

HUMEDALES COSTEROS DE PISCO EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Lucy Giráldez¹, Diana Ruiz¹,
Adelaida Aranibar¹, Harold
Llauca²

¹ Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú
² Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi), subdirección de Estudios e Investigaciones Hidrológicas, Lima, Perú



Lucy Giráldez es ingeniera agrónoma y magíster en Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Realizó estudios en agroclimatología en el Servicio Meteorológico Alemán (Deutscher Wetterdienst). Actualmente, se desempeña como parte del equipo del Instituto Geofísico del Perú, en el Observatorio Geofísico de Huancayo. Su labor se enfoca en analizar y comprender los impactos de la variabilidad climática y los eventos meteorológicos extremos, contribuyendo al conocimiento y la gestión de riesgos climáticos.

Palabras clave: Pisco, clima, cambio climático, humedales costeros

Citar como Giráldez, L., Ruiz, D., Aranibar, A., & Llauca, H. (2024). Humedales costeros de Pisco en el contexto del cambio climático. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 n.º 02, págs. 4-12.

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

La investigación refleja la creciente fragilidad de los humedales de Pisco frente al cambio climático, la degradación por cambio de uso del suelo, la contaminación y una gestión inadecuada. Por ello, los tomadores de decisiones deben elaborar un registro exhaustivo y actualizado de los humedales de Pisco. Asimismo, es crucial fortalecer las políticas y herramientas de gestión a nivel local y regional, fomentar la investigación sobre la variabilidad climática y sus repercusiones en los humedales, y llevar a cabo acciones urgentes de mitigación y adaptación al cambio climático teniendo en cuenta las proyecciones de aumento de temperatura y reducción de precipitaciones.

Resumen

Los humedales de Pisco, esenciales en la lucha contra el cambio climático, enfrentan una creciente vulnerabilidad ante sus efectos. La presente investigación aborda dos aspectos fundamentales. En primer lugar, se evaluó la dinámica climática utilizando datos de cinco estaciones meteorológicas y productos derivados (p. ej., PISCOp), lo que permitió identificar brechas en la información disponible.

En segundo lugar, se realizó un análisis exhaustivo de los instrumentos de gestión locales y regionales relevantes para la protección de estos ecosistemas. Los resultados muestran que la degradación de los humedales de Pisco se atribuye principalmente al cambio en el uso de suelo, la contaminación y los impactos del cambio climático, lo que dificulta su gestión adecuada debido a la falta de un inventario integral y preciso. La zona presenta un clima árido, con una temperatura promedio de 20.3 °C, y escasas

precipitaciones (<20 mm/año). La temperatura está influenciada por las fluctuaciones en la temperatura superficial del mar de la zona Niño 1+2. Durante los eventos El Niño, se observa un incremento en las temperaturas, con más días y noches cálidas; en tanto, durante La Niña, las temperaturas disminuyen, y aumentan los días y noches frías. Además, se ha registrado un aumento constante de las temperaturas, especialmente en las mínimas, con un incremento de +0.2 °C por década, con tendencia a incrementarse los días y noches cálidas, así como las temperaturas extremas máximas, lo que sigue patrones coherentes con el cambio climático global. Las proyecciones son alarmantes. Estas indican un aumento de las temperaturas entre +2.0 y +2.4 °C, así como una disminución de hasta 45 % en la precipitación para el año 2050. La escasez de investigaciones sobre la variabilidad y el cambio climático en los humedales de Pisco resalta la urgencia de ampliar el conocimiento científico en este campo. Además, la protección de estos ecosistemas requiere una mejora significativa en las políticas e instrumentos de gestión a nivel local y regional.

1. Introducción

Los humedales de Pisco brindan valiosos servicios ecosistémicos, tales como suministro de agua, alimentos, purificación del agua y regulación del clima. Estos humedales costeros, al igual que otros ecosistemas, desempeñan un papel clave en la mitigación del cambio climático al capturar y almacenar carbono atmosférico (Ore, 2019; Salimi et al., 2021). Sin embargo, el desequilibrio en el balance del carbono podría convertirlos en fuentes de gases de efecto invernadero (Meng et al., 2016; Ore, 2019; Salimi et al., 2021). Actualmente, se ha observado que estos ecosistemas costeros también enfrentan amenazas por el cambio climático que podrían acelerar su degradación, lo que causaría problemas como eutrofización y acidificación (Moya et al., 2005; Quispe, 2020; Salimi et al., 2021; Tabilo-Valdivieso et al., 2021).

En tal sentido, este estudio busca realizar un diagnóstico climático mediante la exploración de la variabilidad, patrones y tendencias climáticas, el análisis de investigaciones previas, así como de instrumentos locales y regionales relevantes, con el fin de promover una gestión orientada a la protección de estos valiosos ecosistemas.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Los humedales de Pisco se localizan en la provincia de Pisco, departamento de Ica, en las costas del mar peruano, entre las coordenadas geográficas de 13°30' y 13°50' latitud sur, y 75°55' y 76°15' longitud oeste (Instituto Geofísico del Perú, 2022). Abarca los distritos de Pisco, San Clemente, Independencia y Túpac Amaru Inca. El área de interés del presente estudio incluye los humedales adyacentes al litoral y los humedales de la margen derecha e izquierda del río Pisco (Figura 1).

2.2 Datos

Los datos utilizados en el estudio provienen de mediciones de temperatura mínima (Tmin), temperatura máxima (Tmax), precipitación (P), humedad relativa (HR) y caudal medio diario (Q) recopilados entre 1981 y 2021. Estos datos provienen de cuatro estaciones meteorológicas convencionales del Senamhi (Hacienda Bernales-HBL, Letrayoc-LET, Fonagro-FON y Conta-COT, así como de una estación meteorológica aeronáutica de Corpac (Aeropuerto Pisco-AEP). Además, se utilizó información de productos derivados de PISCO (Aybar et al., 2020; Huerta et al., 2018) y RAIN4PE (Fernandez-Palomino et al., 2022) para el periodo 1981-2015.

