

ODS 13. Acción por el clima. Estrategias de adaptabilidad como acción climática frente a los cambios de la temperatura del aire en las Américas



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.359.13>

ENRIQUE DE JESÚS MORALES ACUÑA*
GABRIEL SANTIAGO GUTIÉRREZ CÁRDENAS**
WENDY JOHANA OROZCO RODRÍGUEZ***
ANDREA MANRIQUE-CANTILLO****
JEAN R. LINERO-CUETO*****
DIEGO GÓMEZ-SÁNCHEZ*****
GUIDO HERRERA-VÁSQUEZ*****
DIANA CECILIA ESCOBEDO URÍAS*****
NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA*****

-
- * Doctor en Oceanografía Costera por la Universidad de Autónoma de Baja California, México Investigador Postdoctoral del SECIHTI en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7193-3583>; Scopus: 57208718808 ; emoralesa1400@alumno.ipn.mx
- ** Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3915-7684>
- *** Maestrante en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en el Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0123-5231>
- **** Doctorante en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico del IPN, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6212-2789>
- ***** Doctor en Ciencias Marinas. Docente en la Universidad del Magdalena, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-4884>; Scopus:5720871828
- ***** Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera por la Universidad Autónoma de Baja California, México.
- ***** Ingeniero de Sistemas por el Educación Superior San José, Colombia.
- ***** Doctora en Ciencias Marinas. Profesora-investigadora Titular C, en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0174-1161>; Scopus: 57204235805
- ***** Doctora en Oceanografía Biológica. Profesora-investigadora en IPN-CIEMAD, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2863-3323>; Scopus:37017679700

Resumen

El incremento progresivo que ha presentado la temperatura del aire en las últimas décadas requiere de acciones y estrategias que permitan planes de gestión que conlleven a la mitigación y adaptabilidad de comunidades, ecosistemas y especies. El presente capítulo aborda la urgente necesidad de desarrollar e implementar estrategias efectivas para enfrentar los desafíos que plantea el cambio climático en las zonas costeras del continente americano. Por esto, mediante las secciones del capítulo, se presenta un contexto histórico de la temperatura del aire a diferentes escalas temporales haciendo énfasis en los cambios y tendencias temporales que ha tenido la temperatura del aire dentro del periodo 1950 a 2024. El contexto actual presenta los cambios en las últimas tres décadas, encontrando tres temporadas: fría (1995-2004), intermedia (2005-2014) y cálida (2015-2024), respecto al periodo base 1991-2020. Aunado a esto, se pudo determinar que para el periodo 1950-2024 las regiones polares se vieron más afectadas por los incrementos de temperatura ($0.0363^{\circ}\text{C}/\text{año}$), en comparación con el Ecuador y los trópicos. Al analizar los cambios mensuales que tuvo la temperatura del aire en el 2024 respecto al periodo base (1991-2020), pudimos determinar que los meses de septiembre y octubre son los más cálidos, con predominio de anomalías positivas en todo el continente e incrementos hasta de 9.6°C . Estos incrementos en la temperatura del aire permitieron proponer estrategias de adaptabilidad que involucran desde el sector económico hasta la salud pública en las comunidades costeras, donde la densidad de poblaciones significativamente alta.

Palabras clave: *acción climática, América, temperatura del aire, Objetivos de Desarrollo Sostenible.*

Introducción

El cambio en el clima global es cada vez más evidente y genera preocupación, por las alteraciones significativas en los patrones climáticos del plane-

ta, representando uno de los mayores desafíos ambientales, sociales y económicos de nuestro tiempo. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) menciona que la temperatura en el planeta ha experimentado fluctuaciones de periodos cálidos y fríos desde el Paleoceno hasta el presente (Gulev et al., 2021). Desde la era industrial se ha evidenciado un aumento de la temperatura en el planeta, atribuido a actividades antropogénicas como la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) (Gulev et al., 2021; Lee et al., 2021). El rango probable de calentamiento inducido por el hombre en la temperatura media global en 2010-2019 es de 0,8°C-1,3°C (IPCC, 2021), comparado con 1850-1900. Se prevé que durante el periodo 2024-2028 la temperatura media del planeta supere en 1.5°C los niveles preindustriales (WMO, 2024).

De los parámetros evaluados y proyectados por el IPCC, la temperatura es el que ha generado mayor confianza en la comunidad científica por la disponibilidad de registros en comparación con otros indicadores, una gran respuesta al forzamiento antropogénico en comparación con la variabilidad de la media mundial, y una sólida comprensión teórica de la termodinámica clave que impulsa sus cambios (Forster et al., 2024). Las simulaciones de la Fase 6 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP6) muestran una tendencia general hacia un mayor calentamiento global de la superficie a largo plazo con respecto a los modelos CMIP5 para escenarios comparables, con una confianza muy alta (Eyring et al., 2021).

El aumento de la temperatura en el planeta tiene consecuencias directas en los ecosistemas y las sociedades humanas, tales como la pérdida de especies, afecciones en la salud humana, impactos en la producción de alimentos y aumento del nivel del mar (IPCC, 2023b). Estas consecuencias dependen en gran medida de la presión climática ejercida y la evaluación de vulnerabilidad de la población humana, los sistemas y sectores expuestos (Nagy et al., 2007). En particular, las regiones costeras de América se encuentran en una situación de vulnerabilidad creciente, expuestas a eventos extremos como el aumento del nivel del mar, la intensificación de tormentas y la erosión costera. Sin embargo, debido a la complejidad de los procesos costeros, los modelos climáticos requieren una alta resolución, de al menos 1 km o más fina que representen bien los fenómenos que allí ocurren

(Fox-Kemper et al., 2021), lo cual supone un reto para los investigadores que puedan proveer datos y alternativas para afrontar estos desafíos.

