



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



BOLETÍN CIENTÍFICO
EL NIÑO

Vol. 11 n.º 05 mayo 2024

PROGRAMA PRESUPUESTAL n.º 068

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

En este boletín

4

pág.

Caracterización observacional
de las componentes de
irradiación solar en los
Andes centrales del Perú

11

pág.

South Eastern Pacific Circulation
from ARGO floats (SEPICAF):
estado actual y perspectivas

17

pág.

Resumen del informe técnico de El Niño

18

pág.

Resumen de los comunicados ENFEN



BICENTENARIO
PERÚ
2024

Créditos

Juan Castro Vargas
Ministro del Ambiente

Hernando Tavera
Presidente ejecutivo

Edmundo Norabuena Ortiz
Director científico

James Apaéstegui Campos
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: Nevado Huaytapallana
Fuente: Edwin Yaranga Medina (Flickr)

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, octubre de 2024

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



Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

CARACTERIZACIÓN OBSERVACIONAL DE LAS COMPONENTES DE IRRADIANCIA SOLAR EN LOS ANDES CENTRALES DEL PERÚ

José Luis Flores Rojas¹

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú



José Luis Flores es graduado en Física por la Pontificia Universidad Católica del Perú, magíster en Física por la misma casa de estudios y magíster en Meteorología por la Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ). Es doctor en Ciencias Atmosféricas por el Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Sao Paulo (IAG-USP). Actualmente es investigador científico del IGP, con experiencia en las áreas de Física y Geociencias.

Palabras clave: Irradiancia solar, irradiancia global, irradiancia directa, irradiancia difusa, valle del Mantaro, Andes centrales del Perú

Citar como Rojas, J. (2024). Caracterización observacional de las componentes de irradiancia solar en los Andes centrales del Perú. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 05, págs. 4-10.

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

La investigación señala que los componentes de la radiación solar muestran picos y declives distintos a lo largo de las estaciones, por lo que los tomadores de decisiones en la región del valle del Mantaro podrían utilizar estos hallazgos para optimizar la planificación agrícola y energética. Además, es importante desarrollar estrategias de manejo de biomasa, y que se considere el impacto que pueden tener los aerosoles en la calidad de la irradiancia. Implementar políticas que promuevan prácticas agrícolas sostenibles también ayudará a reducir la quema de biomasa, y mejorar así la salud ambiental y la productividad agrícola.

Resumen

Este estudio evalúa de forma exhaustiva los patrones de irradiancia solar en la región occidental del valle del Mantaro, región ecológica y agrícola de los Andes centrales del Perú. Utilizando datos de radiación solar de la estación Baseline Surface Radiation Network (BSRN), instalada en el Observatorio Geofísico de Huancayo (OGHY, 12.04° S, 75.32° W,

3350 m s. n. m), entre los años 2017 y 2022, se analizan las variaciones estacionales y tendencias en los componentes de la irradiancia solar en superficie. Asimismo, se estudian las variaciones diurnas y estacionales de los componentes de la radiación solar, a saber, la irradiancia difusa (E_{DF}), directa (E_{DR}) y global (E_G). Los resultados muestran picos y declives distintos a lo largo de las estaciones, con E_{DR} y E_{DF} exhibiendo tendencias estacionales opuestas, lo que

influye en la variabilidad general en E_G . Los picos de E_G ocurrieron en primavera ($3.32 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ al mediodía), particularmente durante octubre ($24.14 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Probablemente, este comportamiento estuvo asociado con eventos de quema de biomasa y un mayor espesor óptico de aerosoles (EOA) presentes en esta región durante la primavera. Estos hallazgos destacan el impacto de los aerosoles de quema de biomasa en la dinámica de la radiación solar en la región. En general, la variabilidad estacional de E_G en el OGHY es menor que la observada en otras regiones de América del Sur, en latitudes más altas, y alcanza sus máximos durante los meses de primavera.

1. Introducción

La radiación solar es la principal fuente de energía que impulsa las interacciones superficie-atmósfera e influencia una amplia gama de procesos físicos, químicos y biológicos dentro de las componentes atmosféricas y oceánicas del sistema terrestre (Arya, 2005; Munner et al., 2004). Comprender los componentes de la irradiación solar, es decir, la radiación global (E_G), difusa (E_{DF}) y directa (E_{DR}) en la superficie, es indispensable para varias aplicaciones. Estas incluyen la identificación de regiones adecuadas para la generación de energía solar (Barragán-Escandón et al., 2022), la evaluación del consumo de energía en edificios (Rodríguez-Hidalgo et al., 2012), el apoyo a estudios ecofisiológicos (Monteith and Unsworth, 1995), la estimación de la evapotranspiración de los cultivos (Supit and Van Kappel, 1998) y la facilitación de la planificación urbana (Redweik et al., 2013). Actualmente, la energía solar y eólica se encuentran entre los recursos renovables más prometedores y factibles. La implementación de sistemas fotovoltaicos (FV) ha experimentado una rápida expansión, con tasas de crecimiento que alcanzan el 40% en los últimos años (Jager-Waldau, 2019).

Por otro lado, en comparación con 1980, las proyecciones futuras asociadas a la variabilidad de la irradiación ultravioleta indican una disminución en la irradiación ultravioleta UV-B, de entre el 5-20%, en latitudes medias a altas para fines del siglo XXI (McKenzie et al., 2011), mientras que, en latitudes bajas, se espera un ligero aumento del 2-3%. Los trópicos (25° N - 25° S) muestran una baja variabilidad estacional, con niveles naturales bajos de ozono de alrededor de 250 Unidades Dobson, lo que contribuye

a una alta radiación UV. Es notable el hecho de que en esta región no ha habido cambios significativos en la columna total de ozono durante este período (McKenzie et al., 2011). Los factores que contribuyen al registro de niveles elevados de radiación UV incluyen la altitud de las regiones montañosas, cielos despejados y bajas concentraciones de aerosoles, observadas notablemente en las montañas de los Andes, entre 12° S y 23° S , donde se cuenta con más de cien picos que superan los 6000 metros sobre el nivel del mar (Blumthaler et al., 1997; Cordero et al., 2014).

En particular, en el OGHY se realizaron mediciones de irradiación solar ultravioleta (UV) entre enero de 2003 y diciembre de 2006, con un radiómetro de filtro multicanal GUV-511 (Suárez Salas et al., 2017). El análisis de datos reveló ciclos diarios, mensuales y anuales de irradiación solar UV en cuatro longitudes de onda (305 nm, 320 nm, 340 nm y 380 nm). Se distinguieron condiciones de cielo despejado y cielo cubierto, siendo febrero el mes con los valores máximos. El índice UV medio más alto al mediodía alcanzó un máximo de 18.8, bajo condiciones de cielo despejado, y 15.5 bajo condiciones de cielo cubierto, con picos atípicos cercanos a 28. La cobertura de nubes aumentó la irradiación espectral en 340 nm, hasta en un 20%, lo que denota niveles excepcionalmente altos de radiación UV en los Andes tropicales centrales del Perú. Sin embargo, hasta la fecha, son muy pocos los estudios dirigidos a investigar, con datos de alta calidad, la radiación solar en todo su rango espectral en los Andes centrales del Perú.

El presente estudio tiene como objetivo analizar de manera integral los patrones de irradiación solar en el valle del Mantaro occidental, mediante el uso de datos de los sensores de BSRN localizados en el Observatorio Geofísico de Huancayo (OGHY), durante el periodo comprendido entre 2017 y 2022. La investigación indaga en las variaciones estacionales y tendencias en los componentes de la irradiación solar de superficie. Específicamente, el estudio explora las fluctuaciones diurnas y estacionales de la irradiación extraterrestre (E_T), difusa (E_{DF}), directa (E_{DR}) y global (E_G).

2. Instrumentación

En 2015, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) implementó el Laboratorio de Física, Microfísica y Radiación (LAMAR) en el OGHY. LAMAR cuenta con

un conjunto de instrumentos y sensores variados que pueden utilizarse para medir varias propiedades atmosféricas con alta resolución temporal y espacial, así como para validar modelos físico-numéricos en el valle del Mantaro. El conjunto de sensores de radiación se encuentra instalado en una torre de 6 m de altura (Figura 1a) y contiene tres piranómetros CMP10 (marca Kipp & Zonen): un pirheliómetro CHP1 (marca Kipp & Zonen) y dos pirgeómetros CGR4 (marca Kipp & Zonen) (Figura 1b), empleados para medir los componentes de irradiancia de onda corta (SW) hemisférica y la irradiancia de onda larga (LW) incidente y emitida por la superficie, respectivamente. Dos de los piranómetros se utilizan para medir las irradiancias de onda corta globales y difusas incidentes en la superficie, mientras que el tercero se usa para medir la irradiancia de onda corta reflejada por la superficie. Para medir la irradiancia difusa del cielo bloqueando la irradiancia solar directa, utilizamos una pequeña esfera negra montada en un ensamblaje de sombreado articulado en un seguidor solar automático de dos ejes 2AP (marca Kipp & Zonen). Se pueden encontrar más detalles sobre

estos sensores radiativos en contribuciones recientes (Flores-Rojas et al., 2021). La Figura 1c muestra la ubicación de los instrumentos y sensores de LAMAR dentro del OGHY.

