pérdidas sería más cuantiosa.

Del análisis de los niveles de riesgo en función de

los percentiles de las cotas pico de los repiquetes con magnitud de riesgo, se determinó que la cota del percentil 80 garantiza mayor área de cultivo con bajo riesgo de inundación. Es así que el 80 % de los eventos de repiquetes que afectan los cultivos ribereños ocurren entre 83.00 y 85.30 m s. n. m. (entre el 15 de julio y el 15 de agosto en promedio), con un riesgo de inundación de 1.47 repiquetes por año. Sin embargo, las áreas ubicadas entre 85.31 y 87.00 m s. n. m. tienen un menor riesgo (0.35 repiquetes por año). Finalmente, se encontró que las áreas agrícolas entre 87.01 y 88.00 m s. n. m. no han sido afectadas por eventos de repiquetes y representan el 43 % del área total para cultivos ribereños (Tabla 2).



Figura 3. Áreas inundadas por los eventos extremos de repiquetes de los años 2002 (a) y 2008 (b). Las flechas azules indican el sentido del flujo en el río Amazonas. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de repiquetes en función de los percentiles de la cota pico de 42 repiquetes con magnitud de riesgo. Adaptado de Valenzuela et al. (2023).

Percentil	Cota (m s. n. m.)	Número de repiquetes que superan la cota (n)	Área disponible (%)	Frecuencia de ocurrencia (repiquetes/año)
70	84,83	13	82	0,57
75	85.05	11	79	0,48
80	85.31	8	74	0,35
85	85,91	6	66	0,26
90	86.09	4	63	0,17
95	86,64	2	53	0,09
100	87.01	0	43	0

En cuanto a las posibles medidas de mitigación del riesgo, una opción sería utilizar semillas más adecuadas para las condiciones asociadas a los repiquetes. Sin embargo, mediante encuestas realizadas a los agricultores se ha encontrado que para toda el área de cultivo utilizan variedades de semillas de arroz desarrolladas para regiones de selva alta, lo cual da como resultado un bajo rendimiento y expone los cultivos a inundaciones por repiquetes, ya que el periodo vegetativo de esas semillas es largo. En consecuencia, se sugiere como medida de mitigación contra pérdidas de cultivos el uso sectorizado de variedades de semillas adaptadas a la selva baja, en función del nivel de riesgo de inundación, es decir, utilizar las variedades “Ecoarroz” y “JAR-I” (INIA, 2005, 2007), de corto periodo vegetativo y resistentes a la inundación en áreas debajo de 85.31 m s. n. m., mientras que por encima de esa cota se podría utilizar la variedad “Capirona”, de largo periodo vegetativo, pero de mayor rendimiento. Adicionalmente, se han elaborado mapas de peligro que, en combinación con un sistema de identificación de la cota 85.31 m s. n. m. en la estación hidrométrica de Tamshiyacu, brindarán a los agricultores la capacidad de conocer el momento preciso en el cual deberán de cambiar la variedad de semilla de arroz a ser sembrada.

Referencias

Chibnik, M. (1994). *Risky rivers: the economics and politics of floodplain farming in Amazonia*. Tucson: University of Arizona Press.

Coomes, O. T., Lapointe, M., Templeton, M., & List, G. (2016). Amazon river flow regime and flood recessional agriculture: Flood stage reversals and risk of annual crop loss. *Journal of Hydrology*, 539, 214–222. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2016.05.027>

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., ... Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(656), 553–597. <https://doi.org/10.1002/qj.828>

DIA. (2011). *Arroz*.

Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J. C., Ronchail, J., & Fraizy, P. (2020). On the relationship between reversal of the river stage (repiquetes), rainfall and low-level wind regimes over the western Amazon basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 100752. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2020.100752>

Hiraoka, M. (1985). Floodplain Farming in the Peruvian Amazon. *Geographical review of Japan, Series B.*, 58(1), 1–23. <https://doi.org/10.4157/grj1984b.58.1>

INIA. (2005). *Arroz INIA 506 - JAR I*. http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/arroz/INIA_506.pdf

INIA. (2007). *Arroz INIA 505 - Ecoarroz*.

