

ANÁLISIS GEOESPACIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COSTA NORTE DEL GOLFO DE CARIACO, ESTADO SUCRE

JOSÉ LENIN LOZANO CALDERÓN

*Universidad Simón Bolívar; Decanato de estudios de postgrados, Doctorado Interdisciplinario en Ciencias,
Edificio de Ciencias Básicas I (3er Piso), Valle de Sartenejas, Baruta, estado Miranda, Venezuela.
lozano.jose@ula.ve; <https://orcid.org/0009-0000-1226-6904>*

Recibido: febrero 2026

Aceptado: junio 2026

RESUMEN: El cambio climático es en la actualidad uno de los desafíos más apremiante de nuestro tiempo, que requiere del análisis exhaustivo y de una visión integral para su comprensión y poder asimismo establecer los planes de adaptación, en virtud de que los efectos del cambio climático son amplios y diversos, los más señalados, aumento de la frecuencia de los fenómenos meteorológicos, aumento de las temperaturas globales, aumento del nivel del mar, aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos y la pérdida de biodiversidad, todo lo anterior plantea amenazas para la población, la salud humana, las economías y por ende para los ecosistemas, los cuales en virtud de la sensibilidad ambiental podrán ser mayor o menos vulnerables al cambio climático. En ese sentido en los actuales momentos el uso de las tecnologías de la información, como los sistemas de información geográfica, teledetección e inteligencia geoespacial generativa (GeoAI), permiten apoyar los estudios de adaptación al cambio climático. En el presente análisis mediante el uso de sistemas de información geográfica aplicando técnicas de geoprocetamiento vectorial, matricial e inteligencia geoespacial generativa se identificó en la zona norte del golfo de Cariaco los sistemas ambientales con mayor nivel de vulnerabilidad. Los datos valorados serán útiles para la toma de decisiones en la gestión ambiental de la costa norte del golfo de Cariaco en el estado Sucre en lo que se refiere a la ordenación del territorio tomando como referencia la unidad básica del territorio que es la cuenca hidrográfica.

Palabras Claves: Sistemas de Información Geográfica, Cuencas, Cambio Climático.

ABSTRACT: Climate change is currently one of the most pressing challenges of our time, which requires exhaustive analysis and a comprehensive vision for its understanding and also to be able to establish adaptation plans, by virtue of the fact that the effects of climate change are wide and diverse, the most indicated, increase in the frequency of meteorological phenomena, Rising global temperatures, rising sea levels, increased frequency of extreme weather events and the loss of biodiversity, all of the above pose threats to the population, human health, economies and therefore to ecosystems, which by virtue of environmental sensitivity may be more or less vulnerable to climate change. In this sense, at the present time, the use of information technologies, such as geographic information systems, remote sensing and generative geospatial intelligence (GeoAI), allows support for climate change adaptation studies. In the present analysis, through the use of geographic information systems applying vector, matrix and generative geospatial intelligence techniques, the environmental systems with the highest level of vulnerability were identified in the northern area of the Gulf of Cariaco. The data assessed will be useful for decision-making in the environmental management of the northern coast of the Gulf of Cariaco in the state of Sucre in terms of territorial planning, taking as a reference the basic unit of the territory, which is the hydrographic basin.

Keywords: Geographic Information Systems, Basin, Climate Change.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está considerado como uno de los desafíos más apremiantes del siglo XXI, el cual afecta a múltiples sectores en virtud de los diversos eventos que se generan, entre ellos, fenómenos meteorológicos extremos, aumento del nivel del mar, pérdida de biodiversidad y degradación ambiental (SAGEENA & KUMAR 2025; VAIYAPURI & JULIE 2025). Por otra parte, la intensificación de estos eventos requiere un análisis integral, de allí la importancia en el uso de datos geoespaciales y tecnologías emergentes,

como la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático, para desarrollar soluciones de adaptación, mitigación y gestión de riesgos (ASHOK *et al.* 2024; RIZZO *et al.* 2025; SCHWABE *et al.* 2025). En consecuencia la adaptabilidad y resiliencia de las comunidades y ecosistemas, especialmente en zonas costeras, depende de la capacidad de predecir, evaluar y responder a eventos extremos, donde las tecnologías de monitoreo y modelado juegan un papel fundamental, tal como lo indican BALCI *et al.* (2025) y HOLT *et al.* (2025). A este respecto la planificación espacial y el análisis de vulnerabilidad mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección permiten identificar áreas prioritarias para acciones de mitigación y adaptación, promoviendo enfoques multidisciplinarios (RAPARTHI 2022; YANG 2024).