3. Base de datos

En este estudio evaluamos las variables de irradiancia solar mediante el análisis de las mediciones de la estación BSRN que se muestran en la Figura 1a y 1b, operadas por el IGP. Los valores de irradiancia solar global, difusa y directa ($W m^{-2}$) fueron medidos, cada minuto, por la estación BSRN, entre mayo de 2017 y diciembre de 2022. También se llevó a cabo un riguroso proceso de control de calidad visual en el conjunto de datos, con el objetivo de identificar y corregir inconsistencias y picos que pudieran atribuirse a fallos electrónicos dentro del sistema de adquisición de datos. Además, aplicamos la metodología introducida por Younes et al. (2005) y por Journee y Cedric (2010) para analizar los datos de series temporales. Los puntos de datos se consideraron

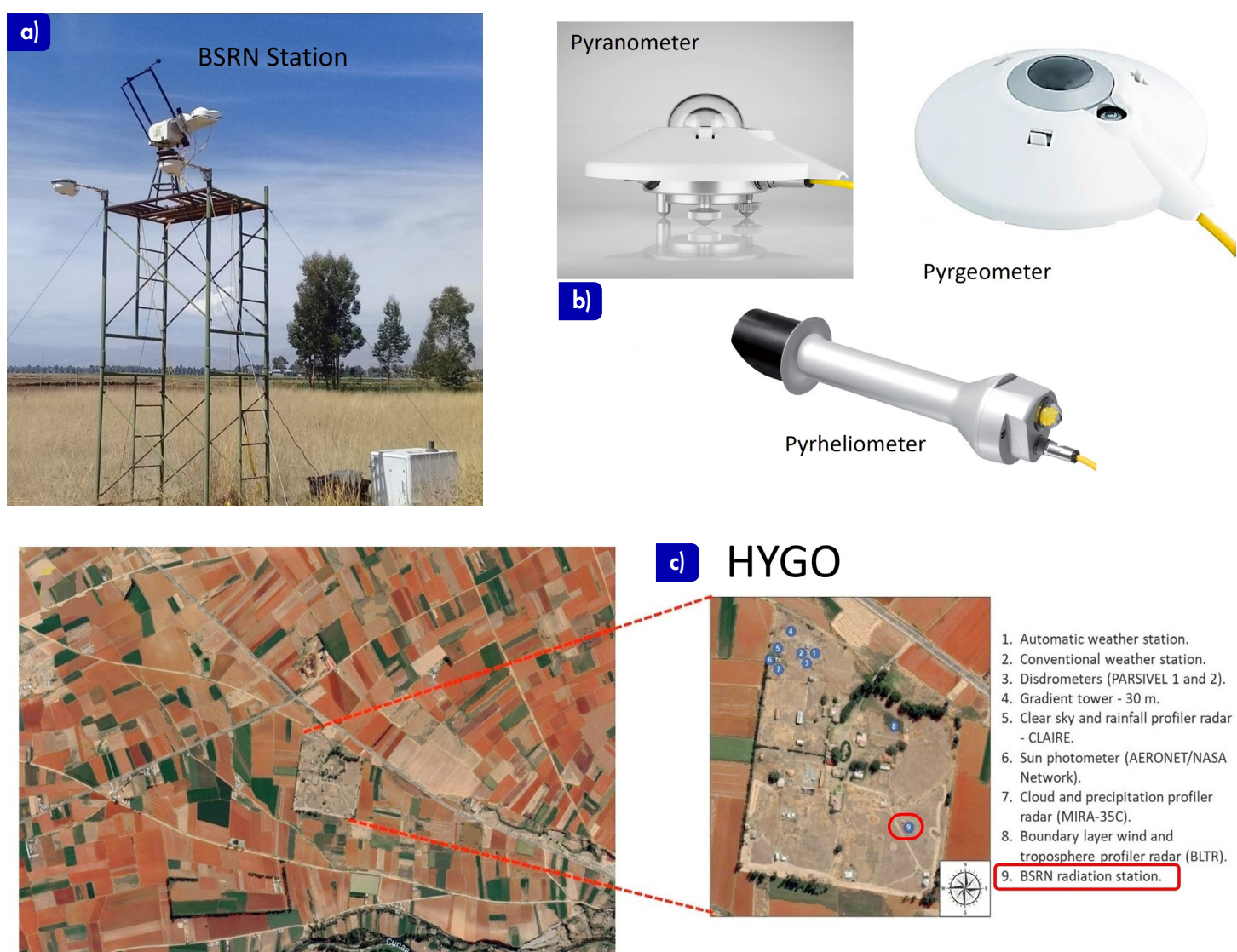


Figura 1. (a) Torre de radiación BSRN de 6 m de altura con sensores radiativos ubicados en el Observatorio Geofísico de Huancayo (OGHY); (b) Piranómetro, pirgeómetro y pirheliómetros instalados en la estación BSRN; (c) Área agrícola alrededor del OGHY y la ubicación del conjunto de instrumentos dentro del OGHY. La ubicación de la estación BSRN está resaltada en un recuadro rojo.

válidos si cumplían con criterios específicos, incluido un ángulo de elevación solar (α) mayor de 2 grados, así como las siguientes relaciones:

$$E_G/E_T < 1, E_{DF}/E_T < 0.8, E_{DF}/E_G < 1.1$$

En esta ecuación, E_T representa la radiación solar extraterrestre incidente en una superficie horizontal. Este valor se estimó analíticamente según Iqbal (1983); para ello, se utilizó un valor para la constante solar establecido en 1367 W m^{-2} (Frohlich, 1998). Además, aproximadamente el 3.0 % del conjunto de datos fue excluido con base en el criterio del ángulo de elevación ($\alpha > 2^\circ$). Esto correspondió principalmente a mediciones tomadas durante los periodos de amanecer y atardecer, caracterizados por una turbidez atmosférica elevada, especialmente durante las estaciones de invierno y primavera. Un criterio más laxo, $E_G/E_T < 1$, llevó a la eliminación del 14.0 % del conjunto de datos, sin una dependencia observable de la turbidez atmosférica o la estacionalidad. Sin embargo, el criterio más estricto, $E_{DF}/E_T < 0.8$, resultó en la exclusión del 33 % del conjunto de datos, predominantemente durante los meses de verano (caracterizados por un aumento de las precipitaciones). Por último, el criterio $E_{DF}/E_G < 1.1$ solo llevó a la exclusión del 1 % del conjunto de datos y no mostró una dependencia discernible de factores astronómicos o estacionales (Marques Filho et al., 2016). Siguiendo procedimientos rigurosos de control de calidad de datos, identificamos y seleccionamos 1650 días para capturar eficazmente las variaciones estacionales de la radiación solar en toda la región. Este conjunto de datos abarca aproximadamente el 76 % de todo el período de observación.

4. Resultados

Tabla 1. Valores promedio estacionales por hora de los componentes de irradiación solar: E^h_T , E^h_G , E^h_{DF} y E^h_{DR} observados en el OGHY. Los valores por hora corresponden al mediodía (12:00, hora local).

Irradiancias ($\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
E^h_T	4.83 ± 0.14	4.33 ± 0.16	3.94 ± 0.11	4.74 ± 0.17
E^h_G	3.11 ± 0.16	3.02 ± 0.18	3.08 ± 0.14	3.32 ± 0.22
E^h_{DF}	1.67 ± 0.22	1.18 ± 0.17	0.64 ± 0.16	1.32 ± 0.24
E^h_{DR}	1.37 ± 0.21	1.65 ± 0.23	2.27 ± 0.19	1.92 ± 0.27