Ante este panorama, resulta imperativo adoptar medidas urgentes y efectivas para mitigar los efectos del cambio climático y adaptarse a sus consecuencias así como los constantes cambios en el clima a escala global y la intensificación de sus efectos debido a actividad antropogénica. El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13: Acción por el clima, que busca fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales, está encaminado a movilizar financiación destinada a integrar las medidas de reducción del riesgo de desastres en las políticas y estrategias nacionales de los países en vías de desarrollo (UNDP, 2021). Asimismo se busca limitar el calentamiento a los 1.5°C y disminuir las emisiones de CO₂ 45% a 2030 y alcanzar emisiones cero a 2050; la implementación adecuada de esta acción por el clima proporcionará grandes beneficios económicos para 2030 (UN, 2015). América, con su extensa línea de costa y alta densidad poblacional en áreas litorales, es particularmente susceptible a los efectos derivados del aumento de la temperatura, lo que hace fundamental el desarrollo de estrategias de adaptabilidad para minimizar los impactos en infraestructuras, ecosistemas y medios de vida (Nicholls et al., 2021).

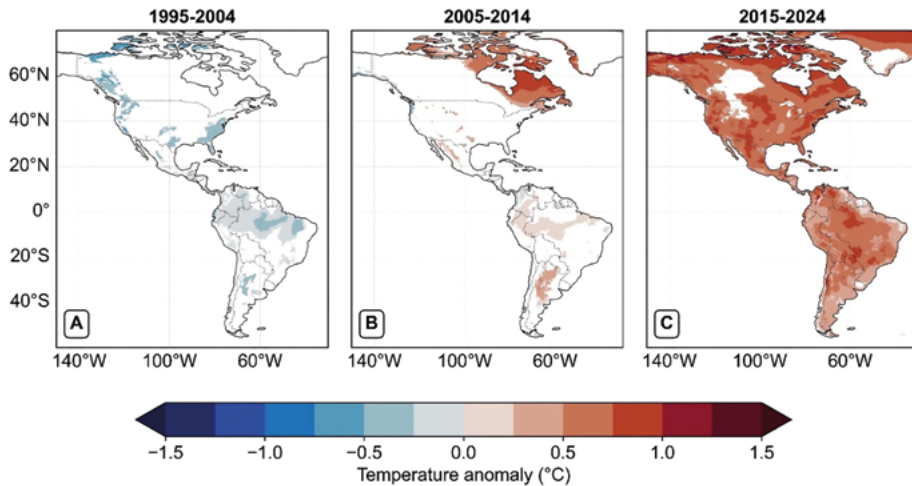
A lo largo de los años, América Latina y el Caribe han avanzado en la implementación de diversas estrategias de adaptación, sin embargo, es necesario intensificar los esfuerzos para hacer frente a los desafíos que plantea el cambio climático en una región tan diversa y vulnerable. Estos esfuerzos están enfocados en la reducción de los GEI, aunque este parámetro depende mayoritariamente de los países desarrollados, con grandes industrias, y los países en vías de desarrollo como gran parte de América deben enfocarse en cómo afrontar los impactos de esas emisiones, modelando los impactos locales, proporcionando soluciones innovadoras pero viables en las condiciones socioeconómicas y ambientales de cada país, aportando a las estrategias en adaptabilidad tanto para la población como para las actividades productivas (agronomía, ganadería, industrias) que sean priorizadas en cada país (Bouroncle et al., 2015; Costa Posada, 2007; Nagy et al., 2007).

El presente documento tiene como objetivo analizar las principales estrategias de adaptabilidad que se están llevando a cabo en América para enfrentar los cambios de temperatura y sus impactos. Se explorarán las diversas iniciativas y políticas públicas implementadas en la región, así como los avances y desafíos en la implementación del Objetivo 13. Asimismo, se discutirán las oportunidades y sinergias que existen entre las diferentes estrategias de adaptación y los esfuerzos por alcanzar otros objetivos de desarrollo sostenible.

Contexto actual de la temperatura

Al evaluar la evolución espacial y temporal de la temperatura del aire a 2 m de altura en las tres últimas décadas respecto a la normal climatológica 1991-2020 propuesta por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2017), usando datos del ERA-5 Land disponibles en <https://cds.climate.copernicus.eu/>, podemos evidenciar claramente como la década 1995-2004 (figura 1A) respecto al periodo 2015-2024 (figura 1B), resulta ser más fría, mientras que el periodo 2005-2014 (figura 1C), parece ser un periodo de transición entre temperaturas bajas y altas. Si analizamos por separado cada una de las décadas evaluadas podemos determinar una predominancia de anomalías negativas con una significancia de 95% en casi todo el continente durante la década 1995-2004, indicando con ello que, con respecto a la normal climatológica, este periodo parece contener las menores temperaturas de las últimas tres décadas. Para este periodo la menor disminución de la temperatura ocurrió en la región de los trópicos o la bien llamada zona cálida, donde los decrementos alcanzaron hasta -0.25°C (figura 1A), mientras que en el círculo polar Ártico y la zona templada se encontraron disminuciones mayores a -0.5°C (figura 1A). Este comportamiento también lo describe Lindsey et al. (2024), donde el calentamiento reciente es mucho más acelerado con respecto al periodo a largo plazo, con algunas regiones donde el incremento en la temperatura llega hasta 1°C por década, como el Ártico.

