

La necesidad de una perspectiva interdisciplinaria para la gestión de los servicios hídricos en la cuenca del río Santa, Perú

Pág. 5

Comparación en el desempeño de los pronósticos de El Niño y La Niña de la Comisión ENFEN y de los modelos climáticos NMME

Pág. 12

Resumen del informe técnico de El Niño

Pág. 18

Resumen del Comunicado ENFEN

Pág. 19

BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

Vol.9 n.º 09 Septiembre 2022

CRÉDITOS

Wilbert Rozas Beltrán

Ministro del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:

Hernando Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo

Edmundo Norabuena Ortiz

Director Científico

Ken Takahashi Guevara

Director

Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Editor

Kobi Mosquera Vásquez

Diseño y diagramación

Unidad Funcional de Comunicaciones

Carátula: río Santa

Foto: Gerhard Huber

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, febrero de 2023

EDITORIAL

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), institución pública adscrita al Ministerio del Ambiente, tiene por finalidad generar, utilizar y transferir conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines. El IGP forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del riesgo de desastres en el Perú, con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

El IGP, a través del Programa de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, genera conocimiento científico sobre los componentes del sistema climático (atmósfera, océano, suelo, biósfera y criósfera) y la interacción entre ellos. El Niño - Oscilación del Sur es uno de los principales modos de variabilidad, el cual es objeto de estudio en el programa de investigación, debido a la alta vulnerabilidad del Perú y los impactos negativos asociados.

Desde el 2014, el IGP y otras instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN) participan en el Programa Presupuestal 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"- PREVAED, contribuyendo con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres". El IGP realiza la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos, además de otros estudios que fortalecen en forma continua la capacidad de monitoreo y pronóstico de El Niño en el Perú.

Con el fin de divulgar el conocimiento científico, el Instituto Geofísico del Perú presenta periódicamente sus investigaciones y avances en temas de variabilidad y cambio climático, a través de su Boletín Científico "El Niño", tratando de presentar la información con un lenguaje sencillo y sintetizando los aspectos más relevantes de dichas investigaciones. El objetivo es que las autoridades y técnicos especialistas en la gestión del riesgo de desastres (GRD) pertenecientes a los tres niveles de gobierno, así como el público en general interesado, puedan tener como fuente de conocimiento a los materiales de investigación que el IGP genera.

El primer artículo de este número lleva como título *La necesidad de una perspectiva interdisciplinaria para la gestión de los servicios hídricos en la cuenca del río Santa, Perú*. En este documento se presentan los principales resultados de una investigación desarrollada en el marco del proyecto Eros-IsoGlas para analizar las interacciones socio-ecológicas que afectan y se ven afectadas por la implementación de un MERESE hídrico en la cuenca alta del río Santa.

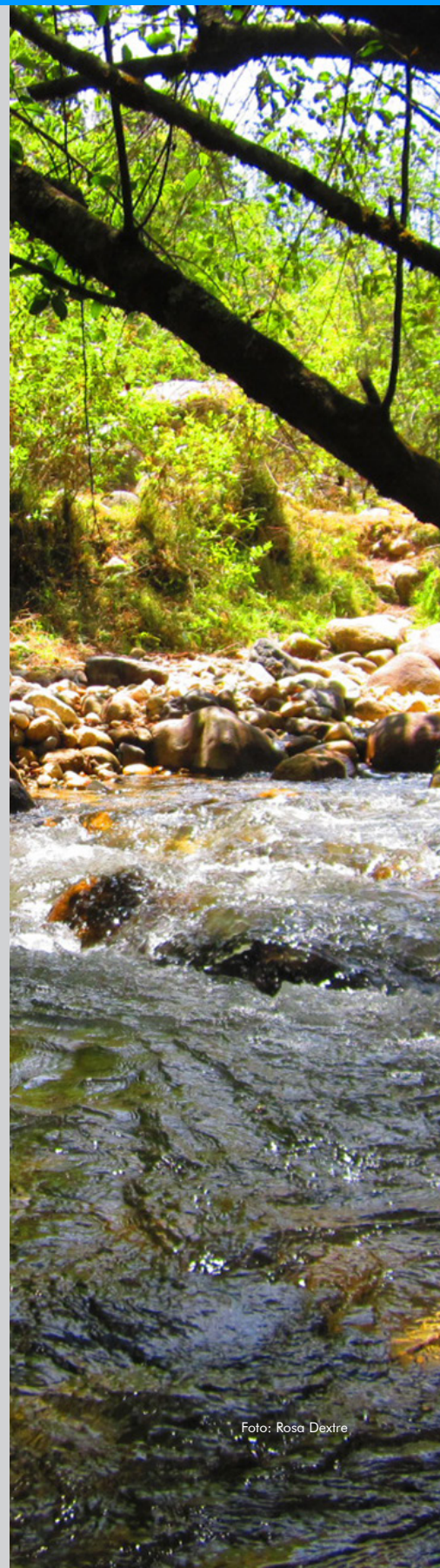


Foto: Rosa Dextre

EDITORIAL

El segundo artículo se titula *Comparación en el desempeño de los pronósticos de El Niño y La Niña de la Comisión ENFEN y de los modelos climáticos NMME*, el cual analiza por primera vez, mediante la técnica estadística Ranked Probability Score, qué tan buenos fueron los pronósticos elaborados por el ENFEN y los producidos por los modelos climáticos para el verano, tanto en el Pacífico central como frente a la costa peruana.

En la sección correspondiente al resumen del informe técnico de El Niño, la temperatura superficial del mar continúa con valores por debajo de lo normal en casi todo el Pacífico ecuatorial. En la costa peruana, según los resultados de los modelos numéricos de pronóstico del clima, se esperan condiciones neutras hasta abril de 2023, aunque se mantienen los valores negativos. Por otro lado, en el Pacífico central se esperarían condiciones entre frías débiles y frías moderadas hasta el mes de febrero de 2023. Es importante advertir que, en caso de existir discrepancias con el informe técnico de El Niño emitido por el IGP, prevalecerá lo establecido en el Comunicado Oficial del ENFEN.