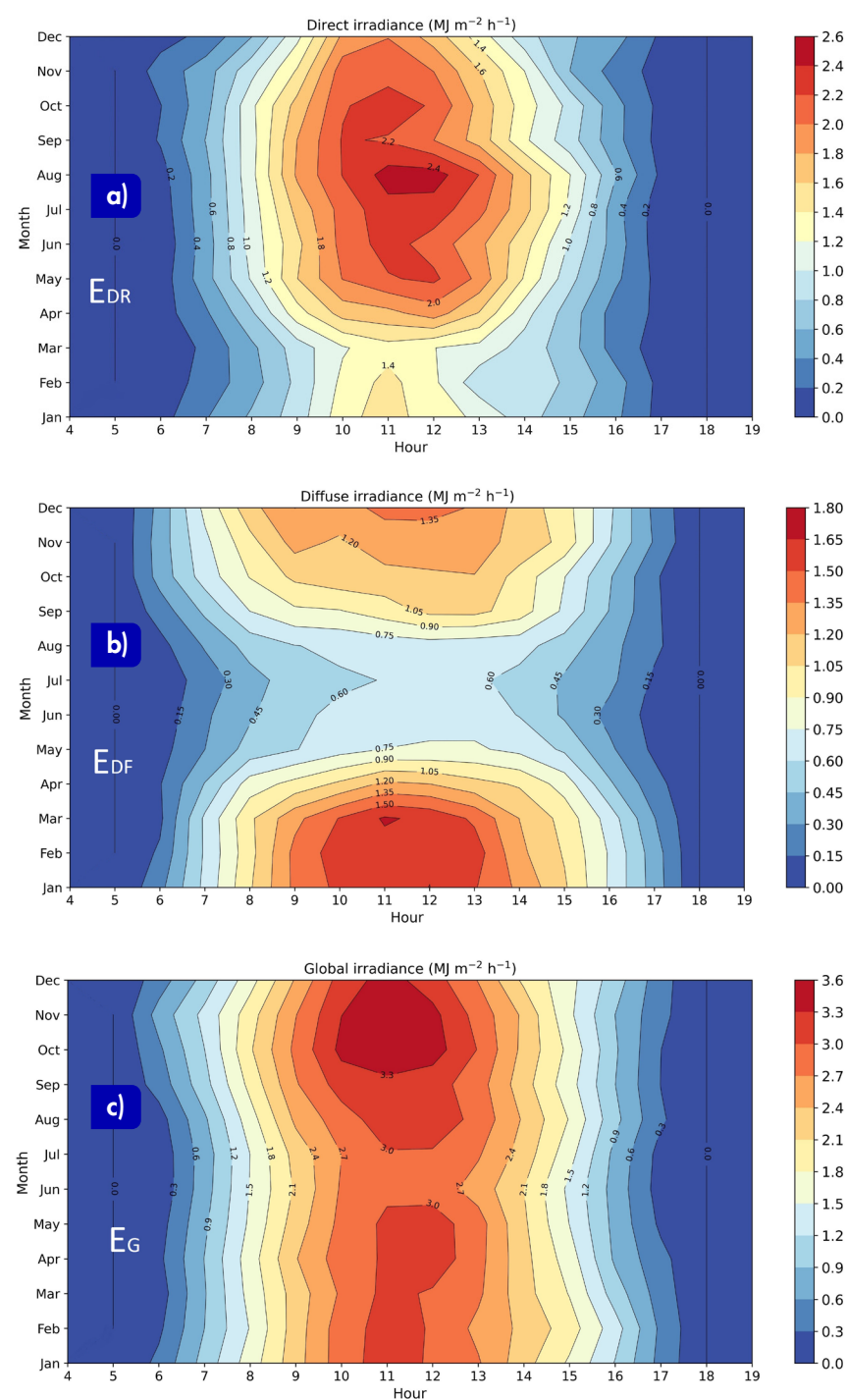


Figura 2. Ciclos estacionales y horarios de las irradiancias solares promedio: (a) directa (E^h_{DR}), (b) difusa (E^h_{DF}) y (c) global (E^h_G) en el GOHY (12.0° S , 73.5° W), desde julio de 2017 hasta septiembre de 2022. Los gráficos muestran los valores medios de las variables calculados entre mayo de 2017 y diciembre de 2022.

Los valores medios estacionales por hora de los componentes de irradiación solar están identificados por el superíndice h . La fluctuación estacional en la evolución diurna de E^h_{DR} (Figura 2a) se deriva de la matriz de valores promedio mensuales de E^h_{DR} , los cuales son interpolados utilizando el método de interpolación cúbica. El promedio mensual de E^h_{DR} al mediodía alcanza un pico cercano a $2.5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ durante el invierno (julio) y desciende a un mínimo cercano a $1.2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ en verano (febrero). Además, el promedio mensual de E^h_{DF} (Figura 2b) alcanza al mediodía un pico alrededor de $1.80 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ durante el verano (febrero), y desciende a un mínimo alrededor de $0.45 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ en invierno (julio). Por el contrario, el promedio mensual de E^h_G (Figura 2c) alcanza al mediodía un pico alrededor de

3.6 MJ m² h⁻¹ durante la primavera (octubre), y desciende a un mínimo cercano a 2.7 MJ m² h⁻¹ en invierno (julio).

Los valores de E^{h_G} más altos no se observan durante los meses de verano debido, principalmente, a los altos niveles de nubosidad existentes en esos meses. El análisis de los resultados muestra que los valores de E^{h_G} más altos se observan en los meses de primavera y están asociados a una combinación de factores astronómicos, patrones de nubosidad y concentración de aerosoles observados durante el periodo 2017-2022 en el OGHY. Durante este período, la precipitación diaria acumulada alcanzó valores máximos y medios de alrededor de 24 mm día⁻¹ y 5 mm día⁻¹, respectivamente. El valor máximo está por debajo de la normal climática en octubre (con máximos cercanos a 37 mm día⁻¹) y el valor medio está cerca del valor medio climático (alrededor de 4 mm día⁻¹). Además, las horas de sol durante octubre alcanzan un máximo cercano a 10 horas. La combinación de estos factores indica que la reducción en la precipitación y la presencia moderada de aerosoles parecen estar asociadas a la reducción en la cobertura de nubes que favoreció grandes valores de E^{h_G}.

Además, la Tabla 1 muestra los valores específicos para el ciclo diurno de E_T, E_G, E_{DF} y E_{DR} observados en el OGHY. Durante el verano, E^{h_G} constituye el 64.4 % de E^{h_T}. Además, E^{h_{DF}} y E^{h_{DR}} representan el 53.7 % y el 44.10 % de E^{h_G}, respectivamente. En contraste, durante el invierno, E^{h_G} representa el 78.2 % de E^{h_T}, mientras que E^{h_{DF}} y E^{h_{DR}} representan el 20.8 % y el 73.7 % de E^{h_G}, respectivamente. Por otro lado, durante el otoño, E^{h_G} constituye el 69.7 % de E^{h_T}. Además, E^{h_{DF}} y E^{h_{DR}} representan el 39.1 % y el 54.6 % de E^{h_G}, respectivamente. Finalmente, es destacable que, durante la primavera, E^{h_G} supera los valores promedio de verano, constituyendo el 70.0 % de E^{h_T}. Asimismo, E^{h_{DF}} y E^{h_{DR}} representan el 39.8 % y el 57.8 % de E^{h_G}, respectivamente.

De forma adicional, la variación estacional de los valores promedio mensuales diarios de los componentes de la radiación solar en la superficie del OGHY se presenta en la Figura 3a, renombrada con el superíndice d. Los valores más altos de E^{d_G} se observan en octubre (primavera), con aproximadamente 24.14 ± 2.10 MJ m⁻² día⁻¹, mientras que los valores más bajos de E^{d_G} se observan en marzo (otoño), con aproximadamente 19.50 ± 2.15 MJ m⁻² día⁻¹. Además,

los valores más altos de E^{d_{DR}} se observan en agosto (invierno), con aproximadamente 14.97 ± 1.82 MJ m⁻² día⁻¹, aunque también se registran valores altos de E^{d_{DR}} en septiembre y octubre (primavera), probablemente asociados, en parte, con elevados valores de la profundidad óptica de aerosoles a 440 nm que ocurren durante estos meses (Figura 3b). Los valores más bajos de E^{d_{DR}} se observan durante marzo (otoño), con aproximadamente 6.59 ± 1.89 MJ m⁻² día⁻¹. Por otro lado, los valores más altos de E^{d_{DF}} se observan en enero (verano), con aproximadamente 13.03 ± 1.91 MJ m⁻² día⁻¹, mientras que los valores más bajos se observan en julio (invierno), con aproximadamente 4.57 ± 1.0 MJ m⁻² día⁻¹. Este comportamiento de E^{d_{DF}} puede explicarse por la fuerte variación estacional de nubes y precipitación en el OGHY.