Figura 1. Anomalías decadales de la temperatura del aire a 2m de altura. Las anomalías son obtenidas respecto a la normal climatológica 1991-2020 propuesta por la OMM. Los valores presentados son estadísticamente significativos en 95%

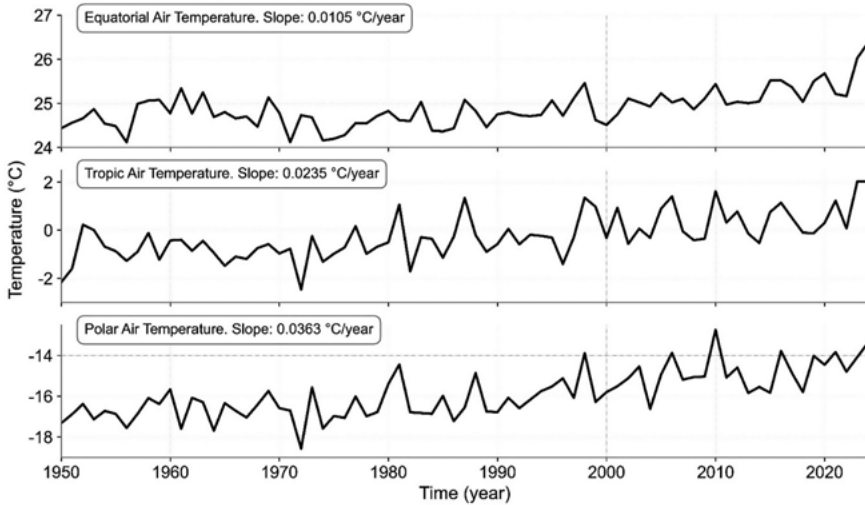


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la década 2005-2014 (figura 1B) se muestra con un periodo transicional que refleja un cambio progresivo entre las temperaturas bajas y altas. En esta década, la temperatura presenta anomalías positivas en algunas regiones del continente; estos incrementos alcanzan hasta 1.0°C por encima del periodo 1991-2020 y se observan al noroeste del continente, donde se ubica el círculo polar Ártico, en la zona templada o tropical y la región Ecuatorial, excluyendo el centro y norte de Colombia, donde las temperaturas disminuyen hasta -0.25°C respecto al periodo 1991-2020 (figura 1B). Finalmente, la década de 2015-2024 (figura 1C), se muestra con incrementos de 0.5 a 1.5°C por encima de la temperatura registrada de 1991-2020. Esto permite determinar que la última década ha sido la más cálida de las últimas tres y que sus impactos fueron más intensos en algunas regiones muy puntuales del continente donde se alcanzaron temperaturas 1.5°C más altas que el periodo de referencia. La zona del continente que presentó predominantemente estos incrementos en la temperatura responde claramente al círculo polar Ártico, la región central, las costas y suroeste de Estados Unidos.

Al agrupar las diferentes zonas del continente (ecuatorial, tropical y polar) y evaluar las tendencias interanuales de la temperatura del aire en el periodo 1950 a 2024 (figura 2), podemos ratificar que los cambios más relevantes en la temperatura del aire suceden en la regiones polares, donde el incremento es de $0.0363^{\circ}\text{C}/\text{año}$, a diferencia de la zona ecuatorial donde estos incrementos fueron $\sim 0.02^{\circ}\text{C}/\text{año}$ menor. En términos generales parece existir un gradiente latitudinal desde los polos hacia la región ecuatorial (figura 1).

Figura 2. Cambios interanuales de la temperatura del aire para el periodo 1950-2024. Se presenta el cálculo de las tendencias temporales y la tasa de cambio obtenidas a partir de las pruebas no-paramétricas de Mann-Kendal Modificada y Theil-Sen con una significancia estadística de 95%

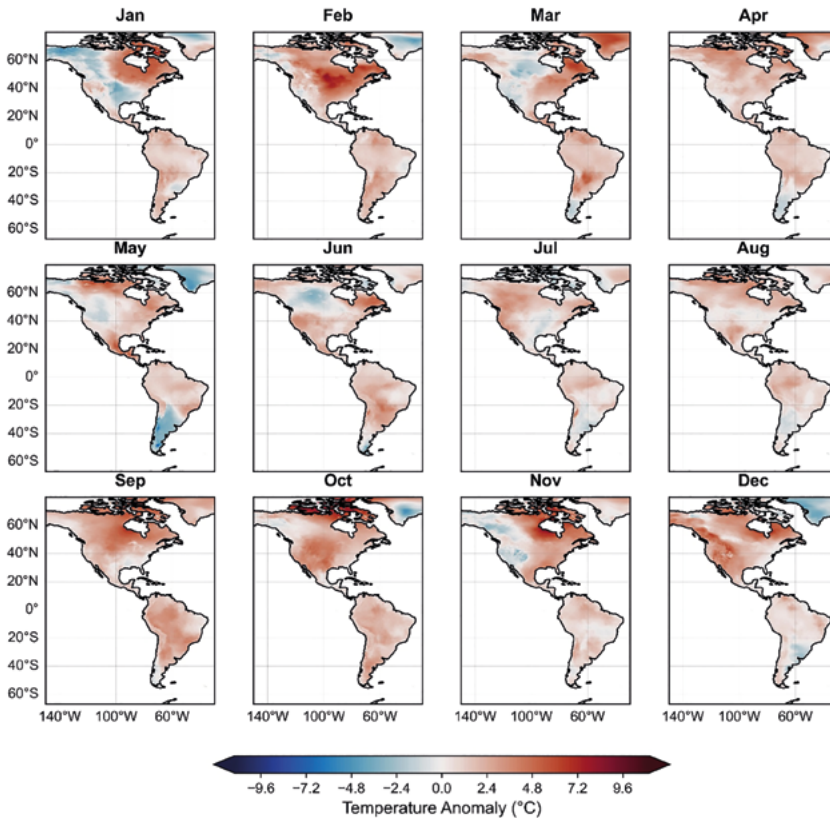


Fuente: elaboración propia.