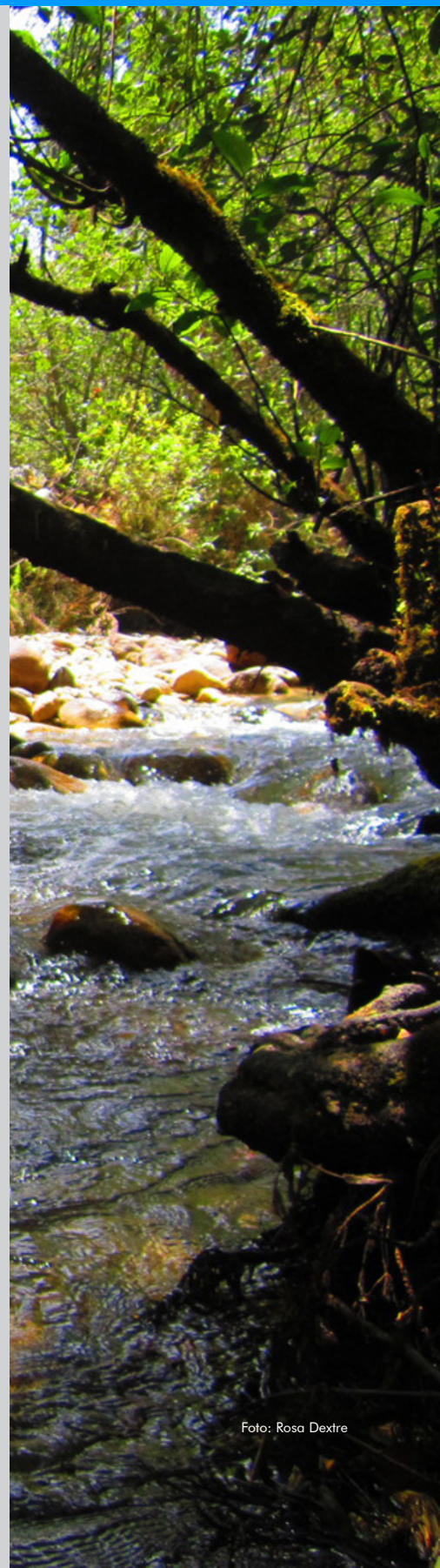


Foto: Rosa Dextre

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

LA NECESIDAD DE UNA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINARIA PARA LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA, PERÚ*

Rosa María Dextre¹

RESUMEN

En los Andes peruanos, diversos factores hidroclimáticos (p. ej., aquellos producidos por el fenómeno El Niño) y los cambios de uso del suelo están afectando la capacidad de los ecosistemas de la cordillera Blanca para proporcionar servicios hídricos, en términos de calidad y cantidad, a los principales usuarios de la cuenca del río Santa. En este artículo se presentan los principales resultados de una investigación desarrollada en el marco del proyecto Eros-IsoGlas para analizar las interacciones socio-ecológicas que afectan y se ven afectadas por la implementación de un MERESE hídrico en la cuenca alta del río Santa. Utilizando el modelo conceptual del metabolismo hídrico, un enfoque interdisciplinario para el análisis de las múltiples dimensiones del agua, se encontró que, en el intento de implementar un modo de gestión de los servicios hídricos como los MERESE que siguen una lógica de mercado, se podría dar lugar al diseño de un mecanismo en el que no todas las partes interesadas se benefician por igual.

(*) Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de la autora y no necesariamente representan la opinión del IGP.

Palabras clave: MERESE, precipitación, río Santa

AFILIACIÓN:

1. University of Plymouth, UK

Citar como Dextre, R. (2022). La necesidad de una perspectiva interdisciplinaria para la gestión de los servicios hídricos en la cuenca del río Santa, Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 9 n.º 09, págs. 5-11.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Santa es una de las 10 cuencas glaciales más importantes del Perú (Campos et al., 2016). Sin embargo, como un gran sistema socio-ecológico, los procesos del agua no solo están mediados por un régimen hidrológico pluvio-glaciar, o por anomalías negativas (positivas) del balance de la masa glacial como consecuencia de la presencia de El Niño (La Niña) (Vuille et al., 2008), sino también por relaciones de poder político, económico y cultural sobre el agua. Un proceso político actual es la implementación de un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE) para la subcuenca del río Quillcay, una de las principales subcuencas tributarias del río Santa ubicada en la vertiente occidental de la cordillera Blanca (Figura 1).

Un MERESE es un esquema de pago por servicios ecosistémicos (PSE) y, bajo este enfoque, uno o varios usuarios de un servicio ecosistémico retribuyen o pagan de forma voluntaria a otros actores en la cuenca para mantener el flujo del bien o servicio en óptimas condiciones (Wunder, 2015). Para el caso de Perú, los MERESE hídricos se implementan por el tipo de usuario final del servicio hídrico. Así, los MERESE de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) tienen una regulación obligatoria complementaria, ya que se financian a través de la tarifa del agua; es decir, los usuarios deben pagar en sus recibos de agua un monto destinado a la protección y conservación de los ecosistemas aguas arriba. Estos PSE de tipo impositivo son los que más rápidamente se han desarrollado en el país, ya que las EPS están obligadas a implementarlos.

Desde el año 2005, la empresa de agua potable de Huaraz (EPS Chavín) ha experimentado problemas para satisfacer la demanda de agua potable debido a que una de sus dos principales fuentes de captación —el río Auqui— presenta altas concentraciones de metales pesados (Muñoz et al., 2017), y este problema se agrava en la época seca, debido a la falta de dilución por las limitadas precipitaciones (Mark et al., 2017). En la Figura 1 se identifican a los principales actores que intervienen en un acuerdo de MERESE hídrico para las EPS Chavín. Los actores dispuestos a prestar el servicio o "contribuyentes" están ubicados en la parte media y alta de la cuenca y comprenden a las comunidades campesinas, los propietarios privados y el Parque Nacional Huascarán; los actores que aprovechan el servicio o "retribuyentes" están ubicados aguas abajo y comprende a la empresa de agua potable de Huaraz, e indirectamente, a los usuarios que pagan por el servicio. Sin embargo, en el proceso de implementación de un MERESE, muchos otros actores con diferentes relaciones de poder, intereses y sistemas de valores juegan el papel de intermediarios en la definición de estos acuerdos. Por lo tanto, la gestión de los servicios ecosistémicos por medio de los MERESE es fundamentalmente político porque enmarca las necesidades de los ecosistemas con las necesidades de la sociedad (Kull et al., 2015). En este trabajo se presenta una descripción de las interacciones socio-ecológicas que afectan y se ven afectadas por la introducción de un MERESE, utilizando como caso de estudio el proyecto de MERESE para la subcuenca de Quillcay.