Jakovac, C. C., Dutrieux, L. P., Siti, L., Peña-Claros, M., & Bongers, F. (2017). Spatial and temporal dynamics of shifting cultivation in the middle-Amazonas river: Expansion and intensification. *PLOS ONE*, 12(7), e0181092. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181092>

Jardim, C. M., Nardoto, G. B., de Lima, A. C. B., de Jesus Silva, R., Schor, T., de Oliveira, J. A., & Martinelli, L. A. (2020). The influence of seasonal river flooding in food consumption of riverine dwellers in the central Amazon region: an isotopic approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12(9), 205. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01172-5>

Labarta, R., White, D., Leguía, E., Guzmán, W., & Soto, J. (2007). La agricultura en la Amazonia ribereña del río Ucayali: ¿una zona productiva pero poco rentable? *Acta Amazonica*, 37(2), 177–186. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000200002>

List, G., & Coomes, O. (2019). Repiquetes y riesgo en el cultivo de arroz en la llanura inundable del río Amazonas cerca de Iquitos, Perú. *Folia Amazónica*, 28(1), 19–32. <https://doi.org/10.24841/FA.V28I1.466>

List, G., & Coomes, O. T. (2017). Natural hazards and risk in rice cultivation along the upper Amazon River. *Natural Hazards* 2017 87:1, 87(1), 165–184. <https://doi.org/10.1007/S11069-017-2758-X>

Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., & Factor, J. K. (2012). The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B4). <https://doi.org/10.1029/2011JB008916>

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>

Ronchail, J., Espinoza, J. C., Drapeau, G., Sabot, M., Cochonneau, G., & Schor, T. (2018). The flood recession period in Western Amazonia and its variability during the 1985-2015 period. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 16-30. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2017.11.008>

Ronchail, J., Schor, T., Espinoza, J. C., Sabot, M., Pinheiro, H., Filizola, N., Gomez, P., Drapeau, G., Michot, V., Guyot, J. L., Martinez, J. M., & Sultan, B. (2016). *Hydrologie et production agricole dans le nord-ouest de l'Amazonie*. <http://journals.openedition.org/bagf>, 93(93-3), 270-286. <https://doi.org/10.4000/BAGF.1168>

Valenzuela, J., Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J.-C., Wongchuig, S., & Ramirez-Avila, J. J. (2023). Flooding risk of cropland areas by repiquetes in the western Amazon basin: A case study of Peruvian Tamshiyacu City. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47, 101428. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101428>

Wright, J. S., Fu, R., Worden, J. R., Chakraborty, S., Clinton, N. E., Risi, C., Sun, Y., & Yin, L. (2017). Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(32), 8481-8486. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621516114>

TRANSICIÓN DE MODIS A VIIRS: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL NDVI PARA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES VEGETATIVAS EN EL PERÚ

Yerson Ccanchi¹, Ricardo Zubieta¹

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

Palabras clave: NDVI, MODIS, VIIRS, vegetación herbácea, Andes-Amazonía

Citar como Ccanchi, Y., & Zubieta, R. (2023). Transición de MODIS a VIIRS: Análisis comparativo del NDVI para el monitoreo de las condiciones vegetativas en el Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 10, págs. 12-16.

Resumen

En este estudio se realiza un análisis comparativo entre el índice de vegetación NDVI obtenido a través de los sensores MODIS y VIIRS en las regiones costeras, andinas y amazónicas del Perú. Se identifica una correlación significativa en áreas con vegetación herbácea que contrasta con las bajas correlaciones existentes en áreas que albergan vegetación arbórea. Aunque se observan patrones temporales similares, las diferencias estacionales entre los sensores sugieren consideraciones específicas para cada tipo de vegetación. Se destaca, además, el papel crucial de las condiciones climáticas, especialmente la alta nubosidad durante el periodo de lluvias, que podrían ser responsables de introducir fuentes significativas de error en las mediciones de reflectividad. Estos hallazgos subrayan la importancia de entender las particularidades de los sensores y tipos de vegetación, así como considerar los impactos de las condiciones climáticas para mejorar la concordancia entre productos, especialmente ante la transición de MODIS a VIIRS. Este estudio contribuye al respaldo científico en el monitoreo vegetativo, siendo de especial relevancia dada la próxima finalización de la vida útil de los sensores MODIS.

1. Introducción

En las últimas décadas, se ha observado en los Andes peruanos un aumento en el número de emergencias debido a incendios forestales (Zubieta et al., 2023), las cuales han tenido diversos impactos en el medio ambiente, la sociedad y la economía, según informa el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, <https://portal.indeci.gob.pe/informe/>). Para reducir dichos impactos, es crucial contar con herramientas tecnológicas dispuestas en sistemas de prevención que proporcionen información relevante en tiempos oportunos. El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres (CENEPRED) enfatiza la necesidad de evaluar la cobertura vegetal en zonas propensas a incendios forestales, ya que este factor es importante en la propagación del fuego (CENEPRED, 2020).