Los resultados en relación a la elevación del nivel del mar es una consecuencia clara del calentamiento global, con proyecciones que indican aumentos significativos para 2100, afectando infraestructura, ecosistemas marinos y comunidades costeras (HOLT *et al.* 2025; RIZZO *et al.* 2025). De allí que, ASHOK *et al.* (2024) y SWATHISREE *et al.* (2024), hacen énfasis en la integración de Inteligencia Artificial (IA) y tecnologías cuánticas en modelos predictivos y estrategias de mitigación puede mejorar la capacidad de respuesta y reducir impactos. Por su parte BALDWIN *et al.* (2022), indican que las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y el uso de soluciones geospaciales como la restauración de humedales y la protección de ecosistemas costeros son estrategias sostenibles para mitigar inundaciones y proteger hábitats vulnerables.

De manera que para monitorear y gestionar riesgos en áreas costeras, cuencas hidrográficas y sistemas fluviales la teledetección, combinada con SIG y tecnologías de IA son esenciales, en virtud de la capacidad de adquirir datos de alta resolución y procesarlos automáticamente permite detectar cambios en líneas costeras, patrones de inundación, erosión y sedimentación, facilitando la planificación de acciones de mitigación y adaptación (CHATRABHUJ *et al.* 2024; FASCIGLIONE *et al.* 2024; YANG 2024). Por consiguiente, varios autores indican que, la integración de estas tecnologías en estudios de resiliencia costera, evaluación de riesgos y gestión de recursos hídricos contribuye a una gestión sostenible y eficiente en contextos de cambio climático, la geomática ofrece herramientas para entender la dinámica costera y facilitar decisiones informadas en la protección de áreas vulnerables (HALDER & BANDYOPADHYAY 2021; LIRA & GONZÁLEZ-VILLANUEVA 2022).

De forma que la evaluación de riesgos multirriesgo en ciudades costeras mediante datos satelitales y sensores remotos permite identificar vulnerabilidades específicas, priorizar acciones y diseñar estrategias de gestión adaptativa (LAINO *et al.* 2024). La modelación de escenarios futuros, considerando variables como aumento del nivel del mar, precipitaciones extremas y urbanización, ayuda a prever impactos y preparar respuestas efectivas, tal como lo refieren BALDWIN *et al.* (2022) y AZIZ *et al.* (2024). La aplicación de SIG y teledetección en la gestión de inundaciones, erosión y pérdida de playas demuestra la importancia de una visión espacial multidisciplinaria para afrontar los efectos del cambio climático en zonas costeras y riberas de ríos

En efecto FASCIGLIONE *et al.* (2024) y WANG *et al.* (2024) mencionan que, la evaluación de riesgos de inundaciones y eventos extremos mediante modelos hidráulicos, análisis geospaciales y teledetección permite identificar zonas vulnerables y diseñar estrategias de prevención y respuesta rápida (LAINO *et al.* 2024; SINGHARATH *et al.* 2024), que la planificación espacial basada en análisis de escenarios y capacidades de adaptación ayuda a gestionar de forma efectiva las amenazas como marejadas ciclónicas, inundaciones costeras y erosión, minimizando impactos en infraestructura y comunidades, en consecuencia la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza, restauración de humedales y prácticas de gestión hídrica sostenibles contribuyen a reducir riesgos y fortalecer la resiliencia.