2.3 Metodología

Para asegurar la fiabilidad de los datos, primero se llevó a cabo un proceso de control de calidad utilizando la herramienta Rclimdex desarrollada en R (Zhang et al., 2018). Luego, se procedió a realizar un análisis exploratorio de datos diarios de precipitación (P), temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) provenientes de estaciones meteorológicas, así como de los productos PISCO y RAIN4PE, ambos con una resolución espacial de 10 km.

Para este estudio, solo fue posible completar los datos para temperatura mínima y máxima, las cuales se complementaron con el producto PISCO. Las series de precipitación no fueron completadas. A fin de calcular el promedio mensual, se estableció como criterio que el mes no debía contener más de 5 días sin información.

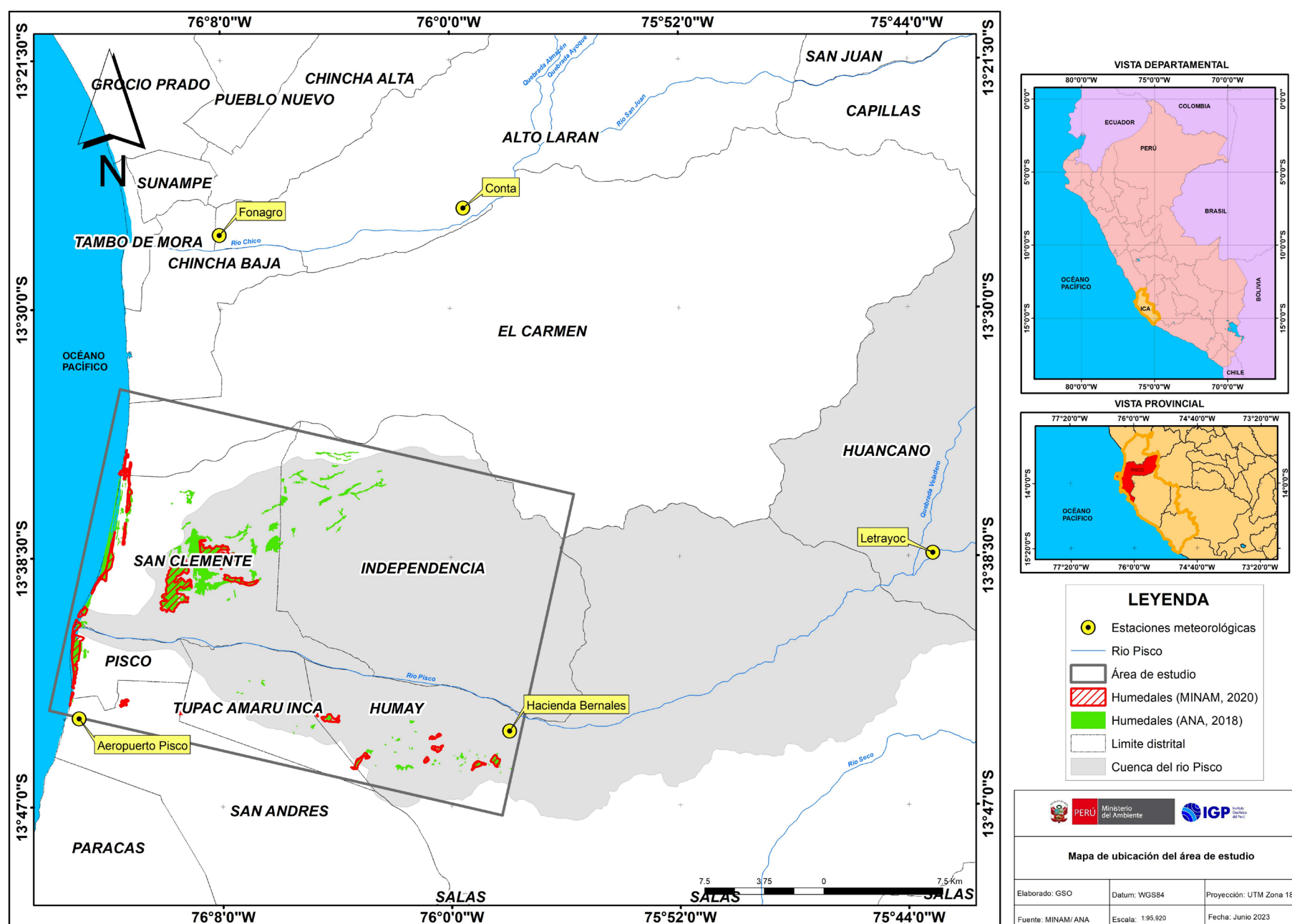


Figura 1. Localización del área de estudio. El área verde representa los humedales inventariados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2018), mientras que el área achurada de rojo corresponde a los humedales inventariados por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2020). Los puntos amarillos representan las estaciones meteorológicas de Senamhi y Corpac. Fuente: ANA (2018), MINAM (2020).

En cuanto al cálculo de los valores promedio anuales, se requirió que los 12 meses estuvieran completos. Este enfoque garantiza una evaluación precisa y coherente de los datos climáticos.

El análisis de la variabilidad climática se realizó en diversas escalas temporales. Se examinó el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés) a lo largo de un periodo de 12 meses para identificar tanto los periodos secos como los húmedos. Además, se utilizó la metodología del SPI con la variable caudal (Q) para calcular el Índice de Caudal Estandarizado (SQI, por sus siglas en inglés) también a lo largo de 12 meses. Para analizar tendencias climáticas, se empleó el método no paramétrico de Mann-Kendall (Kendall, 1975; Mann, 1945), respaldado por el método de Sen (Sen, 1968). Además, se exploraron los extremos climáticos con

nueve índices de temperatura (Klein et al., 2009). Adicionalmente, se identificaron posibles escenarios futuros para los humedales de Pisco con base en el estudio de escenarios de cambio climático centrados en 2050 (Llacza et al., 2021).