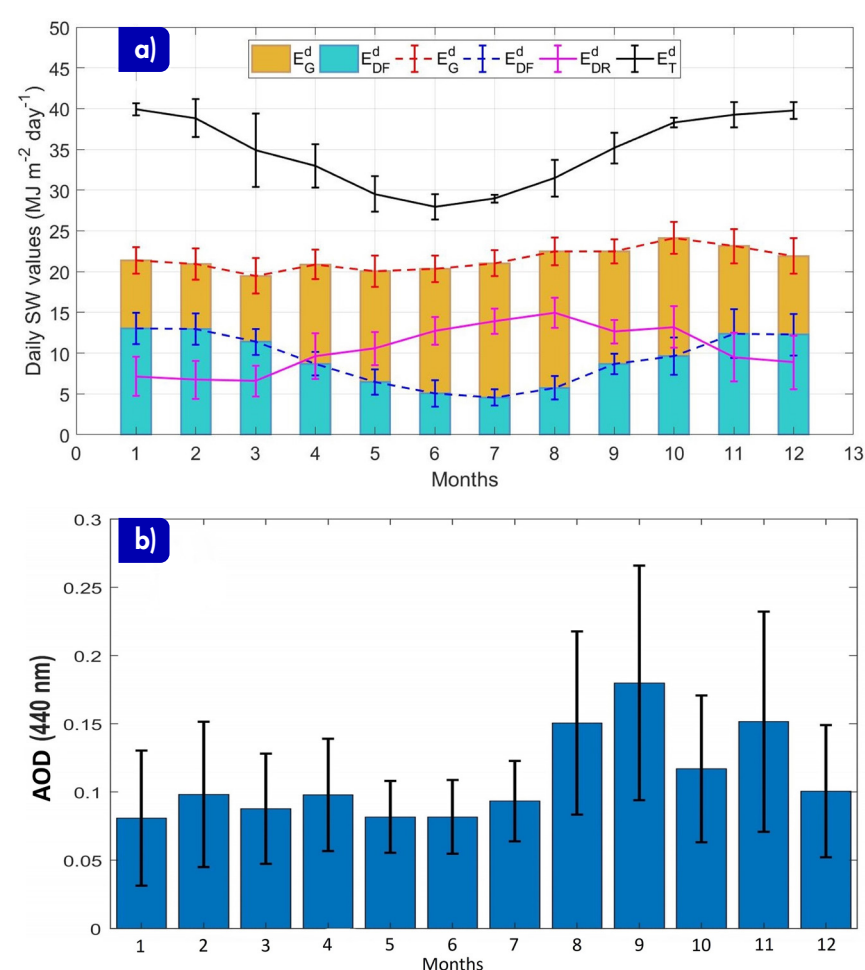


Figura 3. (a) Variación mensual de los componentes de la irradiación solar (E^{d_G}, E^{d_{DF}} y E^{d_{DR}}) y (b) el coeficiente de turbidez de Angstrom o espesor óptico de aerosoles (AOD) observados en el OGHY. Las barras de error representan el intervalo de confianza del 95 % para la media.

4. Discusión

La variación estacional en E^{h_G}, especialmente al mediodía, exhibe una amplitud baja que va desde 3.02 ± 0.18 MJ m⁻² h⁻¹ en otoño hasta 3.32 ± 0.22 MJ m⁻² h⁻¹ en primavera, lo que resulta en una amplitud estacional cercana a 0.30 MJ m⁻² h⁻¹. Esta amplitud es notablemente menor que la variación en E^{h_T} que

alcanza aproximadamente $0.90 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Este patrón puede atribuirse a las variaciones estacionales opuestas de los componentes de irradiación solar E_{DF}^h y E_{DR}^h que atenúan la variación estacional de E_G^h . Específicamente, E_{DF}^h alcanza su pico durante el verano y su mínimo en invierno, mientras que E_{DR}^h alcanza su pico en invierno y su mínimo en verano. Durante la primavera, los valores moderados de E_{DF}^h y E_{DR}^h conducen a los valores más altos de E_G^h en esta temporada. Este comportamiento está asociado con la reducción de la precipitación, una cobertura nubosa moderada y la presencia de aerosoles, posiblemente procedentes de la quema de biomasa en el OGHY durante los meses de primavera (Estevan et al., 2019).

Además, los valores promedio mensuales diarios de los componentes de radiación solar en el OGHY corroboran los patrones estacionales observados en las variables de irradiación por hora. Los valores máximos de E_G^d son evidentes en octubre (primavera), en contraste con los valores más bajos observados en marzo (otoño). De manera similar, los valores máximos de E_{DR}^d se manifiestan en agosto (invierno), con ocurrencias notables en septiembre y octubre (primavera), atribuibles a una mayor profundidad óptica de aerosoles (Estevan et al. 2019). En contraste, E_{DF}^d alcanza su máximo en enero (verano) y su punto más bajo en julio (invierno), lo que refleja las pronunciadas fluctuaciones estacionales de nubes y precipitación en el OGHY (Giráldez et al., 2020).

Conclusiones

El objetivo de este estudio fue analizar las variaciones diurnas y estacionales de E_{DR} , E_{DF} y E_G en el valle occidental del Mantaro. Los resultados indican que E_{DR}^h alcanza al mediodía su punto máximo en invierno ($2.5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y disminuye en verano ($1.2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), mientras que E_{DF}^h alcanza su máximo en verano ($1.80 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y disminuye en invierno ($0.45 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Además, E_{DR}^d alcanza su máximo en primavera ($3.6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y disminuye en invierno ($2.7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), influenciado por factores astronómicos, nubosidad y concentraciones de aerosoles observadas durante el periodo 2017-2022. La variación estacional de los componentes de radiación solar diaria en la superficie del OGHY revela valores máximos de E_{DR}^d en invierno, particularmente en agosto ($14.97 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), y los valores más bajos en marzo ($6.59 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Por otro lado, los valores máximos de E_{DF}^d ocurren

en verano, especialmente en enero ($13.03 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), con los valores más bajos observados en invierno, particularmente en julio ($4.57 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

Es destacable que los valores máximos de E_G^d ocurrieron en primavera, con el registro más alto en octubre ($24.14 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y el más bajo durante marzo ($20.95 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Este comportamiento de E_G^d puede estar relacionado con períodos de quema de biomasa, correlacionado con niveles elevados de profundidad óptica de aerosoles (AOD) en la región del valle del Mantaro. Estos períodos se extienden anualmente de julio a octubre, siendo septiembre el mes con los valores máximos de AOD. Estos meses coinciden con un aumento de la actividad de incendios forestales, tanto a nivel local en Perú como en países vecinos. La evidencia sugiere la llegada de aerosoles de quema de biomasa procedentes de incendios forestales ocurridos en Brasil y Bolivia (Estevan et al., 2019).

Cabe señalar que la presente investigación forma parte del artículo científico de Fashé-Raymundo et al. (2024).

Referencias

- Arya, S. P. (2005). Micrometeorology and Atmospheric Boundary Layer. *Pure and Applied Geophysics*, 162(10), 1721–1745. doi:10.1007/s00024-005-2690-y
- Barragán-Escandón, E. A., Zalamea-León, E., Calle-Sigüencia, J., & Terrados-Cepeda, J. (2022). Impact of Solar Thermal Energy on the Energy Matrix under Equatorial Andean Context. *Energies*, 15(16), 5803.
- Blumthaler, M., Ambach, W., & Ellinger, R. (1997). Increase in solar UV radiation with altitude. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 39(2), 130–134. doi:10.1016/s1011-1344(96)00018-8
- Cordero, R. R., Seckmeyer, G., Damiani, A., Riechelmann, S., Rayas, J., Labbe, F., & Laroze, D. (2014). The world's highest levels of surface UV. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 13(1), 70–81. doi:10.1039/c3pp50221j
- Estevan, R., Martínez-Castro, D., Suarez, L., Moya, A., & Silva, Y. (2019). First two and a half years of aerosol measurements with an AERONET sunphotometer at the Huancayo Observatory, Peru. *Atmospheric Environment: X*, 100037. doi:10.1016/j.aeaoa.2019.100037
- Fashé-Raymundo, O., Flores-Rojas, J.L., Estevan-Arredondo, R., Giráldez-Solano, L., Suárez-Salas, L., Sanabria-Pérez, E., Karam, H.A., & Silva, Y. (2024). Observational characterization and empirical modeling of global, direct and diffuse solar irradiances at the Peruvian central Andes. *Front. Earth Sci.* 12:1399971. doi:10.3389/feart.2024.1399971

Flores-Rojas, J. L., Silva, Y., Suárez-Salas, L., Estevan, R., Valdivia-Prado, J., Saavedra, M., ... Martínez-Castro, D. (2021). Analysis of Extreme Meteorological Events in the Central Andes of Peru Using a Set of Specialized Instruments. *Atmosphere*, 12(3), 408. doi:10.3390/atmos12030408

Fröhlich, C., & Lean, J. (1998). The Sun's total irradiance: Cycles, trends and related climate change uncertainties since 1976. *Geophysical Research Letters*, 25(23), 4377-4380.

Giráldez, L., Silva, Y., Zubieta, R., & Sulca, J. (2020). Change of the Rainfall Seasonality Over Central Peruvian Andes: Onset, End, Duration and Its Relationship With Large-Scale Atmospheric Circulation. *Climate*, 8(2), 23. doi:10.3390/cli8020023

Iqbal, M. (1983). *An Introduction to Solar Irradiation*. Academic Press.

Jäger-Waldau, A. (2019). *PV status report 2019*. Publications Office of the European Union: Luxembourg, 7-94.

Journée, M., & Bertrand, C. (2011). Quality control of solar radiation data within the RMIB solar measurements network. *Solar Energy*, 85(1), 72–86. doi:10.1016/j.solener.2010.10.