A saber, la gestión de recursos hídricos, incluyendo sistemas de aguas residuales y control de inundaciones urbanas, se ve beneficiada por modelos integrados que consideran variables climáticas, demográficas y de infraestructura (AZIZ *et al.* 2024; WANG *et al.* 2024). La simulación de escenarios futuros, con proyecciones de crecimiento poblacional y aumento de eventos extremos, permite evaluar la capacidad de infraestructura y planificar expansiones o mejoras (WANG *et al.* 2024). La utilización de tecnologías

avanzadas, como sistemas de gestión de aguas pluviales y modelos de inundación, es clave para proteger la salud pública y la sostenibilidad urbana frente a los efectos del cambio climático.

Por consiguiente, la adopción de tecnologías emergentes, como la computación cuántica, IA, aprendizaje automático y sistemas inteligentes, abre nuevas posibilidades para modelar, predecir y gestionar los impactos del cambio climático (Ho *et al.* 2024; SWATHISREE *et al.* 2024). Estas herramientas mejoran la capacidad de realizar predicciones precisas, optimizar recursos y diseñar estrategias de mitigación eficientes, tanto a nivel local como global (Ho *et al.* 2024; KOOL *et al.* 2024). La integración de estas tecnologías en políticas públicas y planes de acción es fundamental para alcanzar la resiliencia climática y promover un desarrollo sostenible (BALDWIN *et al.* 2022; HOLT *et al.* 2024).

De forma que la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, restauración de ecosistemas y planificación espacial eficiente son componentes clave para reducir vulnerabilidades y adaptarse a los cambios en el clima (BALDWIN *et al.* 2022; RAPARTHI 2022). La evaluación de riesgos, la monitorización continua y la participación comunitaria fortalecen la capacidad de las sociedades para responder a eventos extremos y minimizar daños (FASCIGLIONE *et al.* 2024; LAINO *et al.* 2024). En resumen, el enfoque multidisciplinario, la integración de tecnologías geoespaciales, inteligencia artificial, modelos predictivos y soluciones basadas en la naturaleza son fundamentales para afrontar los múltiples desafíos que plantea el cambio climático, especialmente en áreas costeras y zonas vulnerables. La planificación espacial y el monitoreo continuo, apoyados en datos y análisis precisos, son esenciales para promover la resiliencia, reducir riesgos y avanzar hacia un desarrollo sostenible y adaptativo

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló mediante un enfoque de análisis espacial utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) con datos geoespaciales en formatos vectoriales y matriciales, todos ellos



Figura 1. Área de estudio

de acceso gratuito y específicos para la región de interés. La metodología se estructuró en varias etapas ordenadas para garantizar una evaluación precisa del riesgo ante el incremento del nivel del mar, conforme a los escenarios definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Definición de la zona de estudio y delimitación geográfica

Se utilizó el software de código abierto QGIS versión 3.34.8 para delimitar la zona de estudio, partiendo del análisis hidrológico de las microcuencas en los municipios Sucre, Mejía y Bolívar, en el estado Sucre según figura 1. Se identificaron y delinearon veinticinco microcuencas considerando sus comunidades, áreas y perímetros, mediante el procesamiento de datos vectoriales y raster.

Adquisición y procesamiento de datos geospaciales

Datos Raster: Se descargó el Modelo Digital de Elevación (DEM) de alta resolución (12.5 m por píxel) desde la plataforma Alaska Satellite Facility (<https://search.asf.alaska.edu/>). Este DEM sirvió para analizar la topografía y la elevación del terreno, facilitando la generación de unidades hidrológicas y la evaluación del impacto potencial del aumento del nivel del mar.

Procesamiento en SIG: Con QGIS, se procesó el DEM para derivar información sobre áreas, perímetros y escenarios de incremento del nivel del mar en diferentes magnitudes: mínimo (1 m), medio (2.5 m) y alto (5 m). Se utilizó la herramienta “Buffer” para crear zonas de riesgo alrededor de las áreas potencialmente afectadas.

Análisis de Intersección: Se realizaron análisis de superposición entre las zonas de riesgo y las capas de población, infraestructuras y ecosistemas, mediante funciones de intersección y reclasificación en GRASS GIS integradas en QGIS. Esto permitió determinar qué elementos y comunidades se encuentran dentro de las áreas en riesgo.