3. Resultados y discusión

3.1 Condiciones climáticas en los humedales de Pisco

Los humedales de Pisco tienen un clima árido, con temperatura promedio anual de $20.3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un pico máximo en febrero ($28.3\text{-}30\text{ }^{\circ}\text{C}$) y un mínimo en julio y agosto (11.8 y $14.3\text{ }^{\circ}\text{C}$). En zonas de mayor elevación (al este), las temperaturas tienden a ser más bajas, mientras que, hacia el litoral (al oeste),

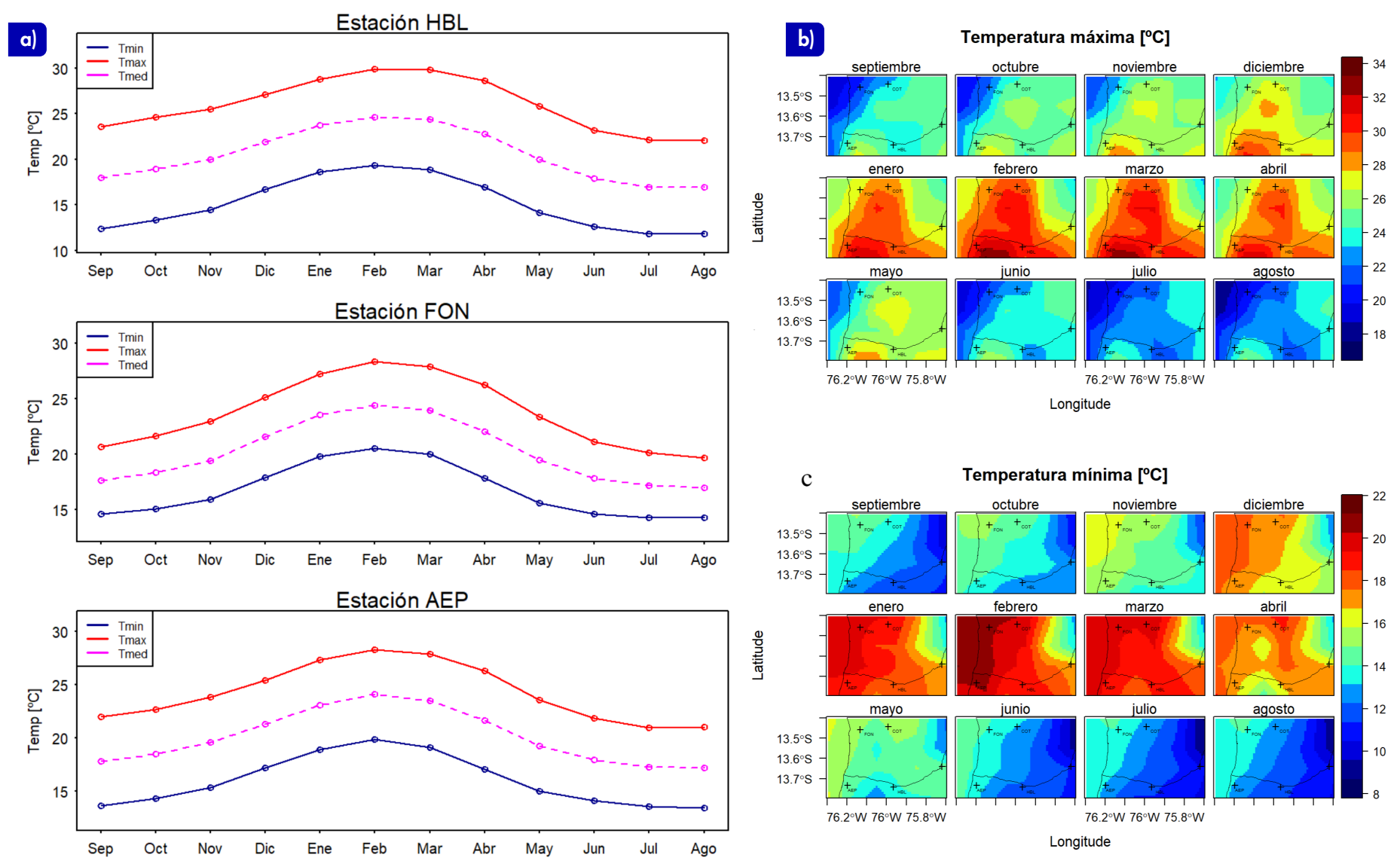


Figura 2. a) Promedio de la temperatura media (Tmed), temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) mensual (1981-2021). b) Climatología mensual grillado de la temperatura máxima durante el periodo 1981-2016. c) Climatología mensual de la temperatura mínima durante el periodo 1981-2016.

las temperaturas son más altas (Figura 2).

Las precipitaciones son escasas, no superan los 2.0 mm mensuales, y varían anualmente entre 0.8 mm (AEP) y 10.6 mm (FON). Las estaciones HBL y FON tienen un régimen bimodal, con picos en febrero y junio.

La humedad relativa promedio anual es del 81.4 %. El régimen hidrológico es unimodal. Los caudales medios mensuales oscilan entre 1.9 y 67.9 mm/mes. La temporada de avenidas abarca desde enero hasta abril; en tanto, la época de estiaje, se extiende de mayo a agosto.

La velocidad del viento, a una altura de 2 metros sobre la superficie, muestra una variación estacional. Es así que, durante septiembre a marzo, se registran las tasas más altas de velocidad de viento (3.5 m/s). Estos vientos más fuertes predominan en el sector suroeste de la zona analizada. Por otro lado, durante los meses de mayo y junio, se registran las velocidades más bajas.

3.2 Variabilidad interanual de la temperatura, precipitación y caudal

Los registros anuales de anomalías de temperatura muestran picos máximos en 1983 y 1997 en todas las estaciones climáticas (Figura 3). Estos picos indican periodos de temperaturas inusualmente altas, asociados con los eventos El Niño extraordinario. Respecto a la precipitación, la disponibilidad de los datos observados son insuficientes para realizar un análisis adecuado de su variación anual en el área de estudio.

