

Introducción

Las zonas costeras se encuentran entre los ecosistemas más productivos y diversos del planeta, desempeñando un papel clave en la provisión de bienes y servicios ecológicos esenciales para el equilibrio ambiental y el desarrollo socioeconómico (Cicin-Sain & Knecht, 1998). Estos entornos sostienen una alta biodiversidad y regulan procesos naturales fundamentales, por lo que tienen un valor estratégico para la economía global debido al turismo, el transporte marítimo y las actividades industriales que en ellas se desarrollan (Aguilar Mugica, 2021; Mouso et al., 2019). Sin embargo, la creciente urbanización y la explotación intensiva de los recursos naturales han generado impactos ambientales significativos en estos ecosistemas. La falta de regulaciones efectivas y la fragmentación en la toma de decisiones han exacerbado estas problemáticas, poniendo en riesgo la sostenibilidad de las zonas costeras a nivel mundial (Forst, 2009).

Dentro de este contexto, la Bahía de Cienfuegos, ubicada en la costa sur de Cuba, es una de las más importantes de la isla. Se trata de un ecosistema altamente productivo pero vulnerable a las presiones antrópicas. En su entorno se desarrollan actividades industriales de alto impacto, como la refinación de petróleo, la producción de fertilizantes y materiales de construcción, así como operaciones portuarias, turismo y pesca comercial (González Díaz, 2015). Estas actividades han generado alteraciones significativas en la calidad ambiental de la bahía, afectando la composición del agua, la biodiversidad y la estabilidad de sus ecosistemas costeros (Garzón Barrero et al., 2023).

A pesar de que la Bahía de Cienfuegos ha sido objeto de numerosos estudios científicos y proyectos de manejo ambiental, persisten diversas limitaciones en la aplicación de estrategias efectivas de conservación. La fragmentación en la toma de decisiones, la escasa coordinación interinstitucional y la baja participación comunitaria han dificultado la implementación de un enfoque de gestión integrada (León Pérez et al., 2017). Para abordar estos desafíos, el Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) se presenta como una estrategia clave para armonizar la conservación de los ecosistemas con el desarrollo económico. Este enfoque permite la participación activa de diversos actores, asegurando la implementación de políticas y acciones coordinadas para la mitigación de impactos ambientales (Cicin-Sain & Knecht, 1998).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en el tramo: desembocadura del Arroyo Inglés-Zona Industrial, ubicado en el lóbulo norte de la Bahía de Cienfuegos. Este sector es particularmente vulnerable debido a la alta concentración de actividades humanas, incluyendo descargas de residuos industriales y urbanos, pesca artesanal y transporte marítimo. El análisis de las interacciones entre los procesos biofísicos y las actividades humanas en esta zona es fundamental

para identificar estrategias de manejo que contribuyan a la sostenibilidad del ecosistema y al bienestar de las comunidades locales. El objetivo de este trabajo es evaluar las interacciones entre los procesos ecológicos y las presiones antrópicas en este tramo específico de la Bahía de Cienfuegos, con el fin de desarrollar estrategias de manejo adaptativo basadas en los principios del MIZC. Para ello, se analizarán los componentes ecológicos y socioeconómicos que inciden en la dinámica del ecosistema, con el fin de proponer medidas de gestión que permitan mitigar los impactos negativos y promover la recuperación ambiental del área de estudio.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Bahía de Cienfuegos se localiza en la región centro-sur de Cuba y posee una superficie aproximada de 88 km². Es una bahía semicerrada con características estuarinas, rodeada por importantes infraestructuras industriales y urbanas. Su ubicación estratégica la convierte en un nodo clave para el transporte marítimo, la actividad industrial, la pesca y el turismo. Sin embargo, su morfología y su limitado intercambio con aguas abiertas la hacen particularmente vulnerable a los impactos antropogénicos, como la contaminación por residuos industriales y urbanos, la sedimentación y la alteración de hábitats naturales (León Pérez et al., 2017).