Utilización de datos vectoriales

Se recopilaron datos vectoriales provenientes del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar y otras fuentes oficiales, que incluyen límites administrativos, centros poblados, vías de acceso, ríos, zonas de vida y presencia institucional. Estos datos permitieron realizar análisis geospaciales precisos para identificar las zonas vulnerables y las comunidades afectadas bajo diferentes escenarios de aumento del nivel del mar.

Construcción de polígonos de áreas afectadas

Con base en los escenarios de incremento del nivel del mar, se generaron polígonos que representan las áreas potencialmente afectadas en cada escenario. La evaluación espacial incluyó la delimitación de zonas de influencia mediante técnicas de geoprocésamiento, como el uso de buffers, estableciendo un área de influencia de 500 metros alrededor de las comunidades vulnerables en zonas costeras.

Análisis de riesgo y superposición multicriterio

Se aplicaron métodos de análisis de superposición multicriterio vectorial y matricial, fundamentados en técnicas de análisis multicriterio (MCDA) apoyadas en SIG. Este enfoque integró distintos criterios, como la topografía, la densidad poblacional, la infraestructura y las características ecológicas, combinando información basada en datos fácticos y opiniones expertas para evaluar el nivel de exposición y vulnerabilidad de las comunidades ante los diferentes escenarios de aumento del nivel del mar.

Validación y presentación de resultados

Finalmente, se consolidaron los resultados mediante mapas temáticos y gráficos que ilustran las zonas en riesgo y las comunidades vulnerables bajo cada escenario, facilitando la toma de decisiones para la planificación y gestión del territorio en el contexto del cambio climático y el aumento del nivel del mar.

Este enfoque metodológico integral permitió una evaluación espacial precisa y una identificación clara de las áreas y comunidades en mayor riesgo, sirviendo de base para futuras acciones de mitigación y adaptación según la Figura 2 y TABLA 1.

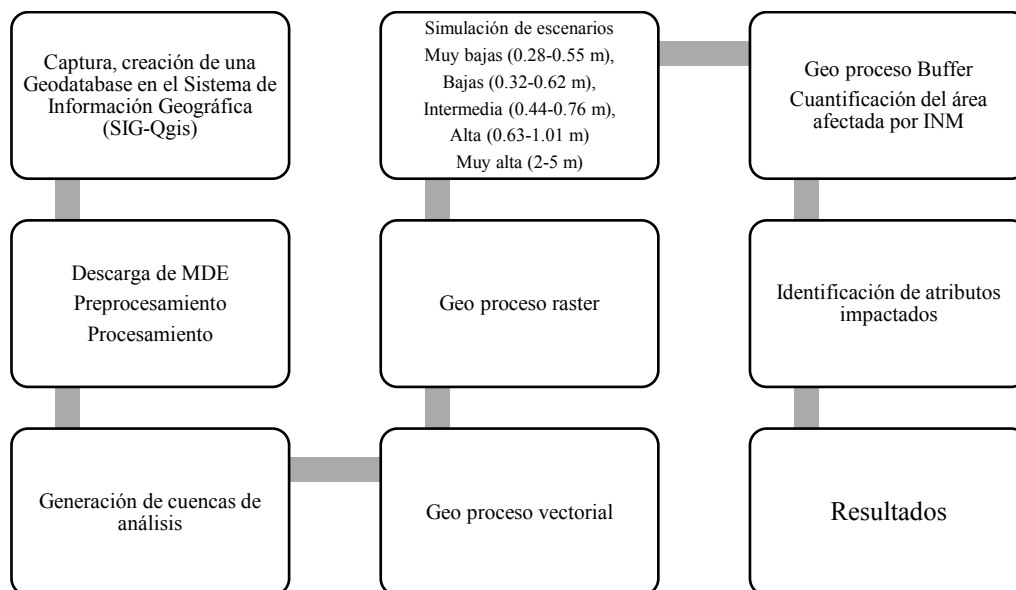


Figura 2. Metodología.

TABLA 1. Fuentes de Datos Geoespaciales vectoriales y matriciales.