Marques Filho, E. P., Oliveira, A. P., Vita, W. A., Mesquita, F. L. L., Codato, G., Escobedo, J. F., ... França, J. R. A. (2016). Global, diffuse and direct solar radiation at the surface in the city of Rio de Janeiro: Observational characterization and empirical modeling. *Renewable Energy*, 91, 64–74. doi:10.1016/j.renene.2016.01.0

McKenzie, R. L., Aucamp, P. J., Bais, A. F., Björn, L. O., Ilyas, M., & Madronich, S. (2011). Ozone depletion and climate change: impacts on UV radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 10(2), 182. doi:10.1039/c0pp90034f

Monteith, J.L, and Unsworth, M. (1995). *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals and the Atmosphere (4th edition)*. Elsevier.

Munner, T., Gueymard, C. and Kambezidis, H. (2004). *Solar Radiation and daylight models*. Elsevier.

Redweik, P., Catita, C., & Brito, M. (2013). Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. *Solar Energy*, 97, 332–341. doi:10.1016/j.solener.2013.08.036

Rodríguez-Hidalgo, M. C., Rodríguez-Aumente, P. A., Lecuona, A., Legrand, M., & Ventas, R. (2012). Domestic hot water consumption vs. solar thermal energy storage: The optimum size of the storage tank. *Applied Energy*, 97, 897–906. doi:10.1016/j.apenergy.2011.12

Suárez Salas, L. F., Flores Rojas, J. L., Pereira Filho, A. J., & Karam, H. A. (2017). Ultraviolet solar radiation in the tropical central Andes (12.0°S). *Photochemical & Photobiological Sciences*, 16(6), 954–971. doi:10.1039/c6pp00161k

Supit, I., & van Kappel, R. R. (1998). A simple method to estimate global radiation. *Solar Energy*, 63(3), 147–160. doi:10.1016/s0038-092x(98)00068-1

Younes, S., Claywell, R., & Muneer, T. (2005). Quality control of solar radiation data: Present status and proposed new approaches. *Energy*, 30(9), 1533–1549. doi:10.1016/j.energy.2004.04.0

SOUTH EASTERN PACIFIC CIRCULATION FROM ARGO FLOATS (SEPICAF): ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Ivonne Montes¹, Kobi Mosquera¹, Boris Dewitte^{2,3,4,5}

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

² Centro de Estudios Avanzado en Zonas Áridas (CEAZA), Coquimbo, Chile

³ CECI, Université de Toulouse III, CERFACS/CNRS, Toulouse, France

⁴ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile

⁵ Millennium Nucleus for Ecology and Sustainable Management of Oceanic Islands (ESMOI), Coquimbo, Chile

Palabras clave: ARGO, SEPICAF, flotadores

Citar como Montes, I., Mosquera, K. & Dewitte, B. (2024). South Eastern Pacific Circulation from ARGO floats (SEPICAF): estado actual y perspectivas. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 04, págs. 11-16.

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

El proyecto SEPICAF muestra que los flotadores ARGO son los equipos oceanográficos más eficientes y robustos para obtener datos en tiempo real bajo la superficie en forma sostenida. Estos han producido importante información para monitorizar los eventos El Niño. En tal sentido, los tomadores de decisiones podrían invertir en este tipo de instrumentos con la finalidad de optimizar el monitoreo del mar peruano. Asimismo, la comunidad académica puede usarlos para mejorar los modelos climáticos, estudiar la dinámica de la Zona de Mínimo Oxígeno y la dinámica de El Niño.

Resumen

El proyecto SEPICAF (South Eastern Pacific Circulation from ARGO floats) nace para contribuir con los esfuerzos de muestreo regional y mejorar el actual sistema de observación del océano Pacífico suroriental. Durante el desarrollo de su fase I, se desplegaron 17 flotadores tipo ARGO frente a las costas de Perú y Chile. SEPICAF ha permitido tener datos del océano por debajo de la superficie para realizar un mejor diagnóstico de las condiciones oceánicas y ha sido clave para determinar el estado de El Niño costero 2023-2024 en nuestra región, evento que concluyó en marzo de 2024. Actualmente, SEPICAF está en su fase 2, en la cual se espera desplegar 15 flotadores frente a la costa peruana. Todo ello ha sido posible

gracias a los convenios marco de colaboración del IGP con el IRD de Francia y la empresa TASA.

1. Introducción

El océano Pacífico suroriental desempeña un papel clave en el balance energético de la Tierra a través de complejos procesos de interacción entre el océano y la atmósfera que retroalimentan la formación de la cubierta de nubes bajas (Figura 1, Garçon et al., 2019). Esta región también alberga una de las zonas de menor cantidad de oxígeno (OMZ, por sus siglas en inglés), que es más intensa que otras debido al afloramiento costero producido por los vientos alisios a lo largo de la costa sudamericana. Por otro lado, se sabe que

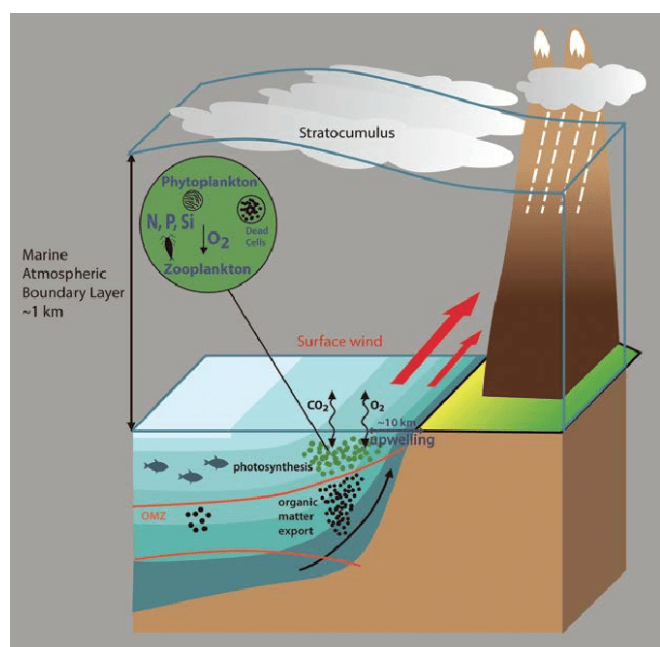


Figura 1. Esquema del sistema acoplado atmósfera-océano-tierra en regiones de afloramiento (Garçon et al., 2019).

los vientos en mención experimentan fluctuaciones en una variedad de escalas de tiempo, que incluye el asociado con El Niño-Oscilación Sur (ENSO), pero aún no es tan claro cómo interactúan o modulan entre sí estos procesos, ya que no se cuenta con suficiente información *in situ* por debajo de la superficie. Esta limitación afecta a los modelos climáticos globales, ya que sin información no se pueden mejorar las parametrizaciones. En la actualidad, los modelos aún sufren severos sesgos en varias regiones, siendo una de ellas el océano Pacífico sudeste (Figura 2, Cai et al., 2020). Un reciente estudio sobre la respuesta de la OMZ a El Niño y eventos intensos en el Pacífico ecuatorial muestra que, a pesar del bajo consenso entre las proyecciones a largo plazo de los niveles de oxígeno de los modelos climáticos, la sensibilidad de

la profundidad de la OMZ a los eventos de El Niño puede utilizarse como un predictor de su tendencia a largo plazo. Dado que el límite superior de la OMZ se profundiza durante los eventos de El Niño, la OMZ es, en consecuencia, más propensa a oxigenarse en el futuro durante dichos eventos a lo largo de la costa de Perú y Chile (Almendra et al., 2024).

Por tanto, se hace necesario buscar una estrategia que permita contar con mayor cantidad de datos *in situ* (Mosquera et al., 2018) para mejorar los resultados de los modelos numéricos y, de esta manera, ampliar nuestra comprensión de la circulación oceánica en esta región que, como se mencionó arriba, es clave para el sistema climático global.