Durante 2024 se han aumentado las alertas a escala mundial por los incrementos que ha tenido la temperatura en algunas regiones del mundo. Por ejemplo: Dunstone et al. (2024) pronosticaron niveles récord de temperatura superficial a nivel mundial, con 1.5°C por encima de los niveles industriales. En China, también se reportó el 2024 como el año más caluroso desde 1961 (Zhou et al., 2025). En este contexto es necesario evaluar cuánto ha cambiado la temperatura en las Américas durante este periodo respecto al periodo base 1991-2020. Luego de analizar estos cambios (figura 3), se identifica que en 2024 los meses de septiembre y octubre, resultaron ser los más cálidos con

predominio de anomalías positivas en todo el continente e incrementos hasta de 9.6°C , en algunas regiones, por encima de la normal climatológica (1991-2020), resaltando la región del círculo polar Ártico. Adicionalmente, los meses de enero, marzo, mayo, junio y noviembre presentan un comportamiento similar en cuanto a una disminución de la temperatura dado que esta alcanza hasta -7.2°C al noroeste y norte del continente. Particularmente, el mes de mayo muestra un enfriamiento al sur del continente, con temperaturas que alcanzan hasta -7.2°C por debajo del periodo base o normal climatológica. En la zona costera del continente predominaron incrementos durante casi todo 2024, a excepción de los meses que corresponden a las temporadas de invierno de ambos hemisferios.

Figura 3. Anomalías mensuales de la temperatura del aire para 2024 respecto a la normal climatológica 1991-2020



Fuente: elaboración propia.

La figura 3 revela un claro patrón de amplificación polar ártica, donde las anomalías positivas de temperatura son significativamente más intensas en las latitudes altas del hemisferio norte. Este fenómeno es consistente con lo que se conoce como “Arctic Amplification”, documentado en estudios de Cohen et al. (2020) y Previdi et al. (2021), que demuestran que el Ártico se está calentando más rápido que el promedio global. Nicholls et al. (2018), por su parte, señalan que la amplificación ártica es una preocupación central para el aumento del nivel del mar a largo plazo. Los meses de septiembre y octubre de 2024 presentan las anomalías positivas más pronunciadas en todo el continente, mientras que enero, marzo, mayo, junio y noviembre muestran patrones de enfriamiento en ciertas regiones. Esto sugiere una intensificación de los extremos estacionales, consistente con las proyecciones de Sherwood et al. (2020), sobre el comportamiento de las anomalías térmicas bajo escenarios de cambio climático avanzado.

Se observa una clara asimetría entre los hemisferios norte y sur. Durante mayo (otoño austral), el sur del continente experimenta anomalías negativas significativas, mientras el norte muestra condiciones más cálidas. Esto podría relacionarse con alteraciones en los patrones de circulación atmosférica como el jet stream, cuya ondulación se ha incrementado según Francis y Vavrus (2015). Las regiones costeras del continente muestran predominantemente anomalías positivas durante la mayor parte de 2024, con excepciones sólo durante los meses invernales correspondientes. Este patrón de calentamiento costero acelerado coincide con lo señalado por Nicholls et al. (2018), sobre la vulnerabilidad específica de los ecosistemas costeros frente al cambio climático y la necesidad de adaptación en estas zonas geográficas críticas.

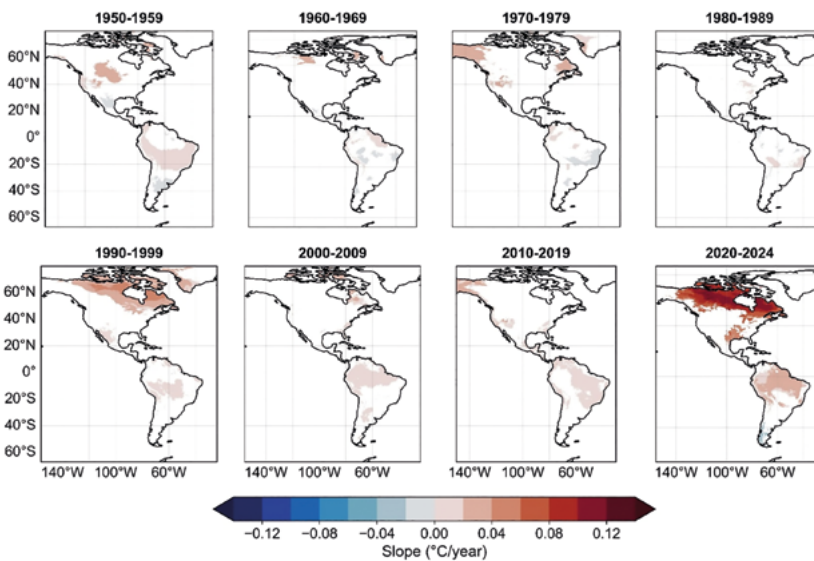
Las anomalías positivas que alcanzan hasta $+9.6^{\circ}\text{C}$ en algunas regiones representan valores extremadamente elevados, incluso en el contexto del calentamiento global actual. Tales anomalías superan significativamente los umbrales de $+1.5^{\circ}\text{C}$ o $+2.0^{\circ}\text{C}$ discutidos en el Acuerdo de París. Estas observaciones apuntan a un 2024 con patrones térmicos anómalos acelerados respecto a la climatología base 1991-2020, con particular intensidad en el Ártico. La distribución espacial y temporal de estas anomalías sugiere modificaciones sustanciales en los sistemas de circulación atmosférica a gran escala que podrían tener implicaciones significativas para los ecosistemas y las comunidades humanas a lo largo del continente americano.