La variabilidad interanual de los caudales del río Pisco, basada en los datos recopilados de la estación LET, muestra la presencia de años húmedos (1984, 1986 y 1998) y años secos (1990, 1992 y 1997). Además, se ha observado una relación entre los años húmedos, como 1984 y 1998, en la cuenca del río Pisco y las anomalías positivas de la TSM de años anteriores (Figura 4). Esto denota la importancia de considerar los datos hidrológicos locales y los factores

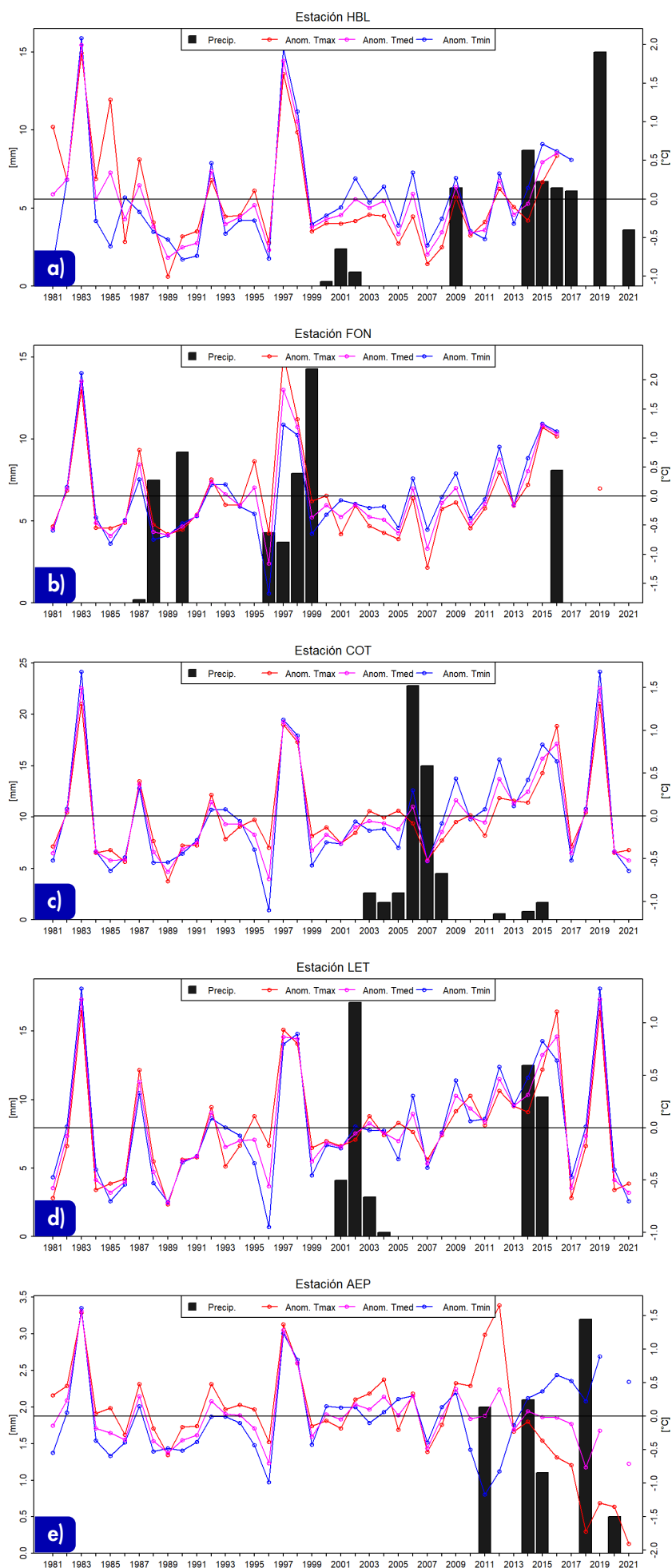


Figura 3. Variabilidad interanual de la precipitación y anomalías anuales de la temperatura mínima, máxima y media del aire en la estación a) HBL, b) FON, c) COT, d) LET y e) AEP

climáticos regionales para comprender la variabilidad del caudal del río Pisco. Cabe señalar que la falta de datos de caudales a partir de 2017 limita el análisis durante el periodo 2017-2021.

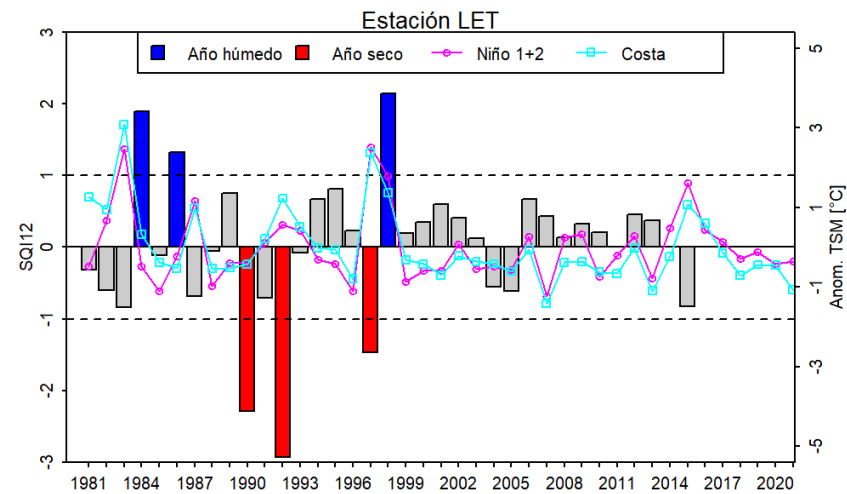


Figura 4. Índice de Caudal Estandarizado (SQI) de 12 meses (1982-2016) en la estación LET, anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2 (línea magenta) y promedio de los píxeles sobre las costas del área de estudio (línea cyan). Las barras en gris indican el SQI 12 dentro de lo normal (entre -1 y 1).