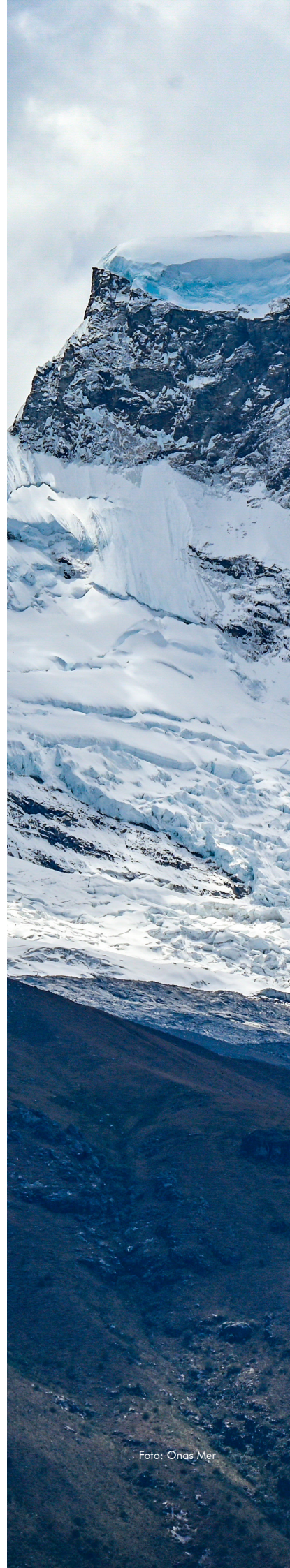


Foto: Onas Mer

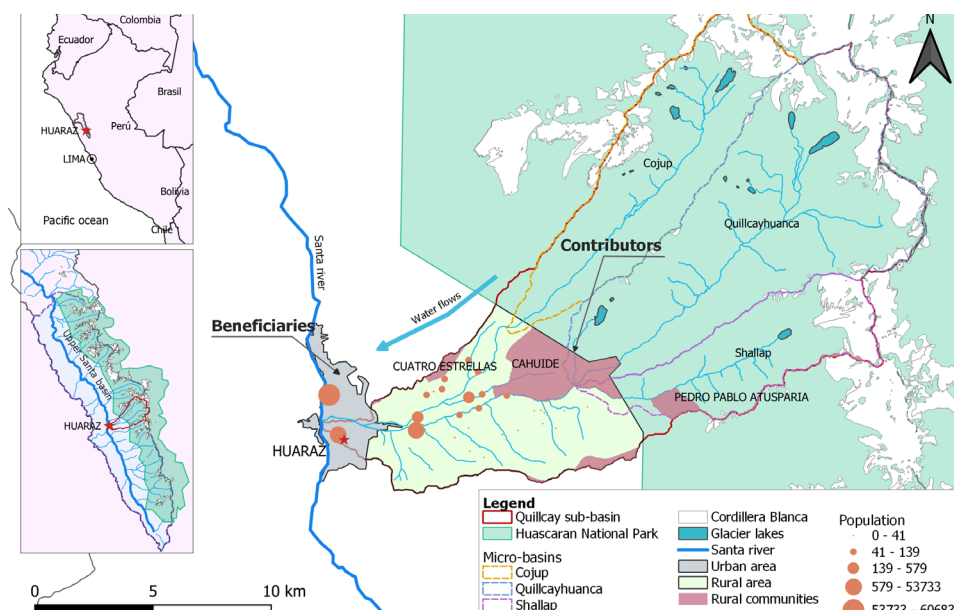


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio y representación del caso de estudio. Tomado de Dextre et al. (2022, fig. 3).

METABOLISMO HÍDRICO DE LA SUBCUENCA DE QUILLCAY

Los servicios hídricos comprenden los beneficios que las personas obtienen de los complejos procesos entre el ciclo del agua y las funciones hidrológicas de los ecosistemas (Brauman et al., 2007). Desde una perspectiva antropocéntrica, el agua se convierte en un servicio o un recurso solo cuando es útil para los seres humanos. Sin embargo, el agua como servicio es solo uno de los tantos significados del agua. Estas definiciones o narrativas dependen del contexto, de los actores involucrados y de los científicos y sus disciplinas (Cabello, 2015). Así, se utilizaron los fundamentos básicos del metabolismo hídrico para el diseño de un modelo conceptual que permita reformular la gestión de los servicios hídricos en la cuenca del Santa desde una perspectiva interdisciplinaria (Figura 2).

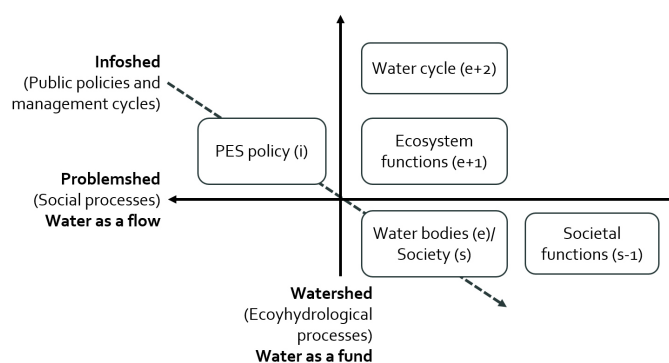


Figura 2. Modelo conceptual del metabolismo hídrico de los sistemas socio-ecológicos (Cabello, 2015). Tomado de Dextre et al. (2022, fig. 2).

LAS DIMENSIONES DEL WATERSHED Y PROBLEMSHED

En la Figura 3 se visualiza el movimiento de los flujos hídricos, y su transformación de un fondo ecológico a un flujo social (movimiento de izquierda a derecha). El conjunto de intercambio de fondos y flujos de agua muestra un excedente de agua que proveen los ecosistemas (nivel focal e) para la cantidad de agua apropiada por los sistemas sociales. Sin embargo, aunque se observa un exceso de oferta de agua, a nivel social, las asignaciones de agua forman parte de un proceso de negociación con la entidad encargada de otorgar los derechos de uso del recurso. Por lo tanto, este enfoque permite identificar no sólo los procesos biofísicos que generan servicios hídricos (beneficiosos o perjudiciales para el bienestar humano), sino también las formas socialmente desiguales de su uso.

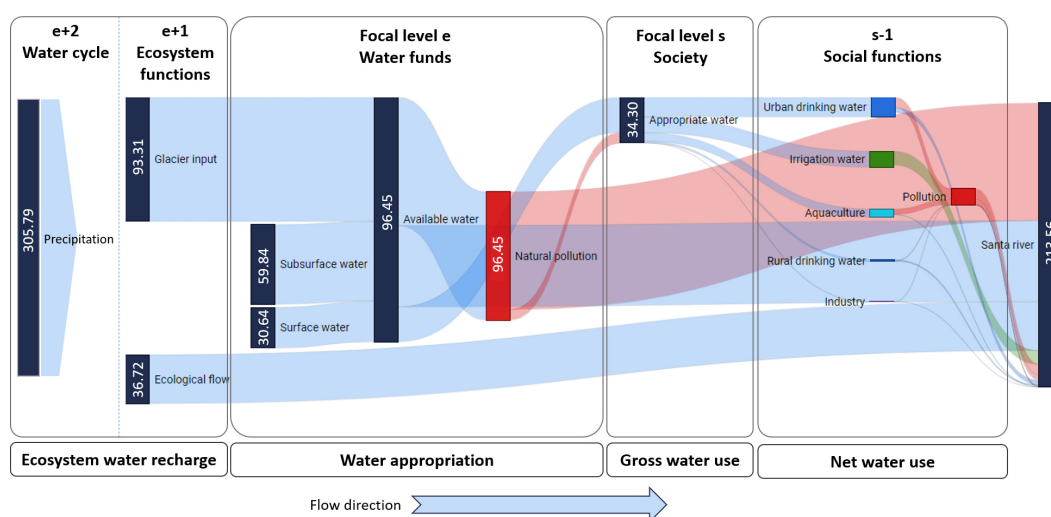


Figura 3. Gramática del agua aplicada al caso de la subcuenca de Quillcay. Tomado de Dextre et al. (2022, fig. 4). Nota: todas las cantidades de flujos de agua se reportan en hm^3 .