Por otro lado, los productos obtenidos mediante sensores remotos pueden constituir una fuente de datos alternativa, tal como se evidencia en el monitoreo de la vegetación de la zona andina-amazónica del Perú mediante productos derivados de satélites (<https://www.igp.gob.pe/incendios-forestales/>). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por

sus siglas en inglés), el cual es calculado a partir de la reflectividad de las bandas del espectro rojo e infrarrojo cercano (NIR), es utilizado ampliamente para evaluar la vegetación (Rouse et al., 1974), pero su aplicabilidad depende de la disponibilidad de datos temporales y espaciales adecuados. El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) en los satélites Terra y Aqua ha sido valioso desde hace más de dos décadas; no obstante, estos satélites están llegando al final de su vida útil, lo que afectaría la continuidad de servicios basados en su disponibilidad de datos.

Con la finalidad de mejorar y continuar la recopilación de datos realizado por MODIS, se lanzó en 2011 el sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) a bordo del satélite Suomi National Polar-orbiting Partnership (S-NPP) (Skakun et al., 2018). En tal sentido, esta investigación tiene como objetivo comparar los datos de NDVI de MODIS y VIIRS para evaluar su coherencia, y determinar si VIIRS es una alternativa viable para la continuidad de los datos MODIS en el monitoreo de condiciones vegetativas con fines de prevención de incendios forestales.

2. Metodología

Para la presente investigación se utilizan datos de NDVI de los productos MOD13Q1, obtenido de MODIS (en adelante NDVIm), y VNP13A1, obtenido de VIIRS (en adelante NDVlv), para el periodo 2012-2022 (<https://appeears.earthdatacloud.nasa.gov>). Estos productos son compuestos de cada dieciséis (16) días de datos que tienen una resolución espacial aproximada de 250 y 500 metros para MODIS y VIIRS, respectivamente. La calidad de los datos se garantiza mediante la eliminación de píxeles afectados por problemas del sensor, condiciones atmosféricas y tipo de superficie, basándose en la capa de control de calidad (QA) de ambos productos. Para reducir píxeles vacíos se generan promedios mensuales. Para mantener ambos productos a la misma resolución espacial, los compuestos mensuales de NDVIm se regrillan a la resolución de NDVlv. Para mejorar la comparación entre NDVIm y NDVlv, se seleccionan los píxeles que coinciden espacialmente entre sus equivalentes temporales.

Debido a las notables diferencias en la vegetación entre las regiones costeras, andinas y amazónicas, y

con la finalidad de hacer el análisis de los datos, se dividió el territorio peruano en nueve zonas (Figura 1a): costa norte (CON), costa centro (COC), costa sur (COS), sierra norte (SIN), sierra centro (SIC), sierra sur (SIS), selva norte (SEN), selva centro (SEC) y selvasSur (SES). Cabe señalar que esta regionalización se basa en la metodología utilizada por SENAMHI (2016). Se ha empleado también el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú del Ministerio del Ambiente (MINAM) (<https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>) para agrupar los tipos de vegetación y generar un mapa de cobertura vegetal. Además, se utilizaron los datos de incendios forestales registrados por el MINAM entre 2002 y 2022 (<https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geocfoi/minam/home/index>) para evaluar el desempeño del NDVlv sobre estas zonas. Por último, el procesamiento de los datos incluye, primero, el análisis de correlación a nivel de píxel para toda la serie mensual de NDVIm y NDVlv sobre las nueve zonas y, luego, el análisis comparativo de la evolución mensual promedio de NDVIm y NDVlv para las nueve zonas.

3. Resultados

El análisis espacial de la correlación temporal a nivel de píxel entre los datos cada 16 días de NDVIm y NDVlv (Figura 1c) reveló una significativa correlación positiva ($r > 0.7$; $p\text{-valor} < 0.05$) en las zonas donde predominantemente se han registrado incendios forestales en las últimas décadas (Figura 1a y c.). Como se muestra en la Figura 1b, estos territorios se caracterizan por presentar una predominancia de vegetación de tipo herbácea, como los pastizales altoandinos o los pastos cultivados. En contraste, se observaron correlaciones significativamente más bajas ($r < 0.2$) en regiones con vegetación limitada a lo largo de la costa y en áreas con densa vegetación arbórea como la selva amazónica (Figura 1c).