3.3 Tendencias climáticas de la temperatura y la precipitación

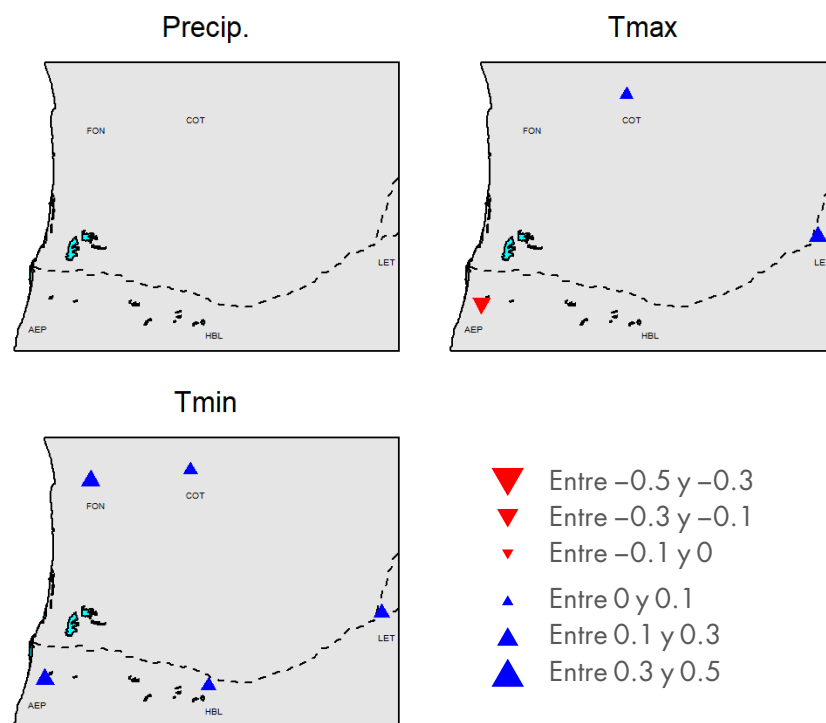


Figura 5. Índice de tendencia lineal (Tau) a nivel anual para las variables de precipitación, y temperatura máxima y mínima del aire (1981-2021).

En general, las series anuales de precipitación no presentan tendencia lineal significativa para las estaciones en el dominio de estudio (Figura 5, Tabla 1). Sin embargo, se encontraron tendencias significativas en las series anuales de temperatura. La Tmax en zonas aledañas a los humedales muestra una tendencia positiva, con un aumento gradual de +0.1 a +0.2 °C por década; en tanto, en la zona más cercana

Tabla 1. Tendencia anual de la precipitación y la temperatura (Tmax y Tmin) en estaciones ubicadas en los humedales de Pisco. Índice de tendencia lineal (Tau), nivel de significancia estadística (p-value) y magnitud de la tendencia (Sen).

Periodo	Estación	Precipitación			Temperatura (Tmax)			Temperatura (Tmin)		
		Tau	p-value	Sen [mm/año]	Tau	p-value	Sen [°C/año]	Tau	p-value	Sen [°C/año]
1981-2021	HBL	0.360	0.178	0.829	-0.108	0.361	-0.007	0.219	0.058	0.017
	FON	0.429	0.174	1.202	0.096	0.410	0.010	0.279	0.017	0.019
	COT	-0.229	0.461	-0.185	0.187	0.088	0.011	0.204	0.062	0.016
	LET	-0.067	0.352	-0.600	0.262	0.017	0.016	0.231	0.035	0.017
	AEP	0.298	0.266	0.012	-0.266	0.015	-0.024	0.294	0.008	0.019

Valores estadísticamente significativos (p-value ≤ 0.10)

a los humedales, la Tmax disminuye a una tasa de -0.2 °C por década. El incremento de la Tmin es aún más notable en los humedales de Pisco, con +0.2 °C por década (Figura 5, Tabla 1), lo cual está relacionado con el cambio climático global y podría tener implicancias importantes en la estructura y función de los humedales.

A nivel estacional, las Tmin tienden a ser más cálidas a lo largo del tiempo, excepto en primavera. En contraste, la Tmax y la P no muestran tendencias claras.

3.4 Índices climáticos extremos de temperatura

Los eventos El Niño y La Niña modulan las temperaturas extremas. Durante los eventos El Niño (1983, 1998, 2016 y 2019), es notable el incremento de las noches cálidas (TN90p) y días cálidos (TX90p), superando más del 20%. Además, se registra un porcentaje inferior al 5% de días fríos (TX10p) y noches frías (TN10p), lo que denota la escasez de temperaturas frías en estos períodos. Asimismo, existe una alta probabilidad de alcanzar valores máximos históricos de Tmax (TXx) y Tmin (TNx). Durante los eventos La Niña (1988, 1996, 2007 y 2010), se observan mayores porcentajes de noches frías (TN10p) y días fríos (TX10p). Además, existe una probabilidad elevada de registrar temperaturas máximas y mínimas excepcionalmente bajas (TXn y TNn).

La mayor incidencia de noches y días cálidos se asocia a las anomalías positivas de la TSM de la región Niño 1+2 (Tabla 2), mientras que, las noches y días fríos, se asocian a las anomalías negativas de la TSM en dicha región.

Tabla 2. Coeficientes de correlación lineal de Pearson (R) entre los índices de extremos climáticos calculados para las estaciones meteorológicas y la anomalía de la TSM en la región Niño 1+2.