INFOSHED: INTERFAZ ENTRE LOS ECOSISTEMAS Y LOS SISTEMAS SOCIALES

Las políticas y regulaciones hídricas impulsan el cambio metabólico y median en las relaciones entre los holones sociales y ecológicos (Madrid-López & Giampietro, 2015). Los actores sociales que intervienen en estos procesos políticos "pueden y/o deben influir en los procesos de toma de decisiones medioambientales" (Prell et al., 2009, p. 502). Así, un actor social o *stakeholder* es cualquier unidad que genera acción y relaciones sociales. La Figura 4a muestra la matriz de influencia vs. interés de los principales actores que participan en la implementación del MERESE para la subcuenca de Quillcay. Esta gráfica es el resultado de un análisis de actores realizado con los miembros del

Grupo Impulsor del MERESE de la subcuenca de Quillcay y que presenta la posición de cada actor respecto a su nivel de interés e influencia. De esta manera, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es el actor con mayor grado de influencia e interés en este proyecto, a pesar de tener un rol de actor intermediario según la normativa. Por otro lado, a pesar de que las comunidades rurales aparecen en el cuadrante de actores clave, hasta el desarrollo de esta investigación, no tenían ninguna participación en este proceso de toma de decisiones, al igual que los usuarios finales del servicio hídrico. Las exclusiones de los principales actores afectados por el proyecto de MERESE se reflejan también en los tipos de relaciones que priman en este proceso: la SUNASS, y la EPS Chavín perciben una relación intermitente o inexistente con estos actores, quienes no tienen voz real en el proyecto (Figura 3.b).

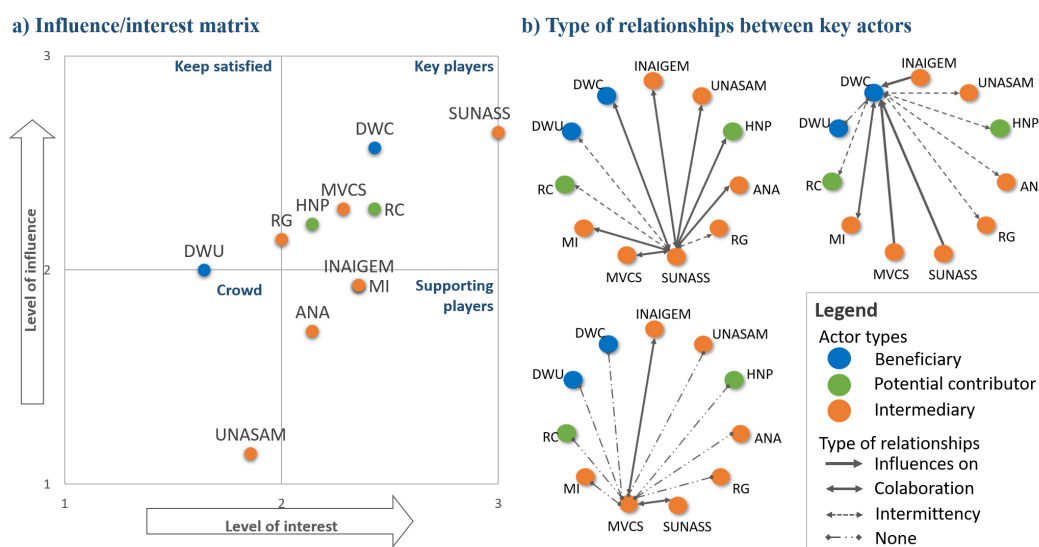


Figura 4. Relaciones de poder entre el grupo impulsor ilustradas con: a) matriz de influencia vs. interés (izquierda); y b) tipos de relaciones entre los actores clave (derecha). Tomado de Dextre et al. (2022, fig. 5).

Asimismo, como resultados de 13 entrevistas semiestructuradas realizadas a estos actores clave, se identificaron 35 narrativas relacionadas a los cuellos de botella que presenta este proceso: 40 % de los casos están relacionados a cuellos de botella sociales, 34 % a los institucionales, y 26 % a los políticos. Por otro lado, para profundizar en el análisis de la interfaz, los datos relacionados con la experiencia previa de los participantes en el diseño e implementación de estos esquemas se codificaron en la categoría de conocimiento. Así, clasificamos 94 narrativas encontradas en esta categoría como limitaciones e impactos de la regulación actual. Las percepciones relacionadas con las limitaciones del instrumento político coinciden en que: i) los estudios exigidos por la norma son demasiado simples para caracterizar todas las complejas funciones que tienen lugar en los sistemas ecológicos; ii) que importa muy poco la metodología de valoración de servicios que se utilice porque un estudio económico no es suficiente para captar los diversos lenguajes de valoración presentes; y iii) que las necesidades de conservación en las cuencas son tan grandes que los MERESE de las EPS, por sí solos, no pueden cubrir esa brecha. En cuanto a los impactos: i) los arreglos institucionales de los MERESE generan grandes expectativas en la población altoandina para mejorar sus medios de vida, pero estos proyectos por sí solos no pueden satisfacer todas las demandas sociales; y ii) a nivel ecológico, "la brecha de los ecosistemas degradados (...) es enorme; estamos hablando de millones de hectáreas degradadas. Así que, (...) no sería serio pensar que esto [MERESE] podría ser la única solución" (GO3, videollamada, 10.09.2020).

Todas estas dinámicas socio-ecológicas en la cuenca alta del Santa han sido el principal impulsor del proyecto de MERESE. La Figura 4 resume los hallazgos en la interfaz de nuestro sistema metabólico, sus efectos en el proyecto del

MERESE y viceversa (flechas azul claro), en contraste con las principales narrativas que impulsa la política de MERESE (flechas de plomo). Además, se destacan las diferencias entre las expectativas generadas por la implementación de un MERESE y las dinámicas sociopolíticas que enfrenta este instrumento cuando debe ser implementado a nivel local. Por lo tanto, en la interfaz entre los niveles e, s e i, las intervenciones institucionales de los PSE también regulan las interacciones agua-humano.