En términos generales, el NDVlv sigue un patrón temporal mensual promedio similar al mostrado mediante NDVIm en las nueve regiones de análisis. En las regiones costeras (CON, COC y COS), el NDVlv muestra valores ligeramente superiores entre mayo y diciembre, con diferencias de alrededor de ± 0.02 unidades de NDVI, que representan aproximadamente $\pm 2\%$ en una escala de 0 a 1,

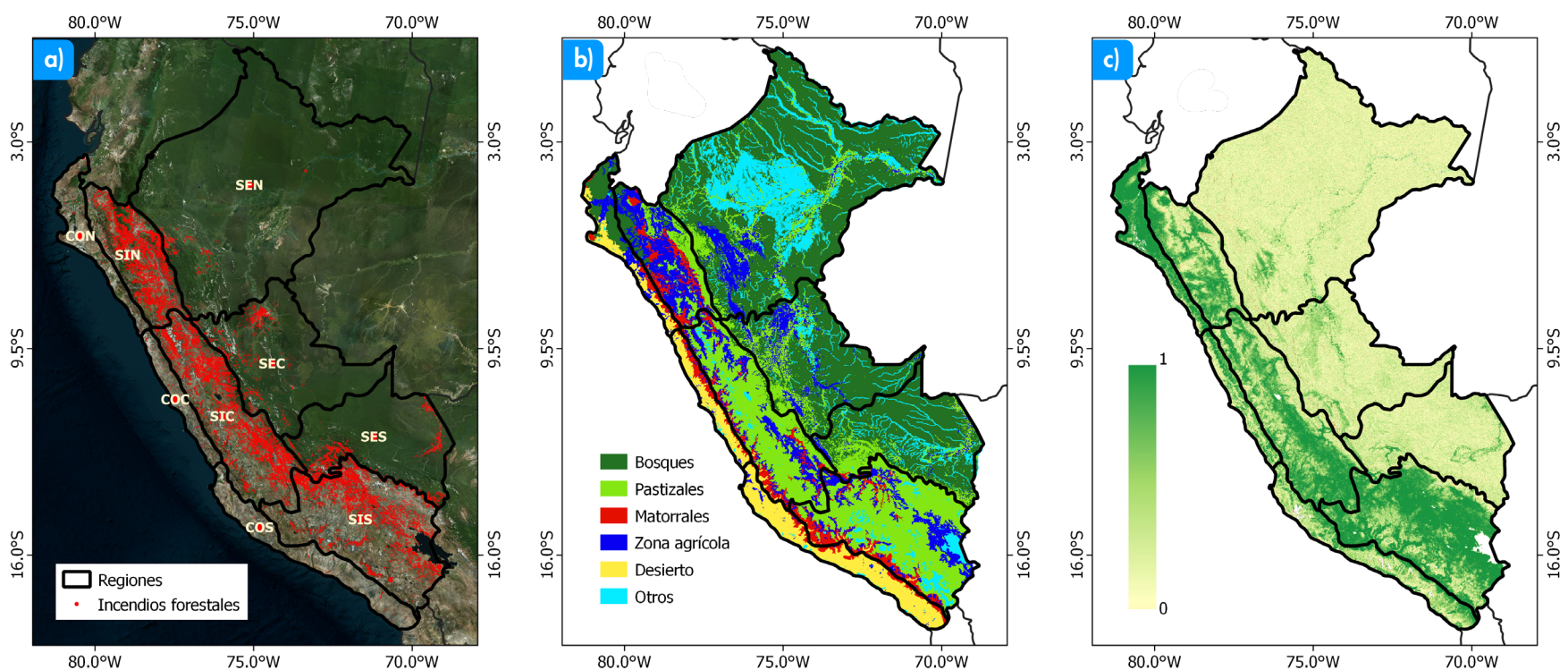


Figura 1. Distribución espacial de (a) los incendios forestales. Se denotan las regiones de estudio, (b) la cobertura vegetal y (c) la correlación temporal entre NDVI_m y NDVI_v durante el periodo de estudio.

donde 0 es suelo desnudo y 1 es vegetación densa (Figura 2a, b, c). En las regiones andinas (SIN y SIC), el NDVI_v es consistentemente más bajo entre enero y abril que el NDVI_m, con una diferencia máxima de -0.1 (-10 %) (Figura 2d, e). Sin embargo, durante el resto del año, el NDVI_v supera al NDVI_m en hasta +0.03 unidades (+3 %). En la región SIS, el NDVI_v se mantiene ligeramente por encima del NDVI_m durante todo el año, con diferencias menores a +0.03 unidades (+3 %) (Figura 2f). En las regiones amazónicas (SEN, SEC y SES), el NDVI_v muestra un comportamiento coherente con el NDVI_m, con excepción del periodo diciembre-marzo, en el cual llega a tener diferencias de hasta -0.08 unidades (-8 %). En los meses siguientes, estas diferencias oscilan en un rango de ± 0.02 unidades (± 2 %) (Figura 2g,i). Esta diferenciación estacional entre NDVI_m y NDVI_v, entre diciembre y marzo, podría deberse al rol que ejerce la alta nubosidad presente en el periodo húmedo o periodo de lluvias intensas al contar con una limitada cantidad de imágenes idóneas para la estimación de reflectividad o NDVI.