Categoría	Descripción	Año	Fuente	Accedido
Datos Vectoriales	Estados, Municipio, Parroquias, Centros Poblados, Vías de acceso, Zonas de vida, ríos, Presencia institucional.	2025	https://igvsb.gob.ve/	Mayo 2025
Datos Matriciales	DEM Aspecto Pendiente Incremento del nivel mar Densidad de población por Km ² 2020	2025	https://portal.opentopography.org/ https://www.worldpop.org/ https://data.humdata.org/	Mayo 2025

RESULTADOS

Del Analisis de datos climáticos y ambientales, mediante Kriging, se determinó para el periodo 1975 a 2000, un predominio de años secos, con influencia en la zona de estudio, periodo comprendido entre junio y noviembre corresponde al 75 % del total de las precipitaciones, el periodo de julio y agosto corresponden a los meses de mayor precipitación (182 mm).

Durante el periodo del 2013 al 2023, se observa un aumento de áreas hipersalinas (48 ha a 224 ha), y aumento de áreas dedicadas a plantaciones forestales y disminución de la superficie de Bosque a arbustos (5059 ha a 3400 ha).

Se cuantifico una superficie afectada por incremento del nivel del mar de 22232 ha, corresponde al área afectada por incremento del nivel del mar en función del escenario de emisiones muy altas de gases efecto invernadero, entre los centros poblados resaltan Punta de Araya, Los Taques, Araya, Pariche,

Punta Arena, Manicuaire, Guaratal, Cerro Abajo, La Barbona, Los Cachicatos, Guariare, La Cocalona, Los Manzanillos, Guayacan, Tacuapire, El Guamache (Figura 3).