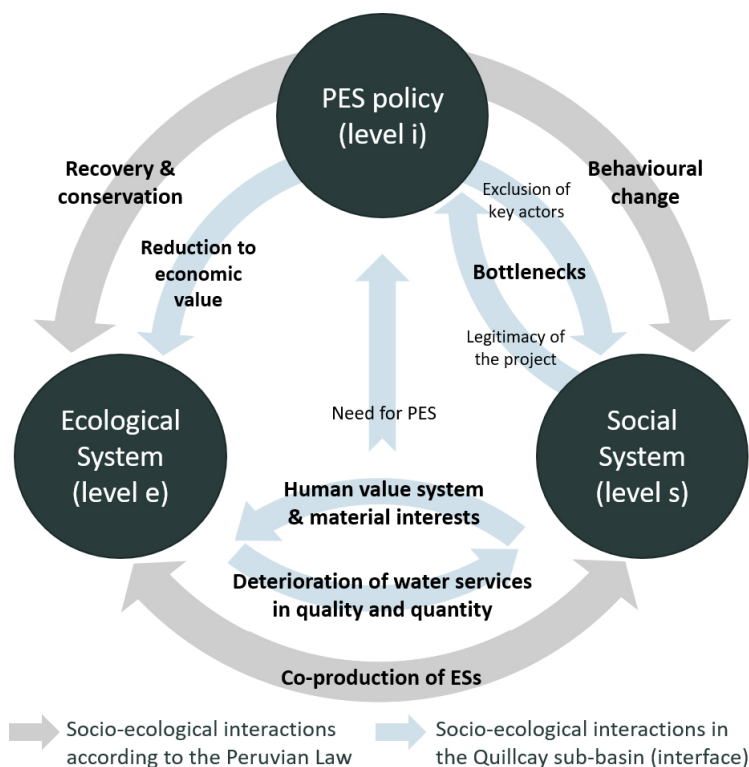


Figura 5. Síntesis del análisis de la interfaz del sistema metabólico (nivel local) comparado con las interacciones socio-ecológicas previstas por la Ley peruana (nivel nacional). Tomado de Dextre et al. (2022, fig. 8).

La evaluación de múltiples partes interesadas en esta investigación demostró por qué es importante conocer todos los puntos de vista, ya que, como hemos argumentado, éstos son inherentemente sesgados. Por lo tanto, utilizando y adaptando el enfoque del metabolismo del agua de esta forma, es posible identificar los factores socio-ecológicos claves que dan forma a estas interacciones en otras regiones de estudio. Para concluir, con esta investigación queremos despertar en los lectores un análisis crítico de la forma en que los MERESE están siendo implementados por las EPS en territorios con procesos sociales altamente disruptivos como la cuenca del río Santa en Perú, y abrir el debate de que los temas del agua son fundamentalmente sociales y políticos; el desafío sigue estando en el nivel de las estructuras de gobernanza como los esquemas de PSE, donde el arte es tratar de entender y equilibrar los diferentes valores sociales, intereses y relaciones de poder, y no sólo los cambios en la cantidad y calidad del agua.

La información completa de esta investigación se encuentra disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221204162200050X?via%3Dihub>

REFERENCIAS

ANA. (2015). Evaluación de recursos hídricos en la cuenca del río Santa: Informe final.

Brauman, K. A., Daily, G. C., Ka'eo Duarte, T., & Mooney, H. A. (2007). The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 325(32–6), 6.1–6.32. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>

Cabello, V. (2015). An integrated assessment of water governance in social-ecological systems. Two case studies: the Andarax basin in Almeria and the Tucson basin in Arizona. University of Seville.

Campos, A., Chang, L., Mariluz, J., Mejía, F., Fonseca, S., Pacherras, M., & Pantoja, G. (2016). Priorización de cuencas para la gestión de Recursos Hídricos. Autoridad Nacional del Agua del Perú (ANA).

Dextre, R. M., Eschenhagen, M. L., Camacho-Hernández, M., Rangelcroft, S., Clason, C., Couldrick, L., & Morera, S. (2022). Payment for ecosystem services in Peru: Assessing the socio-ecological dimension of water services in the upper Santa River basin. *Ecosystem Services*, 56, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101454>

French, A. (2015). Hacia una institucionalidad del agua más participativa e integrada: el complejo proceso de establecer los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca en el Perú. In P. Urteaga & A. Verona (Eds.), *Cinco Años de la Ley de Recursos Hídricos en el Perú* (pp. 146–163). Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Kull, C. A., Arnauld de Sartre, X., & Castro-Larrañaga, M. (2015). The political ecology of ecosystem services. *Geoforum*, 61, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.03.004>

Lynch, B. (2012). Vulnerabilities, competition and rights in a context of climate change toward equitable water governance in Peru's Rio Santa Valley. *Global Environmental Change*, 22(2), 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.02.002>

Madrid-López, C., & Giampietro, M. (2015). The water metabolism of socio-ecological systems: Reflections and a conceptual framework. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 853–865. <https://doi.org/10.1111/jiec.12340>

Mark, B. G., French, A., Baraer, M., Carey, M., Bury, J., Young, K. R., Polk, M. H., Wigmore, O., Lagos, P., Crumley, R., McKenzie, J. M., & Lautz, L. (2017). Glacier loss and hydro-social risks in the Peruvian Andes. *Global and Planetary Change*, 159, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.10.003>

Muñoz, R., Paredes, J., Huggel, C., Frey, H., & Drenkhan, F. (2017). Impacto del cambio climático en los recursos hídricos del río Quillcay, Perú. *Internacional Congress on Climate Change and Its Impacts*, 1–5.

Prell, C., Hubacek, K., & Reed, M. (2009). Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. *Society and Natural Resources*, 22(6), 501–518. <https://doi.org/10.1080/08941920802199202>

Vuille, M., Kaser, G., y Juen, I. (2008). Glacier mass balance variability in the Cordillera Blanca, Peru and its relation with climate and large-scale circulation, *Global Planet. Change*, 62, 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.11.003>

Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

COMPARACIÓN EN EL DESEMPEÑO DE LOS PRONÓSTICOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA DE LA COMISIÓN ENFEN Y DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS NMME

Jorge Reupo¹ y Ken Takahashi¹

RESUMEN

El Perú es uno de los países más afectados durante los eventos El Niño y La Niña. Desde agosto del año 2015, la Comisión ENFEN elabora los pronósticos probabilísticos de las condiciones El Niño o La Niña para la estación de verano en las regiones denominadas Niño 1+2 y Niño 3.4. En este trabajo se evalúa el desempeño de estos pronósticos usando el Ranked Probability Score (RPS) que es una medida de la diferencia entre las distribuciones de probabilidad acumulativa del pronóstico y lo observado. El RPS es calculado para los pronósticos de siete veranos, desde 2015/16 al 2021/22, tanto aquellos realizados por la Comisión ENFEN como los derivados directamente de los modelos de North American Multimodel Ensemble. Asimismo, el RPS se aplica a los pronósticos basados en las probabilidades históricas de los veranos desde 1950/51 hasta 2014/15. Si bien la muestra de siete veranos es aún pequeña, se encuentra que los pronósticos de la Comisión ENFEN y de los NMME tuvieron un desempeño muy similar y mejor que el pronóstico “histórico”, con una ligera ventaja aparente de los modelos NMME sobre ENFEN en la región Niño 1+2 y viceversa en Niño 3.4.