Los sesgos observados en las comparaciones entre las estimaciones obtenidas mediante los sensores MODIS y VIIRS tienen su origen principalmente en las diferencias inherentes a las bandas utilizadas y en las particularidades de sus respuestas espectrales (Skakun et al., 2018). Entre estas diferencias, la banda roja destaca como la principal fuente de error al calcular

índices de vegetación, debido a su estrecha relación con los efectos atmosféricos que pueden persistir incluso después de aplicar correcciones atmosféricas (Jarchow et al., 2018).

Las bajas correlaciones en las regiones amazónicas pueden atribuirse a la complejidad inherente de estimar el NDVI a partir de datos satelitales en áreas de alta biomasa (Huete et al., 2002). Las variaciones en la reflectividad complican la medición precisa de los cambios en el dosel vegetal, lo cual se ve agravado por el alto contenido de vapor de agua durante la temporada húmeda que podría introducir variaciones en las mediciones (Jarchow et al., 2018). Asimismo, se observaron correlaciones bajas sobre las zonas más áridas de la costa. Esta observación no resulta inesperada, dado que las propiedades de los suelos carentes de vegetación, como el brillo, el color y la humedad, pueden interferir con la respuesta espectral en las bandas roja y NIR. Estas perturbaciones pueden dar lugar a errores en la detección y cuantificación del NDVI (Miura et al., 2021).

Las diferencias más continuas en la evolución promedio del NDVI_v con respecto a NDVI_m se evidencian entre marzo y diciembre, lo que coincide con la temporada de estiaje e inicio de la temporada de lluvias en el Perú (SENAMHI, 2016). No obstante, estas diferencias se acrecientan aún más durante el periodo de lluvias. Las condiciones de nubosidad entre diciembre y abril