Cambios decadales

De acuerdo con las tendencias decadales de la temperatura del aire para las Américas desde 1950 a 2019, las décadas de 1950, 1970 y 1990 mostraron los cambios más abruptos de temperatura en regiones tropicales y en el Ártico, sin embargo, esta última región mostró los valores más abruptos con $0.4^{\circ}\text{C}/\text{año}$, comportamiento también reportado por Przybylak (2007), con cambios de hasta 1°C . En contraste con lo anterior, la década de 1980 mostró los menores cambios del periodo de tiempo analizado en las Américas.

Por otro lado, la tendencia del periodo de 2020 al 2024 mostró un cambio abrupto que sobrepasa los valores encontrados en la serie de 1950 a 2019, con $0.12^{\circ}\text{C}/\text{año}$, casi $0.8^{\circ}\text{C}/\text{año}$ por encima del máximo valor encontrado en la década de 1990 para la región del Ártico, superando significativamente las tendencias históricas. Este aumento ocurrió casi en la mitad de la década de 2020 a 2030 y hace parte del aumento de la temperatura global reportada para 2024, que es considerado como el año más cálido (Bevacqua et al., 2025).

Figura 4. Tendencias temporales por décadas desde 1950 hasta 2019 y de 2020 a 2024



Fuente: elaboración propia.

Algunas estrategias de adaptabilidad para afrontar las variaciones de la temperatura en las zonas costeras

Las zonas costeras representan áreas de alta densidad demográfica a escala mundial, al albergar aproximadamente 40% de la población global (Rangel-Buitrago et al., 2020). Son áreas de gran relevancia debido a la significativa contribución en la seguridad alimentaria y en la generación de empleo. Como ocurre en el centro y sur del continente americano, donde más de dos millones de personas dependen directamente de los ecosistemas oceánicos y costeros para su sustento, lo que genera ingresos y promueve el crecimiento económico regional (FAO, 2018). Esto posiciona a las zonas costeras como espacios estratégicos en términos socioeconómicos (Nelson, 2018). No obstante, estas zonas son altamente vulnerables a las variaciones ambientales generadas por el cambio climático (Marzouk y Azab, 2024), las cuales representan graves amenazas para las zonas costeras, destacándose el aumento de temperatura, el incremento del nivel del mar, la erosión costera y la intensificación de fenómenos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas (Li et al., 2009; Woodruff et al., 2018). Estas alteraciones tienen consecuencias socioeconómicas significativas, tales como el desplazamiento poblacional, el deterioro de infraestructura, el decrecimiento en las actividades económicas e industriales y la destrucción de hábitats costeros y sus servicios ecosistémicos (Torresan et al., 2008). Además, el aumento de las temperaturas favorecerá un incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor, lo que repercutirá tanto en la salud humana como en la de los ecosistemas (IPCC, 2023a).

Lo anterior, convierte a las zonas costeras en regiones prioritarias para la adopción de medidas y estrategias de adaptabilidad que fomenten la resiliencia (IPCC, 2015; Marzouk y Azab, 2024). Por ello, en esta sección se plantearán, en términos generales, algunas posibles estrategias de adaptabilidad frente a los cambios de temperatura en el continente americano, haciendo énfasis en la economía, infraestructura y salud.

Estrategias de adaptabilidad en la economía de las zonas costeras

La economía de las regiones costeras en el continente americano depende en gran medida de actividades como la pesca, la acuicultura, la agricultura y el turismo, las cuales están estrechamente vinculadas al medio ambiente y a las condiciones climáticas. Por ello, los cambios en la temperatura podrían tener impactos negativos en la economía de las zonas costeras. A continuación, se enlistan algunas estrategias de adaptabilidad:

Diversificación de ingresos

Fomentar alternativas económicas en comunidades pesqueras con el fin de reducir la dependencia y la presión sobre los recursos vulnerables a los cambios de temperatura y así generar nuevas fuentes de ingreso (FAO, 2018). Esto incluye el desarrollo de acuicultura resiliente y sostenible, en el que se implementen cultivos de especies más resistentes a los cambios de temperatura o, en su efecto, a temperaturas más cálidas.