Palabras clave: pronóstico probabilístico, El Niño, La Niña, RPS, ENFEN, NMME

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como Reupo J., y Takahashi, K. (2022). Comparación en el desempeño de los pronósticos de El Niño y La Niña de la Comisión ENFEN y de los modelos climáticos NMME. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 9 n.º 09, págs. 12-17.

ANTECEDENTES

La Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN) inició la evaluación de los pronósticos probabilísticos de las condiciones El Niño y La Niña para los meses de verano (diciembre-marzo) con condiciones iniciales empezando en el mes de agosto previo al verano (aunque algunos años se iniciaron antes) y actualizado, mensualmente, con la influencia de las condiciones observadas y los resultados de los pronósticos numéricos de agencias internacionales para las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4. Estos pronósticos consisten en la probabilidad para ocho categorías en la región Niño 1+2 y ocho categorías para la región Niño 3.4.

Este trabajo tiene como objetivo estimar el desempeño (*skill*) de los pronósticos probabilísticos mediante la métrica de “Ranked Probability Score” o RPS (Tippet et al., 2017) para los meses de los veranos que se dieron en el periodo 2015/16-2021/22 realizados por la Comisión ENFEN, así como los pronósticos probabilísticos derivados de los modelos climáticos de North American Multimodel Ensemble (NMME, Kirtman et al., 2014) y el pronóstico probabilístico que está basado en las probabilidades derivadas de las frecuencias de los eventos históricos observados en los veranos en el periodo 1950/51-2014/15.

METODOLOGÍA

Los pronósticos probabilísticos del ENFEN se encuentran publicados en sus Comunicados Oficiales. En este trabajo se consideran solo los pronósticos con condición inicial entre agosto y diciembre. Para los modelos de NMME, primero, para cada modelo se consideraron los pronósticos para el verano de los diferentes miembros de su ensemble y se determinó la probabilidad correspondiente a las frecuencias de las categorías de El Niño y La Niña en las dos regiones, luego se promediaron las probabilidades correspondientes a todos los modelos, teniéndose así un pronóstico probabilístico multi-modelo. En el caso del pronóstico “histórico”, se consideraron los valores del ICEN y el ONI para determinar la categoría El Niño/La Niña correspondiente a los veranos en el periodo 1950/51-2014/15, luego se calculó la frecuencia de dichas categorías observadas para tal periodo, las cuales se normalizaron para generar las probabilidades históricas. Estas probabilidades se utilizarían como pronóstico probabilístico referencial, el cual sería invariable año a año e independientemente del mes de condición inicial.

El “Ranked Probability Score” es análogo al “Brier Score” (Wilk 2006), pero se aplica a múltiples categorías, que serían los ocho posibles magnitudes de El Niño y La Niña para la región Niño 1+2 (costera) / Niño 3.4 (central): La Niña fuerte, moderada y débil, neutra, El Niño débil, moderado, fuerte y extraordinario/muy fuerte, (ENFEN, 2012 y 2015). En la estimación del RPS calculamos las probabilidades acumulativas pronosticadas (p) y observadas (o) desde la menor magnitud (La Niña Fuerte) a la mayor (El Niño Extraordinario/muy fuerte).

Se calculan las diferencias entre los pares correspondientes a las probabilidades acumulativas relacionadas a cada categoría del pronóstico y el dato observado, ya sea ICEN u ONI, se elevan al cuadrado y luego se suman. Al igual que con el índice de Brier, cero es el resultado perfecto. Takahashi (2017) realizó un trabajo similar donde solo se consideró los eventos de los veranos 2015/16 y 2016/17. En este estudio se consideran los pronósticos para siete veranos (2015/16-2021/22), lo cual permite una mayor confiabilidad en los resultados desde la perspectiva estadística, similar al estudio realizado por la NOAA sobre cuatro años (L’Heureux et al., 2018), aunque sigue siendo una muestra pequeña.

Una consideración particular para evaluar los pronósticos de verano de los modelos de NMME es que, en general, con los modelos inicializados en agosto se puede obtener los pronósticos del ICEN y ONI (que se basan en una media móvil de tres meses) solo hasta el febrero siguiente, por lo que para el verano solo se considera desde diciembre a febrero. Similarmente, para los pronósticos inicializados en diciembre no se cuenta la información suficiente para el cálculo del ICEN y ONI de diciembre, por lo que para el verano solo se considera de enero a marzo.

En cuanto a los pronósticos probabilísticos del ENFEN, no se cuenta con los meses de octubre de 2016 y agosto de 2018, debido a que las reuniones de la comisión ENFEN se realizaron en la primera semana de los meses mencionados, no contando con la información actualizada de los pronósticos de NMME que son considerados por ENFEN como base de sus estimaciones. Es por esto que lo normal es que el ENFEN publique su evaluación los días 9 de cada mes.

Tabla 1. Pronósticos probabilísticos del ENFEN, NMME e “histórico” (basado en probabilidades observadas de 1950/51-2014/15) y el observado para el verano 2015/16, realizados en setiembre de 2015 para la región Niño 1+2. En paréntesis se muestran las probabilidades históricas para la región Niño 3.4.

Resultados o categoría	ENFEN	NMME	Histórico (Niño 3.4 entre paréntesis)	Observado
Fría Fuerte	0 %	0 %	1.54 % (3.08 %)	0 %
Fría Moderada	0 %	0 %	3.08 % (9.23 %)	0 %
Fría Débil	0 %	0 %	4.61 % (16.92 %)	0 %
Neutra	5 %	0 %	84.61 % (46.15 %)	0 %
Cálida Débil	10 %	10 %	3.08 % (12.31 %)	0 %
Cálida Moderada	30 %	43 %	0 % (6.15 %)	100 %
Cálida Fuerte	35 %	47 %	1.54 % (6.15 %)	0 %
Cálida Extraordinaria/ Muy Fuerte	20 %	0	1.54 % (0 %)	0 %

RESULTADOS

El RPS de los pronósticos probabilísticos del ENFEN, NMME y el histórico para la región Niño 1+2 (Figura 1) indica que para los tres eventos El Niño (2015/16, 2016/2017, 2018/19), en promedio, NMME tuvo un mejor desempeño (RPS menor) con respecto al ENFEN y el histórico. En el caso de los dos eventos La Niña, el ENFEN tuvo el RPS menor para 2017/18 y NMME para 2021/22. En cuanto a los dos años neutros (2019/20, 2020/21), el RPS menor lo tuvo el pronóstico probabilístico histórico.