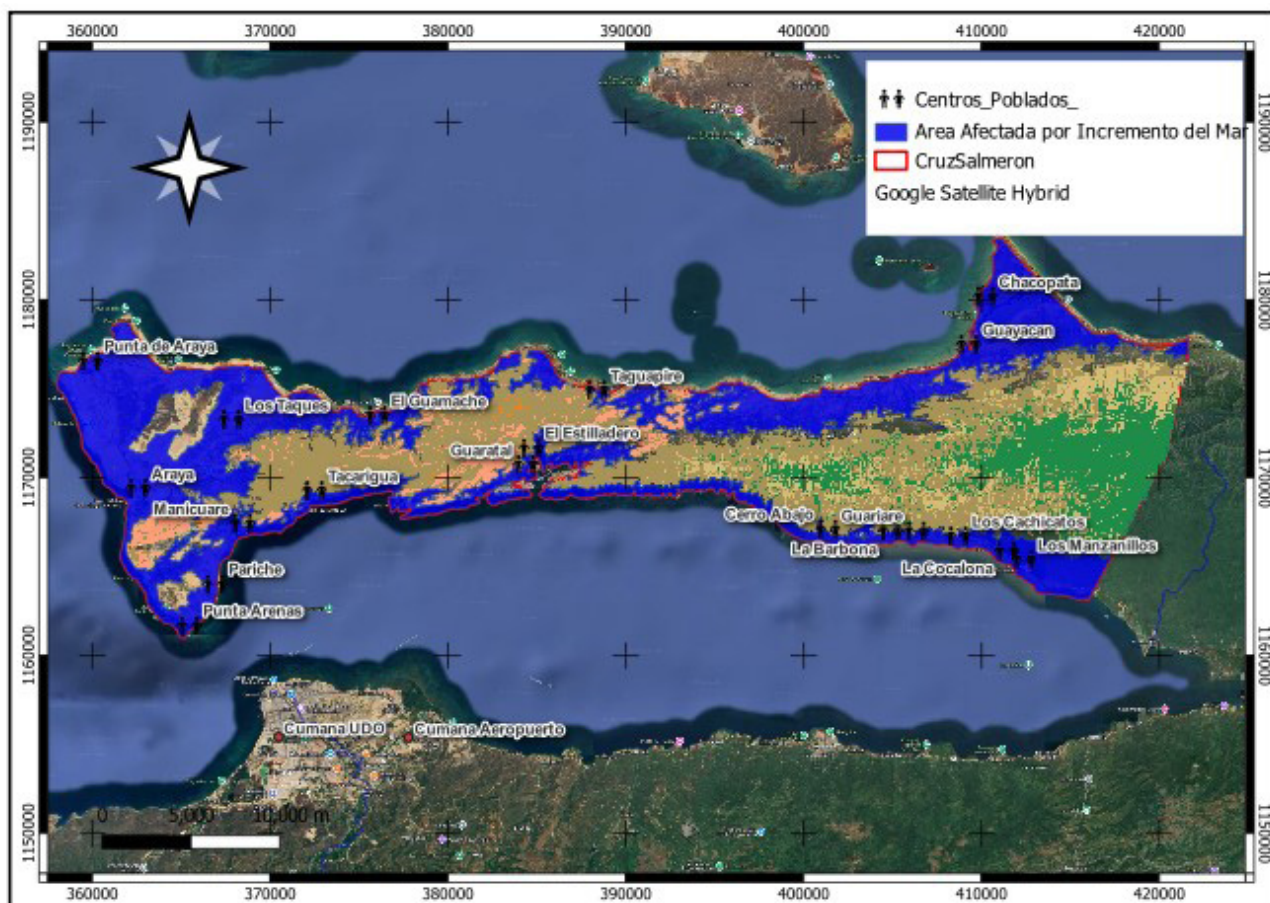


Figura 3. Área de proyecto afectada por incremento del nivel del mar bajo el escenario de altas emisiones 5 m. Fuente: Elaboración propia. Qgis Versión 3.34.8. Octubre 2025.

DISCUSIÓN

El análisis realizado en el estudio evidencia que la vulnerabilidad de la costa norte del Golfo de Cariaco ante los efectos del cambio climático es significativa, especialmente en relación con el aumento del nivel del mar y la incidencia de eventos extremos como inundaciones. La utilización de tecnologías geoespaciales, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), teledetección y la inteligencia geoespacial generativa, ha permitido identificar con precisión las zonas más expuestas y vulnerables, facilitando así una gestión territorial informada. La integración de las tecnologías emergentes en el análisis de riesgos climáticos optimiza la capacidad de predicción y respuesta ante eventos extremos, lo cual se refleja en este estudio al delimitar áreas específicas en riesgo y priorizar acciones de mitigación (SCHWABE *et al.* 2025).

Asimismo, la evidencia de que las actividades humanas, como la expansión de superficies impermeables y el cambio en coberturas terrestres, agravan la vulnerabilidad, coincide con las conclusiones de BALCI *et al* (2025), quienes advierten que las modificaciones antrópicas en el paisaje natural aumentan la susceptibilidad a inundaciones y erosión en zonas costeras. La disminución de áreas boscosas y la expansión de actividades agrícolas y ganaderas intensivas generan un aumento de escorrentía, lo que incrementa el riesgo de eventos de inundación, un fenómeno que en la región estudiada afecta directamente a comunidades como Punta de Araya, Los Taques y El Guamache.

Por otro lado, las proyecciones que muestran una superficie afectada de aproximadamente 22,232 hectáreas bajo escenarios de altas emisiones refuerzan la necesidad de adoptar estrategias de adaptación

basadas en soluciones naturales y en la restauración de ecosistemas, (WANG *et al.* 2024). La implementación de medidas como la restauración de humedales y la protección de zonas de manglares puede actuar como barreras naturales contra la subida del nivel del mar y la erosión costera, contribuyendo a la resiliencia del ecosistema y las comunidades.

Finalmente, la incorporación de modelos predictivos y la planificación espacial basada en análisis multicriterio, como los utilizados en este estudio, reflejan la importancia de un enfoque multidisciplinario para la gestión del riesgo climático. El uso de datos geoespaciales combinados con análisis de escenarios futuros permite una planificación territorial más efectiva, facilitando decisiones estratégicas para reducir la vulnerabilidad. Esto evidencia que, para afrontar los desafíos del cambio climático en zonas vulnerables, es imperativo fortalecer la integración de tecnologías avanzadas en la formulación de políticas públicas y planes de gestión ambiental, promoviendo así una respuesta adaptativa y sostenible (LIRA & GONZÁLEZ-VILLANUEVA 2022).