El presente estudio se centra en el tramo comprendido entre la desembocadura del Arroyo Inglés y la Zona Industrial, se encuentra en el lóbulo norte y posee un área de 2,8 km² y una línea de costa de 9,8 km. El mismo se ubica en el lóbulo norte de la bahía. Este sector se caracteriza por la alta concentración de actividades humanas, receptora de residuos líquidos y sólidos provenientes de fuentes urbanas e industriales, lo que genera una significativa presión ambiental sobre los ecosistemas costeros.



Figura 1. Área de estudio: tramo desde la desembocadura del Arroyo Inglés hasta la Zona Industrial.

Figure 1. Study area: section from the mouth of the Arroyo Inglés to the Industrial Zone.

Diseño metodológico

Para analizar la interacción entre los procesos biofísicos y las actividades humanas en el tramo de estudio, se emplearon los siguientes enfoques metodológicos: (1) Revisión bibliográfica donde se recopiló y analizaron estudios previos sobre la Bahía de Cienfuegos, con énfasis en impactos ambientales, usos del suelo y estrategias de manejo costero; (2) Observación directa y caracterización del entorno realizándose visitas de campo para documentar las condiciones ambientales del tramo de estudio; (3) Entrevistas y consultas a actores clave incluyendo pescadores, trabajadores del sector industrial, expertos ambientales y funcionarios gubernamentales para identificar los principales conflictos socioambientales y las percepciones de la comunidad sobre los problemas y posibles soluciones para la gestión del tramo de estudio; (4) Análisis comparativo con otros estudios para contrastar los hallazgos obtenidos con investigaciones previas realizadas en la bahía, lo que permitió contextualizar la problemática y evaluar la evolución de los impactos ambientales a lo largo del tiempo.

Resultados y Discusión

Análisis y caracterización físico-geográfica del sector costero Desembocadura del Arroyo Inglés - Zona Industrial

1. Factores hidroclimáticos

- **Temperatura:** Las temperaturas son generalmente altas, con valores medios anuales entre 24 °C y 25 °C, alcanzando su máximo en julio y agosto y su mínimo en enero y febrero.
- **Vientos:** Se observan brisas terrales y marinas, con vientos del NE predominando en invierno y vientos del sur en verano, lo que influye en el transporte de humedad y la dinámica de dispersión de contaminantes.
- **Corrientes marinas:** Las corrientes de la bahía varían en función del ciclo de mareas, generando patrones de circulación diferenciados en los lóbulos norte y sur.
- **Mareas:** La marea es semidiurna, con variaciones medias de 0,27 m, actuando como el mecanismo fundamental de intercambio con el mar Caribe.
- **Ciclones y tormentas:** Los meses de mayor afectación por huracanes son septiembre y octubre, impactando directamente la línea de costa y la estabilidad del ecosistema.

2. Factores geológico-geomorfológicos

El sector de estudio se encuentra en una llanura marina abrasiva acumulativa, con depósitos sedimentarios recientes y formaciones calcáreas del Holoceno. La erosión costera y la sedimentación han generado

modificaciones en la línea de costa, especialmente en áreas urbanizadas y portuarias.

3. Factores hidrológicos y edáficos

- **Hidrología:** La zona es influenciada por el Arroyo Inglés y el río Salado, cuyos aportes contribuyen a la carga sedimentaria y a la calidad del agua en la bahía.
- **Suelos:** Se identificaron suelos histosoles en la desembocadura del arroyo, con alta materia orgánica en descomposición, así como suelos aluviales en la llanura de inundación, con alto contenido de arcilla y arena.

4. Ecosistemas y biodiversidad

La vegetación costera está dominada por manglares, formados por las especies de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, además de pocas extensiones de pastos marinos como *Thalassia testudinum* y presencia de macroalgas. La fauna incluye peces como *Lutjanus analis*, *Gerres cinereus* y *Micropogonias furnieri*, crustáceos como *Ucides cordatus* y moluscos como *Crassostrea virginica*, todos ellos de interés comercial.