Índice	TSM [°C] Niño 1+2				
	HBL	FON	COT	LET	AEP
P [mm]	0.32	-0.46	-0.24	0.55	0.13
DTr [°C]	-0.29	0.12	-0.47	-0.33	-0.19
TN90p [%d]	0.68	0.61	0.55	0.53	0.45
TN10p [%d]	-0.65	-0.77	-0.74	-0.72	-0.56
TX90p [%d]	0.47	0.63	0.49	0.52	0.24
TX10p [%d]	-0.56	-0.78	-0.67	-0.62	-0.44
TNn [°C]	0.58	0.68	0.68	0.64	0.45
TNx [°C]	0.44	0.58	0.55	0.56	0.26
TXn [°C]	0.75	0.8	0.52	0.6	0.68
TXx [°C]	0.38	0.37	0.42	0.5	0.06

Las tendencias indican un incremento de las noches y días cálidos del 2-3% y 2-5% por década, respectivamente, y una disminución de las noches frías entre -0.5 y -2.1% por década; sin embargo, los días fríos no muestran una tendencia clara.

Los valores máximos de las temperaturas nocturnas y diurnas se incrementan de 0.2-0.8 y 0.4-1.2 grados Celsius por década, respectivamente. En cambio, las temperaturas mínimas nocturnas y diurnas muestran tendencias variables. Estas tendencias son consistentes con los efectos del cambio climático global.

3.5 Condiciones futuras al 2050

Se proyecta un escenario futuro de incremento sostenido de la temperatura en Perú para 2050 (Llacza et al., 2021). Tanto los valores máximos (Tmax) como los mínimos (Tmin) mostrarán un incremento de 2.0-2.4 °C (Figura 6).

Se anticipa una disminución general de la precipitación anual para 2050 en los humedales de Pisco. La Figura 7 ilustra esta disminución y muestra variaciones en intensidad según la ubicación geográfica. En San Clemente, la disminución es aún más marcada (-45 %). Este cambio proyectado en la precipitación tiene el potencial de impactar

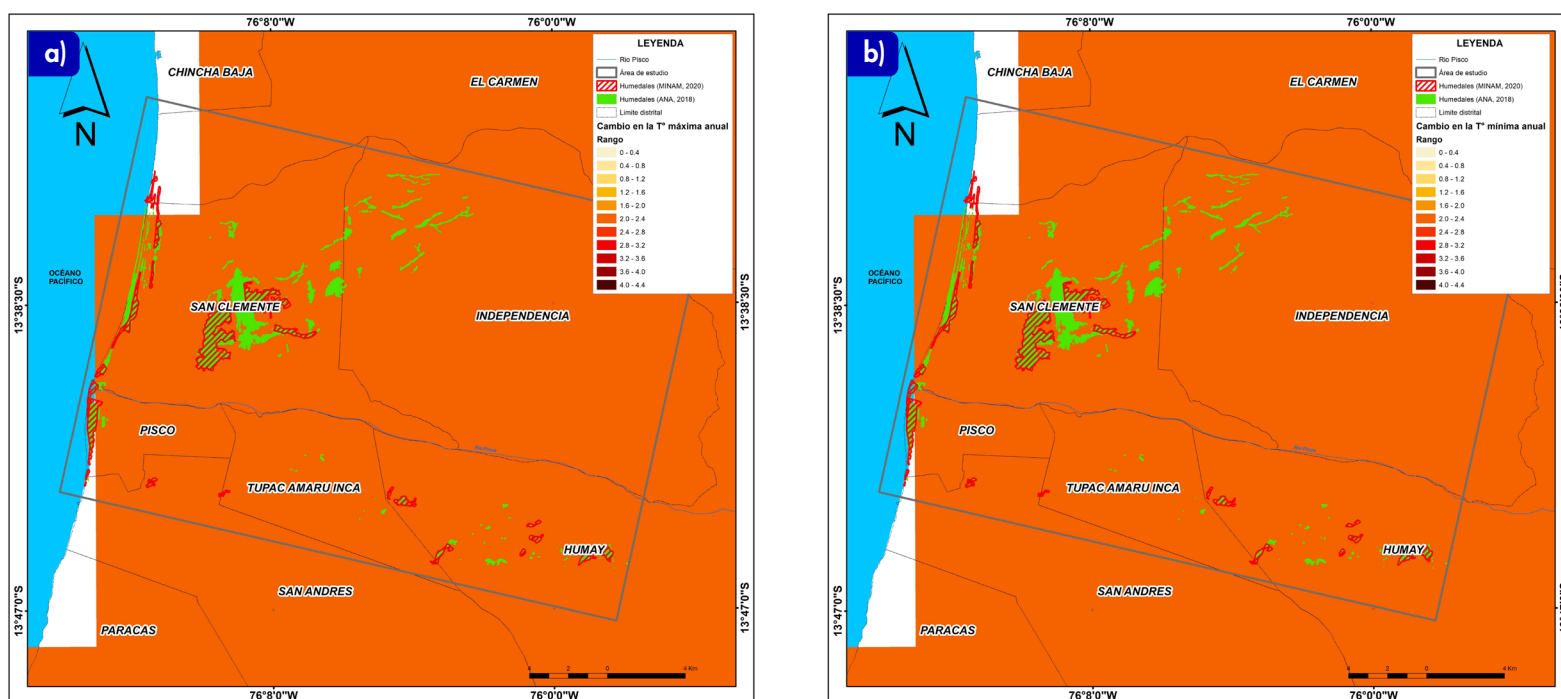


Figura 6. a) Cambios proyectados en la Tmax anual (°C) centrados al 2050 respecto al periodo 1981-2005. b) Cambios proyectados en la Tmin anual (°C) centrados al 2050 respecto al periodo 1981-2005.