En la región Niño 3.4 (Figura 2), se presentaron dos eventos El Niño: en el primer evento (verano 2015/16), NMME tuvo el RPS menor con respecto al ENFEN y el histórico, en el segundo evento (2018/19), el ENFEN tuvo el RPS menor con respecto a NMME y el histórico. En lo relacionado a los tres eventos La Niña (2017/18, 2020/21, 2021/22), el RPS de ENFEN fue menor con respecto a NMME y el histórico. Finalmente, los dos veranos con condiciones normales (2016/17, 2019/20), en promedio se puede decir que el ENFEN y NMME tienen RPS cercanos a cero, siendo el ENFEN menor.

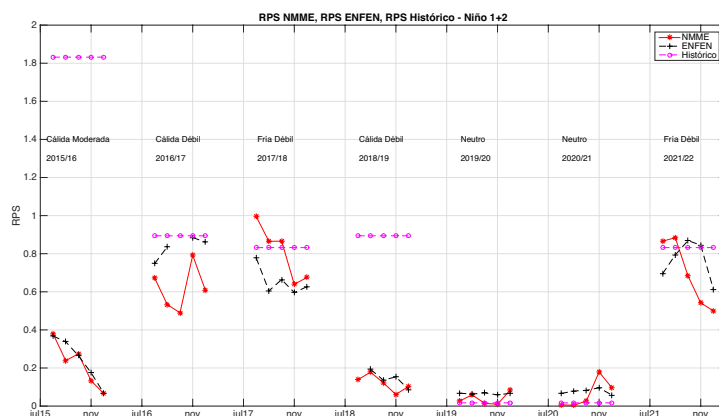


Figura 1. RPS NMME, RPS ENFEN, RPS histórico, en la región Niño 1+2 para el periodo de veranos 2015/16-2021/22.

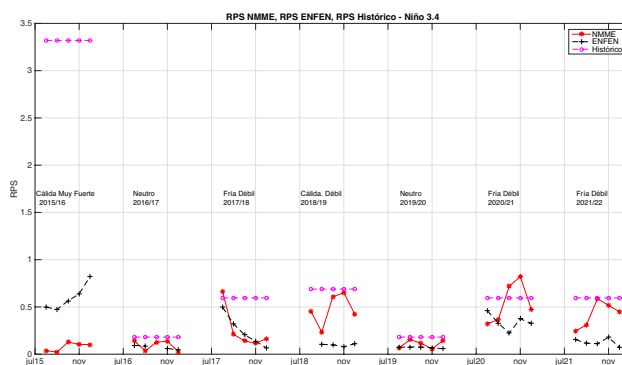


Figura 2. RPS NMME, RPS ENFEN, RPS histórico, en la región Niño 3.4 para el periodo de veranos 2015/16-2021/22.

Se esperaba que el RPS del ENFEN y NMME disminuya al acercarse las condiciones iniciales al verano. Excepciones notables a este patrón se dieron para Niño 1+2 en el verano 2016/17, correspondiente a El Niño costero 2017, en el que NMME presentó primero una reducción y luego un aumento en RPS mientras que para el ENFEN el RPS, más bien, tuvo una tendencia de aumento (Figura 1). Para el verano 2021/22, el RPS del ENFEN también presentó una tendencia de aumento, contraria a la del NMME.

Tras promediar sobre los siete años para cada mes de inicio de los pronósticos, los valores del RPS muestran que tanto el ENFEN como los modelos de NMME tienen mejor desempeño, es decir, menor RPS que el pronóstico probabilístico histórico tanto para la región Niño 1+2 (Figura 3) como Niño 3.4 (Figura 4). Por otro lado, considerando que las barras de error en ambas figuras se traslapan, no es posible asegurar que el ENFEN o NMME, en general, hayan proporcionado un mejor pronóstico. Tampoco se aprecia una clara tendencia a la mejora en la exactitud de los pronósticos al haberse realizado cada vez más cerca al verano. Curiosamente, NMME presentó mayor error en los pronósticos de octubre y noviembre para Niño 3.4, lo cual refleja, comparado con el ENFEN, una mayor volatilidad del RPS de estos modelos al pasar los meses.

Comparando los pronósticos para ambas regiones (Figuras 3 y 4), es evidente que el ENFEN y NMME en promedio han presentado un mejor desempeño (menor RPS) para la región Niño 3.4 que para Niño 1+2, lo cual es consistente con la mayor complejidad de los procesos físicos y mayores sesgos de los modelos en el Pacífico oriental.

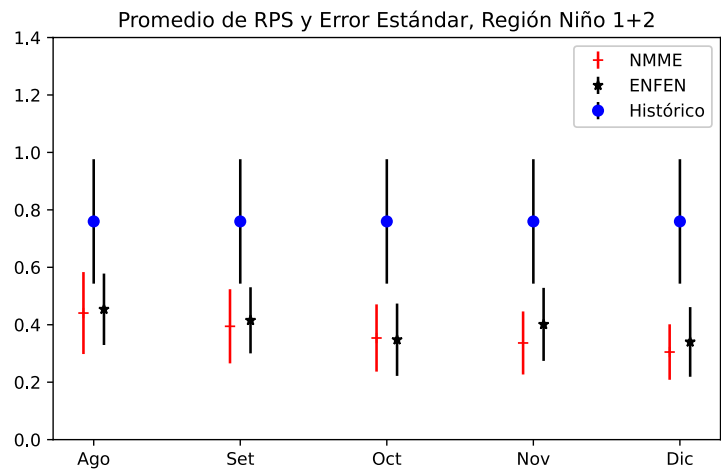


Figura 3. Promedio de RPS y error estándar de los pronósticos de NMME, ENFEN e histórico (agosto-diciembre), región Niño 1+2.

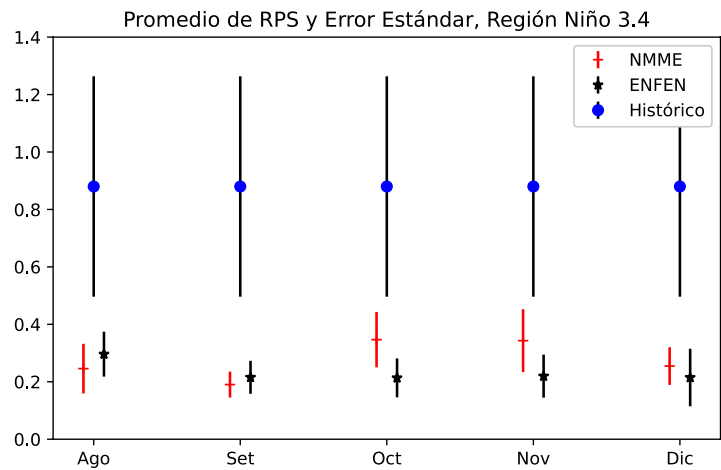


Figura 4. Promedio de RPS y error estándar de los pronósticos de NMME, ENFEN e histórico (agosto-diciembre), región Niño 3.4.