Fortalecimiento de las capacidades comunitarias

En complemento a la estrategia anterior, la adaptabilidad al cambio climático requiere que las comunidades costeras sean concientizadas, se organicen, participen activamente en la toma de decisiones y adquieran nuevas habilidades para fortalecer su resiliencia. Para ello, es fundamental implementar programas de capacitación en pesca sostenible, donde se instruya a los pescadores acerca de técnicas que reduzcan la presión sobre el ecosistema y las especies vulnerables, promoviendo prácticas responsables con el medio ambiente. Asimismo, la creación de programas de formación que fomenten la participación activa de las comunidades costeras en la planificación climática contribuirá a que las estrategias de adaptación se diseñen con un enfoque acorde a las necesidades locales, por ejemplo, infraestructura verde en zonas costeras urbanas con técnicas constructivas adaptadas al contexto local, y modelo de participación comunitaria. Del mismo modo, se pueden implementar sistemas de alerta temprana para salud pública, con

estaciones meteorológicas urbanas, algoritmos predictivos desarrollados localmente y protocolos específicos activados en diferentes niveles de alerta.

Seguridad alimentaria y producción sostenible

Con el fin de garantizar el acceso de las comunidades costeras a alimentos suficientes y de calidad, se podrían implementar cultivos adaptados a la salinidad y/o resistentes al calor, capaces de soportar las condiciones impuestas por el aumento de la temperatura. De igual manera, la creación de sistemas comunitarios de almacenamiento permitiría conservar los alimentos durante las épocas con temperaturas más extremas, así como facilitar su distribución equitativa en periodos de escasez y fortalecer la seguridad alimentaria local.

Estrategias de adaptabilidad en la infraestructura de las zonas costeras

A escala infraestructural o de vivienda, algunas estrategias de adaptabilidad que se podrían implementar en las zonas costeras incluyen:

- *Diseño y materiales adaptados al clima.* La implementación de construcciones eficientes que minimicen la acumulación de calor y promuevan su disipación, se encuentra estrechamente relacionada con el tipo de materiales que sean utilizados, de forma que la aplicación de materiales de alta reflectancia solar o la utilización de nuevas tecnologías como los techos fríos, que reducen la absorción del calor y disminuyen la temperatura interior hasta en 5-10°C (U.S. Environmental Protection Agency, 2008a), pueden ayudar a afrontar los aumentos de temperatura en las zonas costeras. Asimismo, el uso de aislamiento térmico que ayuden a evitar la acumulación de calor en techos y paredes.
- *Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza.* El uso de vegetación y soluciones naturales puede mejorar significativamente la regulación térmica en las zonas costeras. La instalación de techos

con vegetación ayuda a absorber el calor y mejorar la eficiencia térmica, de igual manera el uso de jardines verticales en paredes exteriores puede reducir la temperatura en el interior de las viviendas (U.S. Environmental Protection Agency, 2008b). Por otra parte, la plantación de árboles y la restauración de humedales y manglares costeros desempeñan un papel clave en la regulación térmica del entorno, además de actuar como barreras naturales contra la erosión y los huracanes. Estas estrategias no sólo fortalecen la resiliencia climática, sino que también contribuyen a reducir el efecto de las islas de calor urbanas, mejorar la calidad del aire, optimizar la captación de aguas pluviales y proporcionar múltiples beneficios ambientales y sociales para la comunidad (IPCC, 2023a).

Estrategias de adaptabilidad en la salud de las comunidades costeras

El incremento de la temperatura, asociado al cambio climático, representa un desafío significativo para la salud pública en comunidades costeras. A continuación, se presentan las principales estrategias de adaptabilidad orientadas a mitigar sus impactos en la salud:

- *Fortalecimiento de los sistemas de salud:* El refuerzo de la infraestructura y la capacitación del personal sanitario son esenciales para atender los efectos adversos del calor extremo. Entre las medidas más relevantes se incluyen, la capacitación especializada para el personal de salud y brigadas comunitarias en la identificación, tratamiento y prevención de afecciones relacionadas con el calor, como golpes de calor y deshidratación.
- *Prevención y control de enfermedades relacionadas con el clima:* El aumento de la temperatura favorece la proliferación de vectores y microorganismos patógenos, lo que incrementa la incidencia de enfermedades infecciosas (FAO, 2018). Por ello, la prevención, el control y el monitoreo continuo de estas infecciones son fundamentales para proteger la salud pública durante periodos de temperaturas elevadas.

Además, la implementación de campañas de fumigación y la eliminación de criaderos de mosquitos en viviendas y espacios públicos pueden contribuir significativamente a la reducción de la propagación de estas enfermedades.

- *Educación y conciencia comunitaria*: La adaptación al cambio climático requiere la participación de la población, para ello es necesario implementar campañas de información sobre los efectos del calor extremo, orientadas a la identificación temprana de síntomas de deshidratación y golpe de calor. Además, se requiere fomentar hábitos saludables, como el adecuado consumo de líquidos, el uso de protección solar y la planificación de actividades al aire libre en horarios de menor exposición solar.

Estas estrategias de adaptabilidad son esenciales para reducir la vulnerabilidad de las comunidades costeras ante el aumento de la temperatura, contribuyendo tanto a la mitigación de los efectos sobre la economía, la infraestructura y la salud, como al fortalecimiento de la resiliencia climática. Es importante destacar que una mayor conciencia pública sobre los riesgos de los eventos extremos relacionados con el cambio climático desempeña un papel crucial en la motivación para adoptar medidas de adaptabilidad. Además, la coordinación efectiva, la planificación integral y el apoyo nacional son necesarios para asegurar los recursos financieros necesarios, a fin de implementar políticas e infraestructura resilientes al clima y garantizar el éxito en la aplicación de estas estrategias adaptativas (IPCC, 2015).