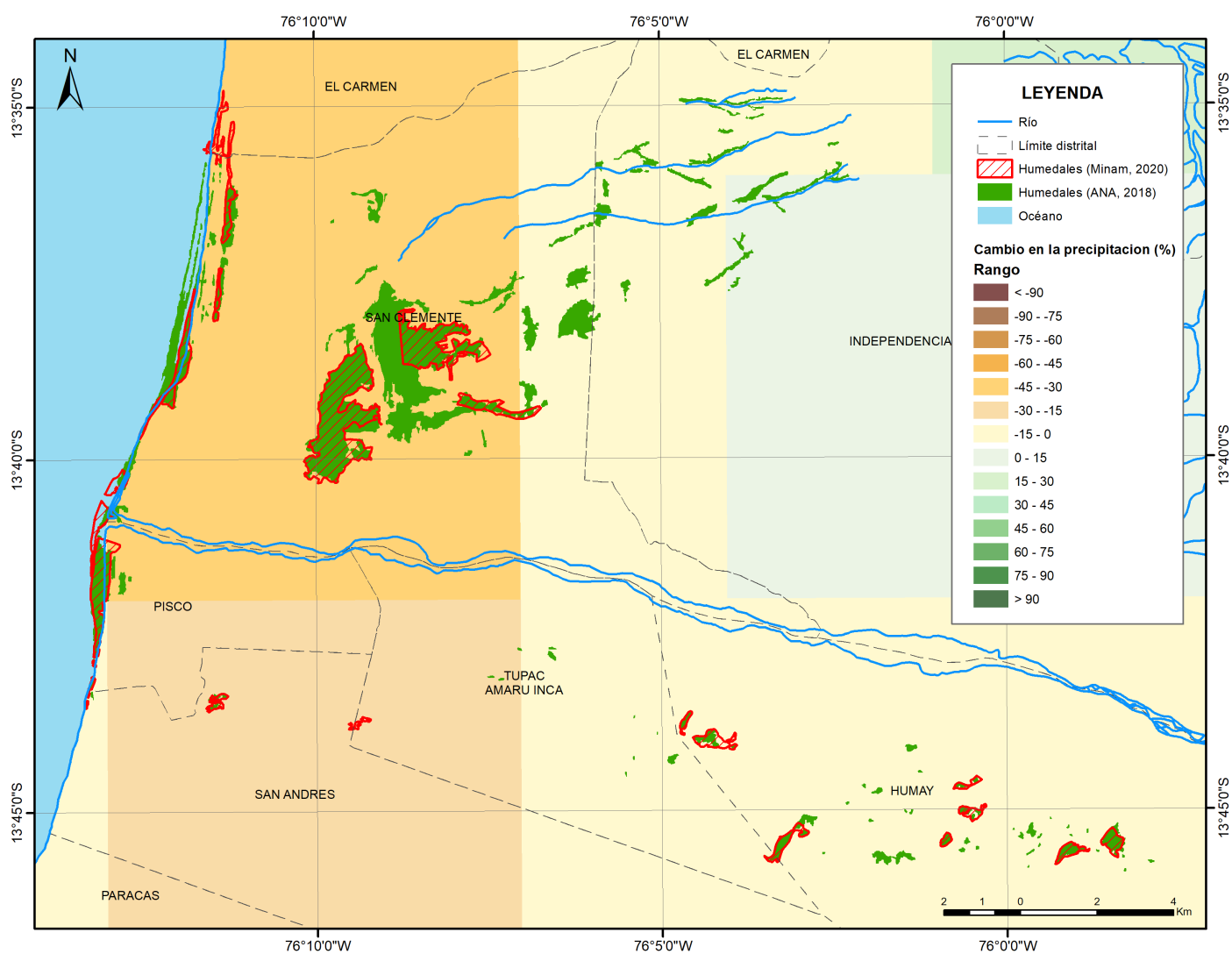


Figura 7. Cambios proyectados en la precipitación anual (%) centrados al 2050 respecto al periodo 1981-2005.

negativamente en la gestión del agua y en la sostenibilidad de los ecosistemas y comunidades vinculadas a los humedales de Pisco.

3.6 Brechas de conocimiento relacionadas a la variabilidad y el cambio climático en los humedales de Pisco

La respuesta de los humedales de Pisco al cambio climático es incierta; además, se carece de estudios exhaustivos a nivel nacional (Moya et al., 2005; Romero-Mariscal et al., 2023). Para garantizar la sostenibilidad de los humedales y maximizar su capacidad de mitigar el cambio climático, se requiere implementar estrategias de gestión sostenible respaldadas por investigaciones científicas. Por ello, entre los temas de investigación clave para la gestión y conservación efectiva de los humedales de Pisco en el contexto del cambio climático, se debería incluir el balance hídrico, los escenarios climáticos futuros, el análisis de la dinámica del suelo y la biodiversidad, la evaluación del riesgo, la dinámica del carbono, el monitoreo atmosférico, y la calidad del agua y valoración económica.

3.7 Gestión del cambio climático a nivel regional y local

El cambio climático, siendo global y a largo plazo, demanda adaptaciones locales para abordar impactos directos, especialmente debido a la implementación de políticas a nivel local cercanas al territorio y ciudadanos (Cash et al., 2006; Feliu et al., 2015). Por lo tanto, la salvaguarda de los humedales de Pisco frente al cambio climático depende, en gran medida, de políticas e instrumentos locales y regionales.

De la revisión de los instrumentos de gestión locales y regionales en Pisco e Ica, se revela la falta de enfoque específico en los humedales, lo que resulta en una limitada conciencia pública sobre su valor. El interés de la sociedad civil y las organizaciones por conservar estos humedales debería reflejarse en estos instrumentos de gestión para identificar, priorizar y ejecutar acciones específicas para la protección de estos ecosistemas. Para asegurar la efectividad en la elaboración o actualización de planes y estrategias de conservación, se enfatiza la necesidad de que los gobiernos regionales y locales se respalden en información técnico-científica actualizada de fuentes

oficiales, así como de la asistencia técnica del MINAM.

La buena gobernanza, con flexibilidad, transparencia, inclusividad y la integración de nuevos conocimientos, es esencial para la gestión exitosa de los humedales. Fortalecer los roles gubernamentales, y fomentar la colaboración y la coordinación, contribuirán a una protección más efectiva y a la promoción de la conciencia pública sobre el valor de los humedales en la región.