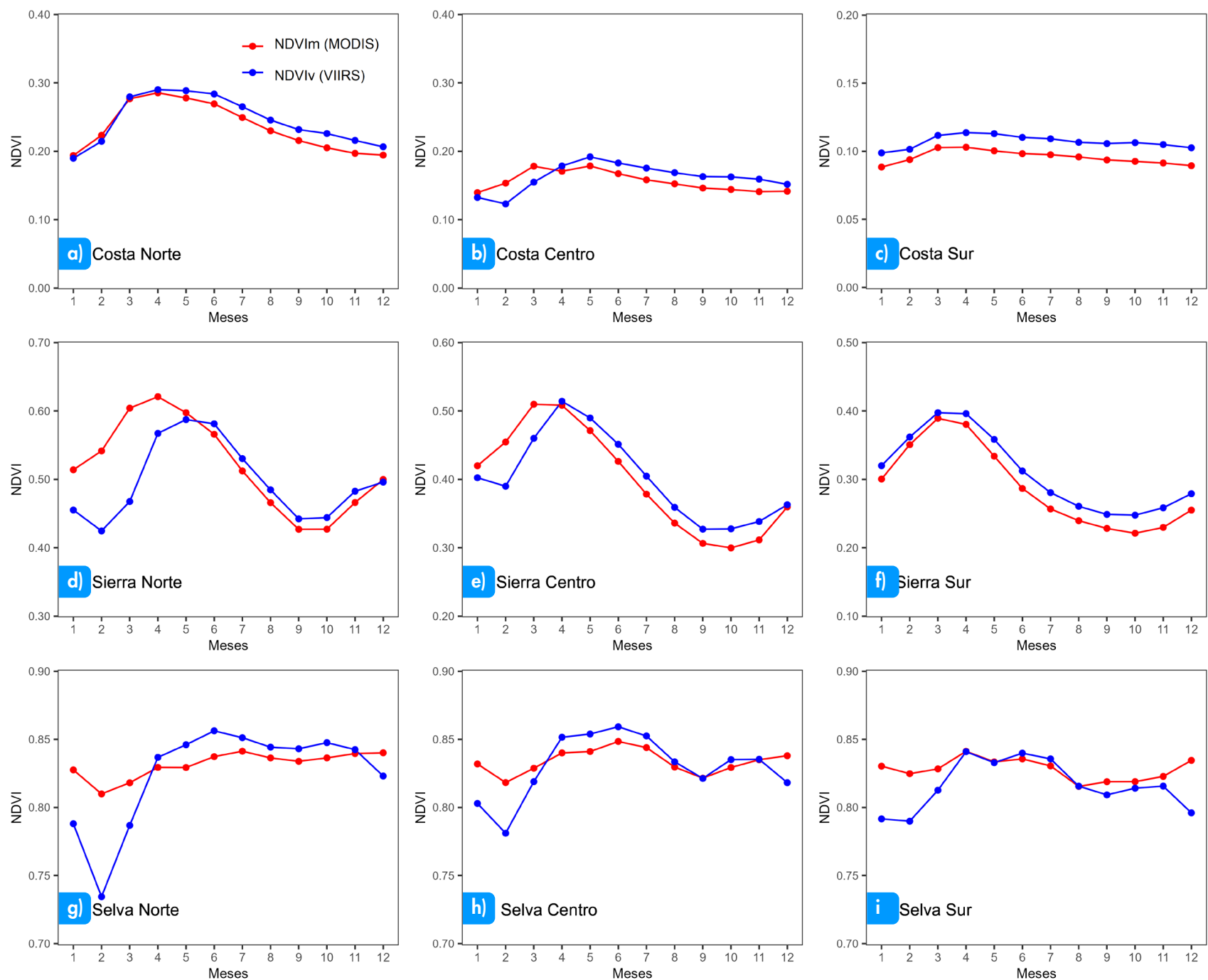


Figura 2. Evolución mensual promedio del NDVIIm y NDVIV para cada región de análisis.

podrían introducir fuentes significativas de error, dado que las mediciones de reflectividad podrían verse influenciadas por el incremento de la humedad atmosférica y un mayor número de píxeles afectados debido a la presencia de nubes circundantes (Jarchow et al., 2018). Estos resultados son consistentes con la información que provee la NASA a través de su web (https://viirsland.gsfc.nasa.gov/Val/VI_Val.html), acerca de la validación del conjunto de productos de índices de vegetación VIIRS.

4. Conclusiones preliminares

Este estudio proporciona una primera aproximación acerca de la relación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) estimado por los

sensores VIIRS y MODIS en las regiones costeras, andinas y amazónicas del Perú. Destacamos las notables similitudes, tanto en términos espaciales como temporales, que predominan en las áreas cubiertas por vegetación de tipo herbácea.

Aunque es factible mejorar la concordancia entre ambos productos, enfatizamos la importancia de considerar las particularidades de los diferentes tipos de vegetación, así como la influencia de factores atmosféricos y las características inherentes de los sensores utilizados. Este trabajo desempeña un rol esencial en la continuidad de estudios o investigaciones con fines de soporte científico para el monitoreo de la vegetación empleando productos de NDVI a partir de VIIRS, dado el cumplimiento de la vida útil de los sensores MODIS.

Referencias

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres. CENEPRED.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)

Jarchow, C. J., Didan, K., Barreto-Muñoz, A., Nagler, P. L., & Glenn, E. P. (2018). Application and comparison of the MODIS-derived enhanced vegetation index to VIIRS, landsat 5 TM and landsat 8 OLI platforms: A case study in the arid colorado river delta, Mexico. *Sensors*, 18(5), 1546. <https://doi.org/10.3390/s18051546>

Miura, T., Smith, C. Z., & Yoshioka, H. (2021). Validation and analysis of Terra and Aqua MODIS, and SNPP VIIRS vegetation indices under zero vegetation conditions: A case study using Railroad Valley Playa. *Remote Sensing of Environment*, 257, 112344. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112344>

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. NASA Spec. Publ, 351(1), 309.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2016). *Ciclos horarios de precipitación en el Perú utilizando información satelital*. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/112>

Skakun, S., Justice, C. O., Vermote, E., & Roger, J. C. (2018). Transitioning from MODIS to VIIRS: an analysis of inter-consistency of NDVI data sets for agricultural monitoring. *International journal of remote sensing*, 39(4), 971-992. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1395970>