Con el fin de llenar el vacío en las observaciones, nació el proyecto SEPICAF (South Eastern Pacific Circulation from ARGO floats), el cual es una iniciativa regional en el marco de los programas internacionales ARGO y Tropical Pacific Observing System 2020 (TPOS2020). SEPICAF propuso contribuir a los esfuerzos de muestreo regional con el objetivo de mejorar el actual sistema de observación del océano Pacífico suroriental, ello a través del despliegue de un total de 17 flotadores tipo ARGO: 9 frente a la costa de Perú y 8 frente a Chile (Figura 3). Los flotadores ARGO son instrumentos oceanográficos automáticos que tienen la característica de obtener información desde la superficie hasta los 1000, 2000 o 6000 metros de profundidad, cada 10 días en promedio, y transmitirla por satélite, en tiempo casi real, a las bases de datos internacionales

CMIP5 and CMIP6 1980–2010 SST and wind bias

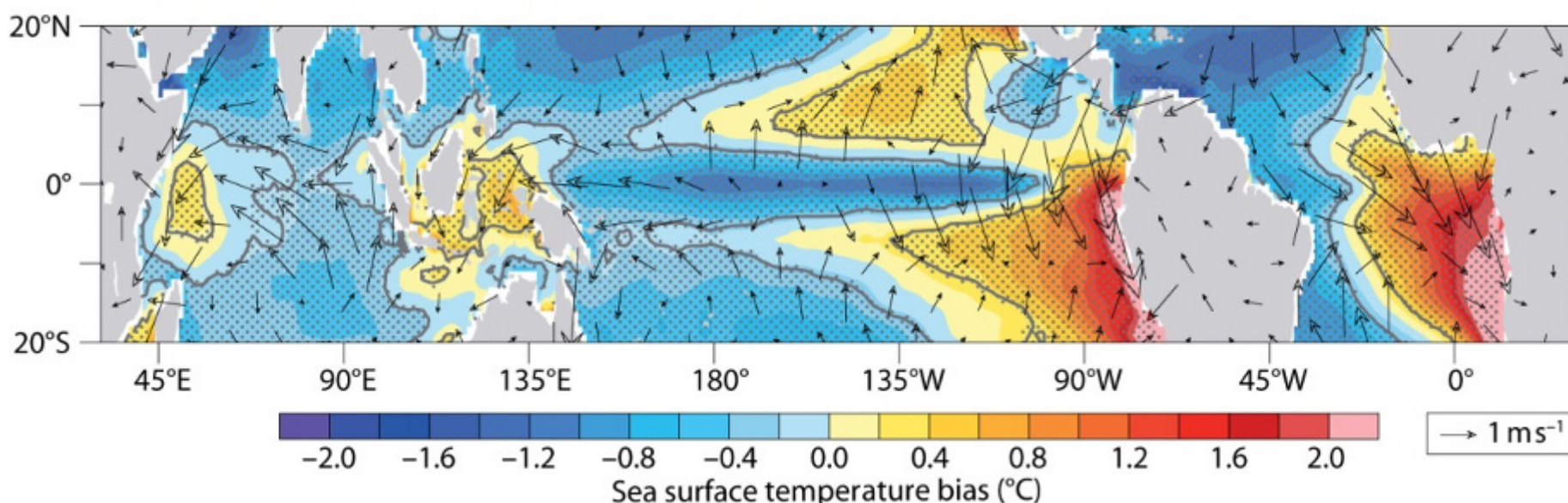


Figura 2. Sesgos de la temperatura superficial del mar y viento superficial calculados respecto a la climatología promedio del periodo 1980-2010. Los contornos negros y punteados indican niveles de confianza de 95 % y 90 %, respectivamente, determinados a partir de una prueba T de dos colas (Cai et al., 2020).

(Figura 4), desde donde están disponibles para la comunidad nacional e internacional. La información obtenida por estos flotadores es principalmente perfiles de temperatura, salinidad, presión y, según el modelo de flotador, oxígeno, así como otras variables biogeoquímicas. Por lo expuesto, contar con flotadores ARGO frente a la costa sudamericana permite proporcionar información oceánica periódica en toda la columna de agua para el monitoreo (p. ej., Aparco et al., 2014) y, además, para abordar problemas científicos claves que permitan la implementación de sistemas de pronósticos regionales.

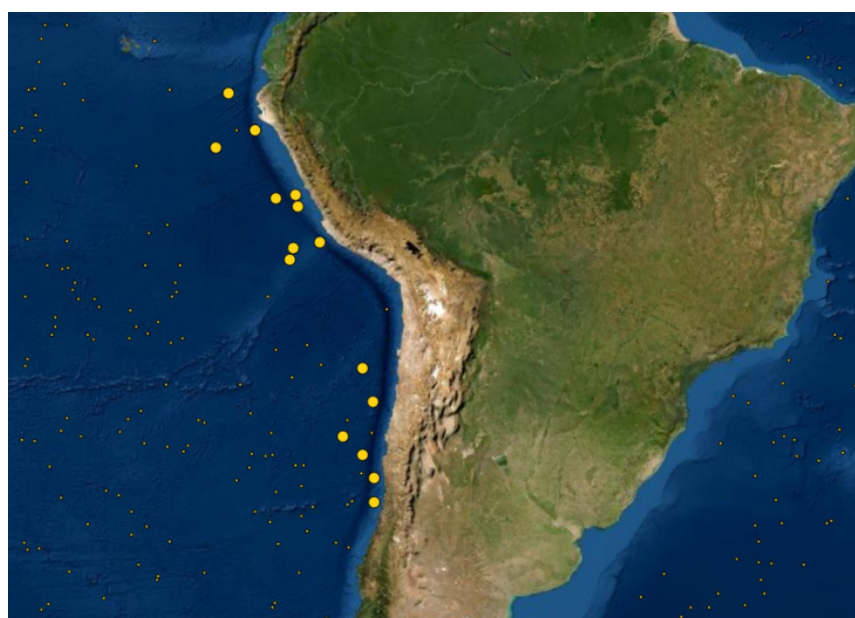


Figura 3. Cobertura geográfica de los ARGO en el océano Pacífico suroriental, identificados con puntos amarillos pequeños. Los puntos amarillos grandes localizados a lo largo de la costa son los flotadores liberados por el proyecto SEPICAF durante 2021.

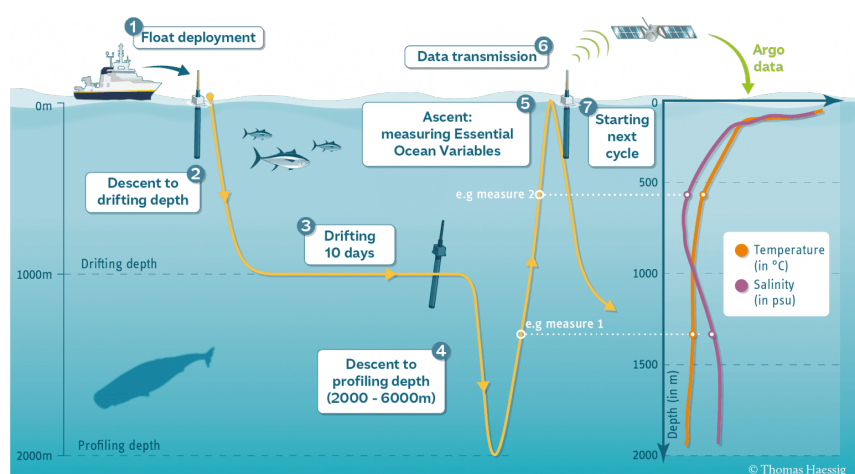


Figura 4. Ilustración del esquema del funcionamiento de un flotador ARGO estándar.

2. Implementación

Siguiendo con el objetivo principal del proyecto SEPICAF, esto es, ampliar y rediseñar el sistema de observación océano-atmósfera en la región del Pacífico ecuatorial, durante la fase 1 del proyecto, en 2021, se

concretó el lanzamiento de 17 flotadores.

Los primeros 3 flotadores fueron liberados frente a la región centro-norte de Chile gracias a la colaboración de la expedición científica de la fundación TARA Oceans (Figura 5) que, a bordo de un velero instrumentado con equipos oceanográficos y tripulado por personal científico, venía analizando el microbioma marino para contribuir a la comprensión del impacto del cambio climático en los océanos y aportar al desarrollo de capacidades de adaptación y mitigación de sus efectos. El segundo lanzamiento fue realizado durante un crucero financiado por el proyecto CLAP (Research program for Climate Action Planning) del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), frente a la región central de Chile, en colaboración con el IMO (Instituto Milenio de Oceanografía) de la Universidad de Concepción y la Universidad Católica del Norte en Coquimbo (Figura 5).

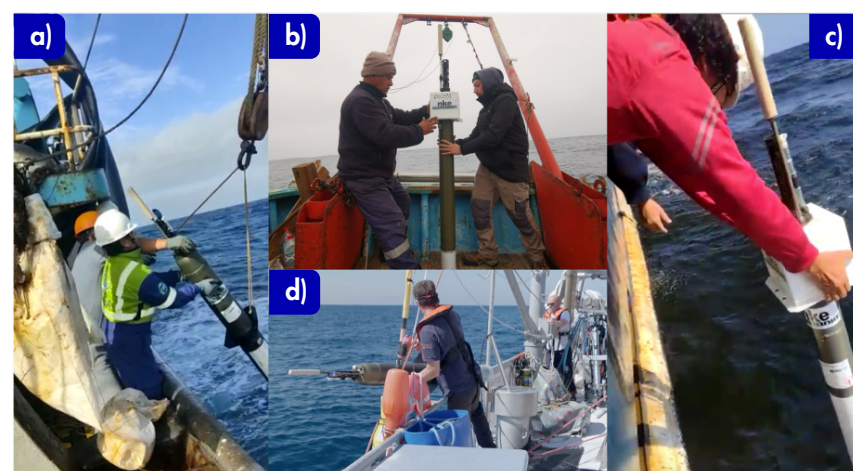


Figura 5. Despliegue de los flotadores del proyecto SEPICAF: a) frente a Huaura (11° S), realizado por la tripulación del TASA 314 (septiembre de 2021). b) Durante el crucero CLAP, frente a Punta Lengua de Vaca (30° S, octubre de 2021). c) Frente a Cañete (13° S), por la tripulación del TASA 419 (octubre de 2021). d) Frente a Coquimbo (30° S, abril de 2021), durante la expedición científica de la fundación TARA Oceans.