Actores principales en la zona de estudio

El tramo Desembocadura del Arroyo Inglés - Zona Industrial presenta una compleja interacción de actores vinculados a diversas actividades económicas, industriales y sociales. La presencia de infraestructuras estratégicas y asentamientos humanos en esta área genera dinámicas que influyen directamente en la gestión costera y la sostenibilidad ambiental.

- **Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes:** Dedicada a la generación y suministro de energía eléctrica al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Sus instalaciones incluyen un laboratorio central, una planta de tratamiento químico de agua y almacenes de productos químicos, lo que genera impactos ambientales asociados a emisiones atmosféricas y vertimientos residuales.
- **Poblado de O'Bourke:** es una comunidad que ha experimentado crecimiento poblacional, con incidencia en la generación de residuos sólidos y alteraciones en los ecosistemas costeros.
- **Almacenes Universales S.A. (Sucursal Cienfuegos):** Empresa que presta servicios de almacenamiento de mercancías, arrendamiento de almacenes secos y refrigerados, y control de plagas, con un impacto directo en el tráfico marítimo y la logística portuaria.
- **Empresa de Servicios Portuarios Centro:** Su actividad principal es la carga y descarga de mercancías de importación y exportación, además de brindar servicios de almacenaje y arrendamiento de almacenes y muelles, lo que implica un uso intensivo del espacio portuario y de la infraestructura marítima.

- **Empresa Cubana de Molinería - UEB Cereales Cienfuegos:** responsable del abastecimiento de harina de trigo y otros derivados del cereal, con procesos industriales que requieren el manejo de graneles y generan residuos industriales.
- **Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN):** Especializada en la captura, procesamiento y comercialización de especies marinas y acuícolas, con incidencia en la sostenibilidad de los recursos pesqueros de la bahía.
- **Empresa de Ingeniería y Servicios Técnicos Azucareros (TECNOAZUCAR):** Comercializa productos derivados de la agroindustria azucarera, con actividades de almacenamiento y transporte de mercancías en la zona industrial.

Usos de la zona costera seleccionada

La diversidad de actores en el tramo de estudio determina un conjunto de usos del suelo y del espacio marítimo con diferentes niveles de impacto ambiental:

- **Uso marítimo y portuario:** Incluye la presencia de un oleoducto de 1 530 m de largo para la descarga de combustible a la termoeléctrica, atracaderos y varaderos de obras marítimas. Estas infraestructuras influyen en la dinámica costera y la calidad del agua debido a posibles derrames y acumulación de residuos industriales.
- **Infraestructuras y asentamientos humanos:** La expansión urbana ha modificado significativamente la línea de costa, con procesos de dragado, rellenos y movimientos de tierra que han transformado la morfología del litoral y la cobertura vegetal.
- **Actividades industriales y transformadoras:** Se relacionan con el procesamiento de petróleo, el transporte marítimo de mercancías y sus servicios asociados, lo que genera contaminación atmosférica y derrames de hidrocarburos.
- **Pesca:** Se capturan especies de peces y crustáceos de relevancia comercial.
- **Agricultura:** En menor escala, algunas áreas cercanas son utilizadas para cultivos, lo que conlleva el riesgo de contaminación por escorrentía de agroquímicos.
- **Almacenamiento de chatarra:** Existen espacios destinados a la acumulación de residuos metálicos y otros desechos industriales, lo que contribuye a la contaminación del suelo y el agua.

Problemas ambientales identificados

Durante la caracterización del área de estudio se identificaron diversos problemas ambientales que afectan la calidad del ecosistema costero:

1. Degradación del suelo:

- La erosión y compactación del suelo han sido exacerbadas por factores naturales y antrópicos, incluyendo sequías, huracanes y el desarrollo industrial.
- Instalaciones obsoletas y deficientes prácticas de manejo han contribuido a la pérdida de calidad del suelo y a la acumulación de residuos industriales.

2. Contaminación terrestre, marina y atmosférica:

- Se identificaron microvertederos con desechos plásticos, neumáticos, metales y materia orgánica en la línea costera.
- Las aguas residuales sin tratamiento adecuado contienen grasas, aceites, combustibles y productos químicos peligrosos que afectan la calidad del agua de la bahía.
- La contaminación atmosférica proviene del tráfico marítimo, que emite monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del uso de combustibles fósiles de baja calidad.