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>

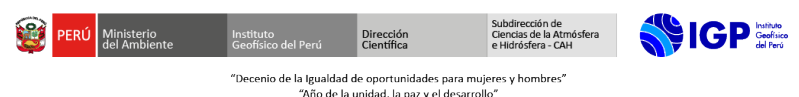
RESUMEN INFORME TÉCNICO

n.º PPR/EL NIÑO-IGP/2023-09

En agosto, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se presentó la condición climática cálida fuerte (2.91 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de setiembre (2.60 °C) y octubre (2.05 °C), coinciden en indicar condiciones cálidas fuertes. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de agosto (1.32 °C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de setiembre (1.48 °C) y octubre (1.61 °C) indican condiciones cálidas moderadas y cálidas fuertes, respectivamente. Según las observaciones, *in situ* y satelital, se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida muy lenta aproximándose a la costa peruana, la cual se localiza en 95°W, también se sigue observando una onda de Kelvin fría localizada en 120 °W. Se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida para noviembre.

El promedio de las predicciones de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de octubre de 2023— para el Pacífico oriental indica condiciones cálidas moderadas de noviembre a febrero de 2024, condiciones cálidas débiles de marzo a junio. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones cálidas fuertes hasta el mes de febrero de 2024, y condiciones de cálidas moderadas a cálidas débiles para los meses de marzo a mayo. Por otro lado, el modelo de Inteligencia Artificial del IGP indica una probabilidad de 56.79 % de que se observe un evento El Niño extremo ($E > 1.5$) para enero de 2024.

El informe técnico completo se encuentra disponible en <https://bit.ly/InfTecnElNino2023-09IGP>



"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/2023-09

13/10/2023

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

En agosto, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se presentó la condición climática cálida fuerte (2.91 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de setiembre (2.60 °C) y octubre (2.05 °C), coinciden en indicar condiciones cálidas fuertes. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de agosto (1.32 °C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de setiembre (1.48 °C) y octubre (1.61 °C) indican condiciones cálidas moderadas y cálidas fuertes, respectivamente. Según las observaciones, *in situ* y satelital, se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida muy lenta aproximándose a la costa peruana, la cual se localiza en 95°W, también se sigue observando una onda de Kelvin fría localizada en 120 °W. Se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida para noviembre.

El promedio de las predicciones de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de octubre de 2023— para el Pacífico oriental indica condiciones cálidas moderadas de noviembre a febrero de 2024, condiciones cálidas débiles de marzo a junio. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones cálidas fuertes hasta el mes de febrero de 2024, y condiciones de cálidas moderadas a cálidas débiles para los meses de marzo a mayo. Por otro lado, el modelo de Inteligencia Artificial del IGP indica una probabilidad de 56.79 % de que se observe un evento El Niño extremo ($E > 1.5$) para enero de 2024.

www.igp.gob.pe
Calle Badoz N° 169
Urb. Mayrazgo IV Etapa
Ate, Lima 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 16-2023



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 se espera que El Niño costero (región Niño 1+2, Figura 1) continúe por lo menos hasta el verano de 2024, como consecuencia del desarrollo de El Niño en el Pacífico central.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2, pese a la disminución de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) durante setiembre, es más probable que las condiciones cálidas fuertes se mantengan hasta diciembre (Figura 2). Para el verano de 2024, en promedio, las magnitudes más probables de El Niño costero serían moderada (55 %) y fuerte (33 %) (Tabla 1).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) se espera que El Niño continúe por lo menos hasta el verano de 2024, alcanzando su

máxima intensidad a fines de año. Las magnitudes más probables de este evento en el verano son moderada (52 %) y fuerte (40 %) (ver Figura 2 y Tabla 2).

Según el pronóstico estacional octubre-diciembre de 2023² a lo largo de la costa se esperan temperaturas del aire por encima de lo normal. Además, es más probable que las lluvias acumuladas en ese periodo superen sus valores normales en la costa norte, costa centro y sierra norte. Para el verano de 2024, bajo el escenario de El Niño costero, es probable la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal en la costa norte y centro, así como la sierra norte, sin descartar lluvias intensas en estos sectores. Por otro lado, considerando el escenario de El Niño en el Pacífico central es probable un escenario de lluvias por debajo de lo normal en la región andina, particularmente en la sierra sur³.