En Perú, la fase 1 de SEPICAF se desarrolló bajo el convenio marco de colaboración IGP-IRD y se implementó bajo el convenio marco de colaboración IGP-TASA, lo que permitió lanzar 9 flotadores ARGO distribuidos frente a la costa (norte, centro y sur) del país. Los lanzamientos fueron realizados durante la primavera de 2021 por la tripulación de las embarcaciones pesqueras TASA 314 y TASA 419 (Figura 5), cada una con 4 y 5 flotadores, respectivamente, sin contar con personal científico a bordo. Debido a las restricciones impuestas por la emergencia sanitaria, la tripulación a cargo de las embarcaciones pesqueras fue preparada tan solo

recibiendo capacitaciones virtuales e instrucciones gráficas incluidas en cada caja que contenía el flotador. Todos los lanzamientos fueron exitosos. La metodología empleada para los lanzamientos fue destacada por Argo France (https://twitter.com/argo_france/status/1453382594045911045).

3. Importancia para el Perú

Para Perú, este sistema de observación es vital, ya que permite monitorear (segundo objetivo del proyecto), junto con la información satelital, las condiciones oceánicas con énfasis durante la evolución de los eventos El Niño y La Niña costeros (p. ej., Galdos y Mosquera, 2018), así como las olas de calor marinas; asimismo, se sobreentiende que, con el tiempo y el contexto del cambio climático, el sistema contribuirá

al monitoreo y estudio del contenido de calor.

Con el proyecto SEPICAF, solo durante el primer año del lanzamiento (primavera 2021-2022), se desarrollaron frente a la costa peruana 323 perfiles que abarcan, aproximadamente, 613 170 datos oceanográficos. De ellos, 261 630 corresponden a temperatura; 261 630, a salinidad y, finalmente, 89 910 a la variable de oxígeno disuelto. Toda la información generada luego de casi tres años del primer lanzamiento, es decir, los datos de los flotadores ARGO, ha sido de suma utilidad y contribución para las actividades de monitoreo de la Comisión Multisectorial a cargo del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), de la cual el IGP forma parte, aporte que se refleja en los informes técnicos publicados (<http://www.igp.gob.pe/programas-de-investigacion/ciencias-de-la-atmosfera-e-hidrosfera/publicaciones/informes/tecnicos>). Con ello, se ha

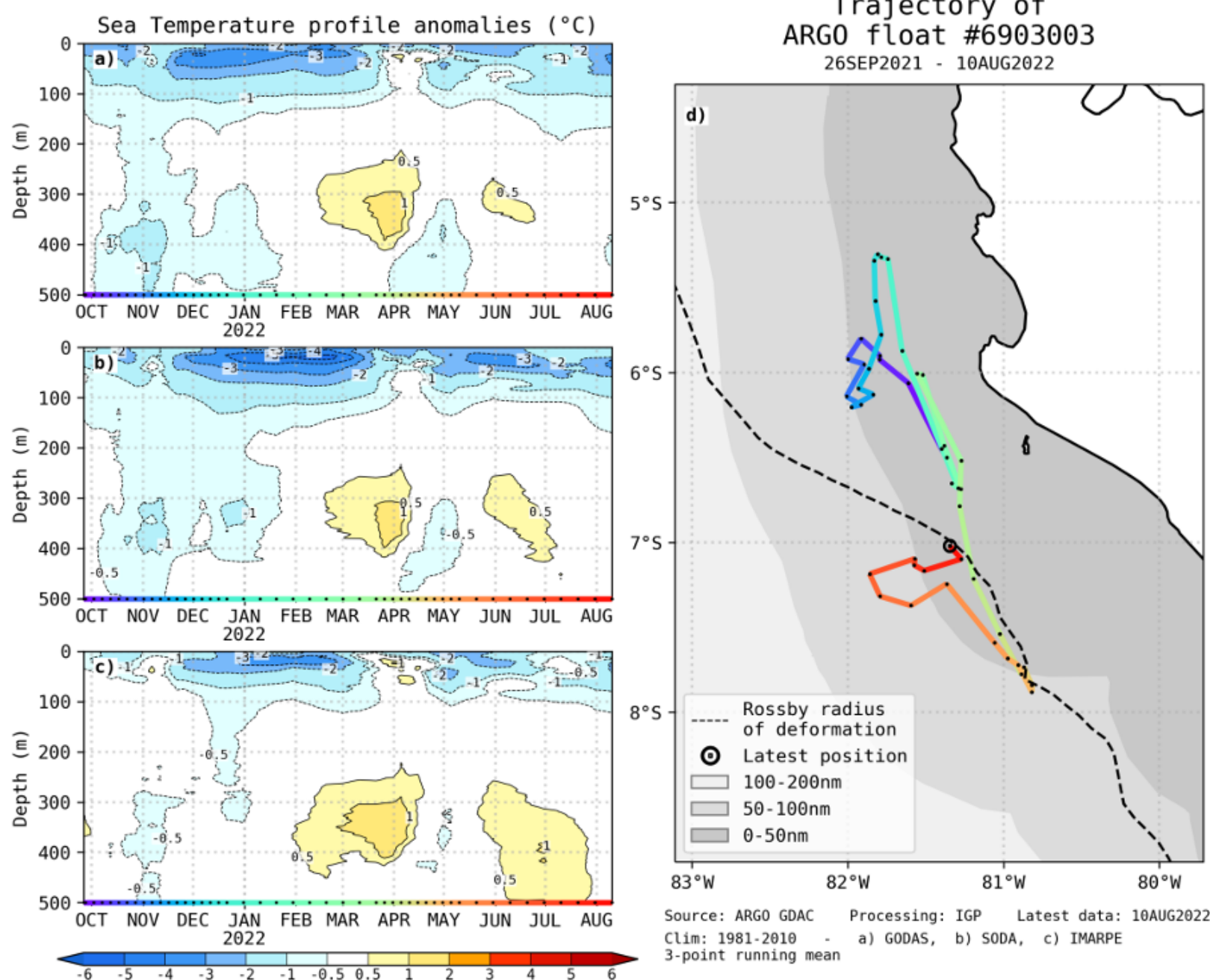


Figura 6. Productos generados a partir de los datos del flotador ARGONAUT #6903003, disponibles en <http://met.igp.gob.pe/variabclim/argo.html>. Distribución vertical de las anomalías de la temperatura del mar hasta los 500 m de profundidad con respecto al promedio climatológico 1981-2010 de la base de datos de GODAS (a), SODA (b), e IMARPE (c). Diagrama *spaguetti* que muestra la trayectoria del flotador desde la posición inicial de lanzamiento (d).

logrado realizar un mejor diagnóstico de las condiciones oceánicas y contribuir a un mejor pronóstico climático (Rivera y Mosquera, 2019). Especialmente, los datos de ARGO han sido clave para determinar el estado de El Niño costero 2023-2024 en nuestra región, evento que concluyó en marzo de 2024.

Cabe señalar también que se han generado productos que permiten observar los cambios en la temperatura por encima (debajo) de lo normal en la columna de agua, hasta los 500 metros de profundidad (Figura 6), los cuales, principalmente, pueden estar relacionados por el paso de ondas Kelvin cálidas (frías) o por el debilitamiento (aumento) de la intensidad del viento a lo largo de la costa. La información procesada se puede apreciar en <http://met.igp.gob.pe/variabclim/argo.html> y los datos crudos pueden ser visualizados y descargados desde <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard?Status=Active>

4. Participantes y financiamiento —●

SEPICAF, en Perú, es liderado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), con la empresa pesquera TASA como socio estratégico. En Chile, se vincula con la Universidad Católica del Norte (UCN), la Universidad de Concepción (UdeC) y el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).

En Europa se conecta con el Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), el Joint Centre for Oceanographic and Marine Meteorological Observing Programme Support (JCOMMOPS, ahora OCEAN-OPS), el Laboratorio de Estudios de Geofísica Espacial y Oceanografía (LEGOS), el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNRS), Mercator Ocean, Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel (GEOMAR) y el CECI (Climate, Environment, Coupling, Uncertainties).

Cabe mencionar que los flotadores/boyas fueron donados por el IFREMER-IRD al IGP en el marco del proyecto SEPICAF, liderado por el Dr. Boris Dewitte como investigador principal; en Perú, por la Dra. Ivonne Montes (IGP); en Chile, por el Pr. Dr. Oscar Pizarro (Universidad de Concepción). Asimismo, es coliderado por el Dr. Kobi Mosquera (IGP, Perú), el Dr. Marcel Ramos y el Dr. Luis Bravo (Universidad Católica del Norte).