CONCLUSIONES

Usando el RPS como medida para la verificación de los pronósticos probabilísticos realizados para siete veranos, se encontró que el ENFEN y los modelos NMME generan información de valor que puede ser aprovechada para la toma de decisiones frente a condiciones futuras. También se verificó que el desempeño de ambos es mejor para la región Niño 3.4 que para Niño 1+2. Sin embargo, los siete años de pronóstico no son suficientes para establecer si el ENFEN es mejor o no que el NMME. Sin embargo, dado que la Comisión ENFEN utiliza los resultados de los modelos de NMME para realizar sus pronósticos probabilísticos, esto sugiere que aún se puede mejorar la forma en que el ENFEN aprovecha la información de NMME y su conocimiento experto, de manera que los pronósticos del ENFEN presenten una clara mejoría relativa a NMME.

REFERENCIAS

ENFEN, 2012: Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica.

ENFEN, 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016, Nota Técnica ENFEN N°02-2015, 7 pp.

ENFEN, 2017: El Niño Costero 2017. Informe técnico extraordinario ENFEN 001-2017, 31 pp.

L'Heureux, M.L., Tippett, M.K., Takahashi, Ken, Barnston, A.G., Becker, E.J., Bell, G.D., Di Liberto, T.E., Gottschalck, J., Halpert, Michael S., Hu, Zeng-Zhen, Johnson, Nathaniel C., Xue, Yan, Wang, Wanqiu 2019: Strength outlooks for the El Niño-Southern Oscillation Weather Forecast., 34(2019), pp. 165-175, 10.1175/WAF-D-18-0126.1

Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., Van Den Dool, H, Saha, S., Peña Mendez, M., Becker, E., Peng, P., Tripp, P., Huang, J., Dewitt, D. G., Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., Rosati, A., Schubert, S. D., Rienecker, M., Suarez, M., Li, Z. E., Marshak, J., Lim, Y. K., Tribbia, J., Pegion, K., Merryfield, W. J., Denis, B., Wood, E. F., 2014: The North American Multimodel Ensemble: Phase-seasonal-to-interannual prediction; Phase-2 toward developing intraseasonal prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, doi: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1.

Takahashi, K., 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. *Bol. Técnico El Niño IGP*, 4(8), 8-9.

Tippett, M. K., Barnston, A. G., Li, S., 2012: Performance of recent multimodel ENSO forecasts. *J. Appl. Met. Clim.*, doi:10.1175/JAMC-D-11-093.1.

Wilks, D. S., 2006: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, 2nd Edition, Academic Press, 627 pp.

RESUMEN DEL INFORME TÉCNICO DE EL NIÑO

PP n.º 068/EL NIÑO-IGP/2022-08



Foto: Sebastian Voortman

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), en el mes de julio se presentó la condición climática fría débil ($-1.03\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de agosto ($-0.88\text{ }^{\circ}\text{C}$) y setiembre ($-0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$) corresponden a condiciones neutras. Con respecto al Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de julio ($-0.81\text{ }^{\circ}\text{C}$), y los valores temporales (ONI-tmp) de agosto ($-0.87\text{ }^{\circ}\text{C}$) y setiembre ($-0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$), coinciden en indicar una condición fría débil. Conforme a las observaciones, in situ y satelital, el paquete de ondas de Kelvin frías habría iniciado su arribo a la costa sudamericana en agosto. Por otro lado, según los resultados de los modelos de ondas, un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías se estaría formando y uniendo al paquete existente.

El promedio de las predicciones de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de setiembre de 2022— para el Pacífico oriental indica condiciones neutras hasta el mes de abril de 2023. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones entre frías débiles y frías moderadas hasta el mes de febrero de 2023, lo que indicaría, según estos resultados, que La Niña en el Pacífico central se extendería hasta mediados del verano 2022-2023. Esto podría significar, de acuerdo a las investigaciones científicas, la deficiencia (exceso) de lluvias en los Andes durante noviembre (verano).

Puede acceder al informe técnico de El Niño 2022-08 a través del siguiente enlace:
<http://hdl.handle.net/20.500.12816/5307>

RESUMEN DEL COMUNICADO OFICIAL ENFEN n.º 09-2022

CALLAO, 12 DE SEPTIEMBRE DE 2022

ESTADO DEL SISTEMA DE ALERTA: **ALERTA DE LA NIÑA COSTERA¹**

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado de “Alerta de La Niña costera”, debido a que es más probable que la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 mantenga valores por debajo del rango normal hasta noviembre de 2022 con una magnitud débil. Por otro lado, para el verano 2022-2023 son más probables las condiciones neutras.

En el Pacífico central se espera que La Niña continúe, con una mayor probabilidad de magnitud moderada hasta fin de año, para luego pasar a una magnitud débil para el verano 2022-2023.

Para el trimestre setiembre-octubre-noviembre de 2022 se espera que los valores de la temperatura mínima del aire a lo largo de la costa peruana se mantengan por debajo de lo normal, al igual que la temperatura máxima en la costa centro y sur. Por otro lado, se esperan excesos de lluvia en el sector nororiental del país y deficiencias en la sierra sur. Para el próximo verano 2023, hay una mayor probabilidad de excesos de lluvias en la selva y sierra (especialmente en la zona centro y sur); lo que estaría asociado a la continuación de La Niña en el Pacífico central, en tanto que en la sierra norte se aprecia una mayor probabilidad de condiciones normales.



**ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO “EL NIÑO”**

COMISIÓN MULTISECTORIAL
ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL
DEL FENÓMENO “EL NIÑO” (ENFEN)
DECRETO SUPREMO n.º 007-2017-PRODUCE

¹Alerta de La Niña costera: Según las condiciones recientes, usando criterio experto en forma colegiada, el Comité ENFEN considera que el evento La Niña costera ha iniciado y/o el valor del ICEN_{tmp} indica condiciones frías, y se espera que se consolide La Niña costera. 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

Puede acceder al Comunicado Oficial del ENFEN n.º 09-2022 a través de los siguientes enlaces:

<http://hdl.handle.net/20.500.12816/5281>

<https://www.dhn.mil.pe/Archivos/oceanografia/enfen/comunicado-oficial/09-2022.pdf>

Redes IGP:

<https://www.gob.pe/igp>

 <https://web.facebook.com/igp.peru>

 https://twitter.com/igp_peru

 https://www.youtube.com/c/IGP_videos