CONCLUSIONES

El uso de los sistemas de información geográfica de código abierto apoyado en la integración de formatos de datos vectoriales y matriciales permite el análisis de la dimensión ambiental conformados por los subdimensiones fisicoquímicos, biológica-ecológica y económica-operacional, lo que permite optimizar tiempos de respuesta y planificar acciones sobre el contexto geográfico en lo que respecta a la identificación de los ecosistemas marinos y poblaciones más vulnerables al riesgo climático.

En la zona se determinó un alto riesgo de inundaciones por efectos del cambio climático, acentuándose por las características de la región costera, con una topografía predominantemente plana, combinada con el aumento de superficies impermeables por efecto de actividades agrícolas y pecuarias, que modifican cobertura vegetal, afectando a los centros poblados de Punta de Araya, Los Taques, Araya, Pariche, Punta Arena, Manicuaire, Guaratal, Cerro Abajo, La Barbona, Los Cachicatos, Guariare, La Cocalona, Los Manzanillos, Guayacan, Tacuapire, El Guamache, cuantificándose una superficie de 22,232 hectáreas afectadas.

Lo anterior se acentúa por la evolución de la cobertura terrestre, es decir una disminución de superficie boscosa a sabanas y herbazales, combinado con actividades de pastoreo extensivo de ganadería caprina lo que aumenta la escorrentía y la vulnerabilidad a eventos de inundación.

En conclusión, los hallazgos del estudio refuerzan que la gestión del riesgo en áreas costeras debe sustentarse en el uso estratégico de la información geoespacial y en acciones de restauración ecológica, que juntas fortalecen la resiliencia de los sistemas socioambientales frente a los efectos del cambio climático.

REFERENCIAS

- ASHOK, P., K. K. BISWAS, K. S. SHREENIDHI, H. ANANDARAM, G. KARTHIKEYAN & F. RAVINDARAN. 2024. Harnessing AI for Climate Resilience. *Harnessing AI for Climate Resilience*, 141-170. IGI Global. doi:10.4018/979-8-3693-7230-2.ch008
- AZIZ, F., X. WANG, M. Q. MAHMOOD & R. GUILD. 2024. Wastewater flooding risk assessment for coastal communities: Compound impacts of climate change and population growth. *J. Hydrol.*, 645, 132136. doi:10.1016/J.JHYDROL.2024.132136
- BALCI, O., D. ALMOHAMMAD, C. KILIÇ & R. SINGH. 2025. Harnessing Emerging Technologies for Green Sustainability: Innovations, Challenges, and Future Pathways. *Harnessing Emerging Technologies for Green Sustainability: Innovations, Challenges, and Future Pathways*, 209-225. Springer Nature Switzerland. doi:10.1007/978-3-031-83250-5_13
- BALDWIN, M., A. FOX, T. KLONDIKE, M. HOVIS, T. SHEAR, L. JOCA, ...& F. CUBBAGE. 2022. Geospatial Analysis and Land Suitability for "FloodWise" Practices: Nature-Based Solutions for Flood Mitigation in Eastern, Rural North Carolina. *Land*, 11, 1504. doi:10.3390/land11091504