Conclusiones

El análisis de las tendencias de temperatura en el continente americano, presentado en este estudio, evidencia un claro patrón de calentamiento progresivo en las últimas décadas. Los resultados demuestran que la década 1995-2004 fue significativamente más fría, con predominancia de anomalías negativas en casi todo el continente, mientras que el periodo 2005-2014 representó una etapa de transición, y la década 2015-2024 ha mostrado incrementos de 0.5 a 1.5°C por encima del periodo de referencia 1991-2020.

Como se aprecia en la figura 2, los cambios más relevantes ocurren en las regiones polares, donde el incremento alcanza $0.0363^{\circ}\text{C}/\text{año}$, creando un gradiente latitudinal desde los polos hacia el Ecuador. Particularmente en 2024, los meses de septiembre y octubre resultaron ser los más cálidos, con anomalías positivas que alcanzaron hasta 9.6°C , especialmente en el círculo polar Ártico, valores extremadamente elevados incluso en el contexto del calentamiento global actual. La distribución espacial y temporal de estas anomalías sugiere modificaciones sustanciales en los sistemas de circulación atmosférica a gran escala, con claras implicaciones para los ecosistemas y las comunidades humanas a lo largo del continente americano, especialmente en las zonas costeras.

Frente a estos desafíos, las estrategias de adaptabilidad propuestas en este documento ofrecen enfoques multidimensionales que abordan los aspectos económicos, infraestructurales y sanitarios de las comunidades costeras. La diversificación de ingresos, el fortalecimiento de las capacidades comunitarias y la promoción de la seguridad alimentaria constituyen pilares fundamentales para reducir la vulnerabilidad económica. En el ámbito infraestructural, el diseño y uso de materiales adaptados al clima, así como la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, –techos verdes y restauración de ecosistemas costeros–, representan alternativas viables para mejorar la resiliencia de las construcciones humanas ante el aumento de las temperaturas. En cuanto a la salud, el fortalecimiento de los sistemas sanitarios, la prevención y control de enfermedades relacionadas con el clima, y la educación comunitaria son estrategias esenciales para proteger el bienestar de las poblaciones costeras.

Es importante destacar que la eficacia de estas estrategias depende en gran medida de su integración en marcos políticos coherentes y de la participación de múltiples actores, desde comunidades locales hasta gobiernos nacionales e instituciones internacionales. La implementación del Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 sobre acción climática requiere un enfoque transversal que promueva sinergias con otros ODS, particularmente aquellos relacionados con la reducción de la pobreza, la seguridad alimentaria, la salud y el bienestar, y la conservación de los ecosistemas marinos y terrestres.

Referencias

- Bevacqua, E., Schleussner, C.-F., & Zscheischler, J. (2025). A year above 1.5 °C signals that Earth is most probably within the 20-year period that will reach the Paris Agreement limit. *Nature Climate Change*, 15(3), 262-265. <https://doi.org/10.1038/s41558-025-02246-9>
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., Fung, E., Martínez-Rodríguez, M. R., & Donatti, C. I. (2015). La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? *Cambio climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria*.
- Cohen, J., Zhang, X., Francis, J., Jung, T., Kwok, R., Overland, J., Ballinger, T. J., Bhatt, U. S., Chen, H. W., Coumou, D., Feldstein, S., Gu, H., Handorf, D., Henderson, G., Ionita, M., Kretschmer, M., Laliberte, F., Lee, S., Linderholm, H. W., ... Yoon, J. (2020). Divergent consensus on Arctic amplification influence on midlatitude severe winter weather. *Nature Climate Change*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0662-y>
- Costa Posada, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 26, 74-80.
- Dunstone, N. J., Smith, D. M., Atkinson, C., Colman, A., Folland, C., Hermanson, L., Ineson, S., Killick, R., Morice, C., Rayner, N., Seabrook, M., & Scaife, A. A. (2024). Will 2024 be the first year that global temperature exceeds 1.5°C? *Atmospheric Science Letters*, 25(9), e1254. <https://doi.org/10.1002/asl.1254>
- Eyring, V., Gillett, N. P., Achutarao, K. M., Barimalala, R., Barreiro Parrillo, M., Bellouin, N., Cassou, C., Durack, P. J., Kosaka, Y., McGregor, S., Min, S.-K., Morgenstern, O., & Sun, Y. (2021). Human influence on the climate system. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 423-552). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- FAO (Ed.). (2018). *Meeting the sustainable development goals*.
- Forster, P. M., Smith, C., Walsh, T., Lamb, W. F., Lamboll, R., Hall, B., Hauser, M., Ribes, A., Rosen, D., Gillett, N. P., Palmer, M. D., Rogelj, J., von Schuckmann, K., Trewin, B., Allen, M., Andrew, R., Betts, R. A., Borger, A., Boyer, T., ... Zhai, P. (2024). Indicators of Global Climate Change 2023: Annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*, 16(6), 2625-2658. <https://doi.org/10.5194/essd-16-2625-2024>
- Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C., Aðalgeirsdóttir, G., Drijfhout, S. S., Edwards, T. L., Gollledge, N. R., Hemer, M., Kopp, R. E., Krinner, G., Mix, A., Notz, D., Nowicki, S., Nurhati, I. S., Ruiz, L., Sallée, J.-B., Slangen, A. B. A., & Yu, Y. (2021). Ocean, cryosphere, and sea level change. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Mat-