5. Perspectivas —●

Considerando que los datos libres son de crucial importancia para seguir monitoreando las condiciones oceanográficas y detectar la evolución de eventos El Niño y La Niña frente a la costa peruana, se requiere continuar con el lanzamiento de este tipo de flotadores que proveen datos en tiempo casi real, los mismos que están dispuestos para su consulta y descarga gratuita. Debe tenerse en cuenta que los flotadores son empujados por las corrientes y, como se ha visto, 8 se mantienen actualmente en funcionamiento; sin embargo, se encuentran lejos del dominio de nuestro mayor interés, mientras que 1 ha dejado de funcionar.

Por tanto, se debe seguir con las recomendaciones dadas por los proyectos ARGO y TPOS2020, que van en la línea de aumentar la densidad de boyas ARGO en el Pacífico, lo que requiere un esfuerzo continuo y coordinado a nivel regional de los actores científicos y económicos. Con SEPICAF, se ha iniciado esa coordinación y se han mostrado beneficios para mejorar el monitoreo de la circulación a lo largo de la costa frente a Perú y Chile. Se planifica seguir con esa dinámica a través del proyecto SEPICAF 2 (postulado en 2022, aprobado en 2023), el cual tiene como uno de sus objetivos lanzar 15 flotadores frente a la costa peruana entre los años 2025 y 2026. Asimismo, propone establecer las bases para el desarrollo de un sistema de alerta temprana de eventos extremos oceánicos con base en un modelo regional océano-atmósfera y productos de predicción a corto plazo de las bases internacionales.

Referencias —●

Almendra, I., Dewitte, B., Garçon, V., Muñoz, P., Parada, C., Montes, I., Duteil, O., Paulmier, A., Pizarro, O., Ramos, M., Koeve, W., and Oschlies, A. (2024). Emergent constraint on oxygenation of the upper South Eastern Pacific Oxygen Minimum Zone in the twenty-first century. *Communications Earth & Environment*, 5, 284. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01427-2>

Aparco, J., Mosquera, K., y Takahashi, K. (2014). Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (aplicación operacional). *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, 1 (5), 8-9.

Cai, W., Santoso, A., Collins, M., Dewitte, B., Karamperidou, C., Kug, J. S., ... & Zhong, W. (2021). Changing El Niño–Southern oscillation in a warming climate. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(9), 628-644.

Galdos, A., y Mosquera, K. (2018). Observando el océano durante el evento El Niño costero 2017. *Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"*, 5(1), 10-11.

Garçon, V., Dewitte, B., Montes, I., & Goubanova, K. (2019). *Land-Sea-Atmosphere interactions exacerbating ocean deoxygenation in Eastern Boundary Upwelling Systems (EBUS)*, in *Ocean Deoxygenation: Everyone's problem, Causes, impacts, consequences and solutions*, Eds D. Laffoley and J.M. Baxter, IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Report, Gland, Switzerland), pp 171-186.

Mosquera, K., Montes, I., y Dewitte, B. (2018). La Red ARGO para mejorar la monitorización de la circulación oceánica en el mar del Perú. *Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"*, 5(9), 5-9.

Rivera, G. y Mosquera, K. (2019). Disponibilidad de flotadores ARGO para el monitoreo oceánico continuo frente a la costa sudamericana. *Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"*, 6(7), 9-12.

RESUMEN INFORME TÉCNICO

n.º PPR/EL NIÑO-IGP/2024-04

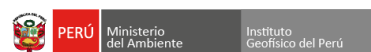
Publicado el 21 de mayo de 2024

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para marzo presentó la condición cálida débil (0.57 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril (0.04 °C) y mayo (-0.49 °C) corresponden a condiciones neutras, manteniendo una tendencia negativa. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (1.15 °C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de abril (0.70 °C) y mayo (0.22 °C) corresponden a condiciones cálidas débiles y neutras, respectivamente.

Según los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se continúa observando la señal intensa del paquete de ondas de Kelvin frías en la región central y oriental del Pacífico, y se espera que continúen afectando la costa peruana, por lo pronto, hasta agosto.

Si bien el promedio de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican la presencia de anomalías negativas de la TSM, por lo pronto, hasta el siguiente verano, estas se encontrarían dentro del rango normal. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos numéricos indican que en julio debería iniciarse un evento La Niña en dicha región y se extendería hasta fines del verano de 2025, alcanzando su máxima intensidad a finales de este año. De darse este escenario, según la evidencia científica, es probable una disminución (incremento) de las precipitaciones en la sierra centro y sur durante la primavera 2024 (verano 2025).

El informe técnico completo se encuentra disponible en:
<https://bit.ly/InfTecnElNino2024-04IGP>



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

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

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

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

Instituto Geofísico del Perú

INFORME TÉCNICO N° PpR/El Niño-IGP/2024-04

21/05/2024

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

Resumen

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para marzo presentó la condición cálida débil (0.57 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril (0.04 °C) y mayo (-0.49 °C) corresponden a condiciones neutras, manteniendo una tendencia negativa. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (1.15 °C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de abril (0.70 °C) y mayo (0.22 °C) corresponden a condiciones cálida débil y neutra, respectivamente.

Según los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se continúa observando la señal intensa del paquete de ondas de Kelvin frías en la región central y oriental del Pacífico, y se espera que continúen afectando la costa peruana, por lo pronto, hasta agosto.

Si bien el promedio de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican la presencia de anomalías negativas de la TSM, por lo pronto, hasta el siguiente verano, estas se encontrarían dentro del rango normal. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos numéricos indican que en julio debería iniciarse un evento La Niña en dicha región y se extendería hasta fines del verano de 2025, alcanzando su máxima intensidad a finales de este año. De darse este escenario, según la evidencia científica, es probable una disminución (incremento) de las precipitaciones en la sierra centro y sur durante la primavera 2024 (verano 2025).

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



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

COMUNICADO OFICIAL

ENFEN n.º 08-2024



ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"

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

Estado del sistema de alerta: No Activo¹

Publicado el 17 de mayo de 2024

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el "Estado del sistema de alerta" en "No Activo", dado que se espera que en los siguientes meses predominen las condiciones neutras asociadas a la temperatura superficial del mar en la región Niño 1+2 que abarca la costa norte y centro del Perú.

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

Por otro lado, en el Pacífico central (región Niño 3.4) es más probable que en junio prevalezcan las condiciones neutras, mientras que desde julio hasta diciembre son más probables las condiciones frías, intensificándose hacia fin de año, señalando el posible desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central.

El pronóstico estacional para mayo-julio de 2024³ indica valores de temperaturas mínimas del aire de normales a inferiores de lo normal en la costa peruana y temperaturas máximas dentro de sus valores normales. En la región andina y Amazonía predominarán condiciones térmicas normales o por encima de lo normal.

Según el pronóstico hidrológico⁴, entre mayo y agosto de 2024, en la región hidrográfica del Pacífico se prevén caudales muy por debajo de lo normal en los ríos Chira y Piura; en el rango normal y muy sobre lo normal en los ríos Rímac y Mala, respectivamente, y muy sobre lo normal en el río Ocoña. Es necesario recordar que entre mayo y agosto se registran los caudales más bajos del año (estiaje). En la región hidrográfica del Titicaca se prevén caudales en el rango normal a muy por debajo de lo normal, en promedio. Finalmente, se prevén caudales debajo de lo normal en el río Amazonas.

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

² Hay que tomar en cuenta que los pronósticos de los modelos climáticos son menos confiables desde abril para adelante, esto como consecuencia de la barrera de predictibilidad (<https://doi.org/10.1002/joc.3513>). Esta situación mejorará con los pronósticos de los siguientes meses.

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

⁴ Pronóstico hidrológico estacional a nivel nacional, mayo-septiembre de 2024: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02694SENA-45.pdf>

En cuanto a los recursos pesqueros, en lo que resta del otoño, se espera que la anchoveta del stock norte-centro mantenga una amplia distribución hasta las 60 millas náuticas y se incremente la segregación espacial de cardúmenes de adultos y juveniles. Además, se esperaría que aumente la disponibilidad del jurel y la caballa en la región sur. Por otro lado, la disponibilidad de la merluza para la flota artesanal e industrial se mantendría en niveles similares a los observados en las últimas semanas de Paita hacia el norte.

Se recomienda a los tomadores de decisiones y población en general tener en cuenta los posibles escenarios de riesgo, de acuerdo a los pronósticos estacionales, con la finalidad que adopten las acciones que correspondan para la preparación y reducción del riesgo de desastres.

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 14 de junio de 2024.

- Para mayor información, consultar el Informe Técnico Mensual en el siguiente enlace: <https://bit.ly/InfTecENFEN08-2024>
- Puede acceder a leer en comunicado en su totalidad a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/comunicadoENFEN08-2024>

INSTITUCIONES MIEMBROS DEL ENFEN





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