- CHATRABHUJ., K. MESHAM, U. MISHRA & P. J. OMAR. 2024. Integration of remote sensing data and GIS technologies in river management system. *Discov. Geosci.*. Obtido de <https://api.semanticscholar.org/CorpusId:273088877>
- FASCIGLIONE, G., G. BENASSAI, M. D. STEFANO, G. MATTEI, L. MUCERINO, F. PELUSO & P. P. AUCELLI. 2024. Multi-Technics for Coastal Asset Evaluation on Naples Waterfront (Southern Italy). (pp. 202–206). Portorose: IEEE. doi:10.1109/MetroSea62823.2024.10765642
- HALDER, B. & J. BANDYOPADHYAY. 2021. Evaluating the impact of climate change on urban environment using geospatial technologies in the planning area of Bilaspur, India. *Environmental Challenges*, 5, 100286. doi:10.1016/j.envc.2021.100286
- HO, K. T., K. - C. CHEN, L. LEE, F. BURT, S. YU, L. PO-HENG & P. -H. LEE. 2024. Quantum Computing for Climate Resilience and Sustainability Challenges. *2024 International Conference on Quantum Computing and Engineering*. doi:10.1109/QCE60285.2024.10289
- HOLT, J., A. KATAVOUTA, J. HOPKINS, L. O. AMOUDRY, C. M. APPENDINI, L. ARNEBORG...& N. PINARDI. 2025. Future climate projections in the global coastal ocean. *Prog. Oceanogr.*, 235, 103497. doi:10.1016/J.POCEAN.2025.103497
- KOOL, R., J. LAWRENCE, M. A. LARSEN, A. OSBORNE & M. DREWS. .2024. Spatiotemporal aspects in coastal multi-risk climate change decision-making: Wait, protect, or retreat? *Ocean Coast Manag.*, 258, 107385. doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2024.107385
- LAINO, E., I. TOLEDO, L. ARAGONÉS & G. IGLESIAS. 2024. A novel multi-hazard risk assessment framework for coastal cities under climate change. *Sci. Total Environ.*, 954, 176638. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2024.176638
- LIRA, C. P. & R. GONZÁLEZ-VILLANUEVA. 2022. Editorial on geomatic applications to coastal research: Challenges and New Developments. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 11, 258. doi:10.3390/ijgi11040258
- RAPARTHI, K. 2022. Ability of urban planning policy in addressing climate change adaptation and mitigation. *Ability of Urban Planning Policy in Addressing Climate Change Adaptation and Mitigation*, 1-19. IGI Global. doi:10.4018/978-1-7998-8331-9.ch001
- RIZZO, A., G. MATTEI, L. D. STEENSSSENS, M. ANZIDEI, P. P. AUCELLI, T. ALBERTI...& G. MASTRONUZZI. 2025. Methodological advances in sea level rise vulnerability assessment: implications for sustainable coastal management in a climate change scenario. *Ocean Coast. Manag.*, 268, 107751. doi:10.1016/J.OCECOAMAN.2025.107751
- SAGEENA, G. & S. KUMAR. 2025. Catastrophic climate change and tourism. *Catastrophic Climate Change and Tourism*, 45-76. Emerald Publishing Limited. doi:10.1108/978-1-83753-682-520251002
- SCHWABE, M., L. PASTORI, I. DE VEGA, P. GENTINE, L. IAPICHINO, V. LAHTINEN...& V. EYRING. 2025. Opportunities and challenges of quantum computing for climate modelling. doi:10.1017/eds.2025.10010
- SINGHARATH, M., T. PEEBKHUNTHOD & P. JEEFOO. 2024. Climate modeling in the gulf of Thailand to Predict Beach Loss Due to Sea Level Rise. (pp. 1–4). Chiang: IEEE. doi:10.1109/GIS-IDEAS63212.2024.10991285
- SWATHISREE, M., E. GAYATHRI, S. R. PULLANNAGARI & O. OZER. 2024. Quantum computing-based climate change mitigation for disaster management in industry 6.0. doi:10.1007/978-3-031-73350-5_13
- VAIYAPURI, T. & G. JULIE. 2025. AI and geospatial technologies for climate change mitigation: opportunities, challenges, and pathways to sustainability. *Procedia Comput. Sci.*, 259, 1346-1355. doi:10.1016/j.procs.2025.04.089

- WANG, Y., C. LIU, Y. WANG, Y. LIU & T. LIU. 2024. Climate risk assessment and adaption ability in China's coastal urban agglomerations - A case study of Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area. *J. Clean. Prod.*, 452, 142036. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2024.142036
- YANG, Y. 2024. Climate change and coastal line shifts: advances in remote sensing monitoring. *Climate Change and Coastal Line Shifts: Advances in Remote Sensing Monitoring*, 228-234. SCITEPRESS - Science and Technology Publications. doi:10.5220/0013042800004601