3. Pérdida de la diversidad biológica:

- La fragmentación de los ecosistemas ha reducido la disponibilidad de hábitats para numerosas especies de flora y fauna y ecosistemas sensibles como los manglares han sufrido impactos por contaminación y modificación del entorno costero.

4. Deforestación de manglares:

- Se ha detectado tala indiscriminada de manglares para la expansión de asentamientos humanos y la obtención de madera para diferentes usos.
- La pérdida de cobertura de manglares compromete la capacidad del ecosistema para actuar como barrera de protección frente a fenómenos meteorológicos extremos y la erosión costera.

5. Inundaciones y encharcamientos:

- La topografía llana y la deficiente infraestructura de drenaje facilitan la acumulación de agua en épocas de lluvia intensa.
- La obstrucción de cauces naturales y la canalización inadecuada de escurrimientos han agravado el problema, generando condiciones propicias para la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores.

Los hallazgos de este estudio coinciden con investigaciones previas que documentan la vulnerabilidad de la Bahía de Cienfuegos ante la actividad industrial y urbana (Díaz León et al., 2023; García & Neningen, 2019; León Pérez et al., 2017; Navarro Falcón et al., 2023). La contaminación y la pérdida de hábitats han reducido la resiliencia del ecosistema, lo que resalta la urgencia de fortalecer la gobernanza ambiental y adoptar estrategias de manejo integrado.

Diversos estudios han identificado la necesidad de una gestión coordinada que considere la relación entre los factores físico-geográficos, los procesos naturales y las actividades humanas (González Díaz, 2015; León Pérez et al., 2017). La interacción entre la hidrología, los procesos sedimentarios y las corrientes marinas es clave en la configuración del ecosistema costero, siendo los aportes urbanos e industriales factores determinantes en la contaminación del área. Los conflictos entre actividades industriales, portuarias, pesqueras y urbanas reflejan vacíos en la aplicación del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), lo que subraya la importancia de fortalecer la regulación ambiental y la participación de los actores locales para garantizar la sostenibilidad del ecosistema costero de la bahía.

Estrategias de manejo ambiental

A partir de los problemas identificados en la zona de estudio, se proponen estrategias de manejo orientadas a mitigar los impactos negativos y promover la sostenibilidad del ecosistema costero:

- **Restauración y conservación de ecosistemas costeros:** (1) Implementar programas de reforestación de manglares para recuperar las áreas degradadas y fortalecer su función como barrera natural contra la erosión costera y eventos meteorológicos extremos. Además, promover su protección dado su papel en la regulación de la calidad del agua y la conservación de la biodiversidad. (2) Establecer zonas de amortiguamiento ecológico en áreas vulnerables para minimizar la afectación de actividades humanas.
- **Gestión integral de residuos sólidos y líquidos:** (1) Desarrollar un programa de control y erradicación de microvertederos en la línea costera, con la participación de autoridades locales y comunidades. (2) Mejorar la infraestructura y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las industrias y asentamientos urbanos. (3) Implementar sistemas de recolección y reciclaje de residuos sólidos en los principales centros industriales y comunidades aledañas.
- **Reducción de la contaminación industrial y portuaria:** (1) Aplicar regulaciones más estrictas sobre el manejo de hidrocarburos y productos químicos utilizados en las distintas empresas. (2) Exigir el uso de tecnologías más limpias en la industria pesquera, molinera y azucarera para reducir la carga contaminante de sus descargas. (3) Establecer planes de contingencia para prevenir y controlar derrames de hidrocarburos en la bahía.
- **Fortalecimiento de la gobernanza y participación comunitaria:** (1) Promover la educación ambiental en las comunidades locales para fomentar prácticas sostenibles y reducir la presión sobre los ecosistemas costeros. (2) Involucrar a los actores clave en la toma de decisiones mediante mesas de trabajo entre empresas, organismos

reguladores y comunidades. (3) Implementar un modelo de gestión integrada que incorpore el enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), promoviendo la coordinación intersectorial.