4. Conclusiones

La gestión sostenible de los humedales de Pisco es esencial considerando la complejidad de factores que afectan estos ecosistemas valiosos y vulnerables. La degradación de estos humedales se atribuye a la contaminación, el cambio de uso de suelos debido al desarrollo urbano acelerado y a la expansión agrícola que es exacerbada por el cambio climático. Aunque se han logrado avances en el inventario de humedales costeros de Pisco, aún persiste la falta de información precisa debido a la extensión y cantidad de estos ecosistemas.

El clima en los humedales de Pisco es árido y muestra temperaturas medias de 20.3 °C, variaciones estacionales notables, precipitaciones escasas y patrones interesantes en su distribución. La temperatura está fuertemente influenciada por la TSM de la región Niño 1+2, la cual propicia un incremento (o disminución) de la temperatura durante los eventos El Niño (o La Niña). Se observa un aumento sostenido en las temperaturas, especialmente durante la noche, coherente con patrones típicos del cambio climático global. Los escenarios climáticos son preocupantes, ya que proyectan un aumento significativo de temperaturas (entre +2.0 y +2.4 °C) y una disminución considerable de la precipitación, hasta un 45 %, en los humedales de Pisco para el año 2050. La escasez de estudios sobre la variabilidad y cambio climático en los humedales de Pisco destaca la urgencia de priorizar investigaciones para garantizar su sostenibilidad basada en el conocimiento científico. La protección efectiva de los humedales de Pisco ante el cambio climático requiere la implementación efectiva de políticas e instrumentos de gestión a nivel local y regional.

Cabe señalar que la presente investigación forma parte del segundo volumen del informe técnico especial sobre los humedales costeros del Perú: Pisco-

Ica, (Instituto Geofísico del Perú, 2023). Para mayor información, puede consultar la versión completa del documento en el siguiente enlace: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5508>

Referencias

Autoridad Nacional del Agua (2018). *Estudio Piloto: Inventario de Humedales en el Ámbito de la ALA Pisco*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3310>

Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Felipe-Obando, O. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770–785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>

Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and information in a Multilevel World. *Ecology and Society*, 11(2), 8. <https://doi.org/10.5751/es-01759-110208>

Feliu, E., García, G., Gutiérrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C., Alonso, A. (2015). *Guía para la elaboración de planes locales de adaptación al cambio climático*. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espanoles_tcm30-178446.pdf

Fernandez-Palomino, C. A., Hattermann, F. F., Krysanova, V., Lobanova, A., Vega-Jácome, F., Lavado, W., Santini, W., Aybar, C., & Bronstert, A. (2022). A Novel High-Resolution Gridded Precipitation Dataset for Peruvian and Ecuadorian Watersheds: Development and Hydrological Evaluation. *Journal of Hydrometeorology*, 23(3), 309–336. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0285.1>

Huerta, A., Aybar, C., & Lavado-Casimiro, W. (2018). *PISCO temperatura v. 1.1 (PISCO t v 1.1)*. SENAMHI - DHI-2018: Vol. 1.1. http://iridl.ldeo.columbia.edu/documentation/.pisco/.PISCOt_report.pdf

Instituto Geofísico del Perú (2022). *Humedales costeros del Perú: Pisco - Ica. Volumen I*. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5347>

Instituto Geofísico del Perú (2023). *Humedales costeros del Perú: Pisco - Ica. Volumen II*. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5508>

Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods. Charles Griffin. Klein, A. M. G., Zwiers, F. W., & Zhang, X. (2009). *Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. Climate Data and Monitoring. Issue WCDMP-No. 72). World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/records/item/48826-guidelines-on-analysis-of-extremes-in-a-changing-climate-in-support-of-informed-decisions-for-adaptation>

Llacza, A., Acuña, D., Jácome, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Alvarez, E., Flores, W., Urdanivia, F., & Sulca, S. (2021). *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>

Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>

Meng, L., Roulet, N., Zhuang, Q., Christensen, T. R., & Frohling, S. (2016). Focus on the impact of climate change on wetland ecosystems and carbon dynamics. *Environmental Research Letters*, 11(10), 1–4. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/100201>

MINAM. (2020). *Identificación, delimitación y tipificación de los humedales costeros de los departamentos de Lima e Ica*.

Moya, B. V., Hernández, A. E., & Elizalde Borrell, H. (2005). Los humedales ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, 37, 127-132. <https://doi.org/10.14198/ingeo2005.37.07>

Ore, E. (2019). *Estimación de la captura de CO₂ en el humedal Caucato del área de conservación regional de Ica*. [tesis de Doctorado en Gestión Ambiental, In Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio Institucional Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/80b5e86f-dbfa-4d49-8f40-02f10c06a878>

Quispe, M. A. (2020). *Valoración económica del servicio de ecoturismo en los humedales de Pisco, a partir del método de valoración contingente*. [tesis de Magister Scientiae en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4398>

Romero-Mariscal, G., Garcia-Chevesich, P. A., Morales-Paredes, L., Arenazas-Rodriguez, A., Ticona-Quea, J., Vanzin, G., & Sharp, J. O. (2023). Peruvian Wetlands: National Survey, Diagnosis, and Further Steps toward Their Protection. *Sustainability*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/su15108255>

Salimi, S., Almuktar, S. A. A. N., & Scholz, M. (2021). Impact of climate change on wetland ecosystems: A critical review of experimental wetlands. *Journal of Environmental Management*, 286, 112160. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112160>

Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389. <https://doi.org/10.2307/2285891>

Tabilo-Valdivieso, E., & Chávez-Villavicencio, C. (2021). Percepción de los pobladores de Caleta El Toro sobre los recursos de la desembocadura del río Limarí (Chile) y su contribución para convertirse en Sitio Ramsar. *Arnaldoa*, 28(2), 397–408. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2413-32992021000200397&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Zhang, X., Feng, Y., & Chan, R. (2018). *Introduction to RClimDex v1.9*. Environment and Climate Change Canada, Climate Research Division. <https://usermanual.wiki/Document/manual.2056401896.pdf>