- thews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1211-1362). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- Francis, J. A., & Vavrus, S. J. (2015). Evidence for a wavier jet stream in response to rapid Arctic warming. *Environmental Research Letters*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014005>
- Gulev, S. K., Thorne, P. W., Ahn, J., Dentener, F. J., Domingues, C. M., Gerland, S., Gong, D., Kaufman, D. S., Nnamchi, H. C., Quaas, J., Rivera, J. A., Sathyendranath, S., Smith, S. L., Trewin, B., von Shuckmann, K., & Vose, R. S. (2021). Changing state of the climate system. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 287-422). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- IPCC (ed.) (2015). *Climate change 2014: Synthesis report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2021). Summary for policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3-32). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- IPCC (2023a). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- IPCC (2023b). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (ipcc). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Lee, J.-Y., Marotzke, J., Bala, G., Cao, L., Corti, S., Dunne, J. P., Engelbrecht, F., Fischer, E., Fyfe, J. C., Jones, C., Maycock, A., Mutemi, J., Ndiaye, O., Panickal, S., & Zhou, T. (2021). Future global climate: Scenario-based projections and near-term information. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 553-672). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- Li, X., Rowley, R. J., Kostelnick, J. C., Braaten, D., Meisel, J., & Hulbutta, K. (2009). GIS Analysis of Global Impacts from Sea Level Rise. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(7), 807-818. <https://doi.org/10.14358/PERS.75.7.807>

- Lindsey, R., Dahlman, L., & Blunden, R. J. (2024, enero 18). *Climate Change: Global Temperature* | NOAA Climate.gov [Research]. NOAA-Climate.Gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- Marzouk, M., & Azab, S. (2024). Modeling climate change adaptation for sustainable coastal zones using GIS and AHP. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(2), 147. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12287-2>
- Nagy, G., Erache, M. G., & Fernández, V. (2007, noviembre). *El aumento del nivel del mar en la costa uruguaya del Río de la Plata. Tendencias, vulnerabilidades y medidas para la adaptación* [Text]. IIED-América Latina. <https://www.ingentaconnect.com/content/iieal/meda/2007/00000067/00000001/art00006>
- Nicholls, R. J., Brown, S., Goodwin, P., Wahl, T., Lowe, J., Solan, M., Godbold, J. A., Haigh, I. D., Lincke, D., Hinkel, J., Wolff, C., & Merkens, J.-L. (2018). Stabilization of global temperature at 1.5°C and 2.0°C: Implications for coastal areas. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2119), 20160448. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0448>
- Nicholls, R. J., Lincke, D., Hinkel, J., Brown, S., Vafeidis, A. T., Meyssignac, B., Hanson, S. E., Merkens, J.-L., & Fang, J. (2021). A global analysis of subsidence, relative sea-level change and coastal flood exposure. *Nature Climate Change*, 11(4), 338-342. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-00993-z>
- Previdi, M., Smith, K. L., & Polvani, L. M. (2021). Arctic amplification of climate change: A review of underlying mechanisms. *Environmental Research Letters*, 16(9), Article 9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1c29>
- Przybylak, R. (2007). Recent air-temperature changes in the Arctic. *Annals of Glaciology*, 46, 316-324. <https://doi.org/10.3189/172756407782871666>
- Rangel-Buitrago, N., Neal, W. J., Bonetti, J., Anfuso, G., & De Jonge, V. N. (2020). Vulnerability assessments as a tool for the coastal and marine hazards management: An overview. *Ocean & Coastal Management*, 189, 105134. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105134>
- Sherwood, S. C., Webb, M. J., Annan, J. D., Armour, K. C., Forster, P. M., Hargreaves, J. C., Hegerl, G., Klein, S. A., Marvel, K. D., Rohling, E. J., Watanabe, M., Andrews, T., Braconnot, P., Bretherton, C. S., Foster, G. L., Hausfather, Z., von der Heydt, A. S., Knutti, R., Mauritsen, T., ... Zelinka, M. D. (2020). An Assessment of Earth's Climate Sensitivity Using Multiple Lines of Evidence. *Reviews of Geophysics*, 58(4), Article 4. <https://doi.org/10.1029/2019RG000678>
- Torresan, S., Critto, A., Dalla Valle, M., Harvey, N., & Marcomini, A. (2008). Assessing coastal vulnerability to climate change: Comparing segmentation at global and regional scales. *Sustainability Science*, 3(1), 45-65. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0045-1>
- UN. (2015). Cambio climático. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainable-development/es/climate-change-2/>
- UNDP. (2021). *Objetivo 13: Acción por el clima | Objetivos de Desarrollo Sostenible | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. UNDP. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/accion-por-el-clima>

- U. S. Environmental Protection Agency. (2008a). *Cool Roofs*. In: *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. 31.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008b). *Green Roofs*. In: *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- WMO, W. M. O. (2017). *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals* (2017 edition). WMO.
- Woodruff, S., Vitro, K. A., & BenDor, T. K. (2018). GIS and Coastal Vulnerability to Climate Change. In *Comprehensive Geographic Information Systems* (pp. 236-257). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09655-X>
- World Meteorological Organization (WMO) (2024). *WMO Global Annual to Decadal Climate Update*. wmo; C:\Users\Andy\Zotero\storage\6ASEHWCC. <https://library.wmo.int/records/item/68910-wmo-global-annual-to-decadal-climate-update>
- Zhou, X., Li, Y., Xiao, C., Chen, W., Mei, M., & Wang, G. (2025). High-impact Extreme Weather and Climate Events in China: Summer 2024 Overview. *Advances in Atmospheric Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s00376-024-4462-6>