- **Monitoreo y seguimiento ambiental:** (1) Establecer programas de monitoreo permanente de la calidad del agua, suelo y biodiversidad en la bahía. (2) Crear un sistema de alerta temprana para detectar cambios en la calidad ambiental y tomar acciones correctivas oportunas. (3) Implementar indicadores de sostenibilidad para evaluar la efectividad de las estrategias de manejo aplicadas.

Estas estrategias de manejo buscan minimizar los impactos negativos de las actividades humanas en la zona de estudio y garantizar la conservación de los recursos naturales para las futuras generaciones. La integración de estos enfoques permitirá un desarrollo más sostenible y equilibrado en el tramo Desembocadura del Arroyo Inglés - Zona Industrial.

Conclusiones

El análisis del tramo Desembocadura del Arroyo Inglés - Zona Industrial en la Bahía de Cienfuegos evidenció la interacción entre factores físicos y actividades humanas que afectan la estabilidad del ecosistema costero. En este contexto, la investigación identificó problemas ambientales críticos, como la contaminación por residuos sólidos y líquidos, la degradación de manglares y la alteración de la calidad del agua, todos asociados a la actividad industrial, portuaria y urbana. Además, se destacó la presencia de microvertederos y descargas sin tratamiento adecuado, que amenazan la biodiversidad y los recursos pesqueros. Este conocimiento actualizado y específico sobre la manifestación y situación de estos problemas ambientales constituye un valioso aporte para el desarrollo de un futuro programa de gestión ambiental con enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC). Este enfoque es clave para coordinar los esfuerzos entre actores locales y sectores productivos, promoviendo un equilibrio entre la conservación del ecosistema y el desarrollo socioeconómico, y garantizando la solución de los problemas ambientales identificados. Se recomienda la implementación de estrategias de restauración ecológica, una mejor regulación ambiental y fomentar la participación comunitaria en la toma de decisiones.

Bibliografía

- Aguilar Mugica, S. (2021). Impacto social de la conservación y uso sustentable de los humedales en Cuba. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 21(40).
- Cicin-Sain, B., & Knecht, R. W. (1998). *Integrated coastal and ocean management: concepts and practices* /. Island Press.

- Díaz León, N. M., Villazón Denis, R., & Vilaó Abreus, D. (2023). Componentes, procesos y protección jurídica de la bahía de Cienfuegos. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 8(1), 71-78.
- Forst, M. F. (2009). The convergence of integrated coastal zone management and the ecosystems approach. *Ocean & Coastal Management*, 52(6), 294-306. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.007>
- García Dueñas, R. Y.& Neninger Vega, B., (2019). El Litoral de las Minas-Laguna del Cura, Cienfuegos, Cuba: ecosistemas y presiones antropogénicas. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (noviembre).
- Garzón Barrero, N., Suárez-Puerta, B., Sosa-Argáez, I., & Cervantes, O. (Eds.). (2023). Manejo Integrado de Zonas Costeras y la Agenda 2030: experiencias desde la Universidad de Oriente, Cuba. In *Objetivos del Desarrollo Sostenible en la Gestión Marino Costera*. Red Iberoamericana PROPAYAS, Sophic Editorial.
- González-Díaz, P. (Ed.). (2015). *Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba: estado actual, retos y desafíos*. Casa de Altos Estudios Don Fernando Ortiz, Universidad de La Habana.
- León Pérez, A., Castellanos González, M. E., & Seisdedo, M. (2017). *PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS Y ÁREAS COSTERAS. BAHÍA DE CIENFUEGOS*.
- Mouso Batista, M. M., Ochoa Avila, M. B., & Reyes Pupo, R. (2019). The integrated management of the coastal sector Caletones in Cuba. *Ecosistemas*, 28(3), 160-166. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1691>
- Navarro Falcón, V. M., Jiménez González, Y., Vera Carroza, R., & Villa Janeiro, M. (2023). Zonificación ambiental de un sector costero de Cienfuegos para el Manejo Integrado de Zonas Costeras. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 8 (2), 154-164.