Entre octubre y noviembre, los caudales y niveles de los principales ríos del país presentarían valores

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 Perspectivas climáticas octubre-diciembre 2023: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-39.pdf>

³ Escenario probabilístico de lluvias verano 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-11.pdf>

entre debajo de lo normal y normal; mientras que en la zona noroccidental del país se presentarían caudales por encima de lo normal hacia diciembre. El nivel del lago Titicaca continuaría presentando una tendencia descendente; asimismo, los caudales de los principales ríos afluentes al lago Titicaca presentarían un comportamiento por debajo de lo normal⁴. Para el verano de 2024, bajo el escenario de El Niño, podrían presentarse caudales por encima de lo normal, principalmente en la zona noroccidental del país. Por otro lado, es probable un escenario de caudales bajo lo normal en la zona sur de la región hidrográfica del Pacífico y Titicaca.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, para las próximas semanas, se espera que continúe registrándose la disponibilidad de perico y otros recursos oceánicos a lo largo del litoral peruano. El bonito continuaría disponible y accesible a lo largo del litoral peruano. En relación a la situación de los recursos pesqueros demersales, para las próximas semanas se prevé que la pesquería del recurso merluza mantendrá valores bajos tanto en los desembarques industriales como en los artesanales. Asimismo, de continuar la tendencia al debilitamiento de las condiciones cálidas anómalas, el calamar gigante o pota mantendría su disponibilidad.

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 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 viernes 27 de octubre de 2023.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN15-2023>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN2023-016>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN



⁴ Pronóstico hidrológico estacional octubre 2023-febrero 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-38.pdf>

COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 17-2023



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 se espera que El Niño costero (región Niño 1+2, Figura 1) continúe por lo menos hasta inicios de otoño de 2024, como consecuencia de la evolución de El Niño en el Pacífico central.

Conforme al juicio experto del ENFEN, basado en los datos observados, así como de los pronósticos de los modelos climáticos internacionales que se tienen hasta la fecha, en la región Niño 1+2 es más probable que las condiciones cálidas fuertes se mantengan hasta febrero (Figura 2). Para el próximo verano de 2024, en promedio, las magnitudes más probables de El Niño costero son fuerte (49 %) y moderada (47 %) (Tabla 1).

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4, Figura 1) se espera que El Niño continúe por lo pronto hasta mediados de otoño de 2024, alcanzando su máxima intensidad a fines de año. Las magnitudes más probables de El Niño en el Pacífico central para

el verano son fuerte (49 %) y moderada (48 %) (ver Figura 2 y Tabla 2).

Según el pronóstico climático para noviembre 2023-enero de 2024², se espera la persistencia de las condiciones cálidas de la temperatura del aire a lo largo de la costa; asimismo, es más probable que las lluvias superen sus valores acumulados normales en la costa norte, costa centro y sierra norte, principalmente. Para el verano de 2024, considerando el escenario de lluvias³, en el contexto de El Niño costero, es probable la ocurrencia de lluvias por encima de lo normal en la costa norte y central, así como la sierra norte, principalmente; sin descartar lluvias intensas en estos sectores. Considerando el escenario de El Niño en el Pacífico central se prevé lluvias por debajo de lo normal en la región andina, particularmente en la sierra sur oriental.

En noviembre, los caudales y niveles de los principales ríos del país presentarían valores entre debajo

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 Perspectivas climáticas noviembre 2023-enero 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02262SENA-40.pdf>

³ Escenario probabilístico de lluvias verano 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02261SENA-12.pdf>

de lo normal y normal; mientras que en la zona noroccidental del país se presentarían caudales por encima de lo normal hacia diciembre. El nivel del lago Titicaca continuaría con una tendencia descendente; así como los caudales de los principales ríos afluentes a este lago presentarían un comportamiento por debajo de lo normal⁴. En el verano 2024, bajo el escenario de El Niño, se prevé que en la zona noroccidental del país se presenten caudales por encima de lo normal, con la posibilidad de ocurrir crecidas; sin descartar, además crecidas repentinas en la región hidrográfica del Pacífico centro. Por otro lado, es probable un escenario de caudales bajo lo normal en la zona sur de la región hidrográfica del Pacífico y Titicaca.

En cuanto a los recursos pesqueros pelágicos, para las próximas semanas, se espera que la distribución del stock norte-centro de la anchoveta continúe principalmente dentro de las 40 mn. Continuará la disponibilidad de perico a lo largo del litoral. En cuanto al proceso reproductivo del bonito, este mantendrá la tendencia del patrón histórico con intensificación del desove. Respecto a los recursos demersales, para las próximas semanas se espera que se mantenga la baja disponibilidad de la merluza. Finalmente, el calamar gigante o pota mantendría su disponibilidad a la pesquería, especialmente frente a la costa norte.

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 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 viernes 10 de noviembre de 2023.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN16-2023>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN2023-017>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN



⁴ Pronóstico hidrológico estacional octubre 2023-febrero 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-38.pdf>



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